湖南省交通运输厅指导性技术文件

湖南省高速公路

设计标准化指南

第一册

桥梁、涵洞及中小型预制构件

（试行）

湖南省交通运输厅发布

二〇二六年十一月

《湖南省高速公路设计标准化指南》

（桥梁、涵洞及中小型预制构件）

编审委员会

主　任　委　员：苏清贵

副 主 任 委 员：罗卫华 罗振宇 喻波 吕健鸣 王世斌 杨世捷 王凡

委　　员：唐前松 周栋梁 赵一林 易武 罗建文 张晨路 李良东 陈勃

彭建湘 彭杰 冯宇 汤浩南 陈书平 江毅 廖小平 郑浩

专家委员会

胡建华 李军 王景奇 周登燕 杨健 胡剑 谭邦明 郭峰祥 李立新 朱忠民

赵国虎 盛捷 赵哲

主要编写人员

李瑜 王卿 杨沪湘 胡琼 李文武 杨进 谢上飞 付小烦 李水长 陈鹏 彭江辉

彭小明 唐必刚 南军强 詹先境 徐自然 傅辅林 乔秋衡 皮立军 舒鹏 陈锋 岳铭

赵波涌 盖永斌 宁小春 石云冈 谭利 秦忞

前 言

为落实《交通强国建设纲要》等有关部署，根据交通运输部《关于加快建立健全现代公路工程标准体系的意见》（交公路发〔2023〕132 号）及《关于做好平安百年品质工程创建示范 推动交通运输基础设施建设高质量发展的指导意见》（交安监发〔2024〕6 号）工作要求，省交通运输厅组织相关单位开展了我省高速公路设计标准化体系建设，大力推行勘察设计标准化、精细化，为建设安全、便捷、高效、绿色、经济、数字化的高品质高速公路提供有力支撑。

设计标准化建设工作按“总体规划、分期实施”的步骤开展，第一期工作主要以桥涵专业为示范，编制了“设计标准化指南”及配套标准图等技术成果，后续将开展其他专业的设计标准化建设工作。

本指南及配套标准图是在现行相关设计、施工、验收等规范基础上，总结我省高速公路建设经验，同时吸收相关科技成果及外省设计标准化成果编制而成。编制过程中，编制组广泛征集了有关单位意见，咨询单位开展了全过程咨询，最后由省交通运输厅组织专家审查定稿，并发布试行。

本指南共分 6 章和 8 个附录。主要章节包括：1 总则、2 设计原则及规定、3 标准图体系、4 桥梁标准图设计、5 涵洞标准图设计、6 中小型预制构件标准图设计。附录是辅助指南及标准图使用的资料性文件，包括：A 标准图册列表、B 对规范的符合性说明、C 主要计算结果汇总表、D 矮肋双 T 梁横断面布置研究、E 矮肋 T 梁跨间横隔板设置研究、F 钢-混连续组合梁负弯矩区设计方案研究、G 桥墩专题研究、H 涵洞专题研究。

请有关单位在使用设计标准化成果过程中，将发现的问题和意见反馈至厅规划与项目办公室（电子邮箱：2766540829@qq.com）或编制单位（电子邮箱：hnbzt@hnjtsjy.com）。

编制单位：湖南省交通规划勘察设计院有限公司

湖南省交通科学研究院有限公司

中交第二公路勘察设计研究院有限公司

湖南高速设计咨询集团有限公司

湖南省公路学会

咨询单位：广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司

参与单位：湖南省高速公路集团有限公司

湖南建设投资集团有限公司

湖南省王耒桂郴高速公路建设开发有限公司

湖南省茶江高速公路建设开发有限公司

目录

第一章 总则 1

1.0.1 编制目的 1

1.0.2 编制原则 1

1.0.3 适用范围 1

1.0.4 使用原则 1

第二章 设计原则及规定 2

2.1 一般规定 2

2.2 桥梁上部结构 2

2.3 桥梁下部结构 3

2.4 桥梁附属设施 6

2.5 涵洞 6

2.6 中小型预制构件 7

2.7 耐久性设计 7

第三章 标准图体系 8

3.1 技术标准 8

3.1.1 主要技术参数 8

3.1.2 路基及桥梁宽度 8

3.2 内容及范围 9

3.2.1 桥梁 9

3.2.2 涵洞 12

3.2.3 中、小型预制构件 14

3.3 标准图集成果 15

3.3.1 主要编制依据及规范 15

3.3.2 标准图图集及编制单位 16

3.3.3 标准图集的使用 16

第四章 桥梁标准图设计 18

4.1 主要设计参数 18

4.1.1 主要材料 18
4.1.2 钢筋的混凝土保护层厚度 22
4.1.3 桥梁上部结构计算参数 22
4.1.4 桥梁下部结构计算参数 23
4.1.5 结构设计控制指标 23
4.2 装配式预应力混凝土 T 梁 25
4.2.1 总体布置 25
4.2.2 结构设计 27
4.2.3 结构计算 32
4.2.4 使用注意事项 33
4.3 装配式预应力混凝土小箱梁 35
4.3.1 总体布置 35
4.3.2 结构设计 37
4.3.3 结构计算 40
4.3.4 使用注意事项 41
4.4 装配式预应力混凝土矮肋单 T 梁 44
4.4.1 总体布置 44
4.4.2 结构设计 45
4.4.3 结构计算 47
4.4.4 使用注意事项 48
4.5 装配式预应力混凝土矮肋双 T 梁 49
4.5.1 总体布置 49
4.5.2 结构设计 51
4.5.3 结构计算 53
4.5.4 使用注意事项 54
4.6 装配式钢-混组合梁 56
4.6.1 总体布置 56
4.6.2 结构设计 58

4.6.3 结构计算 58
4.6.4 使用注意事项 59
4.7 下部结构 60
4.7.1 结构形式 60
4.7.2 墩台构造设计 61
4.7.3 配筋设计 74
4.7.4 结构计算 76
4.7.5 使用注意事项 78
4.8 桥梁公用构造 79
4.8.1 桥梁混凝土护栏 79
4.8.2 桥上交安设施基础 82
4.8.3 桥台搭板 82
4.8.4 桥面防水与排水 83
4.8.5 伸缩装置 84
4.8.6 支座 85
4.8.7 桩基声测管 86
4.8.8 纵向防落梁挡块 86
4.8.9 墩梁固结构造 87
第五章 涵洞标准图设计 88
5.1 主要设计参数 88
5.1.1 主要材料 88
5.1.2 钢筋的混凝土保护层厚度 88
5.1.3 主要计算参数 89
5.2 圆管涵 89
5.2.1 结构设计 89
5.2.2 结构计算 90
5.2.3 使用注意事项 90
5.3 盖板涵 91

5.3.1 总体设计 91
5.3.2 结构设计 92
5.3.3 结构计算 96
5.3.4 注意事项 96
5.4 盖板明涵 97
5.4.1 总体设计 97
5.4.2 结构设计 98
5.4.3 结构计算 101
5.4.4 使用注意事项 101
5.5 箱涵 102
5.5.1 总体设计 102
5.5.2 结构设计 104
5.5.3 结构计算 106
5.5.4 注意事项 106
5.6 拱涵 107
5.6.1 总体设计 107
5.6.2 结构设计 108
5.6.3 结构计算 109
5.6.4 使用注意事项 110
第六章 中小型预制构件标准图设计 111
6.1 主要材料 111
6.2 技术要点 111
6.2.1 预制防护构件 111
6.2.2 预制排水构件 111
6.2.3 路面边部预制构件 112
6.2.4 中分带预制混凝土护栏 112
6.3 注意事项 112
附录 A 标准图册列表 113

附录 B 对规范的符合性说明.....122

附录 C 标准图主要构件计算结果汇总表..... 125

附录 D 矮肋双 T 梁横断面布置研究.....163

附录 E 矮肋 T 梁跨间横隔板设置研究.....168

附录 F 钢-混连续组合梁负弯矩区设计方案研究.....175

附录 G 桥墩专题研究..... 182

附录 H 涵洞专题研究..... 189

第一章 总则

1.0.1 编制目的

为适应湖南省高速公路数字化转型、智慧化建设、高质量发展的要求，立足装配式、模块化建造，提高设计标准化、精细化水平，编制本指南。

1.0.2 编制原则

1 依据现行相关设计规范及标准，遵循安全、耐久、适用、环保、经济、美观的基本原则。

2 传承与发展相结合，适当引入新结构、新材料。

3 贯彻平安百年品质工程及绿色低碳建设理念，实现精细化设计。

4 设计与施工协调统一，提高标准化建设水平。

1.0.3 适用范围

指南及配套标准图适用于湖南省新建、改（扩）建高速公路项目，其他等级公路可参照使用。

1.0.4 使用原则

指南为设计标准化的指导性文件，标准图是标准化设计成果。我省高速公路工程建设中原则上应优先采用发布的设计标准化成果。

1 建设单位（项目业主）应在项目前期工作推进设计标准化，制定相关管理制度。

2 设计应科学合理应用标准图。总体单位应根据项目特点与建设条件制定设计标准化成果的应用原则，统一设计理念与方法，处理好设计标准化与灵活应用、特殊设计的关系，防止不分项目建设条件和工程特点而机械地套用标准图。

第二章 设计原则及规定

2.1 一般规定

2.1.1 桥型方案应尽量采用技术成熟、经济适用的常规桥型及结构。

2.1.2 桥梁应尽量采用标准化设计的装配式结构，适应机械化、工厂化施工。

2.1.3 桥梁布设原则上采用正交，尽量避免采用斜交桥梁。当不可避免需要设置斜交桥梁时，宜按下列要求设计：

1 斜交角度宜控制在 30°以内，取 15°作为斜交角度变化等级，以便采用标准图进行设计。

2 当斜交角度小于 15°且地形及环境条件允许时，宜斜桥正做，左右幅桥梁可分别设正交桥跨，分幅错孔布置。

2.1.4 山区傍河中小跨径桥梁，应充分考虑泄洪能力。

2.1.5 桥梁设计应注意桥路配合。位于平曲线上的桥梁，其上部结构必须包络桥面净宽和护栏。

2.1.6 主线变宽桥梁上部结构宜优先采用装配式结构。当变宽幅度较大，装配式结构无法实现变宽时，可采用现浇箱梁。

2.1.7 过水涵洞和通道宜分别设置。

2.2 桥梁上部结构

2.2.1 桥梁跨径及布置

1 一般情况下中小跨径桥梁宜根据墩高选择相协调的跨径。

1）平均墩高≤10m 时，宜采用 10m、13m、16m 跨径；

2）平均墩高≤15m 时，宜采用 20m、25m 跨径；

3）15m＜平均墩高≤25m 时，宜采用 25m、30m 跨径；

4）25m＜平均墩高≤35m 时，宜采用 30m、40m 跨径；

5）35m＜平均墩高≤70m 时，宜采用 40m 及以上跨径。

2 跨道路、深切沟谷、渠道、河流的桥梁跨径根据实际情况而定。

3 一定路线长度内的常规桥梁宜采用相同的结构形式，桥跨布置可结合地形、墩高、施工条件等采用不同跨径（不宜超过 2 种）组合，兼顾经济性与施工便利。

4 大、中桥上部结构分联一般按 3～6 孔为一联设置，一联长度以设置不大于 160

型伸缩装置为宜。

2.2.2 上部结构形式

1 常规桥梁上部结构应优先采用装配式预应力混凝土梁。

1）20m 以下跨径宜选用矮肋单 T 梁、矮肋双 T 梁；

2）20m 跨径宜选用小箱梁、矮肋单 T 梁；

3）25m、30m 跨径宜选用小箱梁、T 梁；

4）30m 以上跨径宜选用 T 梁。

2 当桥梁上跨既有高速公路且中央分隔带不能设墩或跨越沟谷、河流时，可采用 40m 及以上跨径钢混组合梁、钢箱梁。

3 装配式梁桥的纵向连续体系应综合地形、纵坡及支座类型等条件采用。

1）山区桥梁平均墩高大于 25m 时，宜采用先简支后用结构连续体系；

2）平原微丘区桥梁宜采用先简支后桥面连续体系；

3）桥面宽度变化幅度较大的桥梁，宜采用先简支后桥面连续体系。

4 上部结构形式及结构纵向连续体系还应结合建设条件综合考虑。

2.2.3 现浇箱梁原则上可不设置调平层。

2.2.4 装配式混凝土梁的预应力管道宜采用镀锌金属波纹管，预应力施工应采用自动智能控制张拉系统及智能压浆技术。

2.3 桥梁下部结构

2.3.1 基础形式

1 墩台基础应根据地质、地形条件进行合理选择，一般采用桩基础。

2 地质条件满足要求，且覆盖层厚度小于 5m 时，可选择扩大基础。

1）300kPa≤修正后的地基承载力特征值 f_a≤500kPa，且地下水不丰富时宜采用钢筋混凝土整体式扩大基础；

2）修正后的地基承载能力特征值 f_a＞500kPa 宜采用整体式素混凝土基础或者分离式钢筋混凝土基础。

3 地形、地质条件适合时，宜对传统钻孔灌注桩与预应力混凝土管桩、后压浆灌注桩、挤扩支盘桩等桩型进行技术经济及环保比较，择优选用。

2.3.2 桥墩形式

1 常规桥梁桥墩可采用圆柱式墩、方柱式墩、空心薄壁墩等形式。

2 对经过城镇、名胜风景区附近的桥梁，宜结合地方要求对桥墩进行景观设计。

2.3.3 抗震设防烈度为 6 度时，柱式桥墩的桩、柱系梁宜按以下方式设置：

1）墩高不大于 7m 时，可不设置桩顶系梁，其他情况应设置桩顶系梁；

2）墩高不大于 25m 时，可不设置柱系梁；墩高大于 25m 时，应设置不少于 1 道柱系梁。

抗震设防烈度大于 6 度时，应根据计算适当增加柱间系梁的道数。

2.3.4 桥台形式

1 桥台应结合地形和地质情况进行设计，一般情况下宜优先采用桩柱式台、肋板式台。

1）桥台填土高度不大于 5m 时，可采用桩柱式台；

2）桥台填土高度大于 5m 时，可采用肋板式台，但填土高度不应大于 12m，软土地基路段不宜大于 8m。

2 重力式桥台设计高度一般不宜大于 8m，地质条件较好时不宜大于 10m。

3 特殊情况，可采用下列桥台形式，如图 2.3.4-1、图 2.3.4-2 所示：

1）当填土高度范围为 10~15m 或桥台下软土层厚度大于 3m 时，可采用座板式台，先进行路基填筑，待沉降稳定后再开挖施工；

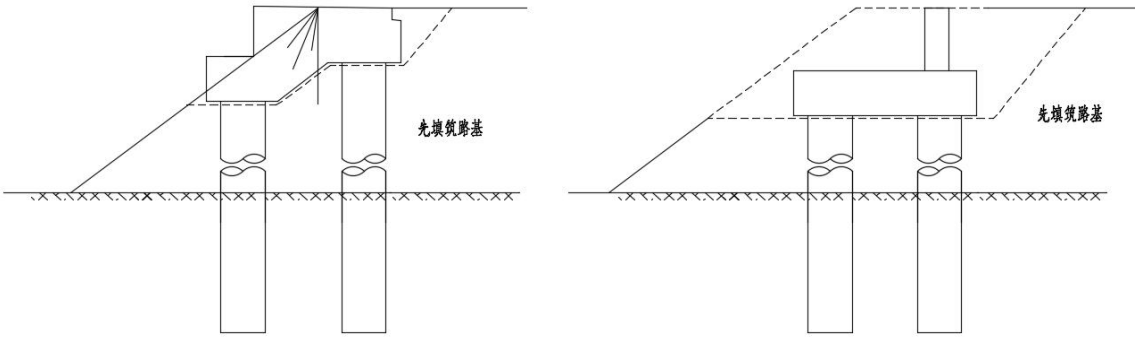


图 2.3.4-1 座板式桥台构造形式

2）当需在山区陡坡上设置桥台时，可采用框架式桥台，桥台长度宜取 8~10m，从而降低台后填土高度或伸入切方段。

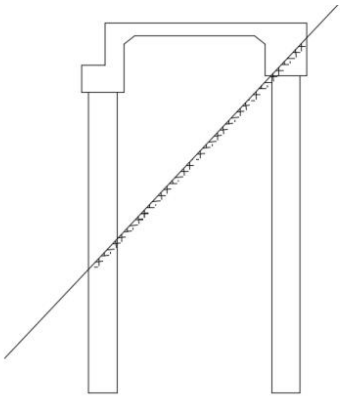


图 2.3.4-2 框架式桥台构造形式

2.3.5 同一桥梁宜对桥墩类型进行适当归并以便于施工。

2.3.6 桥台设计应考虑台后填筑施工的影响。设计时应根据实际情况尽量采用先填后挖的施工方法，桥台填土必须充分压实后才能进行基础的施工。

2.3.7 对于半路半桥路段或错孔布置的桥梁，在桩基一侧设置挡土墙时，应考虑其对桩基的影响。设计应要求施工严禁在边坡上弃渣、弃土（含临时弃渣、弃土）。

2.3.8 桥墩邻近通车道路时，应做好桥墩防护设计。

2.3.9 承台、桩顶系梁的埋深应按下列原则控制：

1 平原微丘区及城镇附近，顶面不宜出露地面；

2 山区桥梁宜尽量减少边坡的开挖；

3 涉水桥梁承台应满足防洪、通航及防撞要求。

2.3.10 伸缩缝处桥墩应设置防止上部结构落梁的纵向挡块；墩高大于 25m、纵坡大于 2%时，宜设置便于观测桥墩偏位的监测措施。

2.3.11 高墩桥梁应合理设置墩梁固结，设置墩梁固结时应考虑对主梁受力的影响。

2.3.12 陡坡地段桥台设计除满足现行《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）外，还应注意以下要求：

1 合理布置桥跨，宜尽量将桥台设置于陡坡挖方段内。

2 位于陡坡上的 U 形台侧墙应伸进山体内。

2.4 桥梁附属设施

2.4.1 桥梁伸缩缝可采用模数式、梳齿板式伸缩装置，并应选用耐久性较好的产品。一般桥梁宜尽量避免采用 160 型以上伸缩装置。

2.4.2 桥梁支座可采用板式橡胶支座、盆式橡胶支座及球形钢支座。

1 支座钢构件及预埋钢板应进行防腐处理或采用耐候钢。

2 装配式混凝土简支结构宜采用板式橡胶支座，装配式混凝土连续结构可采用板式橡胶支座、盆式橡胶支座及球形钢支座。

3 钢混组合梁宜采用球形钢支座。

4 板式橡胶支座宜采用高耐久型。

2.4.3 桥梁护栏一般采用加强型混凝土护栏和 F 型混凝土护栏，其防护等级根据《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81）的相关规定采用。

2.4.4 桥面排水采用泄水管、纵向排水管、竖向排水管组成集中排水。泄水孔间距应根据实际情况确定，且不宜大于 5m；竖向排水管宜不多于 2 个桥墩设置 1 处，并设置桥下排水沟及油水分离池或沉淀池。跨河桥梁及有环保要求的桥梁排水应特殊设计。

2.5 涵洞

2.5.1 过水涵洞

1 涵洞布设应根据地形、地质、水文等条件灵活设置，宜保持沟渠的自然状态，交角宜顺应沟渠自然走向。当改移沟渠工程量不大且交角较小时，可采用正交设计。

2 涵洞结构形式应根据汇水面积、设计流量、路基填土高度及地质等条件选用。一般情况下，宜优先选用圆管涵与盖板涵。软基路段宜优先选用箱涵，地质条件较好的高填方路段可选用拱涵。

2.5.2 通道

1 通道布设应根据地形、地质、水文等条件灵活设置，并充分考虑周边区域的发展、现有道路和建设规划等因素，尽可能满足沿线群众生产生活的需求。

2 通道结构形式应根据使用功能、路基填土高度及地质等条件选用。一般情况下，宜优先选用盖板通道。软基路段宜选用箱型通道，地质条件较好的高填方路段可选用拱形通道。

3 通道兼作排水涵时，应采取必要措施确保人、畜和车辆的通行安全。

4 通道应采用自流排水方式做好排水设计。

5 当通道较长时，宜根据实际情况设置照明、通风等设施。

说明：

涵洞分为排洪涵洞和交通涵洞，通道即为交通涵洞，主要用于通行人、畜和车辆。

2.5.3 当涵洞地基承载力不满足设计要求时，应对涵洞地基进行加固处理。

2.6 中小型预制构件

2.6.1 防护预制构件应设置在稳定的边坡上，适用于填方边坡、桥台锥坡以及土质挖方边坡。

2.6.2 排水预制构件适用于摊铺机械不易到达的施工困难路段，排水预制构件的尺寸和出水口间距应根据汇水面积、设计流量等条件计算确定。

2.6.3 路面边部预制构件适用于土路肩，以减少路面水漫流对土路肩的冲刷。

2.6.4 路基中央分隔带预制护栏一般采用 F 型混凝土护栏，其防护等级根据《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81）的相关规定采用。

2.7 耐久性设计

耐久性设计应按《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T 3310）的要求执行。

第三章 标准图体系

标准图是设计标准化的重要组成部分，是标准化设计成果的主要体现。合理使用标准图有利于提高设计效率，保证工程质量，提高安全性及耐久性，同时促进施工标准化并降低施工成本。

3.1 技术标准

3.1.1 主要技术参数

1 荷载标准：公路-I 级；

2 环境类别及作用等级：一般环境、作用等级 I-B、I-C；

3 抗震设防烈度：6 度；

4 设计安全等级：桥梁为一级，涵洞为二级。

3.1.2 路基及桥梁宽度

1 设计速度：100km/h（4、6 车道）、120km/h（4、6、8 车道）。

2 中央分隔带宽度：设计速度 100km/h 时取 2m，120km/h 时取 2.5m 或 3m。

3 桥幅布置采用内对齐方式，即桥梁防撞墙内侧与路基土路肩内侧对齐。

4 根据以上技术指标，标准图纳入了 7 种路基宽度，对应 5 种桥宽，见表 3.1.2。

表 3.1.2 标准图路基（桥梁）宽度

车道数	设计速度（km/h）	中央分隔带宽度(m)	路基宽度(m)	整体路基桥梁断面布置(m)（左幅桥宽+中间净距+右幅桥宽）
4 车道	100	2	26	12.5+0.5+12.5=25.5
4 车道	120	2.5（3）	26.5（27）	12.75+0.5+12.75=26 （12.75+1+12.75=26.5）
6 车道	100	2	33.5	16.25+0.5+16.25=33
6 车道	120	2.5（3）	34（34.5）	16.5+0.5+16.5=33.5 （16.5+1+16.5=34）
8 车道	120	3	42	20.25+1+20.25=41.5
半幅桥梁宽度 （分离式路基与整体式路基桥梁宽度相同）				12.5m、12.75m、16.25m、16.5m、20.25m

说明：

省内已建高速公路桥梁宽度基本采用路桥同宽，即“外对齐”。采用“内对齐”方式桥梁宽度比“外对齐”少 0.5m，广东、湖北等大部分省份采用该方式，在目前高速公路建设“降本增效”需求下，采用“内对齐”方式可节省桥梁工程造价及用地，

同时不影响功能与安全，故本次标准图优化为“内对齐”方式。

3.2 内容及范围

3.2.1 桥梁

本次编制分析了国内高速公路中小跨径桥梁常用结构形式及使用原则、方法，并结合我省情况编制了 5 种上部结构形式及对应的下部结构标准图，这些标准图涵盖了 10m～60m 跨径的桥梁系列（见表 3.2.1-1)，确保了在常用标准跨径中基本有 2 种结构形式可选择，保证了标准图体系的适用性。

表 3.2.1-1 桥梁标准图系列

跨径(m)	结构形式	车道数	斜交角度
10	矮肋双 T 梁（简支）	4、6、8	0、15、30
13	矮肋双 T 梁（简支）	4、6、8	0、15、30
16	矮肋双 T 梁（简支） 矮肋单 T 梁（简支）	4、6、8	0、15、30
20	小箱梁（简支）、矮肋单 T 梁（简支）	4、6、8	0、15、30
25	小箱梁（简支及连续）、T 梁（简支及连续）	4、6、8	0、15、30
30	小箱梁（简支及连续）、T 梁（简支及连续）	4、6、8	0、15、30
40	T 梁（简支及连续）	4、6、8	0、15、30
40/50/60	组合梁（简支及连续）	4、6、8	0

1 编制常用跨径装配式预应力混凝土小箱梁、T 梁及矮肋 T 梁上部结构标准图。

表 3.2.1-2 桥梁上部结构标准图系列

结构形式	跨径(m)
矮肋双 T 梁（简支）	10、13、16
矮肋单 T 梁（简支）	16、20
小箱梁（简支及结构连续）	20（仅简支）、25、30
T 梁（简支及结构连续）	25、30、40

1）引导我省积极使用简支结构。

装配式梁式结构一般分为简支结构（桥面连续）及先简支后结构连续体系，我省目前多采用结构连续，简支结构主要用于变宽桥梁中，广东、四川等地以简支体系为主，施工无需张拉墩顶负弯矩预应力，可降低现场湿作业工作量，减小劳动力使用量及劳动强度，符合国家对装配式结构的使用导向，具有较广的应用前景，故把简支结构纳入标准图体系，其中 20m 及以下跨径只编制简支结构。

说明：

交通运输部《关于做好平安百年品质工程创建示范 推动交通运输基础设施建设高质量发展的指导意见》（交安监发〔2024〕6号）指出要“推进中小桥涵构件配件标准化设计，鼓励建立区域性中小桥涵预制部品部件标准化设计通用图集。探索中小桥涵和简支桥梁工业化建造模式应用”。

从行车舒适性考虑，中小跨径桥梁采用简支结构与结构连续体系并无明显差异。从施工角度出发，简支结构对预制梁长的控制要求较为严格，由于我省多采用结构连续体系，施工单位习惯了“预制梁长的差错通过湿接缝调整”的做法，但对于简支结构体系，若梁长控制不好，将造成梁端间隙过大导致桥面连续处开裂或者梁端间隙过小而“卡梁”，因此设计需对施工控制提出较严格的要求。

2）限制空心板的使用，引入矮肋T梁新结构。

空心板结构由于结构尺寸较小且铰缝施工质量难以把控，导致病害相对较多，目前较少在高速公路中使用，故**空心板不再纳入编制范围。**

借鉴安徽、浙江、广东等省的工程经验，矮肋T梁结构具有结构高度小、施工方便、受力合理、耐久性好等优点，可较好地避免空心板结构存在的问题，故将该结构形式纳入标准图体系取代空心板结构。应用场景上，矮肋双T梁一般用于新建桥梁，矮肋单T梁一般用于拼宽、变宽桥梁，也可与双T梁组合使用。

说明：

矮肋T梁由于梁片数量较多，因而梁高相对常规T梁要小，与空心板梁高基本相当，又称为密肋T梁。横向组成方式上，可以由两片矮肋T梁组成一个预制体（矮肋双T梁或矮肋π梁）安装，也可以按单片梁形式（矮肋单T梁或矮肋T梁）预制安装。

矮肋T梁、空心板梁高对比表

跨径(m)	矮肋T梁(cm)	空心板(cm)
10	60	60
13	75	70
16	90	80
20	110	95

空心板结构在桥梁拼宽或二、三、四级公路上可能仍有应用需求，可由设计单位参照原部颁通用图或广东省通用图根据具体情况修改使用。

3）对小箱梁、T梁的跨径区间进行适当精简，减少结构类型，提高使用率，有利于标准化施工。

原部颁通用图及广东省通用图中，小箱梁及T梁跨径区间均为20~40m，以5m为

一级。据调查，广东省在实际使用中以小箱梁结构为主，T 梁较少使用，我省近十年来的新建高速公路项目中，20、25m 跨径一般采用小箱梁，30m 跨径采用小箱梁或 T 梁，40m 跨径从安装重量及刚度考虑，一般采用 T 梁，基本不采用小箱梁，35m 跨径很少采用。此外，由于我省早期高速公路建设中，桥梁多采用 T 梁及空心板，对于改扩建桥梁中的拼宽桥梁，从刚度匹配或外观协调考虑，25m 跨径仍有采用 T 梁的应用场景，故小箱梁的编制跨径为 20m、25m、30m，T 梁标准图的编制跨径为 25m、30m、40m。

2 编制箱形钢-混组合梁上部结构标准图。

组合梁的断面形式较多，根据相关资料，法国以双工字钢板组合梁应用为主，德国采用箱形组合梁居多，日本在曲线半径较大时（>700m）主要采用钢板梁，半径较小时（>300m）一般采用箱形组合梁。我国近十年来在组合梁上也进行了大量的研究，各省份、设计院都形成了一些标准图并在一些项目上进行了应用，各省份或设计院采用的类型较多，如双工字钢、多主梁、整体箱形、分离箱形、窄幅钢箱等等都有所涉及，在选型、使用条件上还没有形成统一共识。

考虑组合梁相对于同跨径的混凝土梁造价较高，一般用于高速公路跨越道路、河流等节点工程中，跨径需求相对较大，故本次标准图组合梁跨径区间选择 40~60m，在组合梁的断面形式选择上，考虑钢箱组合梁用于跨路节点工程时景观效果较好，故选择编制箱形钢-混组合梁。项目设计时如需采用工字形组合梁，可使用交通部《装配化工字组合梁桥通用图》（JTG/T 3911-2021）标准图。

表 3.2.1-3 组合梁上部结构标准图系列

结构形式	跨径(m)	车道数	斜交角度
钢箱组合梁 （简支及连续结构）	40、50、60	4、6、8	0

3 编制与上部结构配套的下部结构墩台标准图。

1）墩台编制范围及分级

根据调研，各省或设计院下部结构标准图中，圆柱墩基本只编制到 35m 墩高，部分设计院内部编制有 40mT 梁高墩标准图，大都采用实心板墩、空心墩，最大墩高达到了 85m。

本次编制的下部结构标准图中，除纳入常规的圆柱墩外，另外考虑到山区高速公路普遍存在高度大于 35m 的高墩，还将高墩也纳入了编制范围，但从当前需求出发，

暂时只编制了适用于 4 车道正交情况下的 40mT 梁桥高墩，最大墩高 70m，后续总结相关经验再进一步补充完善其他路基宽度的高墩标准图。

组合梁一般用于高速公路跨越道路、河流等节点工程中，下部结构主要为桥墩，按最大墩高 35m 编制，暂不编制桥台。

表 3.2.1-4 桥梁下部结构标准图系列

墩台型式	适用墩高或填土高(m)	对应的上部结构
圆柱式墩	h≤35	T 梁、小箱梁、矮肋 T 梁及组合梁
方柱式墩	35＜h≤55	40mT 梁
空心墩	55＜h≤70	40mT 梁
柱式台	≤5	T 梁、小箱梁、矮肋 T 梁
肋板台	≤12	T 梁、小箱梁、矮肋 T 梁
重力式台	≤8	T 梁、小箱梁、矮肋 T 梁

2）高墩结构形式

省内常规桥梁高墩结构型式有圆柱墩、双柱方墩、薄壁空心墩。根据调查及工程反馈意见，墩高 50m 以上时采用薄壁空心墩为建设各方普遍接受，而 50m 以下时采用空心墩时，内腔纵向尺寸偏小，施工不方便，圆柱墩施工方便但抗推刚度偏小，近几年湖南、贵州等地在 35~55m 墩高设计中采用一种双柱式实体方墩的桥墩形式，结构性能与施工便捷性较好，因此高墩标准图采用双柱式方墩及薄壁空心墩两种形式。

说明：

省内工程实践中，也存在 35~45m 墩高采用圆柱墩（加大墩、桩直径）的情况，从技术合理性角度不提倡，个别情况下需采用时由设计单位另行设计。

据调研，部分地区或设计单位在 35~50m 墩高区间采用实体板式墩和薄壁空心墩的结构形式。经对比，相对于双柱式方墩，实体板式墩无柱系梁，施工更方便，但工程量相对较大；薄壁空心墩内腔纵桥向尺寸较小，不便于施工。

4 编制混凝土防撞护栏、桥台搭板、锥坡、桥面排水等附属工程标准图。

3.2.2 涵洞

涵洞标准图涵盖了常用的圆管涵、盖板（明）涵、箱涵和拱涵，相关规格及适用范围见表 3.2.2。

1 圆管涵

圆管涵具有便于预制，安装速度快等优点。但小孔径圆管涵由于空间受限，维护、清理难度大，故此次编制 1.25m、1.5m、1.8m 孔径圆管涵标准图。

表 3.2.2 涵洞、通道标准图系列表

类型	跨径或孔径(m)	填土高度(m)	洞口构造	角度(°)
圆管涵	1.25、1.5、1.8	0.5～20	八字翼墙 井字洞口 锥坡洞口	0～45
盖板涵（整体式基础）	2×2、2×2.5	0.5～20	八字翼墙	0～45
	3×3、3×3.5			
	4×3、4×4、4×5			
	5×4、5×5、5×6	0.5～20	八字翼墙	0～30
	6×4、6×5、6×6			
盖板涵（分离式基础）	2×2、2×2.5	0.5～6	八字翼墙	0～45
	3×3、3×3.5			
	4×3、4×4、4×5			
	5×4、5×5、5×6	0.5～6	八字翼墙	0～30
	6×4、6×5、6×6			
盖板明涵	4×3、4×4、4×5	＜0.5	八字翼墙	0～30
	6×4、6×5、6×6			
箱涵	2×2	0.5～6	一字翼墙	0～45
	3×3			
	4×3、4×4、4×5	0.5～6		
	5×4、5×5	0.5～6	一字翼墙	0～30
	6×4、6×5			
拱涵	2×2	16～24	八字翼墙	0～30
	4×3、4×4			
	6×4、6×5			

2 盖板涵

盖板涵因具有构造简单、涵身坚固、经久耐用及便于养护等优点被广泛使用。此次编制跨径 2m、3m、4m、5m、6m 的盖板涵标准图。

说明：

湖南省高速公路现有盖板涵填土高度多限制在 12m 以内，为扩大其适用范围，此次标准图编制将盖板涵最大填土高度增加到 20m。

3 盖板明涵

根据调研情况，盖板明涵有一定使用需求，此次编制跨径 4m、6m 的盖板明涵参考图。

4 箱涵

涵整体性好，对地基的适应能力强，在软基地区使用广泛。此次编制跨径 2m、3m、4m、5m、6m 的箱涵标准图。

5 拱涵

此次盖板涵标准图最大填土高度已达到 20m，多数情况下可以取代拱涵使用，故此次只编制填土高度 16～24m，跨径 2m、4m、6m 的拱涵标准图。

3.2.3 中、小型预制构件

中小型预制构件使用较广，用量较大，列入了设计标准化第一期工作的内容。

中、小型预制构件包括常规的防护预制构件、排水预制构件、路面边部预制构件以及路基中央分隔带预制护栏，标准图内容见表 3.2.3。

表 3.2.3 中小型预制构件标准图系列

预制构件种类	具体类型
防护预制构件	预制空心六角块、预制实心六角块、 预制拱形骨架、预制人字形骨架
排水预制构件	预制边沟、预制排水沟、 预制急流槽、预制坡顶截水沟、预制平台截水沟
路面边部预制构件	土路肩预制块、土路肩边部预制块
预制护栏	中央分隔带护栏

1 防护预制构件

防护预制构件包含预制空心六角块、预制实心六角块、预制拱形骨架和预制人字形骨架 4 种类型，其中预制空心六角块和预制实心六角块广泛用于路基边坡以及桥台锥坡防护，预制骨架类型则采用我省施工图项目中经常应用的拱形和人字形骨架。

2 排水预制构件

排水预制构件包括预制边沟、预制排水沟、预制急流槽、预制坡顶截水沟、预制平台截水沟 5 种类型，与目前常规的现浇混凝土水沟类型及壁厚基本保持一致，满足一般的排水设计要求。

3 路面边部预制构件

填方路面边部预制构件包含土路肩预制块和土路肩边部预制块，挖方路面边部预制构件则只包含土路肩预制块。路肩端部采用预制块砌筑，相较一般的培土路肩可减少雨水下渗以及路面水漫流对土路肩的冲刷。

4 预制护栏

路基中央分隔带预制混凝土护栏已在我省多个项目中应用，故将其纳入中小型预制构件图册中。

3.3 标准图集成果

3.3.1 主要编制依据及规范

《公路工程技术标准》JTG B01-2014

《公路桥梁设计通用规范》JTG D60-2015

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362-2018

《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363-2019

《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015

《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01-2015

《公路涵洞设计规范》JTG/T3365-02-2020

《钢结构设计标准》GB 50017-2017

《公路装配式混凝土桥梁设计规范》JTG/T 3365-05—2022

《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》JTG/T 3310-2019

《公路交通安全设施设计规范》JTG D81-2017

《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T 2231-01-2020

《公路桥梁抗风设计规范》JTG/T 3360-01-2018

《公路圬工桥涵设计规范》JTG 3361-2025

《公路桥涵施工技术规范》JTG/T 3650-2020

《公路路基设计规范》JTG D30-2015

《公路排水设计规范》JTG/T D33-2012

《公路交通安全设施施工技术规范》JTG/T 3671—2021

《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》JT/T 722-2023

《公路桥梁盆式支座》JT/T 391-2019

《公路桥梁板式橡胶支座》JT/T 4-2019

《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》JT/T 327-2016

《路桥用水性沥青基防水涂料》JT/T 535-2015

3.3.2 标准图图集及编制单位

各类标准图集及编制单位见表 3.3.2。

表 3.3.2 标准图类别及编制单位

标准图类别		编制单位
桥梁	装配式预应力混凝土简支 T 梁桥上部结构	湖南省交通规划勘察设计院
	装配式预应力混凝土连续 T 梁桥上部结构	湖南省交通规划勘察设计院
	装配式预应力混凝土简支小箱梁桥上部结构	湖南省交通规划勘察设计院
	装配式预应力混凝土连续小箱梁桥上部结构	湖南省交通规划勘察设计院
	装配式预应力混凝土简支矮肋单 T 梁桥上部结构	湖南高速设计咨询集团
	装配式预应力混凝土简支矮肋双 T 梁桥上部结构	湖南省交通科学研究院
	装配式简支钢-混凝土箱形组合梁桥上部结构	中交第二公路勘察设计研究院
	装配式连续钢-混凝土箱形组合梁桥上部结构	中交第二公路勘察设计研究院
	装配式预应力混凝土 T 梁桥下部结构	湖南省交通规划勘察设计院
	装配式预应力混凝土小箱梁桥下部结构	湖南省交通规划勘察设计院
	装配式预应力混凝土矮肋单 T 梁桥下部结构	湖南高速设计咨询集团
	装配式预应力混凝土矮肋双 T 梁桥下部结构	湖南省交通科学研究院
	装配式钢-混凝土箱形组合梁桥下部结构	中交第二公路勘察设计研究院
	桥梁公用构造	湖南省交通规划勘察设计院
涵洞	圆管涵、盖板涵、箱涵、拱涵、盖板明涵	湖南省交通规划勘察设计院
其他	中小型预制构件	湖南省交通规划勘察设计院

各类标准图的图表分册见附录 A。

3.3.3 标准图集的使用

标准图集分为通用图及参考图。

1）通用图由编制单位详细设计，在满足适用条件时，可以直接用于项目的各阶段设计。

2）参考图由编制单位对结构的一般构造进行了合理设计（如：墩台一般构造图）或体现设计方法及原则（如墩、桩配筋示意图、桥面排水设计图等），在满足适用条件时，一般可用于项目的初步设计，设计单位可根据项目具体条件对参考图进行完善后形成施工图。

3）本次编制部分图册中，图集名为参考图，但部分设计图可作为通用图使用，详见表 3.3.3。

表 3.3.3 桥涵及中小型预制构件标准图的使用

标准图集类别	图集性质	备注
桥梁上部结构	通用	\
桥梁下部结构	参考	图集中墩台盖梁、挡块钢筋图、系梁钢筋图、桥台耳背墙钢筋图、垫石钢筋图可作为通用图使用
桥梁公用构造	参考	图集中防撞护栏钢筋图、桥台搭板钢筋图、护栏上标志基础设计图可作为通用图使用
圆管涵、盖板涵、箱涵、拱涵	通用	\
盖板明涵	参考	\
中小型预制构件	通用	中央分隔带分离式预制混凝土护栏作为参考图使用

4）项目设计单位在使用通用图时，应对所采用的通用图进行审核，核查适用条件，并按照交通运输部《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》（以下简称《文件编制办法》）的要求签署设计文件。

5）项目设计单位在使用参考图时，应依据项目的特点和建设条件合理确定项目的设计参数，核查适用条件，经计算、复核、补充、细化后形成最终施工图，并按照《文件编制办法》的要求签署设计文件。

第四章 桥梁标准图设计

4.1 主要设计参数

4.1.1 主要材料

1 混凝土

桥梁结构混凝土强度等级根据结构受力及耐久性设计（按一般环境类别）要求确定，标准图中各结构混凝土最低强度等级按表 4.1.1 采用。

表 4.1.1 桥梁结构混凝土强度等级

部 位	构件名称	混凝土设计强度等级
上部结构	混凝土预制梁(T 梁、小箱梁、矮肋 T 梁)	C50
	混凝土预制梁湿接缝及墩顶现浇段	C50
	调平层	C40
	组合梁预制桥面板及湿接缝	C55
下部结构	盖梁	C35、C40
	墩身及墩系梁（圆柱墩)	C35
	墩身及墩系梁（方柱墩)	C40
	墩身(空心墩)	C40
	桩基及桩顶系梁	C30
	桥墩承台	C30
	桥台肋板、耳背墙	C35
	桥台承台	C30
	U 形桥台台身（含侧墙)、扩大基础	C30
附属工程	搭板	C30
	垫石	C50
	防撞护栏	C35

结构设计时应对混凝土的耐久性能指标提出明确要求。

2 普通钢筋及机械连接

1）普通钢筋采用 HPB300、HRB400 和 HRB500 钢筋三种型号。本次标准图编制积极采用、推广 HRB500 钢筋。

说明：

2012 年，住建部和工信部联合发布了《关于加快应用高强钢筋的指导意见》，提出淘汰 HRB335 级钢筋，优先使用 HRB400 级钢筋，并积极推广 HRB500 级钢筋，2010 版《混凝土结构设计规范》、2018 年版《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规

范》均纳入HRB500钢筋，与HRB400钢筋并列为主导受力钢筋。截至目前，国内97%以上的钢筋使用仍是400MPa级带肋钢筋，虽然近几年来500MPa级以上钢筋的产量呈现增长态势，但其占比不到全国总产量的3%。相比之下，在美国、日本、韩国等国外发达地区，500MPa级钢筋的应用超过了50%，欧洲全部要求使用500MPa级以上的钢筋。

2022年3月，住建部印发了《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》，其中强调了促进高性能混凝土、高强钢筋等绿色建材的推广使用的重要性。在工业与民用建筑及其他行业中，使用高强钢筋的经验表明，在确保结构安全的前提下，合理使用500MPa级以上的钢筋可以显著降低钢筋工程成本（约10~15%）并减少碳排放，具有良好的经济效益和环境效益。在省内，500MPa级钢筋已广泛应用于长沙机场二期改扩建工程、梅溪湖中心高层建筑以及桑龙、炉慈、新新高速公路等项目中，600MPa级钢筋也开始在长沙地铁7号线项目中使用。

为了体现高强钢筋优势，建议设计在满足裂缝宽度要求及最小配筋率的前提下，按“等强替换”原则使用，即相对于采用HRB400钢筋设计时的钢筋用量进行减量设计，结构强度保持不变或略有加强。按此原则，下列桥梁结构或构件可采用HRB500钢筋：

1）采用混合配筋设计的预应力混凝土结构中的受力普通钢筋。

装配式混凝土梁的梁肋、马蹄、横隔板等构件尺寸一般较小，钢筋及钢束较密集，采用HRB500钢筋“等强代换”，一方面可以减少主筋数量，另一方面可适当增大钢筋间距，防止主筋过密导致混凝土浇筑不密实。因此，标准图中，T梁、小箱梁、矮肋T梁中的纵向受力普通筋均采用HRB500钢筋。

2）不受裂缝宽度控制配筋的钢筋混凝土结构中的受力钢筋，主要有：

① 承台拉杆钢筋及按拉压杆模型设计的盖梁短悬臂受拉钢筋。

② 大多数情况下的墩柱、桩基受力主筋。

计算表明，大多数工况下，墩柱、桩基在承载力满足的条件下，计算裂缝宽度较小，可以采用HRB500钢筋。

③ 双柱式高墩的系梁主筋。

桩柱系梁的配筋考虑横风作用，高墩情况下，横向极限风对配筋影响较大，若采用HRB400钢筋，则钢筋间距较密甚至需要按束筋布置，宜采用了HRB500钢筋。

④ 防撞护栏钢筋。

3）受裂缝宽度控制配筋，但按 HRB400 钢筋设计时承载力富余较大，按高强钢筋“等强替换”后裂缝宽度仍可满足要求的构件。

工程实践中，设计人员一般都会考虑一定的设计富余，若加以精心设计，在富余度不变的情况下，可以将 HRB400 钢筋替换为 HRB500 级钢筋。

对于上述的第 2、3 类构件，标准图中高墩的墩柱、系梁及承台均按 HRB500 钢筋进行设计，其他构件暂仍按 HRB400 钢筋设计或示意，是否采用 HRB500 钢筋由设计单位根据项目的具体情况及性价比进行分析及设计。

现行《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》（GB/T 1499.2）标准已纳入 HRB600 钢筋及相关技术要求，但相关结构设计规范没有规定相应的设计方法，目前仍处于探索应用阶段。湖南省于 2022 年发布了地方标准《热轧带肋 600 级钢筋混凝土结构技术标准》（DBJ 43/T 389），可为 600MPa 级钢筋的在桥梁上的应用提供一定的参考。

2）设计应加强对钢筋机械接头的技术要求，有条件时宜采用向轴向冷挤压套筒连接。

说明：

2024 年省交通质安局在年中综合督查中发现部分项目桥梁墩柱钢筋套筒连接的极限抗拉强度远小于规范值，提出不宜采用剥肋滚轧直螺纹工艺、规范丝口加工、推广轴向冷挤压套筒连接技术，加强套筒连接培训及质量检测等建议与要求。

3 预应力钢筋

预应力钢筋采用抗拉强度标准值 f_{pk}=1860MPa、公称直径 d=15.2mm 的低松弛高强度钢绞线。

4 组合梁钢材、焊材及涂装材料

1）钢材

① 应根据结构形式、受力状态、连接方法及所处的环境条件，合理地选用钢材，钢材应满足桥梁设计要求的交货状态、化学成分、力学性能及工艺性能。

② 桥梁主体结构用钢材宜选用 Q355D 钢、Q420D、Q345qD 钢、Q420qD 钢，其质量应分别符合现行《低合金高强度结构钢》（GB/T 1591）和《桥梁用结构钢》（GB/T 714）的规定。

③ 当厚钢板有 Z 向性能要求时，应符合《厚度方向性能钢板》（GB/T 5313）的规定。

④ 钢材应以热轧、热机械轧制（TMCP）、热机械轧制+回火（TMCP+T）中任何一种交货状态交货，并在质量证明书中注明。耐候桥梁钢以热机械轧制（TMCP）、热机械轧制+回火（TMCP+T）状态交货。

⑤ 热机械轧制（TMCP）状态交货的钢材，当强度级别为 355MPa 级钢板时，其厚度不小于 32mm 的钢板应进行回火处理；当强度级别为 420MPa 级钢板时，其厚度不小于 20mm 的钢板应进行回火处理。钢板的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差》（GB/T709）的规定，对于 20mm 及以下厚度钢板的厚度偏差应满足 C 类，20mm 以上厚度钢板的厚度偏差应满足 B 类。

2）焊接材料

焊接材料应与主体钢材相匹配，并应符合以下规定：

① 手工焊接采用的焊条应符合现行《非合金钢及细晶粒钢焊条》(GB/T 5117)的规定；对需要验算疲劳的构件宜采用低氢型碱性焊条。

② 自动焊和半自动焊采用的焊丝和焊剂应符合现行《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》(GB/T 8110)、《非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝》(GB/T10045)、《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》(GB/T 5293)的规定。

③ 焊接材料进厂时应有质量证明书，焊接材料的质量管理应符合《焊接材料管理规定》（JB/T 3223）的规定。

3）涂装材料

1）涂装材料应根据设计文件要求、结构部位、桥址环境条件等选定，以确保预期的涂装效果。禁止使用过期产品和未经试验的替用产品。

2）为保证防腐材料的质量和防腐效果，考虑到不同厂家材料及施工工艺的兼容性，同一涂装体系所用的底、中、面油漆的供应商宜为同一厂家。

3）涂装材料的品种、规格、技术性能指标必须符合设计文件和技术规范的要求，具有完整的出厂质量合格证明书。涂料供应商应提供涂装施工全过程的技术服务，对涂料保证年限进行承诺。

4）涂装材料各项性能指标应满足《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》(JT/T 722)或《桥梁钢结构冷喷锌防腐技术条件》(JT/T 1266)的要求。新材料除满足各项指标要求外，应用前还应进行涂层相容性、环境适应性等相关试验，并组织专家论证后方可应用。涂装材料供应商应提供满足各项指标性能的第三方检测报告。

4.1.2 钢筋的混凝土保护层厚度

省内大部分地区的环境类别为I类（一般环境），桥梁各构件可采用下列设计环境作用等级，以确定最外层钢筋混凝土保护层厚度：

1 桥梁上部结构按I-B级设计；

2 墩、盖梁、挡块、墩系梁、耳背墙、搭板按I-B级设计；

3 水位变动区的墩、桩、承台、桩系梁、防撞护栏等构件按I-C级设计；

标准图中桥梁各构件钢筋的混凝土保护层厚度按表4.1.2采用。

表4.1.2 混凝土保护层厚度

部位	构件及位置	采用值（mm）
上部结构	预制主梁	净30
	现浇湿接缝、现浇横梁	净30
	调平层	净30
下部结构	圆柱墩身	净35
	桩基	净70
	承台、肋板、桩系梁(考虑有模板、垫层）	净40
	矩形墩身、空心薄壁墩身	净35
	盖梁、台帽、耳背墙、柱系梁	净30
	防裂钢筋网	净25

4.1.3 桥梁上部结构计算参数

1 汽车荷载：公路-I级；

2 主要材料容重：混凝土取26.0kN/m^3，钢材取78.5kN/m^3，沥青混凝土取24.0kN/m^3；

3 防撞护栏：单侧11.5kN/m（按SS级护栏计算）；

4 预应力钢筋：弹性模量Ep=1.95×10^5 MPa，松弛系数ζ=0.3；

5 锚具：锚具变形、钢筋回缩按6mm（一端）计算；波纹管管道摩阻系数μ=0.25，偏差系数k=0.0015；

6 支座不均匀沉降：40m跨径以下的连续结构按5mm计，40m及以上跨径连续结构按10mm计，简支结构不计；

7 汽车冲击系数：按现行规范规定取值；

8 竖向梯度温度效应：考虑沥青铺装层和一半桥面现浇层厚度对梯度温度的影响，按现行规范规定取值；

9 年平均相对湿度：70～99％；

10 混凝土梁钢束张拉时混凝土龄期7d，存梁期分别考虑30、60、90d。

4.1.4 桥梁下部结构计算参数

1 混凝土：重力密度γ=26kN/m^3。

2 上部结构恒载：根据上部结构计算选用。

3 活载：通过建立“分段”虚拟横梁按杠杆法进行加载。

4 整体升降温：25℃。

5 风荷载取值

1）风速：W1 风作用时，主梁上的风速取 25m/s；W2 风作用时，设计基本风速 U10 取 30m/s；

2）地表类别：35m 墩高以下按 B 类，35m 墩高及以上按 C 类；

3）组合系数

基本组合：运营风分项系数取 1.1，并考虑组合值系数 0.75，即为 0.825；极限风分项系数取 1.4，在极限风作用下进行相关极限状态设计时，汽车荷载不参与荷载组合；

频遇组合和准永久组合：运营风分项系数取 1.0，并考虑组合值系数 0.75，即为 0.75；按正常使用极限状态设计时，极限风不参与组合。

6 台后填土：重力密度γ=19kN/m^3，内摩擦角φ=30°。

7 地基比例系数：

墩高≤25m，按 m = 5000kN/m^4、m = 10000kN/m^4 两种情况进行设计；

墩高＞25m，按 m = 20000kN/m^4 进行设计。

8 支座摩阻系数：按 0.01~0.03 中的不利工况取值。

9 墩柱计算长度系数：顺桥向计算长度系数按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362-2018）计算，横桥向计算长度系数取 1.0（长度为梁柱节点间距）。

10 土压力计算：台后填土和台前溜坡土压力按库仑主动土压力计算，台后汽车的作用按等代土层法进行计算。

4.1.5 结构设计控制指标

1 混凝土梁

1）正截面抗弯强度富余系数 R/S 不小于 1.1（效应设计值 S 计入结构重要性系数 1.1，承载力设计值 R 计入普通钢筋作用）。

2）主梁正截面抗裂验算：作用频遇组合下，跨中截面下缘压应力不小于 1.0MPa，墩顶截面上缘拉应力不大于 1.5MPa；准永久作用组合下，控制截面计算边缘按规范要

求控制，即不出现拉应力。

3）斜截面主拉应力按规范要求控制，即预制梁不大于 1.86MPa，墩顶现浇段不大于 1.33MPa。

4）持久状况作用标准值组合下截面最大压应力满足规范要求。

5）桥面板计算裂缝宽度不大于 0.18mm。

6）施工阶段裸梁（简支状态下）跨中截面允许承受的施工荷载弯矩以中梁（连续结构为中跨中梁）控制，控制值根据“公预规”JTG 3362 第 7.2.8 条计算，其中存梁期按 90 天计，拉应力上限值取 0.7 倍混凝土轴心抗拉强度标准值。

7)施工阶段预制梁每延米桥面板允许承受的施工荷载弯矩根据“公预规”JTG 3362 第 7.2.4 条计算。

2 组合梁

1）钢梁正截面抗弯强度安全系数 R/S 不小于 1.1，效应设计值 S 计入结构重要性系数 1.1。

2）桥面板按钢筋混凝土构件计算，作用频遇组合下，裂缝宽度不大于 0.18mm。

3）持久状况作用基本组合下截面抗剪承载力满足规范要求。

4）持久状况作用基本组合下腹板组合应力验算满足规范要求。

5）持久状况作用频遇值组合下组合梁挠度限值满足规范要求。

6）钢主梁整体稳定性验算及局部稳定验算满足规范要求。

7）钢主梁截面抗弯和抗剪疲劳验算满足规范要求。

8）正常使用极限状态下连接件抗剪验算满足规范要求。

3 桥梁下部结构

1）盖梁正截面计算裂缝宽度不大于 0.18mm。

2）系梁正截面计算裂缝宽度不大于 0.18mm。

本指南附录 C 中列出了通用性结构物的主要计算结果，以便设计单位更准确地把握标准图的使用。

4.2 装配式预应力混凝土 T 梁

4.2.1 总体布置

1 T 梁标准横断面

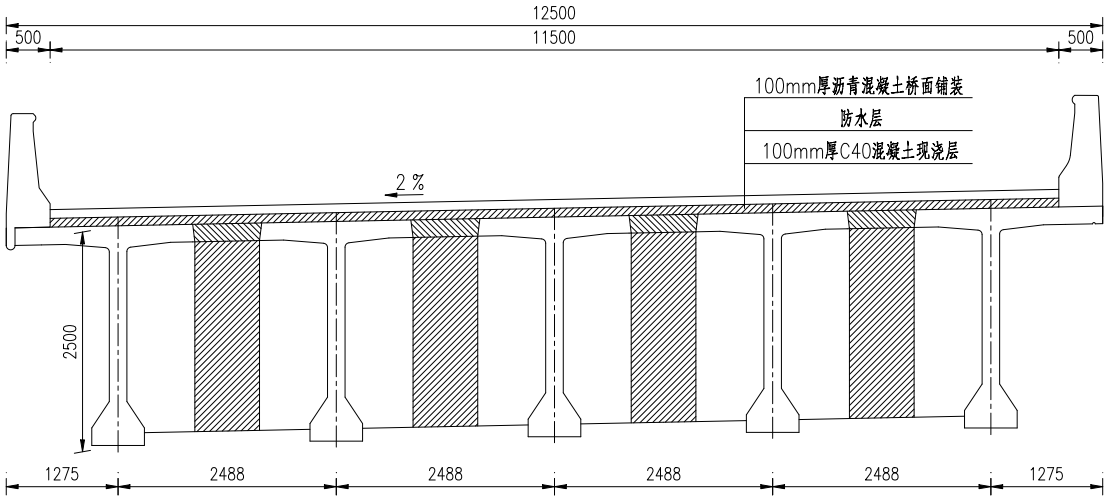


图 4.2.1-1 26m 路基宽 T 梁标准横断面

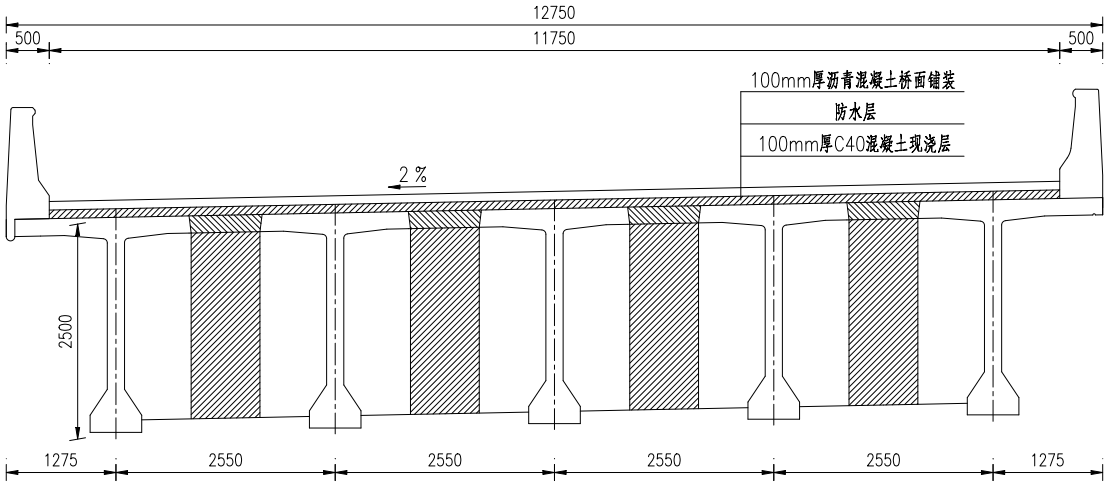


图 4.2.1-2 26.5/27m 路基宽 T 梁标准横断面

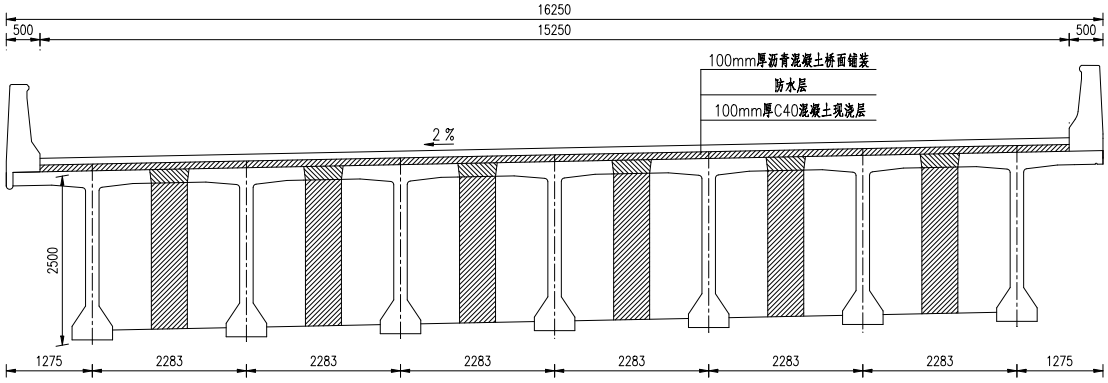


图 4.2.1-3 33.5m 路基宽 T 梁标准横断面

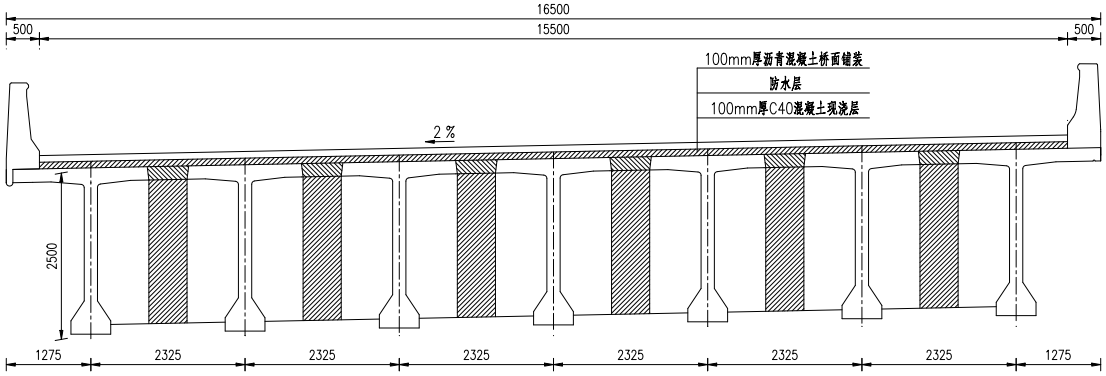


图 4.2.1-4　34/34.5m 路基宽 T 梁标准横断面

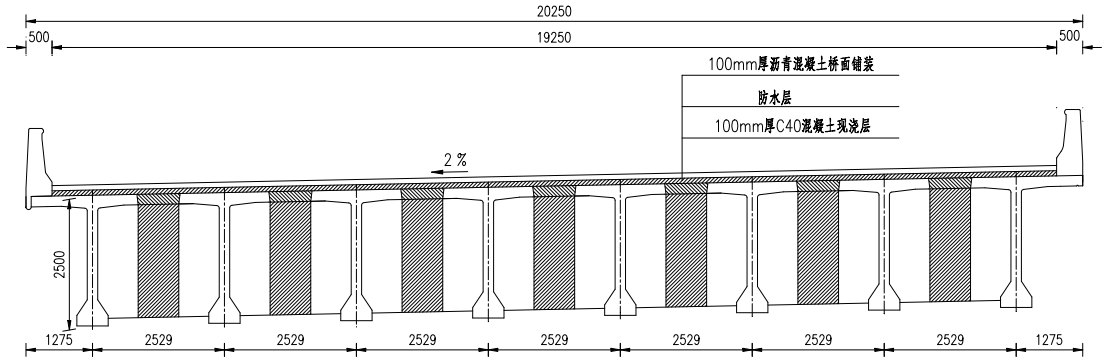


图 4.2.1-5　42m 路基宽 T 梁标准横断面

表 4.2.1-1　T 梁标准横断面参数

路基宽(m)	半幅桥宽(m)	梁片数	边梁悬臂(cm)	梁间距(cm)	湿接缝宽(cm)	边梁预制梁宽(cm)	中梁预制梁宽(cm)
26	12.5	5	127.5	248.75	73.75	215	175
26.5/27	12.75	5	127.5	255	80	215	175
33.5	16.25	7	127.5	228.33	53.33	215	175
34/34.5	16.5	7	127.5	232.5	57.5	215	175
42	20.25	8	127.5	252.86	77.86	215	175

1）整体式路基与分离式路基采用相同的桥梁宽度。

2）各路基宽度的预制梁尺寸均相同，通过调整梁片数和湿接缝宽度来适应不同的桥宽。

说明：

原 08 版交通部通用图中，26m 路基 T 梁桥横断面采用 6 片梁，湿接缝宽度为 40cm，普遍反映施工不方便。本次标准图中，26m、26.5m（27m）路基 T 梁桥横断面梁片数参照广东省通用图采用 5 片，湿接缝宽度增加至 70cm 以上，方便了湿接缝施工。6 车道路基 T 梁桥横断面采用 7 片梁，设计基本是一致的，8 车道路基 T 梁桥梁片数采用 8 片或 9 片，各地有所不同，通过对汽车活载横向分布系数对比可知，8 车道采用 8

片梁与 6 车道采用 7 片梁的横向分布系数基本相当，故本次标准图 42m 路基 T 梁桥横断面采用 8 片梁布置形式。

表 4.2.1-2 T 梁横向系数对比

主梁位置	34.5m 路基（单幅 7 片梁）	42.0m 路基（单幅 8 片梁）	42.0m 路基（单幅 9 片梁）
30m 跨边梁	0.714	0.698	0.645
30m 跨中梁	0.559	0.565	0.515
40m 跨边梁	0.708	0.682	0.628
40m 跨中梁	0.556	0.563	0.513

2 T 梁纵向布置

1）25mT 梁纵向一联长度不宜大于 5×25m；

2）30mT 梁纵向一联长度不宜大于 5×30m；

3）40mT 梁纵向一联长度不宜大于 4×40m；

4）当采用结构连续时，宜尽量避免采用 2 孔一联的布置。

4.2.2 结构设计

1 主要结构构造

1）T 梁主要结构尺寸见表 4.2.2-1。

表 4.2.2-1 T 梁主要结构尺寸

跨径(m)		25	30	40
梁高(cm)		170	200	250
预制梁长	连续梁中跨(cm）	2430	2930	3920
	连续梁边跨(cm）	2457	2957	3952
	简支梁(cm）	2492 2488（160 缝边跨）	2992 2988（160 缝边跨）	3992 3988（160 缝边跨）
预制梁宽	中梁(cm)	175	175	175
	边梁(cm)	215	215	215
连续结构墩顶现浇段宽(cm）		70	70	80
横隔板	道数	5	5	5
	厚度(cm）	顶 22 底 20	顶 22 底 20	顶 22 底 20
翼板厚度(cm）		20	20	20
梁肋	跨中段厚度（cm）	20	20	20
	梁端厚度（cm）	40	40	40
	变厚段长度（cm）	270	550	770
马蹄	跨中（高×宽 cm）	20×60	20×60	20×60
	梁端(高×宽 cm）	70×60	70×60	90×60

1）T 梁翼板横坡为 2%，马蹄底面水平，横隔板底面与梁顶平行。

2）翼板厚 20cm，与腹板相连处加厚至 25cm，底面设 R=5cm 圆弧倒角。

3）T 梁马蹄宽度统一为 60cm，有利于支座布置及马蹄内钢束布置，马蹄顶面与腹板衔接的坡度取 1.5:1。

说明：

目前 T 梁马蹄顶面的横坡基本是 1:1，调研中施工单位普遍反映 T 梁马蹄面混凝土表面气泡较多，影响外观质量及耐久性。根据相关文献资料，引起 T 梁马蹄面气泡过多因素有很多，其中影响最大的是马蹄顶面与腹板面的夹角，T 梁振捣时，梁体下部产生的气泡部分沿马蹄面侧模向上排除，如果该夹角较小（即马蹄顶面坡度较缓），气泡很难向上引出。工程经验表明，加大马蹄顶面的坡度，对消除气泡效果最好，因此，本次标准图中马蹄顶面的横坡由 1:1 调整为 1.5:1，如下图所示：

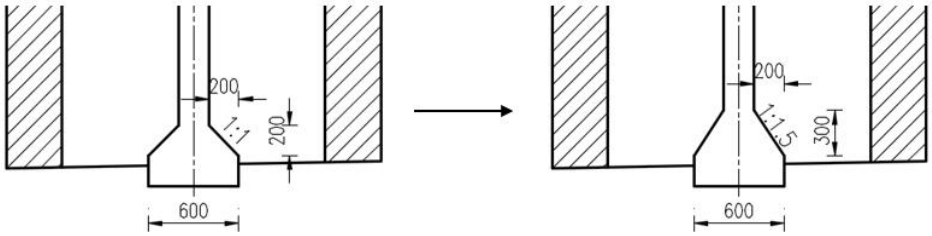


图 4.2.2-1 T 梁马蹄顶横坡调整

4）边梁预制时外侧翼板端部可预留 10cm 宽度混凝土不浇，后期与防撞护栏一起浇筑。

5）结构连续 T 梁中支点两端翼板下设负弯矩束张拉锚固块。

6）简支梁梁端、连续结构边跨简支端构造按深埋锚工艺设计，不设置后浇封锚段。

说明：

公路预制梁梁端的锚具一般采用后浇封锚段封锚，预制梁需两次浇筑，封锚段施工质量常常难以保证。采用深埋锚工艺，预制梁一次浇筑完成，仅需在锚穴中填充小石混凝土或环氧砂浆等材料，从而简化了施工流程，提高了封锚质量。

本次编制的标准图，T 梁、小箱梁、矮肋 T 梁均采用深埋锚工艺。

7）桥面现浇层横向按桥面净宽设置，厚度为 10cm，简支结构现浇层桥面连续处顶面设置一层 SBS 防水卷材。

8）伸缩缝处梁端设置缓冲橡胶块。

2 预应力钢束

1）预应力钢束管道采用镀锌金属波纹管。

说明：

我省预应力混凝土结构的钢束管道大多采用塑料波纹管，存在原材料采用再生料的问题。本次编制的标准图中，各类装配式预制混凝土梁的预应力管道均采用镀锌金属波纹管。

金属波纹管可以有效地与混凝土结合，确保预应力筋的有效布置及整体结构性能，同时金属波纹管的强度和刚度更能保证在混凝土浇筑时保持孔道形状稳定。相对于金属波纹管，塑料波纹管弹性模量和强度较低，容易弯曲，导致其与混凝土或是水泥浆之间缺乏黏结能力，形成薄弱面。施工中，若管道变形，钢束张拉时易出现各股钢绞线挤压产生的垂直管道方向的拉应力，同时如果预应力束在长度方向出现偏差，也会出现较大的横向拉应力，两种应力叠加易导致结构体沿波纹管方向产生裂缝，特别是预制梁的梁肋或腹板一般较薄，管道变形及安装偏差更易产生这种裂缝。因此预制混凝土梁的预应力管道采用金属波纹管，能更好地确保管道形状与周边混凝土的性能，避免或减少产生沿波纹管的纵向裂缝。

2）正弯矩及负弯矩预应力钢束管道及锚具采用圆形波纹管及配套锚具，负弯矩钢束下弯至顶板以下设齿块张拉锚固。

说明：

原部颁小箱梁及T梁通用图墩顶负弯矩钢束采用扁形波纹管，接口处当有平面或扭转错位时，穿束较困难，且压浆难以饱满，影响结构耐久性，本次标准图将连续结构的墩顶负弯矩钢束优化为圆锚。

3）主梁钢束布置见表4.2.2-2~表4.2.2-7。

表 4.2.2-2　25m 结构连续 T 梁预应力钢束布置

路基宽度(m)	位置		正弯矩束		负弯矩束	
			布置	股数	布置	股数
26 26.5/27	边梁	边跨	7+7+2×6	26	2×4+2×6	20
		中跨	7+7+2×4	22	2×4+2×6	20
	中梁	边跨	6+5+2×6	23	2×4+2×5	18
		中跨	6+6+2×4	20	2×4+2×5	18
33.5 34/34.5 42	边梁	边跨	6+6+2×6	24	2×4+2×6	20
		中跨	6+7+2×4	21	2×4+2×6	20
	中梁	边跨	5+5+2×6	22	2×4+2×5	18
		中跨	6+5+2×4	19	2×4+2×5	18

表 4.2.2-3 25m 结构简支 T 梁预应力钢束布置

路基宽度(m)	位置	正弯矩束	
		布置	股数
26、26.5/27	边梁	7+8+2×8	31
	中梁	7+7+2×7	28
33.5、34/34.5、42	边梁	6+7+2×8	29
	中梁	6+7+2×7	27

表 4.2.2-4 30m 结构连续 T 梁预应力钢束布置

路基宽度(m)	位置		正弯矩束		负弯矩束	
			布置	股数	布置	股数
26 26.5/27	边梁	边跨	6+7+7+2×6	32	2×6+2×6	24
		中跨	6+6+6+2×5	28	2×6+2×6	24
	中梁	边跨	6+6+6+2×6	30	2×6+2×6	24
		中跨	5+5+6+2×5	26	2×6+2×6	24
33.5 34/34.5 42	边梁	边跨	6+6+6+2×6	30	2×5+2×5	20
		中跨	5+5+6+2×5	26	2×5+2×5	20
	中梁	边跨	5+5+6+2×5	26	2×5+2×5	20
		中跨	4+5+5+2×4	22	2×5+2×5	20

表 4.2.2-5 30m 结构简支 T 梁预应力钢束布置

路基宽度(m)	位置	正弯矩束	
		布置	股数
26、26.5/27	边梁	7+7+7+2×8	37
	中梁	6+7+7+2×7	34
33.5、34/34.5、42	边梁	6+7+7+2×8	36
	中梁	6+6+7+2×7	33

表 4.2.2-6 40m 结构连续 T 梁预应力钢束布置

路基宽度(m)	位置		正弯矩束		负弯矩束	
			布置	股数	布置	股数
26 26.5/27	边梁	边跨	8+8+8+8+2×6	44	2×6+2×6+2×5	34
		中跨	8+6+6+6+2×6	38	2×6+2×6+2×5	34
	中梁	边跨	8+8+8+6+2×6	42	2×6+2×5+2×5	32
		中跨	5+5+5+6+2×6	33	2×6+2×5+2×5	32
33.5 34/34.5 42	边梁	边跨	8+8+8+6+2×6	42	2×5+2×5+2×5	30
		中跨	6+6+6+6+2×6	36	2×5+2×5+2×5	30
	中梁	边跨	6+6+8+8+2×6	40	2×5+2×5+2×5	30
		中跨	5+5+5+5+2×6	32	2×5+2×5+2×5	30

表 4.2.2-7 40m 结构简支 T 梁预应力钢束布置

路基宽度(m)	位置	正弯矩束	
		布置	股数
26、26.5/27	边梁	9+9+9+8+2×8	51
	中梁	8+9+9+8+2×8	50
33.5 34/34.5、42	边梁	8+8+9+8+2×8	49
	中梁	8+8+8+7+2×8	47

3 钢筋布置

1）普通钢筋采用 HPB300、HRB400、HRB500 钢筋及钢筋焊接网。其中 HPB300 钢筋用于钢束定位钢筋、吊环钢筋、桥面板抗剪结合钢筋；HRB400 钢筋用于箍筋、桥面板横向受力钢筋及纵横向分布钢筋、架立筋等构造筋；HRB500 钢筋用于梁肋纵向受力主筋及横隔板（梁）顶底缘受力主筋，直径一般大于 16mm。

说明：

目前预制梁的受力普通钢筋基本为HRB400钢筋,本次标准图设计采用了HRB500钢筋，其使用背景及原则见本指南4.1.2。当采用HRB400钢筋代替图中的HRB500钢筋时，应按“等强替换”原则增大钢筋直径或增加钢筋根数。

2）马蹄底缘、连续结构墩顶现浇段上缘纵向普通钢筋均为结构受力钢筋，规格根据计算确定。马蹄底缘纵筋横向布置间距较小，连接时宜采用机械接头。

3）边梁外侧翼板顶面设置承担汽车碰撞荷载的横向加强钢筋。

4）马蹄内箍筋采用开口形箍筋与闭口形箍筋相结合的方式，闭口型箍筋设在跨中截面钢束未上弯区段，其他位置采用开口形箍筋。

5）腹板两侧纵向分布钢筋置于箍筋外侧。

6）横隔板湿接缝钢筋连接采用帮条焊，即采用等规格短钢筋与两侧预制梁内伸出钢筋焊接。

7）桥面板横向湿接缝钢筋连接为采用中间环形钢筋和两侧翼板伸出环形钢筋绑扎搭接的方式（即两次搭接），必须保证钢筋搭接套环内的混凝土面积及纵向钢筋数量满足设计要求。一般情况下，T 梁环形钢筋搭接长度（环形钢筋弧顶间的距离）不宜小于 20cm，受限时不应小于 15 cm，且搭接环内纵向钢筋不得少于 4 根。斜交时，相邻桥面板伸出钢筋间存在错位情况，湿接缝内环形钢筋与两侧钢筋按就近原则搭接。

8）桥面现浇层钢筋设计为绑扎钢筋网，也可采用钢筋焊接网，现浇层纵向钢筋在墩顶附近应保持连续。

4.2.3 结构计算

1 主要计算参数见 4.1.3。

2 纵向计算方法及要点

1）主梁按部分预应力混凝土 A 类构件设计，采用横向分布系数法将多片梁结构简化为单片梁进行计算，并采用空间计算（梁格法）校核。

2）汽车荷载横向分布系数，跨中段采用刚接板（梁）法，支点采用杠杆法。采用刚接板（梁）法计算连续梁横向分布系数时，连续梁的跨径按挠度相等的原理等代为简支梁跨径。横向分布系数取值见附录 C。

说明：

装配式结构常用刚性横梁法和刚接板（梁）法计算跨中横向分布系数，其中刚性横梁法适用于有可靠横向连接且桥梁宽跨比 B/L 小于 0.5 的结构。T 梁设有跨间横隔板，对 T 梁分别按刚接横梁法和刚接板（梁）法进行汽车横向分布系数计算，仅在四车道路基宽度中刚性横梁法的结果比刚接梁法略大 2%左右。同时，梁格法分析结果与刚接梁法较为吻合，故 T 梁横向分布系数统一采用刚接板（梁）法。

3）汽车冲击系数计算取值见表 4.2.3。

表 4.2.3 T 梁汽车冲击系数表

跨径	连续梁正弯矩	连续梁负弯矩	简支梁
25m	0.251	0.288	0.266
30m	0.229	0.263	0.236
40m	0.173	0.209	0.178

表注：相同跨径不同路基宽度结构自振频率相近，冲击系数按最大值取。

4）不考虑桥面现浇层参与结构受力。

5）支点负弯矩计入支座宽度折减。

6）主梁抗弯强度计算考虑了截面顶、底缘纵向普通钢筋的作用，应力计算考虑了普通钢筋的约束作用效应。

3 桥面板、横隔板计算方法及要点

1）桥面板按单向板计算，肋间板计算跨径按最大梁间距并增加 15cm（考虑变宽桥局部加宽）取值，悬臂板计算跨径按最大悬臂并增加 20cm（考虑曲线桥变翼板长需要）取值，汽车荷载取车辆荷载，冲击系数取 1.3。悬臂板除直接承担车轮荷载外，还应按 SS 级护栏汽车碰撞荷载进行设计。

2）端横梁按多点支承连续梁进行计算，跨间横隔板内力按刚接梁法计算，并与梁

格法空间计算结果进行对比。

4 主要计算结果见附录 C。

4.2.4 使用注意事项

1 标准图用于其他路基宽度时，应注意参考主梁间距相近的图册。

2 处于曲线段的桥，可通过调整梁长、边梁外翼板宽度来实现：

1）主梁纵向设计可适应梁长变化范围为-1000mm~+500mm，超出该范围需根据各桥具体情况进行计算调整。梁长变化段设置在跨中横隔梁两侧，梁内预应力钢束变化段应设置在跨中直线段内。

2）横桥向可通过调整边梁外侧翼板宽度来适应曲线弓弦高，加宽值不宜超过 20cm，超过时，宜采用横向移梁的方式。

3）梁长调整时，相应增减纵向钢筋长度和横向钢筋根数，横向钢筋间距保持不变；边梁外翼板长度调整时，相应增减边梁外侧翼板横向钢筋长度。

3 曲线桥梁墩顶负弯矩钢束布置原则如下：

1）邻近孔横坡存在变化，如两孔预制梁横坡不一致，前后梁波纹管位置会有错台。两孔桥横坡最大差异一般不会超过±2%，负弯矩钢束可以用两个圆弧过渡，如图 4.2.4-1 所示。

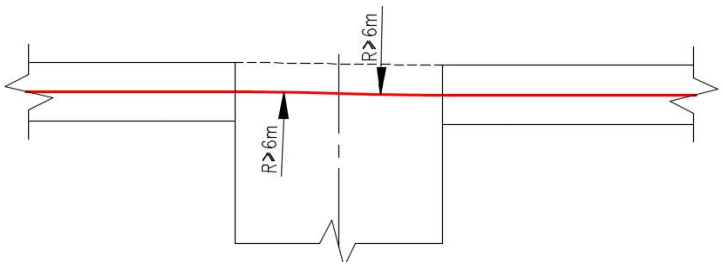


图 4.2.4-1 负弯矩钢束错台竖弯过渡示意图

2）为适应曲线段梁预制梁平面布置，负弯矩钢束可采用圆弧过渡，如图 4.2.4-2 所示。

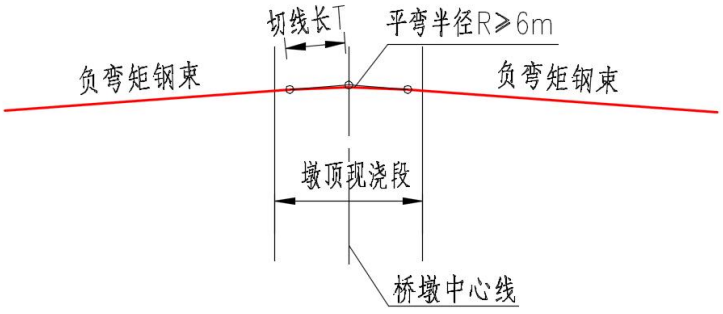


图 4.2.4-2 负弯矩钢束平弯示意图

4 本标准图考虑了肋间桥面板跨径及端横梁跨径在最大标准梁间距基础上增大15cm的工况，以适应变宽桥的设计，设计时还应注意根据具体情况调整主梁钢束配置。

5 当预制横隔板后浇接缝宽度较小，造成钢筋连接困难时，或者易产生横隔板错台的曲线桥、变宽桥，横隔板的连接可采取下列设计方式：

1）方式一：预制时在梁肋及翼板上预埋横隔板钢筋连接套筒，梁体架设后再连接钢筋整体后浇横隔板，如图4.2.4-3所示。

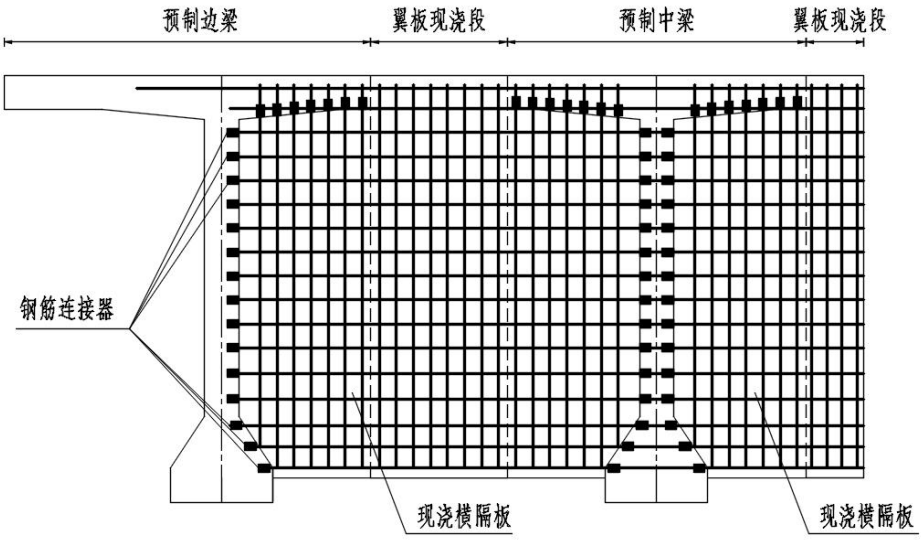


图 4.2.4-3 预埋套筒、后浇横隔板连接示意

2）方式二：采用通高或局部缩短预制横隔板长度以加大湿接缝空间，如图4.2.4-4所示。

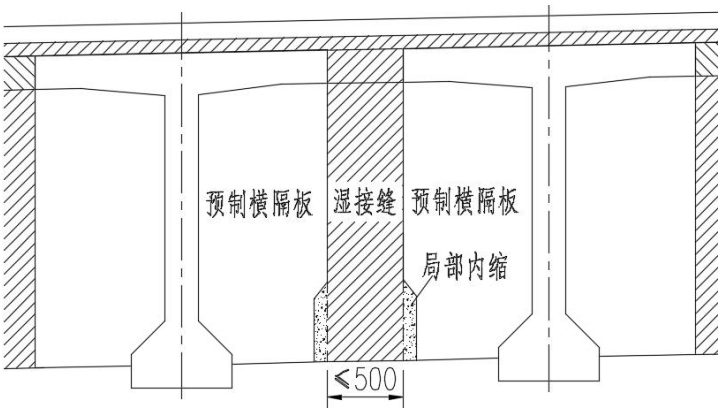


图 4.2.4-4 局部缩短预制横隔板长度示意

6 翼板预制横坡按2%设计，当桥面横坡相对预制梁横坡变化范围在±2%以内时，可通过调整预制梁横向高差和调平层厚度来适应；当变化范围超过±2%时，应适当调整翼板的预制横坡。

7 当桥面板湿接缝宽度小于 40cm，难以保证缝内环形钢筋与预制梁伸出钢筋的搭接长度时，钢筋连接宜用直端钢筋相焊接的方式。

8 桥面铺装设计厚度为 10cm 沥青混凝土+10cm 混凝土调平层，若铺装层厚度发生较大改变时，应重新进行验算并调整钢束数量。

9 边梁外侧翼板横向钢筋与 SS 级防撞护栏相适配；若采用更高等级的防撞护栏，翼板配筋应根据计算加强。

10 桥梁伸缩缝可采用 80 型及 160 型伸缩装置。预制梁梁端预留槽尺寸按模数式伸缩装置设计，80 型不需设置槽口，160 型槽口深度为 220mm，当桥面铺装层厚度和图纸中的尺寸不一致时，注意调整预制梁尺寸以保证伸缩缝最小槽口尺寸的要求。当采用 160 型梳齿板式伸缩装置时，预制梁梁端不需设置槽口。

4.3 装配式预应力混凝土小箱梁

4.3.1 总体布置

1 小箱梁标准横断面

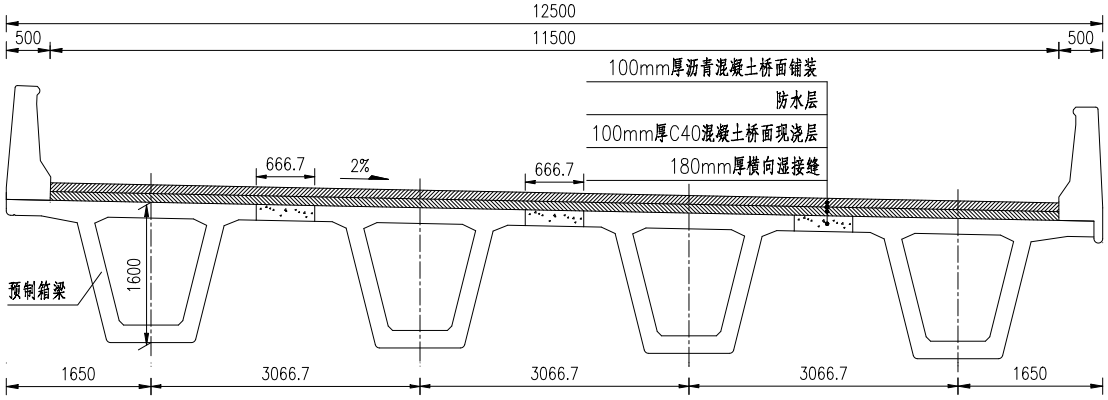


图 4.3.1-1 26m 路基宽小箱梁标准横断面

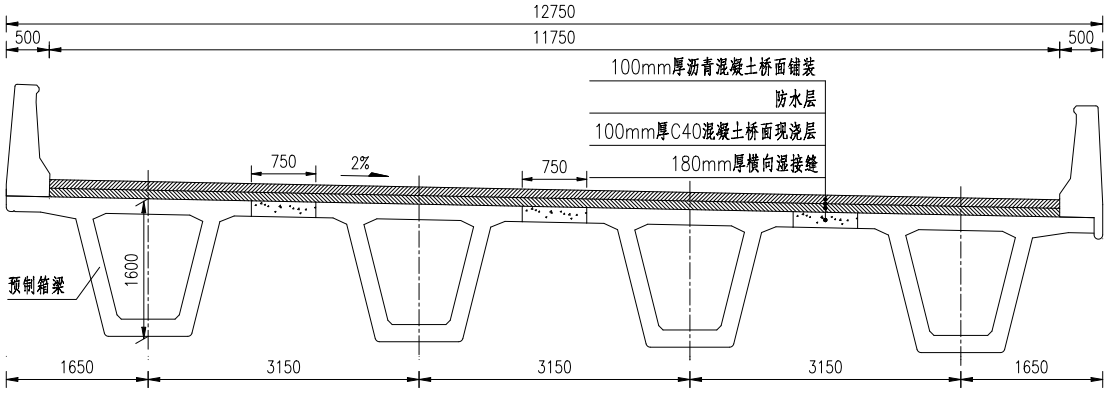


图 4.3.1-2 26.5(27)m 路基宽小箱梁标准横断面

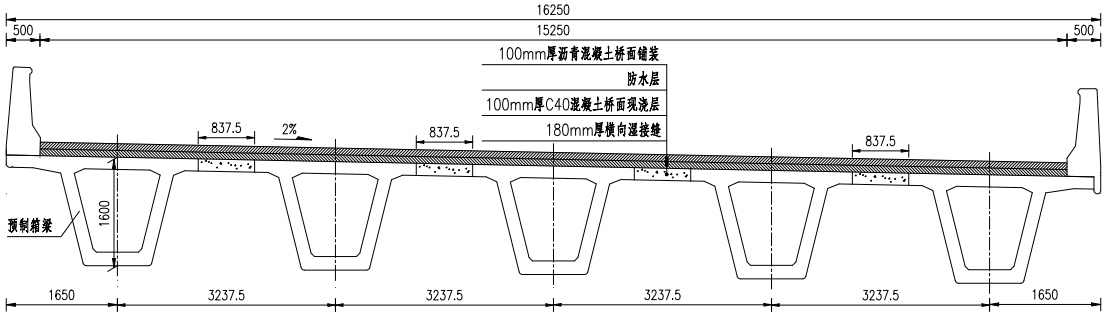


图 4.3.1-3　33.5m 路基宽小箱梁标准横断面

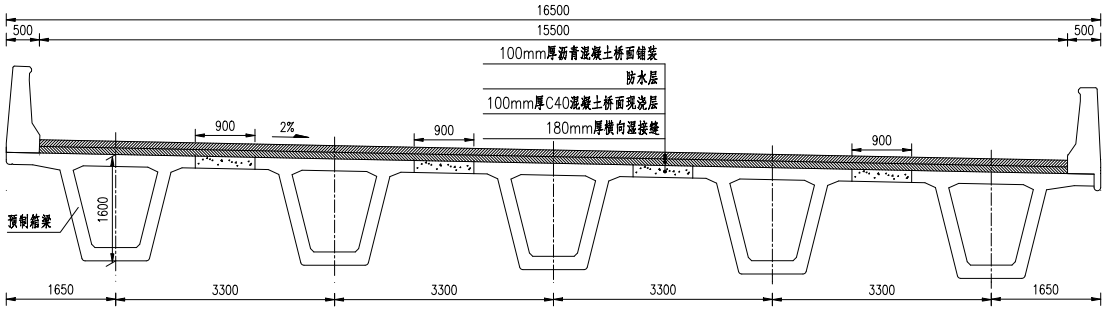


图 4.3.1-4　34(34.5)m 路基宽小箱梁标准横断面

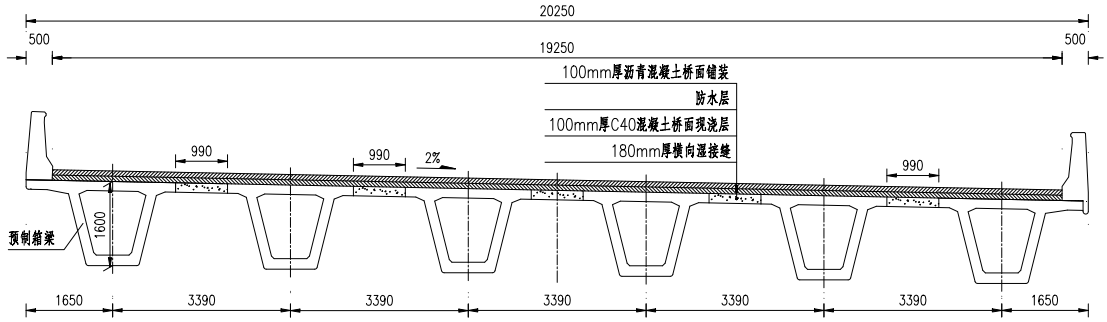


图 4.3.1-5　42m 路基宽小箱梁标准横断面

1）整体式路基与分离式路基采用相同的桥梁宽度。

2）各路基宽度的预制梁尺寸均相同，通过调整梁片数和湿接缝宽度来适应不同的桥宽。

表 4.3.1-1　小箱梁标准横断面参数表

路基宽(m)	半幅桥宽(m)	梁片数	悬臂端至边梁中心距(cm)	梁间距(cm)	湿接缝宽(cm)	边梁预制梁宽(cm)	中梁预制梁宽(cm)
26	12.5	4	165	306.67	66.67	285	240
26.5/27	12.75	4	165	315.00	75.00	285	240
33.5	16.25	5	165	323.75	83.75	285	240
34/34.5	16.5	5	165	330.00	90.00	285	240
42	20.25	6	165	339.00	99.00	285	240

说明：

8 车道 42m 路基宽小箱梁桥的横断面的梁片数可采用 6 片或 7 片，通过对汽车活

载横向分布系数对比分析（表 4.3.1-2)可知，采用 6 片梁与 6 车道采用 5 片梁的横向分布系数基本相当，桥面板的跨径仅增加 9cm，故 42m 路基宽小箱梁桥采用 6 片梁的断面布置。

表 4.3.1-2　小箱梁汽车活载横向分布系数对比

主梁位置	34.5m 路基（单幅 5 片梁）	42.0m 路基（单幅 6 片梁）	42.0m 路基（单幅 7 片梁）
25m 跨边梁	0.687	0.699	0.601
25m 跨中梁	0.618	0.617	0.525
30m 跨边梁	0.647	0.653	0.561
30m 跨中梁	0.606	0.597	0.504

2 小箱梁纵向布置

1）20m 小箱梁纵向一联长度不宜大于 6×20m；

2）25m 小箱梁纵向一联长度不宜大于 5×25m；

3）30m 小箱梁纵向一联长度不宜大于 5×30m；

4）当采用结构连续时，宜尽量避免采用 2 孔一联的布置。

4.3.2 结构设计

1 主要结构构造

1）小箱梁主要结构尺寸见表 4.3.2-1。

表 4.3.2-1　小箱梁主要结构尺寸表

跨径(m）		20	25	30
梁高(cm)		120	140	160
预制梁长	连续梁中跨(cm）	-	2464	2964
	连续梁边跨(cm）	-	2474	2974
	简支梁(cm）	1992 1988（160 缝边跨）	2492 2488（160 缝边跨）	2992 2988（160 缝边跨）
梁宽	中梁(cm)	240	240	240
	边梁(cm)	285	285	285
边梁悬臂翼板长度(cm)		85	83.5	82.5
腹板斜率		1:3	1:3.5	1:4
端横梁	连续梁(cm）	-	顶 27 底 25	顶 27 底 25
	简支梁(cm）	顶 27 底 25	顶 27 底 25	顶 27 底 25
中横梁宽(cm）		-	35	35
顶板厚度(cm）		18	18	18
腹板	跨中段厚度（cm）	20	20	20
	梁端厚度（cm）	30	30	30
	变厚段长度（cm）	200	200	200

跨径(m）		20	25	30
底板	跨中段厚度（cm）	20	20	20
	梁端厚度（cm）	30	30	30
	变厚段长度（cm）	200	200	200

2）预制梁顶板按 2%横坡设计，底板水平，横隔板与梁顶平行。

3）顶板厚 18cm，结构连续小箱梁墩顶负弯矩钢束范围内顶板整体加厚至 28cm。

说明：

结构连续小箱梁墩顶负弯矩钢束采用圆锚后，取消了腹板处的张拉槽，但顶板锚固位置需加厚，本次编制考虑了向箱室内设齿块锚固和顶板整体加厚锚固两种方式，齿块锚固方式混凝土用量少，但对模板制作要求高，齿块位置脱模较困难；相比之下，顶板整体加厚锚固方式模板简单，容易脱模，且钢束张拉为水平张拉，虽混凝土用量稍多，但施工更为方便。

4）腹板、底板厚 20cm，端部加厚至 30cm 以满足预应力钢束锚固要求，底板设通气孔。

5）20m、25m、30m 小箱梁均不设跨间横隔板，仅设端横隔板。

说明：

我省以往设计的 30m 小箱梁均设置了 1 道跨间横隔板。本次借鉴广东等地的工程经验，取消了 30m 小箱梁的跨间横隔板，简化梁体预制及现场装配施工过程。经空间梁格模型计算分析，有无跨间横隔板对荷载效应分布的影响并不显著，跨中活载效应变化幅度为 5%左右，恒载效应变化幅度在 2%以内。

6）边梁预制时外侧翼板端部可预留 10cm 宽度混凝土不浇，后期与防撞护栏一起浇筑。

7）简支梁梁端、连续结构边跨简支端构造按深埋锚工艺设计，不设置后浇封锚段。

8）桥面现浇层横向按桥面净宽设置，厚度为 10cm。简支结构现浇层桥面连续处顶面设置一层 SBS 防水卷材。

9）伸缩缝处梁端设置缓冲橡胶块。

2 预应力钢束

1）预应力钢束管道采用镀锌金属波纹管。

2）正弯矩钢束及墩顶负弯矩钢束均采用圆形波纹管及配套锚具，负弯矩钢束通过在顶板上预留窗口，锚固于加厚顶板上。

3）主梁钢束布置见表 4.3.2-2~4.3.2-6，不同路基宽度、同一结构形式采用相同的

配束。

表 4.3.2-2 20m 结构简支小箱梁预应力钢束布置

位置	正弯矩束	
	布置	股数
边梁	2×(5+5+4+4)	36
中梁	2×(4+4+4+5)	34

表 4.3.2-3 25m 结构简支小箱梁预应力钢束布置

位置	正弯矩束	
	布置	股数
边梁	2×(6+6+5+5)	44
中梁	2×(5+5+5+6)	42

表 4.3.2-4 30m 结构简支小箱梁预应力钢束布置

位置	正弯矩束	
	布置	股数
边梁	2×(7+7+7+6)	54
中梁	2×(6+6+7+7)	52

表 4.3.2-5 25m 结构连续小箱梁预应力钢束布置

位置		正弯矩束		负弯矩束	
		布置	股数	布置	股数
边梁	边跨	2×(5+5+5+5)	40	3×5+2×5	25
	中跨	2×(4+4+5+5)	36	3×5+2×5	25
中梁	边跨	2×(5+5+5+4)	38	3×5+2×5	25
	中跨	2×(4+4+4+4)	32	3×5+2×5	25

表 4.3.2-6 30m 结构连续小箱梁预应力钢束布置

位置		正弯矩束		负弯矩束	
		布置	股数	布置	股数
边梁	边跨	2×(5+6+6+6)	46	4×4+3×4	28
	中跨	2×(5+5+5+6)	42	4×4+3×4	28
中梁	边跨	2×(5+6+6+6)	46	4×4+3×4	28
	中跨	2×(5+5+5+6)	42	4×4+3×4	28

3 钢筋布置

1）普通钢筋采用 HPB300、HRB400、HRB500 钢筋。其中 HPB300 钢筋用于钢束定位钢筋、吊环钢筋、桥面板抗剪结合钢筋；HRB400 钢筋用于箍筋、桥面板横向受力钢筋及纵横向分布钢筋、架立筋等构造筋；HRB500 钢筋用于纵向受力主筋及横隔板（梁）顶底缘受力主筋，直径一般大于 16mm。

说明：

目前预制梁的受力普通钢筋基本为 HRB400 钢筋，本次标准图设计采用了 HRB500 钢筋，其使用背景及原则见本指南 4.1.3。当采用 HRB400 钢筋代替图中的 HRB500 钢

筋时，应按“等强替换”原则增大钢筋直径或增加钢筋根数。

2）箱梁底板底缘、连续结构墩顶现浇段顶缘纵向普通筋为结构受力钢筋，规格根据计算确定。

3）边梁外侧翼板顶面设置承担汽车碰撞荷载的横向加强钢筋。

4）腹板两侧纵向分布钢筋置于箍筋外侧。

5）横隔板湿接缝钢筋连接采用帮条焊，即采用等规格短钢筋与两侧预制梁内伸出钢筋焊接。

6）桥面板横向湿接缝钢筋连接为采用中间环形钢筋和两侧翼板伸出环形钢筋交错搭接的方式，必须保证钢筋搭接套环内的混凝土面积及纵向钢筋数量满足设计要求。一般情况下，小箱梁环形钢筋搭接长度（环形钢筋弧顶间的距离）不宜小于 20cm，受限时不应小于 15cm，且搭接环内纵向钢筋不得少于 4 根。斜交时，相邻桥面板伸出钢筋间存在错位情况，湿接缝内环形钢筋与两侧钢筋按就近原则搭接。

7）桥面现浇层钢筋设计为绑扎钢筋网，也可采用钢筋焊接网。现浇层纵向钢筋在墩顶应保持连续。

4.3.3 结构计算

1 主要计算参数见 4.1.3。

2 纵向计算方法及要点

1）主梁按部分预应力混凝土 A 类构件设计，采用横向分布系数法将多片梁结构简化为单片梁进行计算，并采用空间计算（梁格法）校核。

2）汽车荷载横向分布系数跨中段采用刚接板（梁）法，支点采用杠杆法，并按折线分布。采用刚接板（梁）法计算连续梁的横向分布系数时，连续梁的跨径按挠度相等的原理等代为简支梁跨径。横向分布系数取值见附录 C。

3）汽车冲击系数计算取值见表 4.3.3。

表 4.3.3 小箱梁汽车冲击系数

跨径	连续梁正弯矩	连续梁负弯矩	简支梁
20m	-	-	0.267
25m	0.222	0.246	0.220
30m	0.189	0.208	0.190

表注：相同跨径不同路基宽度结构自振频率相近，冲击系数按最大值取。

4）不考虑桥面现浇层参与结构受力。

5）支点负弯矩计入支座宽度折减。

6）主梁抗弯强度计算考虑了截面顶、底缘纵向普通钢筋的作用，应力计算考虑了普通钢筋的约束作用效应。

3 桥面板、端横梁计算

1）桥面板按单向板计算，肋间板计算跨径按最大梁间距并增加 15cm（考虑变宽桥局部加宽）取值，悬臂板计算跨径按最大悬臂并增加 20cm（考虑曲线桥变翼板长需要）取值。悬臂板除直接承担车轮荷载外，还应按 SS 级护栏汽车碰撞荷载进行设计。汽车荷载取车辆荷载，冲击系数取 1.3。

2）端横梁按多点支承连续梁进行计算。

4 主要计算结果见附录 C。

4.3.4 使用注意事项

1 标准图用于其他路基宽度时，应注意参考主梁间距相近的图册。

2 处于曲线段上的桥，可通过调整梁长、边梁外翼板宽度来实现：

1）主梁纵向设计可适应梁长变化范围为-1000mm~+500mm，超出该范围需根据各桥具体情况进行计算调整。梁长变化段设置在跨中，梁内预应力钢束变化段应设置在跨中直线段内。

2）横桥向可通过调整边梁外侧翼板宽度来适应曲线弓弦高，加宽值不宜超过 20cm，超过时，宜采用横向移梁的方式。

3）梁长调整时，相应增减纵向钢筋长度和横向钢筋根数，横向钢筋间距保持不变；边梁外翼板长度调整时，相应增减边梁外侧翼板横向钢筋长度。

3 曲线上桥梁，负弯矩钢束布置原则如下：

1）邻近孔横坡存在变化，如两孔预制梁横坡不一致，前后梁波纹管位置会有错台。两孔桥横坡最大差异一般不会超过±2%，负弯矩钢束可以用两个圆弧过渡，如图 4.3.4-1 所示。

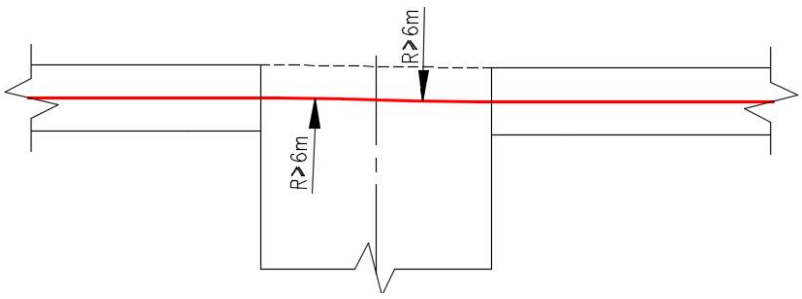


图 4.3.4-1 负弯矩钢束错台竖弯过渡示意图

2）为适应曲线段梁预制梁平面布置，负弯矩钢束可采用圆弧过渡，如图 4.3.4-2 所示。

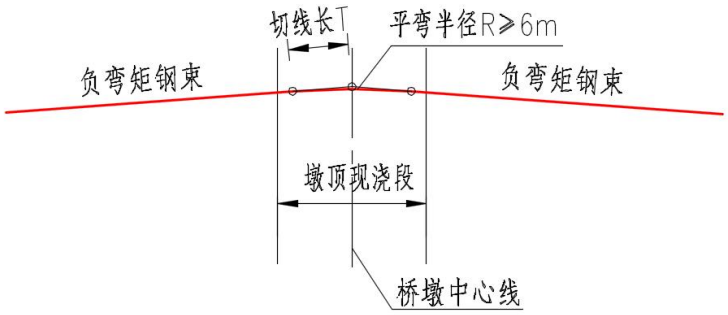


图 4.3.4-2 负弯矩钢束平弯示意图

4 本标准图考虑了肋间桥面板跨径及端横梁跨径在最大标准梁间距基础上增大 15cm 的工况，以适应变宽桥的设计，设计时还应注意根据具体情况调整主梁钢束配置。

5 当预制横隔板后浇接缝宽度较小，造成钢筋连接困难时，或者易产生横隔板错台的曲线桥、变宽桥，横隔板的连接可采取下列设计方式：

1）方式一：预制时在梁肋及翼板上预埋横隔板钢筋连接套筒，梁体架设后再连接钢筋整体后浇横隔板，如图 4.3.4-3 所示。

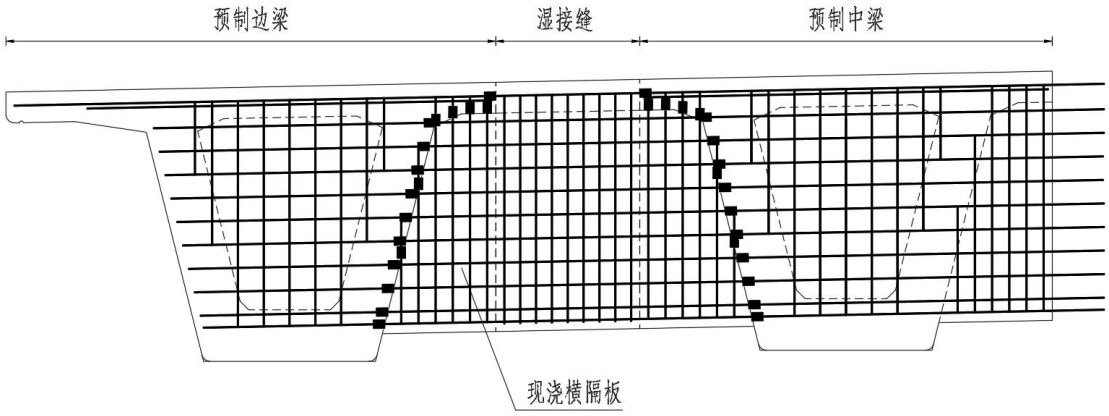


图 4.3.4-3 预埋套筒、后浇横隔板连接示意图

2）方式二：采用通高或局部缩短预制横隔板长度以加大湿接缝空间，如图 4.3.4-4 所示。

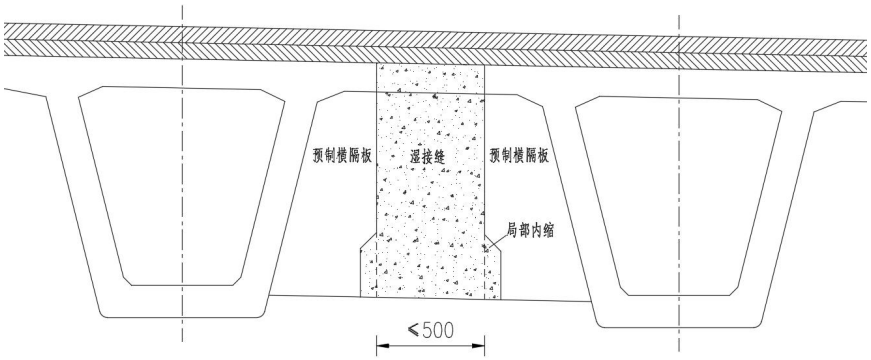


图 4.3.4-4 局部缩短预制横隔板长度示意图

6 小箱梁顶板预制横坡按 2%设计，当桥面横坡相对预制梁横坡变化±2%时，可通过调整预制梁横向高差和调平层厚度来适应；当变化范围超过±2%时，可结合整体旋转小箱梁来适应横坡变化，旋转角度不宜大于 2%。

7 当桥面板湿接缝宽度小于 40cm，难以保证缝内环形钢筋与预制梁伸出钢筋的搭接长度时，钢筋连接宜用直端钢筋相焊接的方式。

8 桥面铺装设计厚度为 10cm 沥青混凝土+10cm 混凝土调平层，若铺装层厚度发生较大改变时，应重新进行验算并调整钢束数量。

9 边梁外侧翼板横向钢筋与 SS 级防撞护栏相适配；若采用更高等级的防撞护栏，翼板配筋应根据计算加强。

10 桥梁伸缩缝可采用 80 型及 160 型伸缩装置。预制梁梁端预留槽尺寸按模数式伸缩装置设计，80 型不需设置槽口，160 型槽口深度为 220mm，当桥面铺装层厚度和图纸中的尺寸不一致时，注意调整预制梁尺寸以保证伸缩缝最小槽口尺寸的要求。当采用 160 型梳齿板式伸缩装置时，预制梁梁端不需设置槽口。

11 当参考本标准图进行斜交角度大于 30 度的小箱梁桥设计时，应注意验算扭剪作用下腹板尺寸是否满足规范要求。

4.4 装配式预应力混凝土矮肋单 T 梁

4.4.1 总体布置

1 矮肋单 T 梁标准横断面

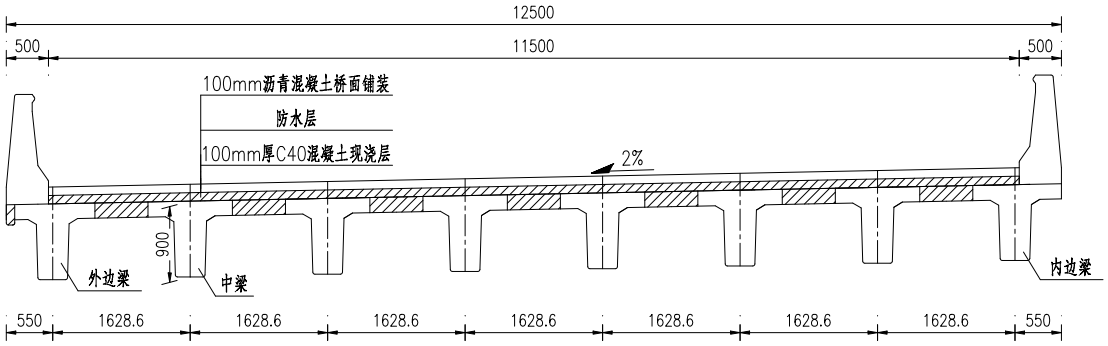


图 4.4.1-1 26m 路基宽矮肋单 T 梁标准横断面

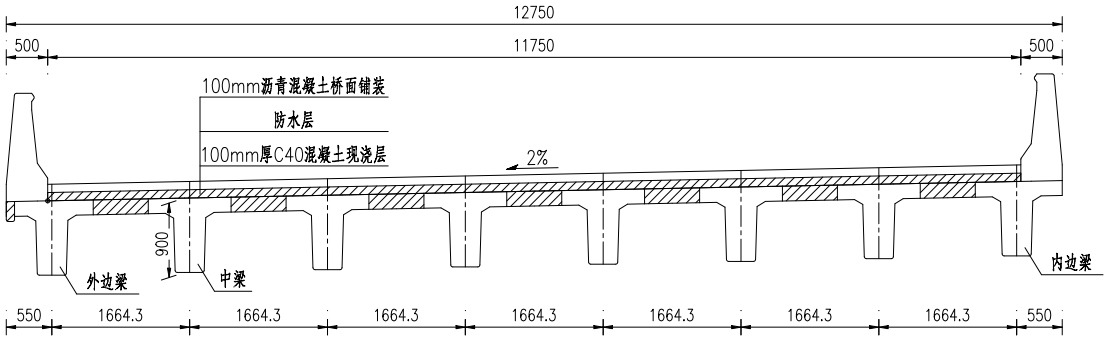


图 4.4.1-2 26.5m（27m）路基宽矮肋单 T 梁标准横断面

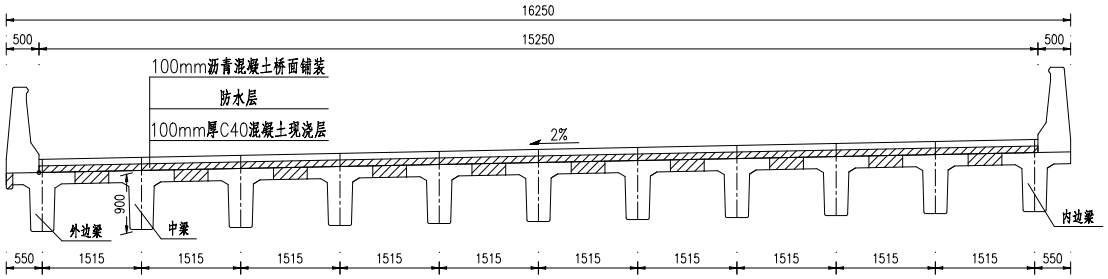


图 4.4.1-3 33.5m 路基宽矮肋单 T 梁标准横断面

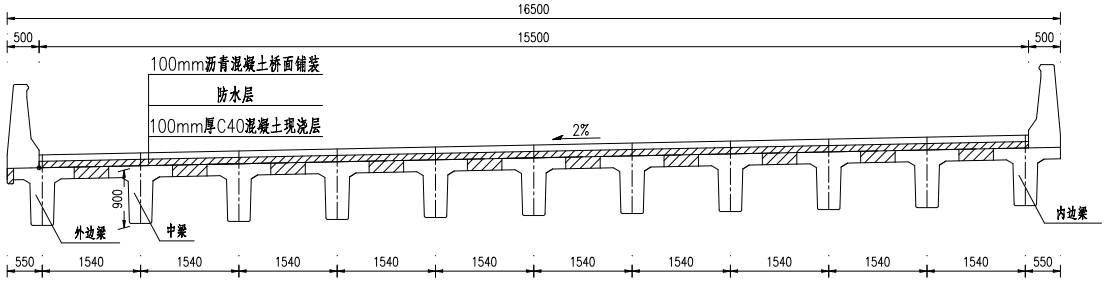


图 4.4.1-4 34m（34.5m）路基宽矮肋单 T 梁标准横断面

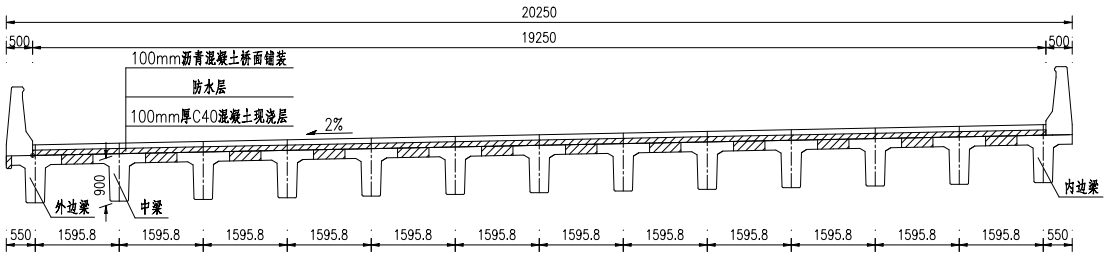


图 4.4.1-5 42m 路基宽矮肋单 T 梁标准横断面

表 4.4.1 矮肋单 T 梁横断面布置参数

路基宽(m)	半幅桥宽(m)	梁片数	边梁悬臂(cm)	梁间距(cm)	湿接缝宽(cm)	边梁预制梁宽(cm)	中梁预制梁宽(cm)
26	12.5	8	55	162.9	62.9	105	100
26.5/27	12.75	8	55	166.4	66.4	105	100
33.5	16.25	11	55	151.5	51.5	105	100
34/34.5	16.5	11	55	154.0	54.0	105	100
42	20.25	13	55	159.6	59.6	105	100

1）整体式路基与分离式路基采用相同的桥梁宽度。

2）各路基宽度的预制梁尺寸均相同，通过调整梁片数和湿接缝宽度来适应不同的桥宽。

2 矮肋单 T 梁纵向布置

1）16m 矮肋单 T 梁纵向一联长度不宜大于 5×16m。

2）20m 矮肋单 T 梁纵向一联长度不宜大于 4×20m。

4.4.2 结构设计

1 主要结构构造

1）矮肋单 T 梁主要结构尺寸及标准断面示意如下。

表 4.4.2-1 矮肋单 T 梁主要结构尺寸表

跨径(m）		16	20
梁高(cm)		90	110
预制梁长(cm）		1592	1992
预制梁宽	中梁(cm)	100	100
	边梁(cm)	105	105
端横梁	道数	2	2
	厚度(cm）	顶 53.8 底 50	顶 55 底 50
翼板厚度(cm)		18	18
梁肋厚度(cm)		35	40

2）预制梁顶面按 2%横坡设计，梁肋底面水平，横隔板底面与梁顶平行。

3）梁肋沿跨径方向按等厚设计。为方便脱模，梁肋横断面设计为楔形，两侧斜率为 35:1，底面设置圆倒角。

4）跨间不设置横隔板。

说明：

国内部分矮肋 T 梁设计按“公预规”的要求设置了跨间横隔板，本次编制的矮肋单 T 梁及双 T 梁标准图从便于工业化预制及装配化施工考虑，并根据计算分析结果，未设置跨间横隔板，详见附录 E。

5）边梁外侧翼板端部可预留 10cm 宽度混凝土不浇，后期与防撞护栏一起浇筑。

6）梁端构造按深埋锚工艺设计，不设置后浇封锚段。

7）桥面现浇层横向按桥面净宽设置，厚度 10cm，桥面连续处顶面设置一层 SBS 防水卷材。

8）伸缩缝处梁端设置缓冲橡胶块。

2 预应力钢束

1）预应力钢束管道采用镀锌金属波纹管。

2）主梁钢束布置见表 4.4.2-2。

表 4.4.2-2 简支矮肋单 T 梁预应力钢束布置

跨径（m）	路基宽度(m)	位置	钢束	
			布置	股数
16	26、26.5/27、33.5、34/34.5、42	边梁	9+9	18
		中梁	9+9	18
20		边梁	11+11	22
		中梁	11+11	22

3 钢筋布置

1）普通钢筋采用 HPB300、HRB400、HRB500 钢筋。其中 HPB300 钢筋用于钢束定位钢筋、吊环钢筋、桥面板抗剪结合钢筋；HRB400 钢筋用于箍筋、桥面板横向受力钢筋及纵横向分布钢筋、架立筋等构造筋；HRB500 钢筋用于纵向受力主筋及横隔板（梁）顶底缘受力主筋，直径一般大于 16mm，梁肋底纵向主筋连接宜采用机械接头。

2）边梁外侧翼板顶面设置承担汽车碰撞荷载的横向加强钢筋。

3）端横梁现浇段钢筋连接采用帮条焊，即采用等规格短钢筋与两侧预制梁内伸出钢筋焊接。端横梁湿接缝处隔板也可采用整体现浇方式施工，通过预制梁设置钢筋套

筒连接器，后期整体安装钢筋现浇施工。

4）横向湿接缝钢筋连接为采用中间环形钢筋和两侧翼板伸出环形钢筋交错搭接的方式，必须保证钢筋搭接套环内的混凝土面积及纵向钢筋数量。一般情况下，矮肋 T 梁环形钢筋搭接长度（环形钢筋弧顶间的距离）不宜小于 15cm，受限时不应小于 1 倍环形钢筋直径，且搭接环内纵向钢筋不得少于 4 根。斜交时，相邻桥面板伸出钢筋间存在错位情况，湿接缝内环形钢筋与两侧钢筋按就近原则搭接。

5）腹板两侧纵向分布钢筋置于箍筋外侧。

6）桥面现浇层钢筋可采用钢筋绑扎，也可采用钢筋焊接网成品。现浇层纵向钢筋在墩顶应保持连续。

4.4.3 结构计算

1 主要计算参数见 4.1.3。

2 纵向计算方法及要点

1）主梁按部分预应力混凝土 A 类构件设计，采用横向分布系数法将多片梁简化为单片梁进行计算，并采用空间计算（梁格法）校核。

2）汽车荷载横向分布系数跨中段采用刚性横梁法与刚接板法的较大值，支点采用杠杆法，支点至 1/4 跨间按线性内插过渡取值。横向分布系数取值见附录 C。

3）汽车冲击系数计算取值见表 4.4.3。

表 4.4.3 矮肋单 T 梁汽车冲击系数

跨径	简支梁正弯矩
16m	0.320
20m	0.278

4）不考虑桥面现浇层参与结构受力。

5）主梁抗弯强度计算考虑了截面顶、底缘纵向普通钢筋的作用，应力计算考虑了普通钢筋的约束作用效应。

3 桥面板、端横梁计算

1）桥面板按单向板计算。悬臂板最大计算宽度 75cm（按设计悬臂宽 55cm 并考虑曲线桥翼板增长 20cm），除直接承担车轮荷载外，还应按 SS 级护栏汽车碰撞荷载进行设计；肋间板最大计算跨径为 176.4cm（对应 12.75m 桥宽梁间距 166.4cm 并考虑变宽桥局部加宽 10cm）。汽车荷载取车辆荷载，冲击系数取 1.3。

2）端横梁考虑恒载按集中力作用于梁肋传递到横梁，活载取一个车道支反力横向

最不利布载进行计算。

4 主要结论见附录 C。

4.4.4 使用注意事项

1 标准图用于其他路基宽度时，应注意参考主梁间距相近的图册。

2 处于曲线段的桥，可通过调整梁长、边梁外翼板宽度来实现。

1）主梁纵向设计可适应梁长变化范围为±500mm，超出该范围需根据各桥具体情况进行计算调整。梁长变化段应设置在端横隔梁之间，预制梁内预应力钢束变化段应设置在跨中直线段内。

2）横桥向可通过调整边梁外侧翼板宽度来适应曲线弓弦高，加宽值不宜超过 20cm，超过时，宜采用横向移梁的方式。

3）梁长调整时，相应增减纵向钢筋长度和横向钢筋根数，横向钢筋间距保持不变；边梁外翼板长度调整时，相应增减边梁外侧翼板横向钢筋长度。

3 翼板预制横坡按 2%设计，当桥面横坡相对预制梁横坡变化范围在±2%以内时，可通过调整预制梁横向高差和调平层厚度来适应；当变化范围超过±2%时，应适当调整翼板的预制横坡。

4 本标准图考虑了肋间桥面板跨径及端横梁跨径在最大标准梁间距基础上增大 10cm 的工况，以适应变宽桥的设计，设计时还应注意根据具体情况调整主梁钢束配置。

5 当预制横隔板后浇接缝宽度较小，造成钢筋连接困难时，或者易产生横隔板错台的曲线桥、变宽桥，横隔板的连接可采取下列设计方式：

1）方式一：预制时在梁肋及翼板上预埋横隔板钢筋连接套筒，梁体架设后再连接钢筋整体后浇横隔板，如图 4.4.4-1 所示。

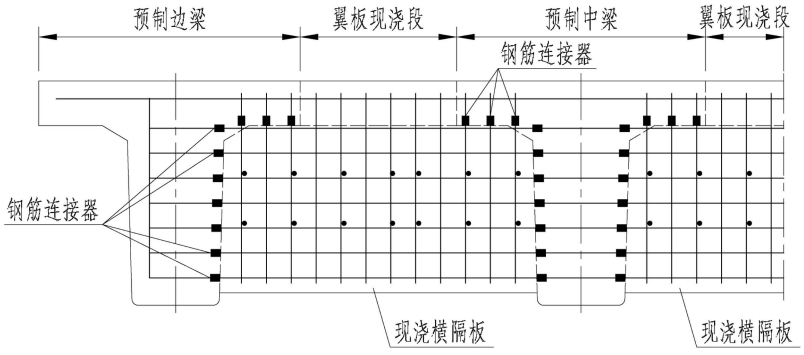


图 4.4.4-1 预埋套筒、后浇横隔板连接示意图

2）方式二：采用通高或局部缩短预制横隔板长度以加大湿接缝空间，如图 4.4.4-2 所示。

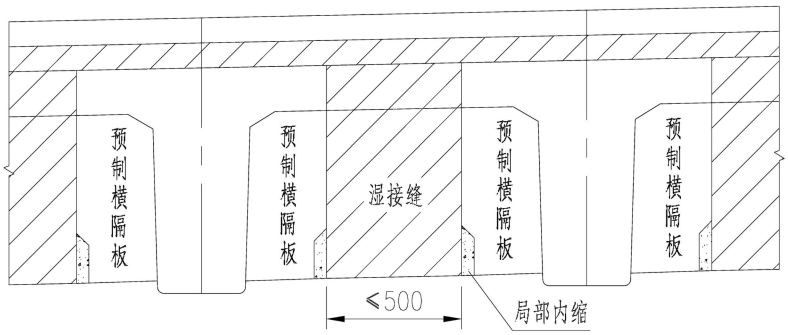


图 4.4.4-2 局部缩短预制横隔板长度示意图

6 当桥面板湿接缝宽度小于 40cm，难以保证缝内环形钢筋与预制梁伸出钢筋的搭接长度时，钢筋连接宜用直端钢筋相焊接的方式。

7 桥面铺装设计厚度为 10cm 沥青混凝土+10cm 混凝土调平层，若铺装层厚度发生较大改变时，应重新进行验算并调整钢束数量。

8 边梁外侧翼板横向钢筋与 SS 级防撞护栏相适配；若采用更高等级的防撞护栏，翼板配筋应根据计算加强。

9 桥梁伸缩缝适于采用 80 型伸缩装置。

4.5 装配式预应力混凝土矮肋双 T 梁

4.5.1 总体布置

1 矮肋双 T 梁标准横断面

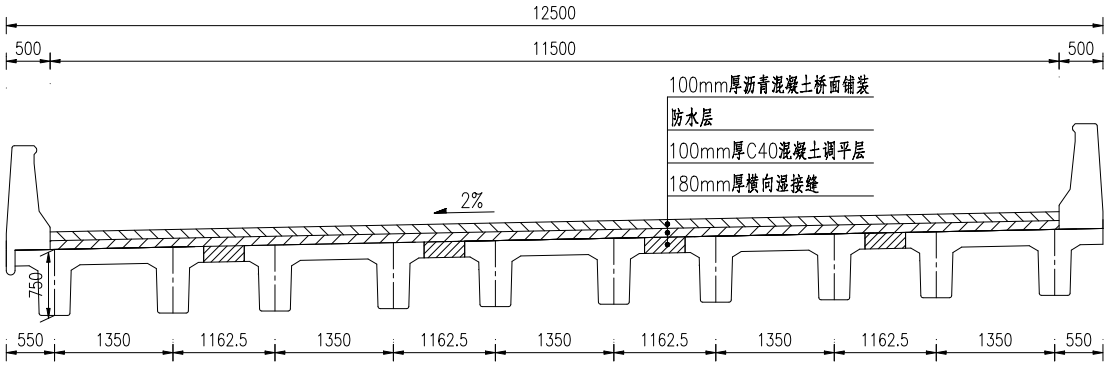


图 4.5.1-1 26m 路基宽矮肋双 T 梁标准横断面

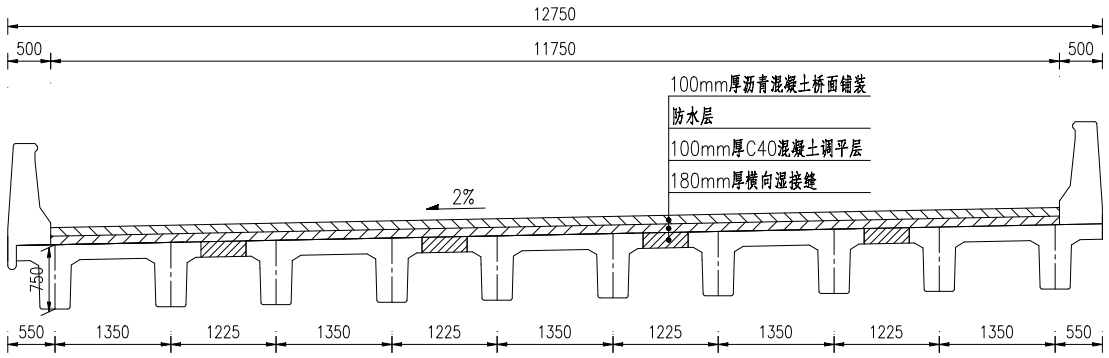


图 4.5.1-2　26.5m（27m）路基宽矮肋双 T 梁标准横断面

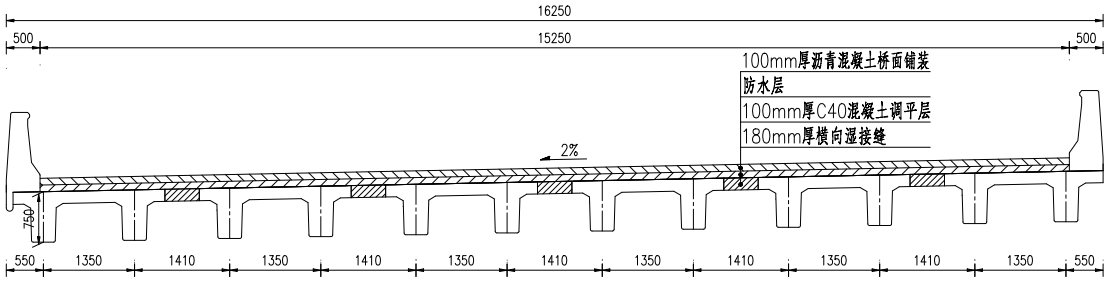


图 4.5.1-3　34m 路基宽矮肋双 T 梁标准横断面

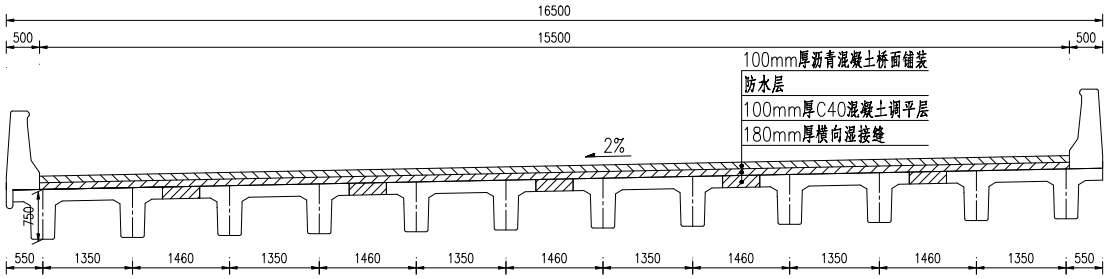


图 4.5.1-4　34m（34.5m）路基宽矮肋双 T 梁标准横断面

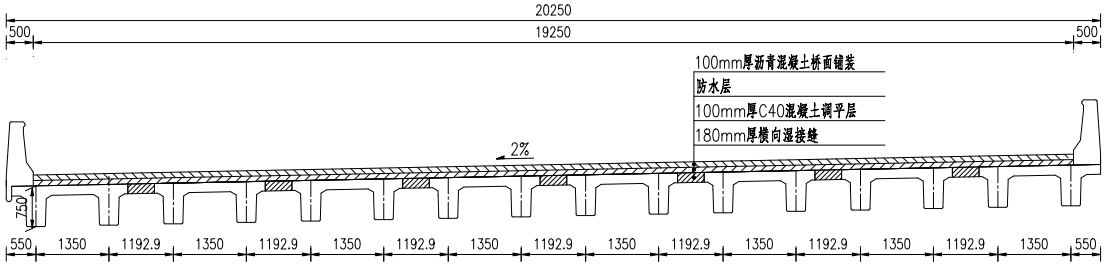


图 4.5.1-5　42m 路基宽矮肋双 T 梁标准横断面

表 4.5.1　矮肋双 T 梁标准横断面参数表

路基宽(m)	半幅桥宽(m)	梁片数	边梁悬臂(cm)	预制梁间距(cm)	湿接缝宽(cm)	边梁预制梁宽(cm)	中梁预制梁宽(cm)
26.0	12.5	5	55.0	135.0	46.3	225	205
26.5/27	12.75	5	55.0	135.0	52.5	225	205
33.5	16.25	6	55.0	135.0	51.0	235	225
34/34.5	16.5	6	55.0	135.0	56.0	235	225
42.0	20.25	8	55.0	135.0	49.3	225	205

1）整体式路基与分离式路基采用相同的桥梁宽度。

2）各路基宽度的预制梁尺寸均相同，通过调整梁片数和湿接缝宽度来适应不同的桥宽。

2 矮肋双 T 梁纵向布置

1）10m 矮肋双 T 梁纵向一联长度不宜大于 6×10m；

2）13m 矮肋双 T 梁纵向一联长度不宜大于 6×13m；

3）16m 矮肋双 T 梁纵向一联长度不宜大于 5×16m。

4.5.2 结构设计

1 主要结构构造

1）矮肋双 T 梁主要结构尺寸见表 4.5.2-1。

表 4.5.2-1 矮肋双 T 梁主要结构尺寸表

跨径(m)		10	13	16
梁高(cm)		60	75	90
预制梁长	简支梁(cm）	994	1294	1592
预制梁宽	中梁(cm)	225/205	225/205	225/205
	边梁(cm)	235/225	235/225	235/225
端横梁	道数	2	2	2
	厚度(cm）	顶 52.1 底 50	顶 53 底 50	顶 53.8 底 50
顶板厚度(cm）		18	18	18
梁肋	跨中段厚度（cm）	35	35	35
	梁端厚度（cm）	35	35	35

2）预制梁顶面按 2%横坡设计，梁肋底面水平，端横梁底面与梁顶平行。

3）梁肋沿跨径方向按等厚设计，均为 35cm。为方便脱模，梁肋横断面设计为楔形，两侧斜率为 35:1，底面设置圆倒角。

4）跨间不设置横隔板。

5）边梁外侧翼板端部可预留 10cm 宽度混凝土不浇，后期与防撞护栏一起浇筑。

6）梁端构造按深埋锚工艺设计，不设置后浇封锚段。

7）桥面现浇层横向按桥面净宽设置，厚度为 10cm。桥面连续处顶面设置一层 SBS 防水卷材。

8）伸缩缝处梁端设置缓冲橡胶块。

2 预应力钢束

1）预应力钢束管道采用镀锌金属波纹管。

2）主梁钢束具体布置见表 4.5.2-2、表 4.5.2-3。

表 4.5.2-2 简支矮肋双 T 梁预应力钢束布置（一）

跨径（m）	路基宽度（m）	位置	钢束	
			布置	股数
10	26、26.5/27、42	边梁	2×（6+7）	26
		中梁	2×（6+6）	24
13		边梁	2×（7+7）	28
		中梁	2×（6+7）	26
16		边梁	2×（8+8）	32
		中梁	2×（7+8）	30

表 4.5.2-3 简支矮肋双 T 梁预应力钢束布置（二）

跨径（m）	路基宽度（m）	位置	钢束	
			布置	股数
10	33.5、34/34.5	边梁	2×（7+7）	28
		中梁	2×（6+7）	26
13		边梁	2×（8+7）	30
		中梁	2×（7+7）	28
16		边梁	2×（9+8）	32
		中梁	2×（7+8）	30

3 钢筋布置

1）普通钢筋采用 HPB300、HRB400、HRB500 钢筋。其中 HPB300 钢筋用于钢束定位钢筋、吊环钢筋、桥面板抗剪结合钢筋；HRB400 钢筋用于箍筋、桥面板横向受力钢筋及纵横向分布钢筋、架立筋等构造筋；HRB500 钢筋用于纵向受力主筋及横隔板（梁）顶底缘受力主筋，直径一般大于 16mm，梁肋底纵向主筋连接宜采用机械接头。

2）边梁外侧翼板顶面设置承担汽车碰撞荷载的横向加强钢筋。

3）端横梁现浇段钢筋连接采用帮条焊，即采用等规格短钢筋与两侧预制梁内伸出钢筋焊接。端横梁湿接缝处隔板也可采用整体现浇方式施工，通过预制梁设置钢筋套筒连接器，后期整体安装钢筋现浇施工。

4）翼板横向湿接缝钢筋连接为采用中间环形钢筋和两侧翼板伸出环形钢筋交错搭接的方式，必须保证钢筋搭接套环内的混凝土面积及纵向钢筋数量满足设计要求。一般情况下，矮肋 T 梁环形钢筋搭接长度（环形钢筋弧顶间的距离）不宜小于 15cm，不应小于 1 倍环形钢筋的环形直径，且搭接环内纵向钢筋不得少于 4 根。斜交时，相邻桥面板伸出钢筋间存在错位情况，湿接缝内环形钢筋与两侧钢筋按就近原则搭接。

5）腹板两侧纵向分布钢筋置于箍筋外侧。

6）桥面现浇层钢筋可采用钢筋绑扎，也可采用钢筋焊接网成品。现浇层纵向钢筋在墩顶应保持连续。

4 支座布置

1）为有效防止支座脱空情况发生，矮肋双 T 梁单片梁设置三支座系统，即一侧梁端在两个梁肋底面各设置一个支座，另一侧梁端在端横梁底面设置一个支座，横桥向预制梁单双支座交替布置。

说明：

单片矮肋双 T 梁可选择支座个数有四支座、三支座及两支座。在实际工程中，四支座系统由于施工精度误差、支座老化及压缩剪切变形等原因易导致发生局部支座脱空情况，从而引发进一步病害。两支座系统为梁端各设置一个支座，由于预制梁较宽（2.35m），施工时横向稳定性较差，因此需采取抗倾覆措施；此外，由于支座间距最大达到 2.81m，梁高较小，横梁剪力效应值较大，需配置大量抗剪钢筋。三支座系统则是一侧梁端设置两个支座，另一端设置一个支座，理论上三个支承点确定一个平面，确保支座与梁体底面接触密实，有效防止支座脱空，同时单双支座横向交替布置，可以减小支座横向间距，改善横梁受力。综合以上考虑，矮肋双 T 梁采用三支座系统。

2）支座均采用板式橡胶支座，梁底及端横梁底设置混凝土楔形块调整纵、横坡，T 梁架设就位时楔形块底面应确保为水平状态。

4.5.3 结构计算

1 主要计算参数见 4.1.3

2 纵向计算方法和要点

1）主梁按部分预应力混凝土 A 类构件设计，采用横向分布系数法将多片梁简化为单片梁进行计算，并采用空间计算（梁格法）校核。

2）汽车荷载横向分布系数跨中段采用刚接板法与梁格法的较大值，支点采用杠杆法，支点至 1/4 跨间按线性内插过渡取值。横向分布系数取值见附录 C。

3）汽车冲击系数计算取值见表 4.5.3。

表 4.5.3 矮肋双 T 梁汽车冲击系数

跨径	主梁位置	简支梁正弯矩
10m	边梁	0.418
	中梁	0.418
13m	边梁	0.362

跨径	主梁位置	简支梁正弯矩
16m	中梁	0.362
	边梁	0.320
	中梁	0.320

4）不考虑桥面现浇层参与结构受力。

5）主梁抗弯强度计算考虑了截面顶、底缘纵向普通钢筋的作用，应力计算考虑了普通钢筋的约束作用效应。

3 桥面板、端横梁计算

1）桥面板按单向板计算。悬臂板最大计算宽度 75cm（按设计悬臂宽 55cm 并考虑曲线桥翼板增长 20cm），除直接承担车轮荷载外，还应按 SS 级护栏汽车碰撞荷载进行设计；肋间板最大计算跨径为 156cm（对应 16.5m 桥宽梁间距 146cm 并考虑变宽桥局部加宽 10cm）。汽车荷载取车辆荷载，冲击系数取 1.3。

2）端横梁考虑恒载按集中力作用于梁肋传递到横梁，活载取一个车道支反力横向最不利布载进行计算。

4 主要结果见附录 C

4.5.4 使用注意事项

1 标准图用于其他路基宽度时，应注意参考主梁间距相近的图册。

2 处于曲线段的桥，可通过调整梁长、边梁外翼板宽度来实现。

1）主梁纵向设计可适应梁长变化范围为±500mm，超出该范围需根据各桥具体情况进行计算调整。梁长变化段应设置在端横隔梁之间，预制梁内预应力钢束变化段应设置在跨中直线段内。

2）横桥向可通过调整边梁外侧翼板宽度来适应曲线弓弦高，加宽值不宜超过 20cm，超过时，宜采用横向移梁的方式。

3）梁长调整时，相应增减纵向钢筋长度和横向钢筋根数，横向钢筋间距保持不变；边梁外翼板长度调整时，相应增减边梁外侧翼板横向钢筋长度。

3 翼板预制横坡按 2%设计，当桥面横坡相对预制梁横坡变化范围在±2%以内时，可通过调整预制梁横向高差和调平层厚度来适应；当变化范围超过±2%时，可结合整体旋转预制梁来适应横坡变化，旋转角度不宜大于 2%。

4 本标准图考虑了肋间桥面板跨径及端横梁跨径在最大标准梁间距基础上增大 10cm 的工况，以适应变宽桥的设计，设计时还应注意根据具体情况调整主梁钢束配置。

5 当预制横隔板后浇接缝宽度较小，造成钢筋连接困难时，或者易产生横隔板错台的曲线桥、变宽桥，横隔板的连接可采取下列设计方式：

1）方式一：预制时在梁肋及翼板上预埋横隔板钢筋连接套筒，梁体架设后再连接钢筋整体后浇横隔板，如图 4.5.4-1 所示。

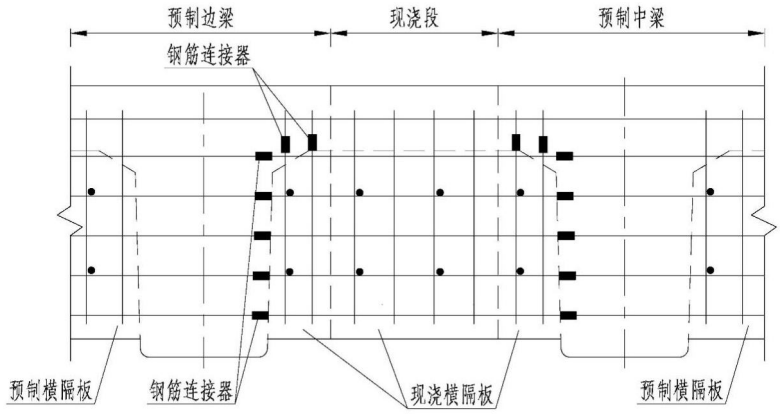


图 4.5.4-1 预埋套筒、后浇横隔板连接示意图

2）方式二：采用通高或局部缩短预制横隔板长度以加大湿接缝空间，如图 4.5.4-2 所示。

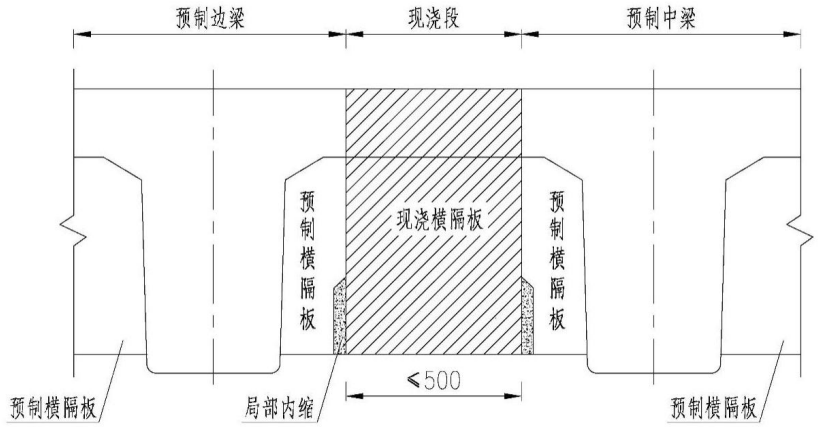


图 4.5.4-2 局部缩短预制横隔板长度示意图

6 当桥面板湿接缝宽度小于 40cm，难以保证缝内环形钢筋与预制梁伸出钢筋的搭接长度时，钢筋连接宜用直端钢筋相焊接的方式。

7 桥面铺装设计厚度为 10cm 沥青混凝土+10cm 混凝土调平层，若铺装层厚度发生较大改变时，应重新进行验算并调整钢束数量。

8 边梁外侧翼板横向钢筋与 SS 级防撞护栏相适配；若采用更高等级的防撞护栏，翼板配筋应根据计算加强。

9 桥梁伸缩缝适于采用 40、80 型伸缩装置。

4.6 装配式钢-混组合梁

4.6.1 总体布置

1 组合梁标准横断面

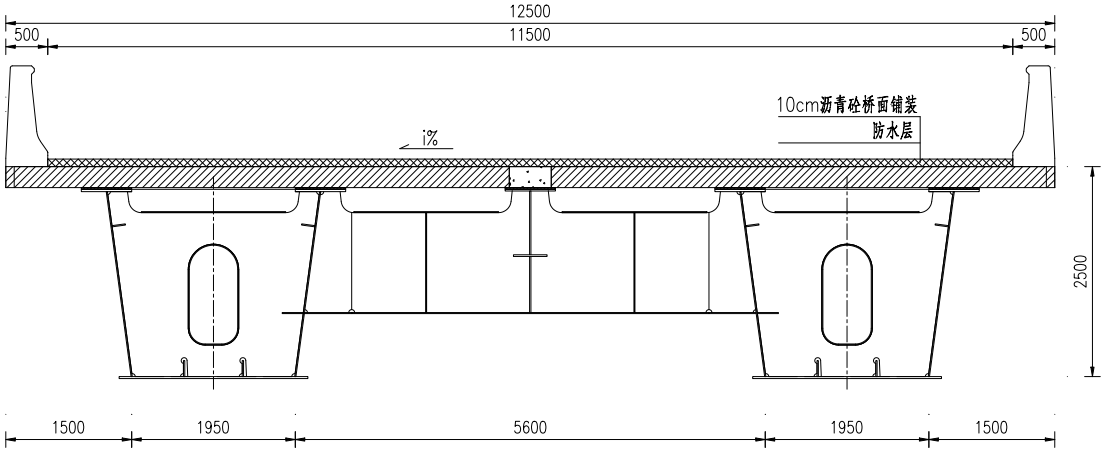


图 4.6.1-1 26m 路基宽组合梁标准横断面

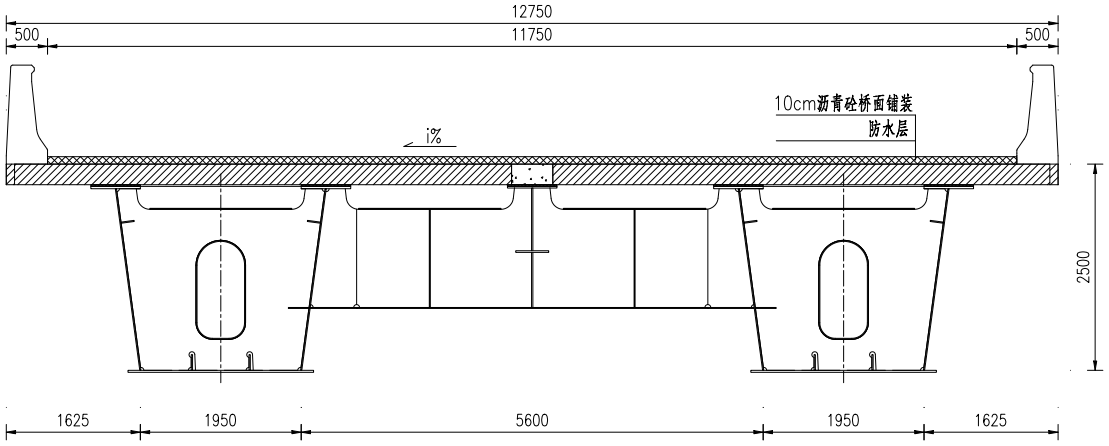


图 4.6.1-2 26.5m（27m）路基宽组合梁标准横断面

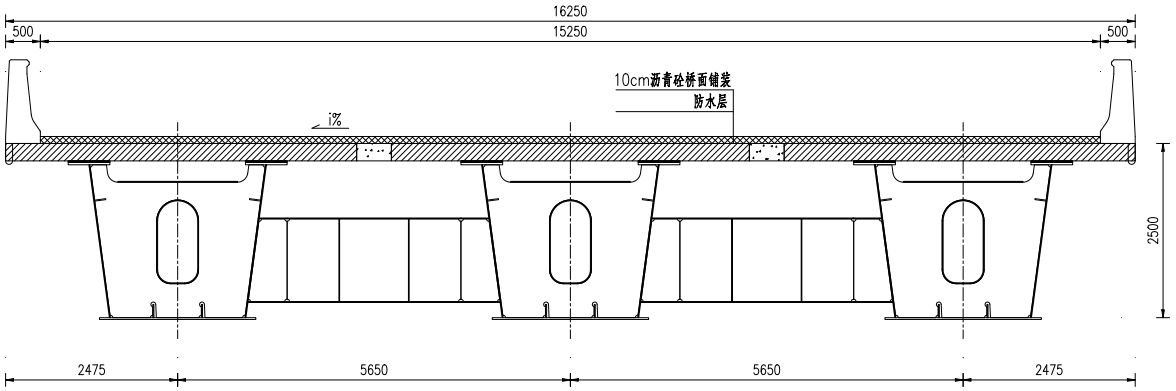


图 4.6.1-3 34m 路基宽组合梁标准横断面

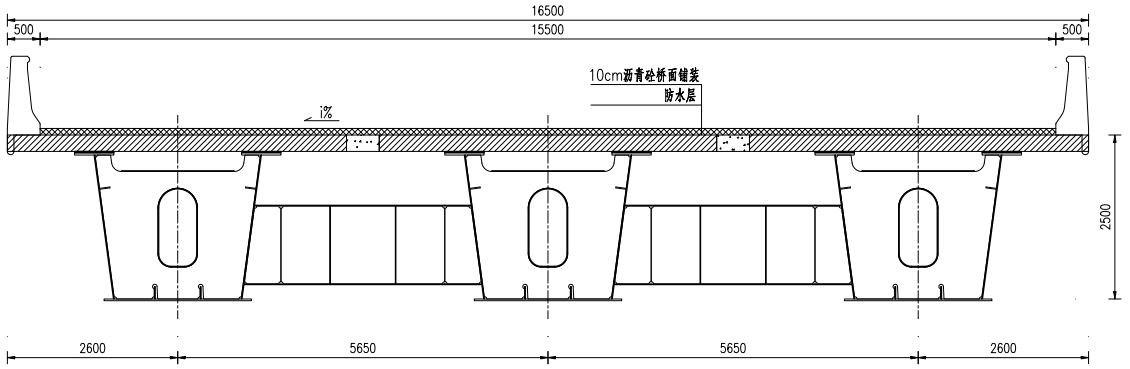


图 4.6.1-4　34m（34.5m）路基宽组合梁标准横断面

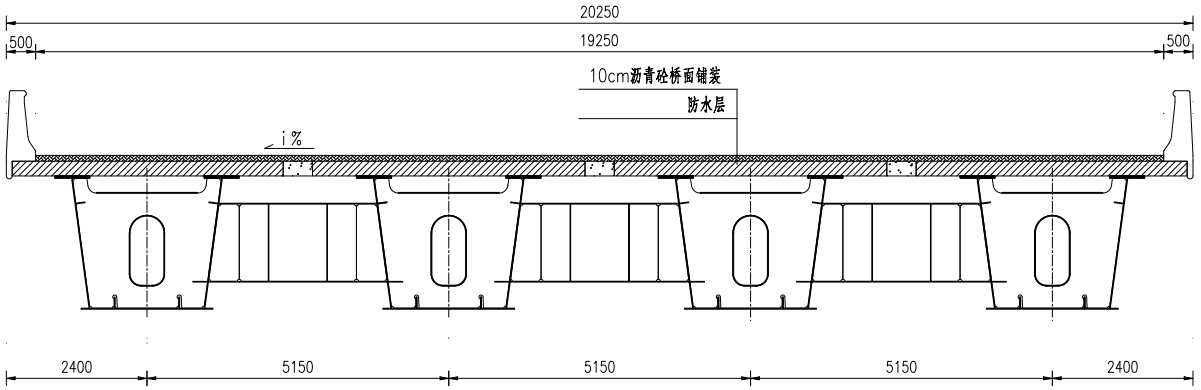


图 4.6.1-5　42m 路基宽组合梁标准横断面

表 4.6.1　钢箱组合梁标准横断面参数表

路基宽(m)	半幅桥宽(m)	梁片数	边梁悬臂(cm)	梁间距(cm)	湿接缝宽(cm)	桥面板厚(cm)	铺装厚(cm)
26	12.5	2	120	755	50	25	10
26.5/27	12.75	2	132.5	755	50	25	10
33.5	16.25	3	120	565	50	25	10
34/34.5	16.5	3	132.5	565	50	25	10
42	20.25	4	112.5	515	50	25	10

1）整体式路基与分离式路基采用相同的桥梁宽度。

2）为保证槽型钢梁断面统一，同时不增加混凝土桥面板厚度，四车道断面采用槽型钢梁加小纵梁形式。

2 组合梁纵向布置

1）40m 组合梁纵向一联长度不宜大于 4×40m。

2）50m 组合梁纵向一联长度不宜大于 3×50m。

3）60m 组合梁纵向一联长度不宜大于 3×60m。

4.6.2 结构设计

1 主要结构构造

1）组合梁主要结构尺寸见表 4.6.2。

表 4.6.2 组合梁主要结构尺寸表

跨径		40m	50m	60m
梁高	简支(cm）	200	250	300
	连续(cm）	180	200	250
钢梁顶板宽	简支(cm）	600	600	600
	连续(cm）	600、800	600、800	600、800
钢梁底板宽(cm）		2250	2250	2250
横隔板标准间距(cm）		500	600	500
梁间横联标准间距(cm）		1000	1200	1000
钢梁材质		Q355D	Q355D	Q420D

表注：横隔板按 5~6m 设置一道，梁间横联按 10~12m 设置一道。为保证组合梁合理受力、提高施工期钢主梁稳定性，在跨中需设置一道横联。40、60m 组合梁横隔板间距 5m，梁间横联间距 10m；50m 组合梁横隔板间距 6m，梁间横联间距 12m。

2）组合梁顶底面平行，横坡通过刚性旋转实现，梁间横联与梁顶平行。

3）连续结构负弯矩区最大板厚控制在 62mm 内，超过控制板厚则增加板宽。

4）40m、50m 跨组合梁钢梁材质均采用 Q355D；60m 跨组合梁钢梁顶板、底板、腹板及纵向加劲肋采用 Q420D，其余均采用 Q355D。

5）桥面板与钢梁间采用剪力钉连接，剪力钉按顺桥向通长布置。

6）桥面板采用预制桥面板，考虑运输便利，预制桥面板宽度按 3m 控制。

7）桥面板采用等厚设计，方便生产工厂化、装配化和施工机械化，提高劳动生产效率，加快建设进度。

4.6.3 结构计算

1 主要计算参数见 4.1.3

2 计算方法和要点

1）组合梁结构计算采用空间梁格实用精细化模型，并按无支架整体吊装、桥面板后组合条件计算。

2）组合梁的持久状况应按承载能力极限状态的要求，进行承载力及稳定性计算，必要时尚应进行结构的倾覆和界面滑移验算。

3）组合梁的短暂状况设计应对组合梁在施工过程中各个阶段的承载能力及稳定性

进行验算，必要时尚应进行结构的倾覆验算。承载能力验算应采用作用基本组合，稳定验算应符合现行《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的规定。

4）组合梁进行抗疲劳设计时，应符合现行《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的规定。

5）强度验算时，计算组合梁截面特性应采用换算截面法，其中混凝土板取有效宽度范围内的截面。截面抗弯刚度分为未开裂截面刚度 EIun 和开裂截面刚度 EIcr。计算开裂截面惯性矩 Icr 时，应计入混凝土板有效宽度内纵向钢筋的作用，不考虑受拉区混凝土对刚度的影响。

6）组合梁的竖向挠度限值应符合现行《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的规定。

7）组合梁的混凝土板最大裂缝宽度应满足现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）规定的限值要求。

8）组合梁桥应设置预拱度，50m 及以上跨径的预拱度值宜等于结构自重标准值（含收缩徐变效应）和 1/2 车道荷载频遇值所产生的竖向挠度之和，频遇值系数为 1.0，并考虑施工方法和顺序的影响；小于 50m 跨径的预拱度宜等于结构自重标准值（含收缩徐变效应）设置；预拱度计算时应注意施工阶段的影响；预拱度设置应保持桥面曲线平顺。

3 主要计算结果见附录 C

4.6.4 使用注意事项

1 本组合梁结构的施工可采用吊装架设、顶推法架设及顶推法架设，设计应根据具体条件选择合适的架设方式。

1）吊装法架设

① 在地形条件允许时，宜优先采用吊装架设方案。

② 对于简支结构，可根据吊装能力，采用整跨吊装主梁、逐片吊装主梁，或先将两片主梁横向联结后再吊装的方案。

③ 如采用逐片吊装主梁方案，第一片主梁就位后，应采取临时措施保证其横向稳定性。

④ 采用分节段吊装时，每个主梁节段接头处可设置临时支架支撑。

2）顶推法架设

① 在跨河、跨谷以及桥墩较高的建设条件下，可采用顶推法架设。

② 应在一侧拼装钢主梁及横向联结系，钢主梁前端应设置导梁。

③ 可采用边拼装边推出的方法将主梁从一岸向另一岸推出，直至推到另一侧桥墩，推出过程中如主梁下挠较大，应采取措施将主梁拉起，确保导梁底面始终高于墩、台座。

④ 如桥梁跨径较大，可根据需要设置临时墩支撑。

⑤ 由于开口钢箱顶推法施工与成桥状态受力差异大，应验算各构件在最不利施工状态下的应力和稳定性，确保施工安全。

3）架桥机架设

① 与顶推法建设条件相同，如桥梁跨数较多，桥长较长，可采用架桥机架设。

② 架桥机架设主梁时可不设置临时支撑。

③ 架桥机每完成一跨主梁架设，可继续进行预制桥面板的吊装，已吊装就位的桥面板可作为运梁车的运梁通道和架桥机行走时的临时支撑平台。

④ 应对架设全过程进行结构整体验算；并应对架桥机在梁体上的支点进行局部复核计算。

2 处于变宽段、曲线段上的桥，可通过改变钢梁梁长来适应，预制梁长变化范围在-500mm~+500mm 范围内，梁长变化段设置在跨中横联两侧，并使附近横肋布置间距均匀。若梁长超过此范围则需根据各桥具体情况进行计算调整。

3 处于变宽段上的桥梁，可通过调整预制梁横向湿接缝尺寸来适应，考虑施工横向连接湿接缝宽度不宜小于 400mm。若桥面宽度超过标准桥宽，则需根据各桥具体情况进行计算调整。

4.7 下部结构

4.7.1 结构形式

本次标准图编制的下部结构形式与上部结构形式配套。

桥墩结构形式有圆柱式墩，方柱式墩，空心薄壁墩；桥台结构形式有桩柱式桥台、肋板式桥台及 U 形重力式桥台。墩台标准图系列见表 4.7.1-1、4.7.1-2。

表 4.7.1-1 桥墩标准图系列

上部结构	桥墩形式	墩高分级范围(m)	车道数	角度（度)
10、13、16m 矮肋 T 梁	圆柱式墩	0~10	4、6、8	0、15、30

20m 矮肋 T 梁、小箱梁	圆柱式墩	0~10、10~20	4、6、8	0、15、30
25m 小箱梁、T 梁	圆柱式墩	0~15、15~25	4、6、8	0、15、30
30m 小箱梁、T 梁	圆柱式墩	0~15、15~25、25~35	4、6、8	0、15、30
40mT 梁	圆柱式墩	0~15、15~25、25~35	4、6、8	0、15、30
	方柱式墩	35~45、45~55	4	0
	薄壁空心墩	55~70（等截面)	4	0
40、50、60m 组合梁	圆柱式墩	0~15、15~25、25~35	4、6、8	0

表 4.7.1-2 桥台标准图系列

上部结构	桥台形式	填土高度范围（m）	车道数	角度（度)
10、13、16m 矮肋 T 梁	柱式台	0~5	4、6、8	0、15、30
	肋板台	0~5、5~8	4、6、8	0、15、30
	U 形重力台	6~10	4	0
20m 矮肋 T 梁、小箱梁	柱式台	0~5	4、6、8	0、15、30
	肋板台	0~5、5~8、8~12	4、6、8	0、15、30
	U 形重力台	6~10	4	0
25m 小箱梁、T 梁	柱式台	0~5	4、6、8	0、15、30
	肋板台	0~5、5~8、8~12	4、6、8	0、15、30
	U 形重力台	6~10	4	0
30m 小箱梁、T 梁	柱式台	0~5	4、6、8	0、15、30
	肋板台	0~5、5~8、8~12	4、6、8	0、15、30
	U 形重力台	6~10	4	0
40mT 梁	柱式台	0~5	4、6、8	0、15、30
	肋板台	0~5、5~8、8~12	4、6、8	0、15、30
	U 形重力台	6~10	4	0

4.7.2 墩台构造设计

1 圆柱墩（墩高≤35m）

1）桩、柱

圆柱墩是高速公路建设中最常用的桥墩形式。本次标准图，4、6 车道圆柱墩按双柱式设计，8 车道圆柱墩按三柱式设计。

① 墩、桩直径根据跨径及墩高进行分级，4、6、8 车道基本采用相同的直径。

② 立柱横向间距，按在考虑横风作用下保证盖梁正负控制弯矩基本相当控制。

标准图中圆柱墩尺寸见表 4.7.2-1a~表 4.7.2-1e。

表 4.7.2-1a 矮肋双 T 梁圆柱墩桩柱尺寸

车道数	上部结构形式	跨径(m)	柱间距(mm)	墩高 H(m)	墩径(cm)	桩径(cm)
4 车道	矮肋双 T 梁	10	7300	H≤10	100	120
		13	7300	H≤10	100	120
		16	7300	H≤10	110	130
6 车道	矮肋双 T 梁	10	9500	H≤10	100	120
		13	9500	H≤10	100	120
		16	9500	H≤10	110	130
8 车道	矮肋双 T 梁	10	7300	H≤10	100	120
		13	7300	H≤10	100	120
		16	7300	H≤10	110	130

表 4.7.2-1b 矮肋单 T 梁圆柱墩桩柱尺寸

车道数	上部结构形式	跨径(m)	柱间距(mm)	墩高 H(m)	墩径(cm)	桩径(cm)
4 车道	矮肋单 T 梁	16	7300	H≤10	110	130
		20	7300	H≤10	110	130
				10＜H≤20	130	150
6 车道	矮肋单 T 梁	16	9300	H≤10	110	130
		20	9300	H≤10	110	130
				10＜H≤20	130	150
8 车道	矮肋单 T 梁	16	7300	H≤10	110	130
		20	7300	H≤10	110	130
				10＜H≤20	130	150

表 4.7.2-1c T 梁圆柱墩桩柱尺寸

车道数	上部结构形式	跨径(m)	柱间距(mm)	墩高 H(m)	墩径(cm)	桩径(cm)
4 车道	T 梁	25	6950/7100	H≤15	130	150
				15＜H≤25	160	180
		30	6950/7100	H≤15	140	160
				15＜H≤25	160	180
				25＜H≤35	180	200
		40	6950/7100	H≤15	160	180
				15＜H≤25	180	200
				25＜H≤35	200	220
6 车道	T 梁	25	8950/9100	H≤15	130	150
				15＜H≤25	160	180
		30	8950/9100	H≤15	140	160
				15＜H≤25	160	180

车道数	上部结构形式	跨径(m）	柱间距(mm）	墩高 H(m)	墩径(cm)	桩径(cm)
				25＜H≤35	180	200
		40	8950/9100	H≤15	160	180
				15＜H≤25	180	200
				25＜H≤35	200	220
8 车道	T 梁	25	7200	H≤15	130	150
				15＜H≤25	160	180
		30	7200	H≤15	140	160
				15＜H≤25	160	180
				25＜H≤35	180	200
		40	7200	H≤15	160	180
				15＜H≤25	180	200
				25＜H≤35	200	220

表注：表中斜杠“/”前后数据对应不同的路基宽度。斜杠前的数据，对应 4 车道 26m 路基宽、6 车道 33.5m 路基宽；斜杠后的数据，对应 4 车道 26.5m（27m）路基宽、6 车道 34m（34.5m）路基宽，后表相同。

表 4.7.2-1d 小箱梁圆柱墩桩柱尺寸

车道数	上部结构形式	跨径(m）	柱间距(mm）	墩高 H(m)	墩径(cm)	桩径(cm)
4 车道	小箱梁	20	7050/7200	H≤10	110	130
				10＜H≤20	130	150
		25	7050/7200	H≤15	130	150
				15＜H≤25	160	180
		30	7050/7200	H≤15	140	160
				15＜H≤25	160	180
				25＜H≤35	180	200
6 车道	小箱梁	20	8950/9100	H≤10	110	130
				10＜H≤20	130	150
		25	8950/9100	H≤15	130	150
				15＜H≤25	160	180
		30	8950/9100	H≤15	140	160
				15＜H≤25	160	180
				25＜H≤35	180	200
8 车道	小箱梁	20	7300	H≤10	110	130
				10＜H≤20	130	150
		25	7300	H≤15	130	150
				15＜H≤25	160	180
		30	7300	H≤15	140	160

车道数	上部结构形式	跨径(m）	柱间距(mm）	墩高 H(m)	墩径(cm)	桩径(cm)
				15＜H≤25	160	180
				25＜H≤35	180	200

表 4.7.2-1e 组合梁圆柱墩桩柱尺寸

车道数	上部结构形式	跨径(m）	柱间距(mm）	墩高 H(m)	墩径(cm)	桩径(cm)
4 车道	钢混组合梁	40	6550	H≤15	140	160
				15＜H≤25	160	180
				25＜H≤35	180	200
		50	6550	H≤15	160	180
				15＜H≤25	180	200
				25＜H≤35	200	220
		60	6550	H≤15	180	200
				15＜H≤25	200	220
				25＜H≤35	220	240
6 车道	钢混组合梁	40	8450	H≤15	140	160
				15＜H≤25	160	180
				25＜H≤35	180	200
		50	8450	H≤15	160	180
				15＜H≤25	180	200
				25＜H≤35	200	220
		60	8450	H≤15	180	200
				15＜H≤25	200	220
				25＜H≤35	220	240
8 车道	钢混组合梁	40	7175	H≤15	140	160
				15＜H≤25	160	180
				25＜H≤35	180	200
		50	7175	H≤15	160	180
				15＜H≤25	180	200
				25＜H≤35	200	220
		60	7175	H≤15	180	200
				15＜H≤25	200	220
				25＜H≤35	220	240

2）系梁

圆柱墩根据墩高情况设置桩顶系梁及柱间系梁，本次标准图采用少柱系梁的设置方式，具体原则如下：

① 墩高≤7m 时，不设置桩顶系梁；墩高>7m 时设置桩顶系梁。

② 墩高≤25m 时，不设置柱间系梁，25m＜墩高≤35m 时，设置 1 道柱间系梁。系梁尺寸根据桩柱直径及计算分析确定，并适当归并以减少类型，见表 4.7.2-1f。

表 4.7.2-1f 圆柱墩系梁尺寸

桩径(cm）	桩系梁(宽×高)(cm)	柱径(cm）	柱系梁(宽×高)(cm)
120	100×120	100	—
130	100×120	110	—
150	120×150	130	—
160	120×150	140	—
180	120×150	160	—
200	150×180	180	120×160
220	150×180	200	140×180
240	180×200	220	160×200

说明：

按现行《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01)11.3.6 条，柱式墩的柱间系梁设置的间距不宜大于 10m。本次标准图编制根据静力计算及 6 度区抗震计算分析结果（见附录 G），并借鉴广东省的工程经验（墩高小于 35m 不设柱间横系梁），优化了柱间系梁的设置。

3）盖梁

盖梁高度根据计算确定，4 车道与 8 车道盖梁取相同高度，6 车道盖梁高度比 4、8 车道增加 20cm；正交与斜交 15 度盖梁取相同高度，斜交 30 度时，盖梁高度比正交增加 10cm。正交桥墩盖梁高见表 4.7.2-1g。

表 4.7.2-1g 正交圆柱墩盖梁高度取值

上部结构形式	跨径(m)	盖梁高度(cm)		
		四车道	六车道	八车道
矮肋 T 梁	10	120	140	120
	13	120	140	120
	16	130	150	130
矮肋 T 梁、小箱梁	20	140	160	140
T 梁、小箱梁	25	150	170	150
T 梁、小箱梁	30	160	180	160
T 梁	40	180	200	180
组合梁	40	160	180	160
组合梁	50	180	190	180
组合梁	60	200	200	200

盖梁宽度根据结构配筋及现行《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231）抗震构造

措施的要求确定，该规范（即 20 版桥梁抗震规范）考虑了墩高、上部结构联长等因素对梁端至盖梁边缘距离的影响，故简支墩盖梁宽度（含桥面连续位置处桥墩）根据不同墩高进行细分，并适当归并，见表 4.7.2-1h。

表 4.7.2-1h 盖梁宽度取值

联长(m)	墩高 H(m)	20 抗震规范计算值(cm)	08 细则计算值(cm)	位置	
				过渡墩/桥面连续墩(cm)	连续墩(cm)
6×10	H≤10	146	158	160	—
6×13	H≤10	152.6	161	160	—
5×16	H≤10	156	164	160	—
6×20	H≤10	176	168	180	—
	10＜H≤20	192		200	
5×25	H≤15	190	173	190	190
	15＜H≤25	206		210	
5×30	H≤15	200	186	200	200
	15＜H≤25	216		220	
	25＜H≤35	232		240	
4×40	H≤15	212	196	220	220
	15＜H≤25	228		230	
	25＜H≤35	244		250	
	35＜H≤45	260		260	260
	45＜H≤55	276		280	280
	55＜H≤70	300		340	340
4×40 钢混组合梁	H≤15	212	196	230	220
	15＜H≤25	228		230	
	25＜H≤35	244		245	
3×50 钢混组合梁	H≤15	220	206	240	220
	15＜H≤25	236		240	
	25＜H≤35	252		255	
3×60 钢混组合梁	H≤15	236	216	240	240
	15＜H≤25	252		255	
	25＜H≤35	268		270	

说明：

梁端至墩台盖梁边缘的距离，08 版“抗震设计细则”没有考虑墩高和联长的影响，对于矮墩得到的结果偏大，对于高墩结果普遍偏小。

根据 20 版“抗震设计规范”，不同墩高所需要的盖梁宽度不同，如果每一级墩高取不同的值，设计、施工均不便，因此设计时要根据项目的具体情况进行适当归并。

从经济性考虑，简支墩和连续墩的盖梁宽度宜分别考虑。

2 双柱式方形墩(35m＜墩高≤55m)

本类桥墩属于高墩，暂只编制了用于正交 4 车道的 40mT 梁桥墩。

墩柱采用矩形实体截面以提高纵向刚度，35~45m 墩高设置 1 道柱系梁、45~55m 墩高设置 2 道柱系梁，基础为工字形承台配 4 根桩基。

盖梁高度为 180cm，宽度按超出墩柱纵向尺寸两侧各 10cm 取值，并不小于表 4.7.2-1h 中按抗震措施确定的宽度。

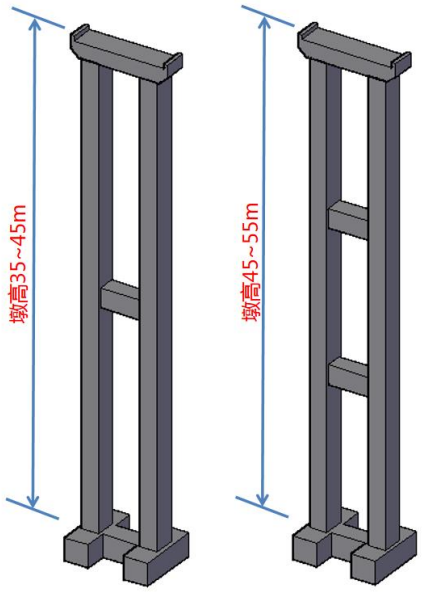


图 4.7.2 双柱式方墩构造

表 4.7.2-2 40mT 梁双柱矩形墩构造尺寸

跨径(m)	柱间距(cm)	墩高 H(m)	墩柱（横×纵）(cm)	盖梁（宽×高）cm	桩径（cm）	承台系梁（宽×高）cm	墩系梁（宽×高）cm）
40	6950/7100	35＜H≤45	200×240	260×180	150	220×240	180×200
		45＜H≤55	200×260	280×180	160	220×260	180×200

3 空心薄壁墩(55m＜墩高≤70m)

本类桥墩属于高墩，暂只编制了用于正交 4 车道 40mT 梁的桥墩。

墩柱采用等高矩形空心截面，尺寸为 600cm×320cm（横×纵），壁厚 50cm，顶底部设置壁厚过渡段及实心段，基础为矩形承台配 4 根桩基，承台厚 300cm，桩径取 D180cm。

盖梁截面高度为 220cm，宽度为 340cm，超出墩身纵向尺寸两侧各 10cm，大于表 4.7.2-1h 中按抗震措施确定的宽度。

墩壁上应设置通气孔，墩底应设置排水孔。

空心薄壁墩箱室内可不设置横隔板。墩壁可能承受撞击时，应进行局部受力分析。说明：

设计中常在空心墩内设置横隔板以增加稳定性，但横隔板的设置增加了施工难度和施工工期。很多学者和工程技术人员通过试验和有限元分析研究了横隔板的设置对薄壁空心墩的影响，认为空心墩的高度与截面宽度的比值（高宽比）及截面宽度与壁厚的比值（宽厚比）适当时可不设置横隔板。

广东省南粤交通仁博高速公路管理中心仁新管理处、华南理工大学依托仁新高速、汕湛高速、龙怀高速等项目开展的空心薄壁高墩横隔板设置专题研究认为：1）高墩属于压弯构件，桥墩压应力较大，墩壁有局部外凸的趋势，横隔板的主要作用是限制墩壁的横向变形，推迟局部失稳的发生；2）对于空心高墩，由于截面宽厚比较小，局部稳定问题不突出，具有实际工程意义的第 1 阶失稳均为整体失稳。横隔板对稳定及极限位移影响很小，设置横隔板的实际意义不大；3）横隔板对墩身抗扭、地震响应的影响很小；4）局部失稳的容许宽厚比与桥墩高宽比（H/B）、截面宽高比（B/A）具有相关性。当空心薄壁墩截面的宽厚比（b/t）小于局部失稳的容许宽厚比时，可不设置横隔板。根据该研究报告提供截面容许宽厚比计算公式，标准图中空心墩最大墩高 70m，截面尺寸为 6m×3.2m，壁厚 0.5m，桥墩高宽比为 21.9、截面宽高比为 1.875，相应的截面容许宽厚比为 20~26，远大于实际宽厚比 12。

此外，参考陕西省地方标准《高墩大跨径连续刚构桥桥墩设计规范》，空心薄壁墩侧壁净宽度（桥墩宽度扣除壁厚及倒角宽度）与壁厚的比值小于 15 时，可不设横隔板。

4 桩柱式桥台

1）桩柱式台是较常用的桥台形式，一般用于挖方或填土高度较低（不大于 5m）时，不宜用于软基路段。标准图中，4、6 车道桥台采用双柱式，8 车道桥台采用三柱式，桩柱一体，桩径根据抗推刚度及竖向承载力需要确定。

表 4.7.2-4a 柱式台桩柱直径

跨径(m）	桩径(cm）
10、13、16、20、25	140
30	160
40	180

2）耳、背墙

耳墙需在顶面设置混凝土防撞护栏与波形护栏的衔接段，最小长度取 250cm，最

大长度为 400cm，厚度采用 50cm，耳墙与背墙连接处设倒角。

桥台背墙厚度考虑台背填台压力及耳墙上护栏碰撞力的要求，另外还考虑清理梁板端头跌落的建筑废料的需要，设计为上宽下窄的形式。

背墙高度需综合考虑梁高、支撑总高度以及背墙顶是否设置桥面连续等因素。

耳、背墙宜根据桥面纵坡整体旋转设置。

表 4.7.2-4b 耳、背墙构造尺寸

跨径(m）	耳墙长度(cm)	背墙厚度(cm)	
		上	下
10、13、16、20	250	50	40
25	300	50	40
30	350	50	40
40	400	60	50

说明：

1）参照广东省高速公路设计标准化研究成果，6 车道桥台采用双柱式。

2）耳墙长度与背墙厚度与广东省的差别如下：

① 25m 跨径小箱梁，广东省通用图耳墙长 2.8m，本次编制取 3.0m；

② 30m 跨径小箱梁，广东省通用图耳墙长 3.2m，本次编制取 3.5m；

③ 40mT 梁背墙厚度比广东省加大了 10cm。

3）桥台盖梁

桥台盖梁根据跨径不同采用不同的高度，比同跨径桥墩盖梁高度低 10~20cm。

表 4.7.2-4c 桥台盖梁尺寸

跨径(m)	盖梁宽度(cm)	4、8 车道盖梁高度(cm)	6 道盖梁高度(cm)
10	170	110	120
13	170	110	120
16	170	120	130
20	180	120	130
25	180	130	140
30	180	140	150
40	200	160	170

表注：正交与斜交 15 度盖梁取相同高度，斜交 30 度时，盖梁高度比正交增加 10cm。

4）桩柱式台尺寸汇总见表 4.7.2-4d~4.7.2-4g。

表 4.7.2-4d 矮肋双 T 梁柱式台构造尺寸设计表

车道数	上部结构形式	跨径（m）	桩间距（cm）	耳墙长 L(cm)	桩径 (cm)	盖梁（宽×高）（cm）
4 车道	矮肋双 T 梁	10	7400	250	140	170×110
		13		250	140	170×110
		16		250	140	170×120
6 车道	矮肋双 T 梁	10	9650	250	140	170×120
		13		250	140	170×120
		16		250	140	170×130
8 车道	矮肋双 T 梁	10	7500	250	140	170×110
		13		250	140	170×110
		16		250	140	170×120

表 4.7.2-4e 矮肋单 T 梁柱式台构造尺寸设计表

车道数	上部结构形式	跨径（m）	桩间距（cm）	耳墙长 L(cm)	桩径 (cm)	盖梁（宽×高）(cm)
4 车道	矮肋单 T 梁	16	7200	250	140	170×120
		20		250	140	170×120
6 车道	矮肋单 T 梁	16	9650	250	140	170×130
		20		250	140	170×130
8 车道	矮肋单 T 梁	16	7500	250	140	170×120
		20		250	140	170×120

表 4.7.2-4f T 梁柱式台构造尺寸设计表

车道数	上部结构形式	跨径（m）	桩间距（cm）	耳墙长 L(cm)	桩径 (cm)	盖梁（宽×高）(cm)
4 车道	T 梁	25	7400/7550	300	140	180×130
		30		350	160	180×140
		40		400	180	200×160
6 车道	T 梁	25	9750/9900	300	160	180×140
		30		350	160	180×150
		40		400	180	200×170
8 车道	T 梁	25	7600	300	140	180×130
		30		350	160	180×140
		40		400	180	200×160

表 4.7.2-4g 小箱梁柱式台构造尺寸设计表

车道数	上部结构形式	跨径（m）	桩间距（cm）	耳墙长 L(cm)	桩径 (cm)	盖梁（宽×高）(cm)
4 车道	小箱梁	20	7200/7350	250	140	180×120
		25		300	140	180×130
		30		350	160	180×140
6 车道	小箱梁	20	9400/9550	250	140	180×130

车道数	上部结构形式	跨径（m）	桩间距（cm）	耳墙长 L(cm)	桩径 (cm)	盖梁（宽×高） (cm)
		25		300	160	180×140
		30		350	160	180×150
8 车道	小箱梁	20	7400	250	140	180×120
		25		300	160	180×130
		30		350	160	180×140

5 肋板式桥台

1）肋板式桥台是常用的桥台形式，适用填土高度一般不宜大于 12m，标准图按 5m、8m、12m 填土高度进行了分级设计，肋板厚度分别为 80cm、100cm 和 120cm。

2）肋板的数量、肋板间距与桩柱式台一致，耳、背墙、盖梁构造同桩柱式台。

3）肋板下承台高度采用 180cm，当台高不大于 7m 时，承台间可不设置系梁；大于 7m 时设置系梁，系梁宽度统一取 150cm。承台下桩基直径，当填土高度小于 8m 采用 120cm，大于 8m 时采用 140cm。

说明：

本次编制的肋板式桥台的承台厚度由常用的 150cm 增加至 180cm，对于承台底桩基为 1.4m 桩径时，其厚度虽仍小于 1.5 倍桩径，但足以满足受力要求。

4）肋板式台尺寸汇总见表 4.7.2-5a~4.7.2-5d。

表 4.7.2-5a 矮肋双 T 梁肋板台构造尺寸

车道数	上部结构形式	跨径(m）	台高 (m）	肋间距 (cm）	耳墙长 L(cm)	桩径 (cm)	盖梁（宽×高） (cm)
4 车道	矮肋双 T 梁	10	5	7400	250	120	170×110
			8			120	
		13	5		250	120	170×110
			8			120	
		16	5		250	120	170×120
			8			120	
6 车道	矮肋双 T 梁	10	5	9650	250	120	170×120
			8			120	
		13	5		250	120	170×130
			8			120	
		16	5		250	120	170×130
			8			120	
8 车道	矮肋双 T 梁	10	5	7500	250	120	170×110
			8			120	
		13	5		250	120	170×110

车道数	上部结构形式	跨径(m)	台高(m)	肋间距(cm)	耳墙长L(cm)	桩径(cm)	盖梁（宽×高）(cm)
			8			120	
		16	5		250	120	170×120
			8			120	

表 4.7.2-5b 矮肋单 T 梁肋板台构造尺寸

车道数	上部结构形式	跨径(m)	台高(m)	肋间距(cm)	耳墙长L(cm)	桩径(cm)	盖梁（宽×高）(cm)
4 车道	矮肋单T 梁	16	5	7200	250	120	170×120
			8			120	
		20	5		250	120	170×120
			8			120	
			12			140	
6 车道	矮肋单T 梁	16	5	9650	250	120	170×130
			8			120	
		20	5		250	120	170×130
			8			120	
			12			140	
8 车道	矮肋单T 梁	16	5	7500	250	120	170×120
			8			120	
		20	5		250	120	170×120
			8			120	
			12			140	

表 4.7.2-5c T 梁肋板台构造尺寸

车道数	上部结构形式	跨径（m）	台高（m）	肋间距(cm)	耳墙长L(cm)	桩径(cm)	盖梁（宽×高）(cm)
4 车道	T 梁	25	5	7400/7550	300	120	180×130
			8			120	
			12			140	
		30	5		350	120	180×140
			8			120	
			12			140	
		40	5		400	120	200×160
			8			120	
			12			140	
6 车道	T 梁	25	5	9750/9900	300	120	180×140
			8			120	
			12			140	
		30	5		350	120	180×150
			8			120	

车道数	上部结构形式	跨径（m）	台高（m）	肋间距(cm）	耳墙长L(cm)	桩径(cm)	盖梁（宽×高）(cm)
			12			140	
		40	5		400	120	200×170
			8			120	
			12			140	
8 车道	T 梁	25	5	7600	300	120	180×130
			8			120	
			12			140	
		30	5		350	120	180×140
			8			120	
			12			140	
		40	5		400	120	200×160
			8			120	
			12			140	

表 4.7.2-5d 小箱梁肋板台构造尺寸

车道数	上部结构形式	跨径(m）	台高(m)	肋间距(cm）	耳墙长L(cm)	桩径(cm)	盖梁（宽×高）(cm)
4 车道	小箱梁	20	5	7200/7350	250	120	180×120
			8			120	
			12			140	
		25	5		300	120	180×130
			8			120	
			12			140	
		30	5		350	120	180×140
			8			120	
			12			140	
6 车道	小箱梁	20	5	9400/9550	250	120	180×130
			8			120	
			12			140	
		25	5		300	120	180×140
			8			120	
			12			140	
		30	5		350	120	180×150
			8			120	
			12			140	
8 车道	小箱梁	20	5	7400	250	120	180×120
			8			120	
			12			140	
		25	5		300	120	180×130

车道数	上部结构形式	跨径（m）	台高(m)	肋间距(cm）	耳墙长L(cm)	桩径(cm)	盖梁（宽×高）(cm)
			8			120	
			12			140	
		30	5		350	120	180×140
			8			120	
			12			140	

6 U 形重力式桥台

本次只编制了用于 4 车道的正交 U 形重力式桥台，基础采用扩大基础。

前墙正面按 10：1 放坡，背面按 3：1 放坡。侧墙顶宽 50cm，竖直段 110cm，按 3：1 放坡，主要构造尺寸见表 4.7.2-6。

表 4.7.2-6 重力式台构造尺寸设计表

车道数	上部结构形式	跨径(m）	侧墙长 L(cm)		台帽（宽×高）(cm)	背墙厚(cm)
			挖方段	填方段		
4 车道	矮肋 T 梁	10	500	800	200×50	80（上）~70（下）
		13	500	800	200×50	80（上）~70（下）
		16	500	800	200×50	80（上）~70（下）
		20	500	800	200×50	80（上）~70（下）
	T 梁	25	500	800	200×50	80（上）~70（下）
		30	500	800	200×60	80（上）~70（下）
		40	500	800	200×60	80（上）~70（下）
	小箱梁	20	500	800	200×50	80（上）~70（下）
		25	500	800	200×50	80（上）~70（下）
		30	500	800	200×60	80（上）~70（下）

4.7.3 配筋设计

1 墩柱钢筋构造

1）墩柱钢筋图为示意参考图，项目施工图设计时应根据构造及受力需要确定主筋直径、根数以及箍筋的间距。

2）圆柱墩箍筋采用螺旋箍形式，方柱墩、空心墩采用闭合箍加系筋的形式。

3）为避免与盖梁内钢筋发生干扰，墩柱主筋伸入盖梁内的部分不弯折成喇叭形，且不设置箍筋，盖梁以下 1~2 倍墩径范围内设置加密箍筋。当地震动峰值加速度大于或等于 0.1g 时，伸入盖梁内的主筋宜设置箍筋。

4）墩柱接承台时，部分箍筋可延伸至承台内布置。

2 桩基钢筋构造

1）桩基钢筋图为示意参考图，项目施工图设计时应根据构造及受力需要确定主筋直径、根数以及箍筋的间距。

2）桩基主筋可根据桩长、地质、桩基受力情况综合考虑分 1~2 次截断，截断位置应根据桩身受力情况确定，一般可选在受力变化稳定区（桩身弯矩为最大弯矩一半的位置以下）和不小于 α h=4 附近（即弯矩为零处，α 为桩基的变形系数），并计入锚固长度；同时为保证桩基检测管定位需要，每根桩基应设置 4 根以上的通长主筋。

3）圆柱式墩桩柱主筋数量宜相同，一一对应焊接。

4）桩基主筋定位宜采用混凝土定位滚轮，其强度等级应不低于桩身。

3 桥墩系梁钢筋构造

1）标准图中系梁钢筋图适用于地震动峰值加速度为 0.05g，当地震动峰值加速度大于或等于 0.1g 时，应进行抗震分析计算，并根据抗震构造要求配置主筋和箍筋。

2）系梁配筋按少柱间系梁的构造根据计算确定，同一规格系梁的配筋根据不同墩高或上部结构跨径采用不同的配筋，同时还需满足最低配筋率要求。

4 墩台盖梁钢筋构造

1）盖梁钢筋图适于地震动峰值加速度为 0.05g，当地震动峰值加速度大于或等于 0.1g 时，应进行抗震分析计算，并根据抗震构造要求配置主筋和箍筋。

2）钢筋骨架中，斜筋与纵向钢筋的焊接宜采用双面焊缝，焊缝长度不小于 5d，纵向钢筋多层焊接时，可用双面焊短焊缝，焊缝长度为 2.5d，短焊缝间距不宜大于 1000mm。

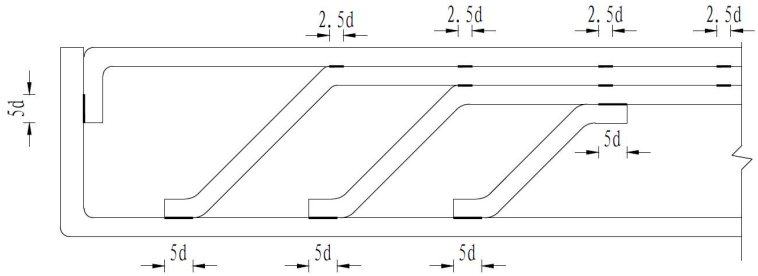


图 4.7.3 盖梁焊接骨架示意

3）斜交盖梁需适当加大主筋保护层厚度以保证箍筋正斜转换区的保护层厚度。

4）盖梁施工时应注意预埋抗震挡块及支座垫石钢筋。

5 支座垫石钢筋构造

1）标准图为示意，施工图设计时垫石高度应根据具体情况确定。

2）支座垫石采用 C50 小石子混凝土，其数量根据具体垫石高度另行计算。

6 抗震挡块钢筋构造

当抗震挡块钢筋构造与盖梁钢筋发生干扰时，可适当调整抗震挡块钢筋。

7 承台钢筋构造

1）承台底面钢筋应根据计算确定，侧面及顶面钢筋按构造要求确定。

2）承台施工时注意预埋台身钢筋。

3）在承台底面铺设一层钢筋网，当桩基主筋伸入承台连接时，该钢筋应连续通过桩顶。

8 桥台肋板台身钢筋构造

1）台身钢筋与承台钢筋位置发生干扰时，可适当调整。

2）非标准台高的桥台肋板尺寸重新计算后，可根据标准高度桥台肋板钢筋构造进行调整。

9 耳背墙钢筋构造

1）搭板锚固筋一半埋入背墙牛腿，在横桥向行车道部分按 500mm 间距排列。

2）背墙顶应预留伸缩装置槽口及预埋锚筋，槽口深度根据伸缩装置型号确定。

3）背墙顶若采用桥面连续，则施工时应注意预埋桥面连续钢筋。

4.7.4 结构计算

1 主要计算参数见 4.1.4

2 墩身计算

1）墩身计算时需考虑的作用一般应包括恒载、汽车荷载、汽车制动力、整体升降温、风荷载等。相关作用考虑以下组合：

组合 1：恒载+汽车荷载+汽车制动力+温度水平力+纵桥向 W1 风荷载

组合 2：恒载+汽车荷载+汽车制动力+温度水平力+横桥向 W1 风荷载

组合 3：恒载+温度水平力+纵桥向 W2 风荷载

组合 4：恒载+温度水平力+横桥向 W2 风荷载

2）桥墩纵向弯矩计算时，纵向水平力按桥墩抗推刚度进行分配。当桥墩上的支座为活动支座时，应注意滑动摩擦系数的取值并分析其承担的水平力。

3）墩身截面按双向偏压构件进行强度验算。

说明：

柔性墩台的计算可参见《连续桥面简支梁桥墩台计算实例》（袁伦一著）、《柔性墩台梁式桥设计》（王伯惠等著）。不同的支座类型对桥墩水平力的分配有显著影

响。当采用板式橡胶支座时，桥墩的抗推刚度是墩与支座串联的集成刚度，且支座与梁间通常不会产生滑移，因而各墩可以协同共同承担水平力，有利于减少墩柱尺寸或配筋的需求。相比之下，当采用盆式支座或球型支座时，桥墩的抗推刚度为墩柱自身刚度，设置活动支座的桥墩（简称活动支座墩）承担的水平力取决于支座的摩阻系数，相对较小。因此，设置固定支座的桥墩（简称固定支座墩）将承担更大的由梁传递下来的水平力，成为“制动墩”，意味着桥墩需要更大的尺寸或更多的配筋，这在工程上是不经济的。对于标准图中所拟定桥墩尺寸的合理性，当采用盆式支座或球型支座时，本次编制做如下分析：

计算固定墩的墩顶水平力时，滑动墩参与分配（摩阻系数按 0.01 控制），且滑动墩可以承担与已产生滑移方向相反的水平力；

滑动墩自身的墩顶水平力按最大支座摩阻力控制（摩阻系数取 0.03）；

当 1 个固定支座墩承担的水平力较大，导致承载力、裂缝宽度不满足要求，或满足要求，但配筋率过高时，可设置多个固定支座墩分担水平力。以 25m 跨径为例计算对比可知，采用双固定支座墩可明显降低单墩墩顶最大水平力，如图 4.7.4。

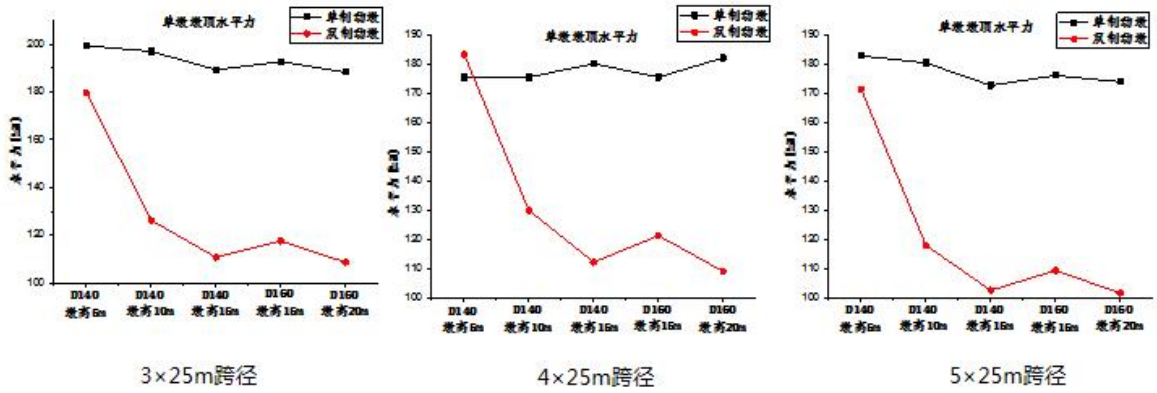


图 4.7.4 单、双固定支座墩墩顶水平力对比

3 盖梁、系梁计算

1）多柱式墩的盖梁、系梁按刚架计算，并考虑不同墩高情况下墩柱线刚度的影响，计算作用有恒载、汽车荷载、整体温度作用及横向风荷载。对于桥台，盖梁还应计入背墙土压力的竖向分力，系梁应计入台前溜坡土的重力。

2）盖梁效应计算的工况为：

组合 1：恒载+汽车荷载+温度+横向 W1 风荷载

组合 2：恒载+温度+横向 W2 风荷载

强度验算采用组 1、2 的最不利工况，裂缝宽度验算采用组合 1。

3）系梁效应计算的工况为：

组合 1：恒载+汽车荷载+横向 W1 风荷载

组合 2：恒载+横向 W2 风荷载

强度验算采用组 1、2 的最不利工况，裂缝宽度验算采用组合 1。

4）盖梁上的汽车荷载采用杠杆法分配至主梁支点位置进行计算。

5）盖梁、系梁截面的抗弯、抗剪承载力及裂缝宽度，根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）第 8.4 节的要求，按一般受弯构件或短梁构件或拉压杆模型（盖梁短悬臂部分）进行验算。

说明：

刚架模型下，盖梁在横向风荷载作用下会产生“反对称”形弯矩，影响盖梁墩顶截面负弯矩配筋数量及跨中段正弯矩配筋的截断或弯起点位置。当墩高较大时，还存在 W2 风荷载控制盖梁、系梁配筋的情况，故盖梁、系梁计算要充分考虑横向风荷载的影响。

盖梁的活载效应计算，一般可采用桥面加载法（包括杠杆法、偏心压力法、刚接板梁法加杠杆法等）或盖梁直接加载法，计算结果均较可靠。盖梁直接加载法对少支座盖梁计算的冗余度偏高，易造成材料浪费；杠杆法（虚拟简支横梁）计算更符合端横梁为“深受弯梁”的传力特点，与盖梁实际受力情况更接近，计算也较为方便，故本次盖梁计算采用杠杆法。设计单位可采用其他方法进行校核。

4 桩基、承台计算

1）桩基础的内力计算采用 M 法。

2）承台采用拉杆-压杆模式进行计算。

5 桥台耳墙计算

由于护栏设置在耳墙上，耳墙计算时考虑了汽车撞击偶然荷载的作用，设计上加大了耳墙相应位置的配筋及与耳墙相连处的背墙的配筋，并在耳背墙连接处设置了 50cm×50cm 倒角。

4.7.5 使用注意事项

1 有关墩台尺寸及配筋仅作为参考，项目施工图设计时应根据具体情况经过详细计算分析后予以确定。盖梁、系梁、耳背墙钢筋图可作为通用图使用，但应注意适用条件及范围。

2 变宽段桥梁可以参照使用本套参考图，但需进行结构验算，在保持一般构造尺

寸不变的前提下，根据验算结果调整图纸的相关设计。如果必须调整桥墩桩柱直径、盖梁高度、桥台肋板尺寸等结构尺寸时，应进行特殊设计。

3 不同的支座类型对桥墩受力影响较大，当采用板式橡胶支座时，各墩可协同受力承担水平力，配筋率相对较低、较均衡；当采用盆式橡胶支座或球型支座时，主要由设置固定支座的墩承担水平力，需要设置多个固定支座墩或墩梁固结才能保证桩柱尺寸满足受力要求，因此，设计时应注意：

1）当采用盆式橡胶支座或球形支座时，应合理设置支座约束方式。

2）当采用盆式橡胶支座或球形支座的一联桥中需要设置多个固定支座墩时，应避免采用两跨一联的结构，不可避免时，可适当加大中间桥墩的尺寸或设置墩梁固结。

4 全桥各墩桩柱直径宜尽量减少尺寸种类，应根据各联墩高组合情况对桩柱直径进行适当调整。

5 桥孔分联时应充分考虑桥墩刚度的协调，最高墩不宜设置为过渡墩。

6 标准图中柱式墩采用少柱系梁设计，适用于抗震设防烈度为 6 度的情况。下列情况下，设计单位应根据具体情况加强柱系梁的设置：

1）抗震设防烈度大于 6 度时，应根据计算增加柱系梁道数。

2）当存在较大洪水压力、漂浮物撞击或其他横向撞击可能时，应适当增加柱系梁道数。

7 本设计墩台支座总支撑高度（调平钢板或混凝土块高度+支座高度+支座垫石高度）取 30cm，具体设计时可根据情况适当调整。如调整总支撑高度应相应调整支座垫石厚度及背墙高度等尺寸。

8 伸缩缝处墩台盖梁顶面应设置防止落梁的纵向挡块。

9 本设计未考虑路线纵坡及超高的影响，使用中应结合具体情况进行调整。

10 桥梁有左、右斜之分，标准图中仅绘出一种斜交方向的情况，使用时请注意桥梁斜交方向。

4.8 桥梁公用构造

4.8.1 桥梁混凝土护栏

1 防撞护栏等级及型式

桥梁护栏的防护等级按《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81）的要求选取，高速公路根据设计速度及二次事故的严重程度一般采用四（SB、SBm）级、五（SA、

SAm）级、六（SS、SSm）级。

根据省内护栏使用需求及习惯，标准图提供了加强型（护栏顶面设阻爬坎）及 F 型两种型式，防护等级为 SB、SA、SS 级的混凝土护栏供项目建设使用。项目建设如需采用防护等级更高的混凝土护栏，设计单位可参照本指南及标准图的设计要点及原则进行单独设计。

2 设计要点

1）护栏迎撞面形状、高度、顶宽应严格按《公路交通安全设施设计细则》（JTG/T D81）的要求设计，底宽固定取值为 50cm，外边缘与桥梁边缘平齐。

2）护栏应直接在预制梁顶面浇筑，外壁与翼板端部平齐或设挂壁外包翼板（又称为垂裙式护栏或外包式护栏）。超高段护栏的竖向中心轴保持垂直水平面的方式设置。

3）护栏混凝土强度等级采用 C35。

4）现浇混凝土护栏每隔 3～4m 设置一道假缝，假缝宽 3～5mm、深 20～30mm，采用切割成形，缝内填充防水膏或嵌入橡胶条。

5）现浇混凝土护栏应在连续墩（含桥面连续）墩顶设置 1 道断缝，其余根据跨径布置情况每隔 15～20m 设置一道 20mm 宽的断缝，断缝底部设在桥面铺装顶面以上 50~100mm 处。断缝可采用聚氨酯硬质泡沫板作为隔离模板成形。

6）现浇混凝土护栏断缝及伸缩缝处的纵向连接按平接头加传力钢筋处理。

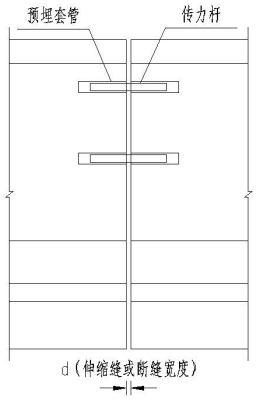


图 4.8.1-1 混凝土护栏断缝处传力钢筋设置示意

7）桥台耳墙上的混凝土防撞护栏按与波形护栏衔接的过渡段处理。

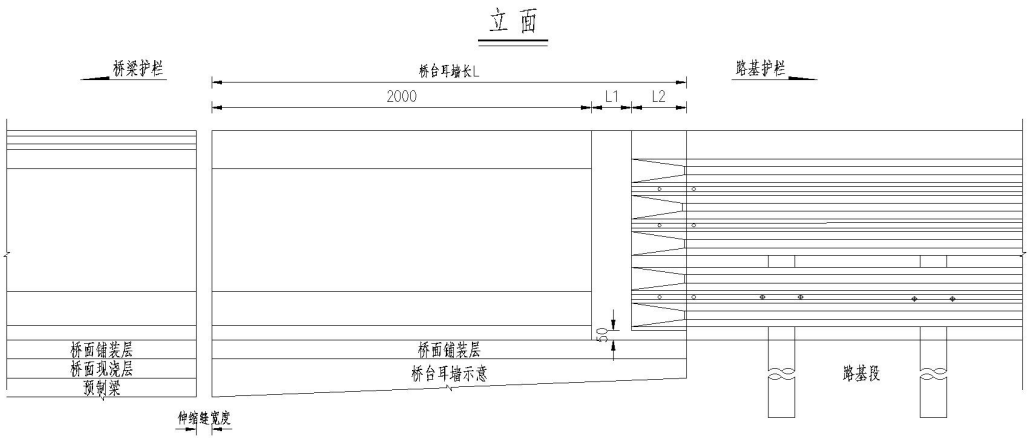


图 4.8.1-2 混凝土护栏与波形梁护栏过渡示意

说明：

按《公路交通安全设施设计细则》（JTG/T D81)表 6.2.8-1 中的构造要求，护栏底宽是根据护栏高度变化的（取值范围为 46.4~56.5cm），该构造方式不便于桥梁横断面宽度布置及标准化设计，故底宽按常规设计习惯固定为 50cm。

外包式护栏（垂裙式护栏）外观效果好，雨水可以顺外包的裙边自然流出，有效防止雨水直接排到翼板和肋板。

护栏混凝土强度等级常采用 C30，本次从提高外观质量及耐久性考虑，将强度等级提高至 C35。

3 计算及配筋

护栏的汽车横向碰撞荷载标准值按《公路交通安全设施设计细则》（JTG/T D81）表 3.5.4 采用。混凝土护栏对汽车横向撞击的抗力按屈服线方法计算（具体计算方法见 JTG/T D81 附录 D），计算时材料强度均取标准值。护栏配筋及抗力计算结果见表 4.8.1。

表 4.8.1 护栏配筋及抗力计算结果

护栏等级	护栏高度（cm）	碰撞标准值（kN）	纵向水平钢筋（mm）	迎撞面竖向钢筋（mm）	最小抗力值（kN）	
					标准段	断缝及伸缩缝处
SS 级	110	520	Φ10	(Φ12+Φ14)@100	734	550
SA 级	100	410	Φ10	(Φ12+Φ12)@100	781	587
SB 级	90	350	Φ10	(Φ10+Φ12)@100	633	489

4 注意事项

1）护栏配筋按屈服线方法计算，迎撞面水平纵向钢筋是受力钢筋，非断缝位置应保持连续，不得截断。

2）护栏可在桥面现浇层施工前施工，也可在桥面现浇层施工之后施工。从保障施

工车辆通行安全考虑，宜先施工护栏，并注意现浇层中的横向钢筋应伸入护栏内。

3）伸缩缝槽口处，护栏预埋钢筋应向下延伸至翼板承托梁内锚固，护栏不得与承托梁（即伸缩装置槽口梁）间断开。

4）护栏上设置声屏障等设施时，应另行对护栏及上部结构进行验算。

4.8.2 桥上交安设施基础

桥上需安装交安设施时，可在护栏背面设置“背包”式基础，其尺寸需根据交安设施类型确定。

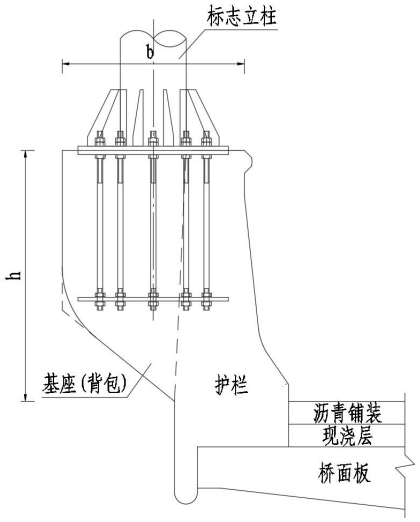


图 4.8.2 混凝土护栏上标志基础示意

标准图中提供了悬臂式标志（重量不大于 3200kg）及门架式标志（总重量不大于 9600kg）基础设计图，供 T 梁桥及小箱梁桥参考使用，其他结构形式使用时，应注意验算边主梁纵向受力，并根据悬臂长度增减悬臂加强钢筋。基座应与防撞护栏一起浇筑，其位置应避开护栏断缝处。

4.8.3 桥台搭板

1）一般情况下，当台后填土高度＜5m 时，搭板长度可取 6m；当台后填土高度≥5m 时，搭板长度可取 8m；搭板厚度取 350mm。

2）搭板顶面铺装结构与桥面沥青混凝土铺装一致。

3）搭板与路面结构衔接处顶面铺设一层双向经编玻纤土工格栅，其性能指标应满足现行《公路工程土工合成材料》（JT/T 1432）的要求，且纵横向抗拉强度均不小于 60kN/m，经 170℃、1h 热处理后双向断裂强度不应小于原强度的 90%。玻纤格栅宜采用带自粘胶层的产品，其铺设、搭接及固定应符合现行《公路土工合成材料应用技术规范》（JTG/T 3332）的规定。

4）桥台搭板采用整体或分块浇筑，混凝土强度等级不应低于 C30。4、6 车道搭板正交时，横向不分块；8 车道搭板正交时，横向分 2 块板；搭板斜交时，按斜转正设计，横向分块，4 车道分 2 块板，6、8 车道分 3 块板，板块之间设拉杆。

5）为减少台后路基沉降，应严格控制台后路堤填土质量和压实度，压实度不小于 96%。搭板与台后填土间用水稳碎石填筑。

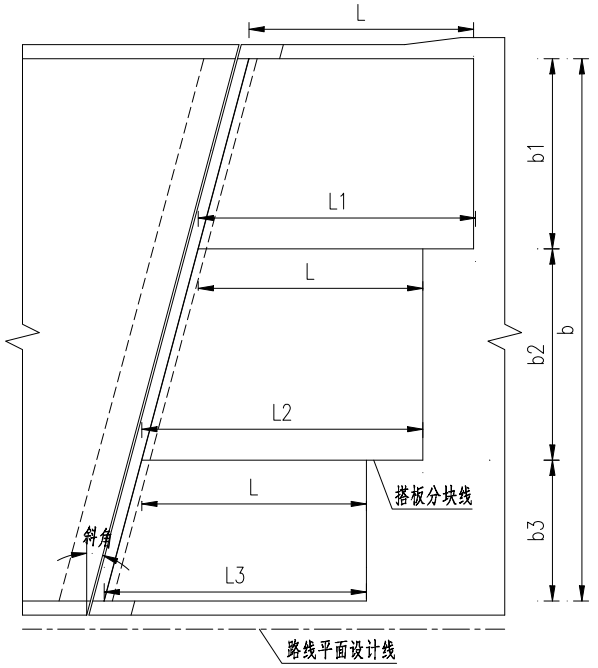


图 4.8.3 搭板分块示意

4.8.4 桥面防水与排水

1 防水层材料

桥面现浇层顶面洒铺沥青防水粘结层，顶面摊铺沥青混凝土桥面铺装。

桥面防水也可考虑采用沥青基类材料，材料本身的物理和化学指标应满足《路桥用水性沥青基防水涂料》（JT/T 535）的要求。

2 排水方式

1）桥面排水方式分为集中管排式和直排式，一般应采用集中管排式排水，由泄水管、纵向排水管、竖向排水管及桥下排水沟组成，桥下应设置排水沟及油水分离池或沉淀池。水源保护区内还应设置应急处理池。排水管宜采用 PVC-U 管。

2）泄水孔一般在防撞护栏内侧处竖向布置，当梁体悬臂长度较短时，可横向布置在防撞护栏底部，泄水管管径不宜小于 150mm，间距根据桥面宽度、纵坡、横坡及降雨强度综合考虑，一般不宜大于 5m，凹曲线最低点及前后 3m 内应设置泄水孔，合成坡度不超过 0.5%的路段需要加密至不大于 3m，伸缩缝上游侧 1.5m 内宜设置泄水孔。

泄水管材质宜采用铸铁或 SMC 复合材料。

说明：

传统泄水管材质一般采用铸铁管、PVC，铸铁泄水管耐压，使用寿命较长(20~30年），但成本偏高、易锈蚀，PVC 泄水管成本低、耐腐蚀，但易老化、脆裂，使用寿命较短。SMC 复合材料泄水管采用玻璃纤维增强复合材料，具有轻质高强、造价低、耐腐蚀、耐高低温、使用寿命长（50 年）等优点。

3）纵向排水管纵坡不宜小于 1%，管径为 150～300mm，纵向排水管需通过伸缩缝时应采用软管接头。

4）竖向排水管设在桥墩处，管径为 150～300mm，每墩或隔墩设置一处。

5）沥青混凝土桥面铺装排水，可沿防撞护栏设置碎石盲沟或切边沟连通泄水孔，以利排水，建议采用排水明沟方式。

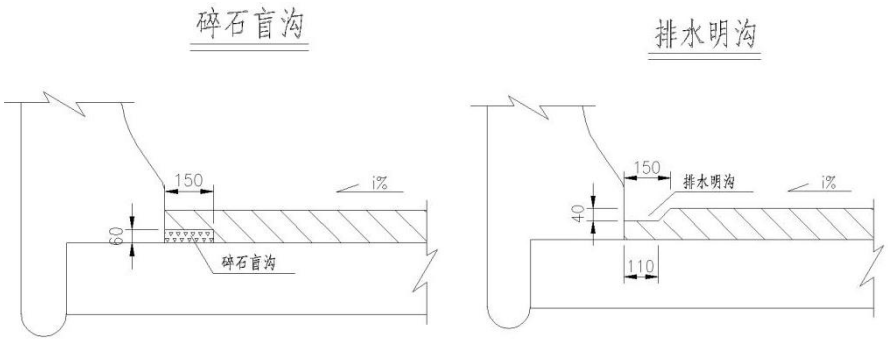


图 4.8.4 桥面铺装纵向排水方式

6）桥隧相连时，应注意采取措施避免桥面排水进入隧道。

4.8.5 伸缩装置

1）桥梁伸缩装置是连接上部结构断缝、保证车辆行驶平稳的重要装置，其类型主要有模数式、梳齿板式，标准图中混凝土预制梁按模数式伸缩装置设计，组合梁按梳齿板式伸缩装置设计。

2）伸缩装置的型号应根据计算确定。一般情况下，联长 100～160m（组合梁联长可加大至 180m）时选用 160 型，联长不大于 100m（组合梁联长可加大至 120m）时选用 80 型。

3）伸缩装置应避开高温时间安装，宜选择在 15～25℃时安装，安装缝宽根据联长、安装温度等因素计算确定。

4）锚固系统是保证伸缩装置安装和使用质量的重要构造，不同类型伸缩装置或厂

家对锚固系统的要求有差异，标准图只提供伸缩装置预埋锚固钢筋的布置示意及要求。原则上锚固钢筋的预埋应根据选用的伸缩装置产品的构造来确定，不能确定时，可参照标准图的方式进行预埋。伸缩装置槽口采用 C50 钢纤维混凝土浇筑，钢纤维含量为 60～70 kg/m^3，槽口混凝土顶面宜设置一层钢筋网，钢筋直径不宜大于 10mm，间距不宜大于 100mm。

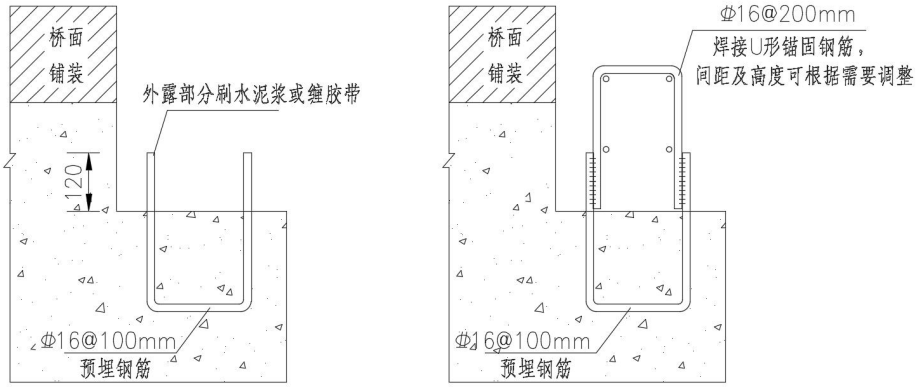


图 4.8.5 伸缩装置锚固钢筋预埋示意

说明：

预埋锚固钢筋常规的做法是直接预埋成倒 U 形，间距 200～250mm，由于外露时间较长且往往需要“压平”通行施工车辆，容易后期造成折断；此外预埋钢筋的位置也可能与后续采购的伸缩装置不匹配，因此标准图进行了适当的优化，加密预埋筋数量并减少外露长度，安装时再根据具体产品的情况调整锚固钢筋位置及形状。

4.8.6 支座

支座是连接桥梁上、下部结构的重要传力装置，并适应或限制上部结构的变形，常用支座类型有板式橡胶支座、盆式支座、球型支座，另外还有一些满足特定功能要求的支座形式，如自调坡支座、调力调高支座等。正常条件下，支座设计使用年限，板式橡胶支座不应低于 15 年，盆式支座不应低于 50 年。

支座类型的选用应根据使用寿命、桥梁纵坡、墩台受力等因素综合考虑。对于中小跨径预制装配式桥梁常规支座的选用，本指南建议如下：

1）简支（桥面连续）结构桥梁宜采用板式橡胶支座。

2）结构连续桥梁跨径不大于 30m 时，可采用板式橡胶支座、盆式支座，大于 30m 时，一般采用盆式支座或球型支座。

3）组合梁宜采用球形钢支座。

4）板式橡胶支座的胶料应采用氯丁橡胶或其他耐久型复合橡胶。

说明：

行业标准《公路桥梁板式橡胶支座》（JT/T 4-2019）对支座所使用的胶料耐老化性能做了相应的规定，包括胶料耐臭氧老化和热空气老化，但标准中的指标相对较低，增加了桥梁后期维护的成本，另一方面标准的准入门槛低，行业内生产企业多，引发恶性竞争，产品质量参差不齐。耐久板式橡胶支座采用将天然橡胶与三元乙丙橡胶共混的复合橡胶，在行业标准的基础上提高了支座橡胶的耐臭氧老化和热空气老化性能，从而进一步延长支座的正常使用寿命，一般应不低于 25 年。

当采用盆式支座或球型支座时，应合理设置支座的纵、横向约束方法：纵向应根据墩高情况设置 1 个或多个纵向固定支座墩（或墩梁固结）；单个桥墩上的一排支座，应根据桥宽及横向水平力情况设置不少于 2 个横桥向固定支座。

4.8.7 桩基声测管

1）标准图中，检测管规格为Φ50×2.0mm（单位重为 2.37kg/m），连接采用钳压式接头，技术标准应符合《混凝土灌注桩用薄壁钢检测管》（GB/T 31438）的相关要求。

2）检测管的下端应通至桩底，上端高出桩基顶面不小于 500mm，管底应焊接钢底盖，不可漏水；管口应设顶盖。

3）全部桥梁混凝土灌注桩均需埋设检测管。当桩径不大于 1.6m 时，应埋设三根检测管；当桩径大于 1.6m 且小于 2.5m 时，应埋设 4 根检测管，当桩径大于或等于 2.5m 时，应增加检测管数量。

4.8.8 纵向防落梁挡块

根据《公路桥梁抗震设计规范》，抗震设防烈度为 6 度时，高速公路上的桥梁的抗震措施等级为二级，应设置横桥向和纵桥向防止上部结构落梁的挡块。

横向挡块每个桥墩均设置，采用混凝土挡块。纵向挡块设在伸缩缝处桥墩，考虑到采用混凝土挡块将会影响架梁，故建议采用型钢挡块，先在盖梁内预留套筒，待预制梁架设后，再用高强螺栓安装型钢挡块，如图 4.8.8 所示（标准图中未予以具体设计）。

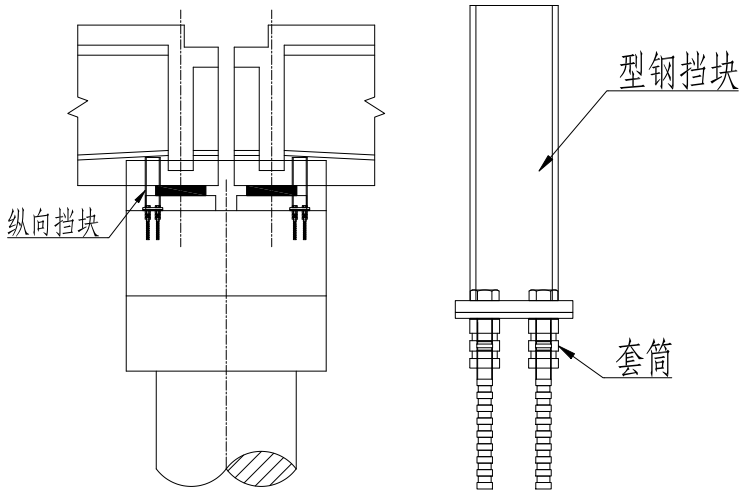


图 4.8.8 纵向挡块构造

4.8.9 墩梁固结构造

墩梁固结是提高桥墩纵向刚度、改善墩身受力的有效措施。先简支后结构连续装配式梁，通过在盖梁顶面预埋竖向钢筋与墩顶现浇连续段连接从而实现墩梁固结，连接钢筋的数量应通过计算确定。

墩梁固结时，盖梁顶面不设支座垫石，但宜在预制梁的临时支点处预埋调坡钢板，预制梁梁底也需预埋钢板，预制梁简支安装时，两钢板应沿周边焊牢。为避免盖梁上的预埋竖向钢筋影响架梁，宜分两段采用套筒连接，下段预埋在盖梁内并安装连接套筒，待梁体安装就位后，再安装上段。

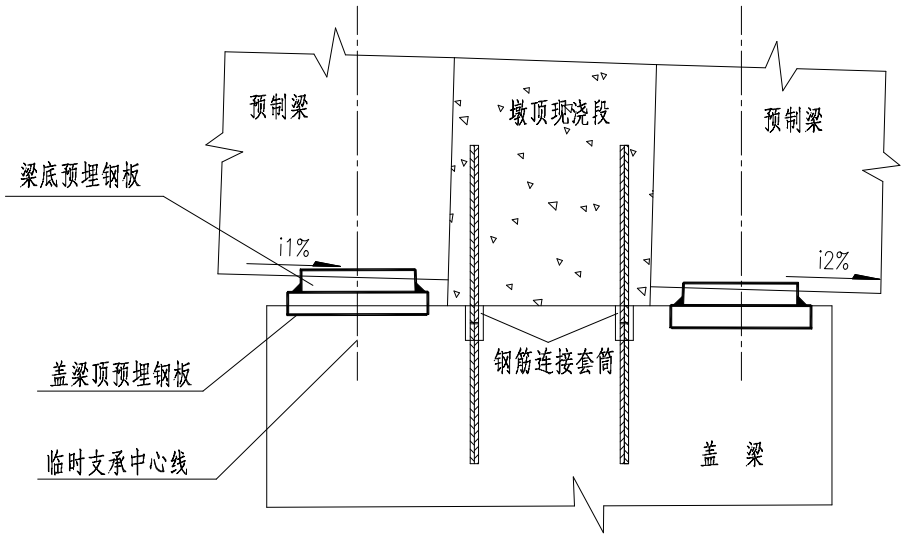


图 4.8.9 墩梁固结构造

第五章 涵洞标准图设计

5.1 主要设计参数

5.1.1 主要材料

1 混凝土

涵洞的混凝土强度等级根据结构受力及耐久性设计（按一般环境类别）要求确定，标准图中各结构混凝土强度等级按表 5.1.1 采用。

表 5.1.1 涵洞结构混凝土强度等级

涵洞类型	构件名称	混凝土强度等级
圆管涵	涵洞管节	C35 钢筋混凝土
	涵洞基础	C25 素混凝土
	帽石、铺砌和隔水墙	C25 素混凝土
	八字翼墙墙身、基础	C25 素混凝土
	端墙墙身、基础	C25 素混凝土
盖板涵/盖板明涵	盖板	C35 钢筋混凝土
	涵身、涵台基础	C30 钢筋混凝土
	八字翼墙墙身、基础	C25 素混凝土
	帽石、铺砌和隔水墙	C25 素混凝土
箱涵	涵身	C35 钢筋混凝土
	涵身基础	C25 素混凝土
	一字翼墙	C35 钢筋混凝土
	挡土墙	C25 素混凝土
	帽石、铺砌和隔水墙	C25 素混凝土
拱涵	主拱圈	C35 钢筋混凝土
	涵台	C30 片石混凝土
	整体式基础	C30 钢筋混凝土
	八字翼墙墙身、基础	C25 素混凝土
	帽石、端墙、铺砌和隔水墙	C25 素混凝土

2 普通钢筋

普通钢筋采用 HPB300、HRB400 两种型号。

5.1.2 钢筋的混凝土保护层厚度

涵洞结构各构件按下列设计环境作用等级确定最外层钢筋混凝土保护层厚度：

1 管涵、箱涵采用Ⅰ-C 级。

2 盖板涵和拱涵的涵台、基础采用Ⅰ-C 级。

3 盖板涵盖板和拱涵拱圈采用Ⅰ-B 级。

对于特殊环境的作用等级，应按相关规范进行特殊设计。

表 5.1.2 混凝土保护层厚度

构件或位置	推荐值
盖板涵盖板、拱涵拱圈	净 35mm
圆管涵	净 30mm
箱涵、一字翼墙	净 35mm
盖板涵及拱涵的涵台、基础	净 50mm

5.1.3 主要计算参数

1 恒载

涵顶恒载计算填土土柱重量，按新填土情况计算，填土重力密度 19kN/m^3，台背回填填料内摩擦角 35°；素混凝土（或片石混凝土）重力密度 25kN/m^3，钢筋混凝土重力密度 26kN/m^3。

说明：

竖向土压力集中系数 K 按《公路涵洞设计规范》(JTG/T 3365-02-2020) 9.2.2 条有关规定中的最不利地形考虑（Bg/D＞10 或α=0°），当存在沟谷时可根据实际情况选取 K 值并调整设计。

2 活载

计算采用车辆荷载，按 30°扩散分布；暗涵不计活载冲击效应，明涵考虑活载冲击效应。

5.2 圆管涵

5.2.1 结构设计

1 主要构造尺寸

圆管涵孔径包含 1.25m、1.5m、1.8m 三种，其中 1.25m 孔径圆管涵壁厚 0.16m，1.5m、1.8m 孔径圆管涵壁厚 0.2m。标准管节长 2m，辅助调节管节长度包含 1m、0.5m 两种，两者适用于圆管涵两端。填土高度范围 0.5～20m。斜交角度为 0°～45°。

2 设计要点

1）涵洞全长范围内，每 4～6m 应设置一道沉降缝，沉降缝必须贯穿整个断面（包括基础），缝宽 2cm，其方向应与涵轴线垂直。沉降缝处两端应对齐、平整，上下不得交错。

2）圆管涵管节下部设置 C25 混凝土矩形基础。基础底部设置 0.5m 厚砂砾垫层/碎石垫层。当地基承载能力不满足要求时需进行地基处理。

3）圆管涵按无压力式涵洞设计。涵洞泄水能力及水力计算，应根据《公路涵洞设计规范》（JTG/T 3365-02）的相关规定进行。

4）圆管涵洞口形式包括八字翼墙、锥坡和井字洞口，具体设计根据地形、地质、水文条件及景观要求选用。

3 钢筋布置

圆管涵结构仅管节配筋。管节沿径向分别在内、外两侧布置螺旋钢筋，管节环向均布纵向通长钢筋。

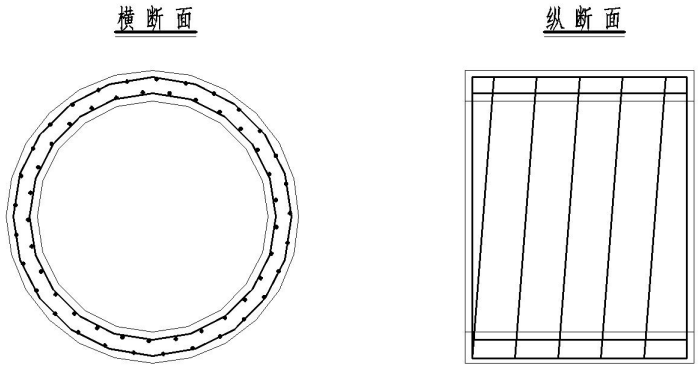


图 5.2.1 圆管涵钢筋布置

5.2.2 结构计算

1 圆管涵按刚性管节计算，不考虑管节的变形。

2 管节按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）的规定进行承载能力极限状态下的承载能力和正常使用极限状态下的裂缝宽度验算，计算时不计管壁环向压力和径向剪力，仅考虑弯矩作用效应。

3 圆管涵的地基承载力根据《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）第 4.3.4 条的有关规定按一般黏性土进行了深度修正，本标准图提供了地基承载力特征值 f_{a0} 的最小限值，该值不适用于软基等新近沉积黏性土地区。

5.2.3 使用注意事项

1 圆管涵标准图适用于填土高度为 0.5～20m 的小跨径过水暗涵。

2 圆管涵标准图仅适用于地震动峰值加速度小于 0.10g 的地区，当地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 时，应进行抗震计算。

3 涵底地基承载力特征值 f_{a0} 不满足要求时，应根据实际情况采用适当的方法进行

处理，以达到设计要求。

说明：

地基处理采用基底换填方法时，若地基承载力特征值 f_{a0}≤200kPa，换填材料可采用砂砾，若地基承载力特征值 f_{a0}>200kPa，换填材料可采用级配碎石。

对于洞庭湖区等深厚软土地区的涵洞地基承载力要求和处理方案，需设计人员根据项目具体情况另行研究确定。

4 圆管涵标准图适用于圆管涵纵坡≤3%的情况。

5 圆管涵的八字翼墙、锥坡式洞口均按 1:1.5 和 1:1.75 的边坡坡率进行设计，洞口处的路基边坡应与其所在路段路基边坡保持一致，如采用其他边坡坡率时需另行设计。

5.3 盖板涵

5.3.1 总体设计

1 跨径组合

表 5.3.1-1 分离式基础盖板涵适用填土高度及角度表

净跨径 L_0（m）	净高 H_0（m）	填土高度 T_h（m）	角度（°）
2.0	2.0、2.5	$0.5≤T_h≤6$	0～45
3.0	3.0、3.5		
4.0	3.0、4.0、5.0		
5.0	4.0、5.0、6.0		0～30
6.0	4.0、5.0、6.0		

表 5.3.1-2 整体式基础盖板涵适用填土高度及角度表

净跨径 L_0（m）	净高 H_0（m）	填土高度 T_h（m）	角度（°）
2.0	2.0、2.5	$0.5≤T_h≤20$	0～45
3.0	3.0、3.5		
4.0	3.0、4.0、5.0		
5.0	4.0、5.0、6.0		0～30
6.0	4.0、5.0、6.0		

表注：

1）角度为涵洞轴线与路线法线之夹角；

2）填土高 T_h 为盖板涵范围路面顶至盖板顶的最大填土高度，包含路面结构层厚度；

3）对于净跨径为 5m 及 6m 的盖板涵，若斜交角大于 30°，端部涵台受左右不平衡土压力较大，端部盖板锐角效应显著，配筋困难，施工质量难以控制，易出现不均匀沉降、开裂等病害，故盖板净跨径为 5m、6m 时，适用的最大斜交角为 30°。

2 一般规定

1）盖板涵包含 3 种形式：过水盖板涵、通道盖板涵、通道兼过水盖板涵。通道盖板涵的洞口可不设河床铺砌和隔水墙，但需根据所连接道路标准铺设路面，并加强洞口与涵身连接处的基础。

2）盖板涵洞基础分为分离式和整体式，可根据实际涵洞基底的地基承载力特征值 f_{a0} 选用。

3）涵洞全长范围内，每 4～6m 应设置一道沉降缝，沉降缝必须贯穿整个断面（包括铺砌及基础），缝宽 2cm，其方向应与涵轴线垂直；沉降缝处两端应对齐、平整，上下不得交错。

4）盖板涵按无压力式涵洞设计。涵洞泄水能力及水力计算按《公路涵洞设计规范》（JTG/T 3365-02）的相关规定进行。

5）盖板涵洞口形式采用八字翼墙洞口。

6）考虑到基础调平、隔离排水和方便施工进场等需要，在盖板涵基底设置 0.5m 厚砂砾石垫层。

5.3.2 结构设计

1 主要构造尺寸

盖板为现浇盖板，现浇盖板厚度、涵台及基础尺寸根据不同的跨径、净高及填土高度计算取值。

说明：

高速公路路线较长，预制盖板须集中生产，分批转运吊装，对便道要求高，经济性不明显，现场拼装时安装精度要求较高，容易出现三角缝隙。现浇盖板整体性好，施工便利。经过广泛调研，湖南省内高速公路项目盖板以现浇施工为主，故此次标准图采用现浇盖板。

1）整体式基础盖板涵结构尺寸见图 5.3.2-1、表 5.3.2-1。

表 5.3.2-1 整体式基础盖板涵结构尺寸表

净跨径 L0 (m)	净空 H_0 (m)	填土高 T_h (m)	涵台尺寸					
			HB_1 (cm)	HB_2 (cm)	c (cm)	a (cm)	g (cm)	H_d (cm)
2.0	2.0、2.5	$0.5 \le T_h \le 20$	25~50	25~55	20~50	50~55	20	80~90
3.0	3.0、3.5		35~75	35~80	20~50	60~70	30	100
4.0	3.0、4.0、5.0		45~90	45~97	20~50	60~95	30	110~140

净跨径 L0 (m)	净空 H_0 (m)	填土高 T_h (m)	涵台尺寸					
			HB_1 (cm)	HB_2 (cm)	c (cm)	a (cm)	g (cm)	H_d (cm)
5.0	4.0、5.0、6.0		55~110	55~120	20~50	70~115	30	140~180
6.0	4.0、5.0、6.0		60~120	60~130	20~50	70~115	30	150~195

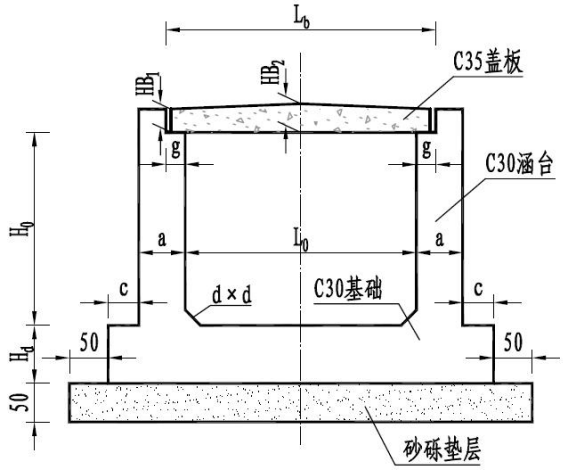


图 5.3.2-1 整体式基础盖板涵横断面（尺寸单位 cm）

2）分离式基础盖板涵结构尺寸见图 5.3.2-2、表 5.3.2-2。

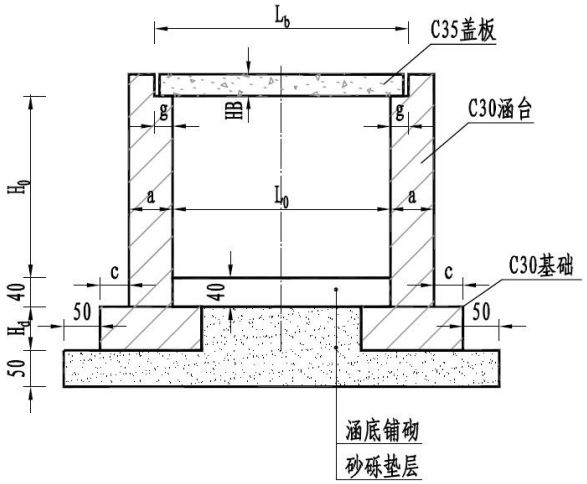


图 5.3.2-2 分离式基础盖板涵横断面（尺寸单位 cm）

表 5.3.2-2 分离式基础盖板涵结构尺寸表

净跨径 L_0 (m)	净空 H_0 (m)	填土高 T_h (m)	涵台尺寸				
			HB (cm)	c (cm)	a (cm)	g (cm)	H_d (cm)
2.0	2.0、2.5	$0.5 \le T_h \le 6$	25~35	40~50	55~70	20	60
3.0	3.0、3.5		35~45	50~60	75~90	30	80
4.0	3.0、4.0、5.0		45~55	60~80	70~130	30	100
5.0	4.0、5.0、6.0		55~70	70~80	90~155	30	100
6.0	4.0、5.0、6.0		60~80	70~80	85~150	30	100

2 现浇盖板构造

1）现浇正交盖板标准宽度为 6m，当分块盖板宽度小于标准宽度时，可参照标准图中标准宽度盖板钢筋构造图中的配筋原则进行设计；盖板分块应与沉降缝严格对齐，不应跨沉降缝搁置。当分块盖板宽度大于标准宽度时，应重新进行盖板的配筋计算。

2）填土高小于 8m 时，盖板采用等厚度设计；填土高 8m 及以上时，盖板顶面设人字坡加强受力性能。

3 涵台、基础构造

1）涵台底部与整体式基础连接处为涵台受弯最不利截面，按圬工构件验算涵台偏心受压承载力时，此处设倒角可减小偏心受压的偏心距，改善涵台与基础连接处受力，提升涵台抗弯、抗剪承载力。倒角统一为 0.25×0.25m 和 0.35×0.35m 两种形式。

2）分离式基础盖板涵涵底铺砌采用 C25 混凝土。对于通道盖板涵，在正涵长范围内需按 2m 间距布设支撑钢筋。

3）当地基承载力特征值 f_{a0} 不满足要求时，应根据实际情况采用适当的方法对涵洞地基进行加固处理。

4 钢筋布置

1）当盖板钢筋底部主筋为 1 排或 2 排时，主筋按通长直钢筋布置；当盖板钢筋底部主筋为 3 排时，部分主筋在支点附近弯起，以提高盖板抗剪能力，并与顶部钢筋焊接为骨架，见图 5.3.2-3、5.3.2-4。

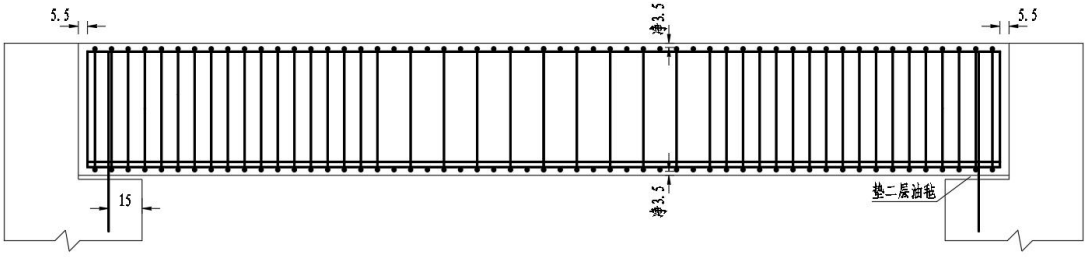


图 5.3.2-3 盖板主筋按通长直钢筋布置一（尺寸单位 cm）

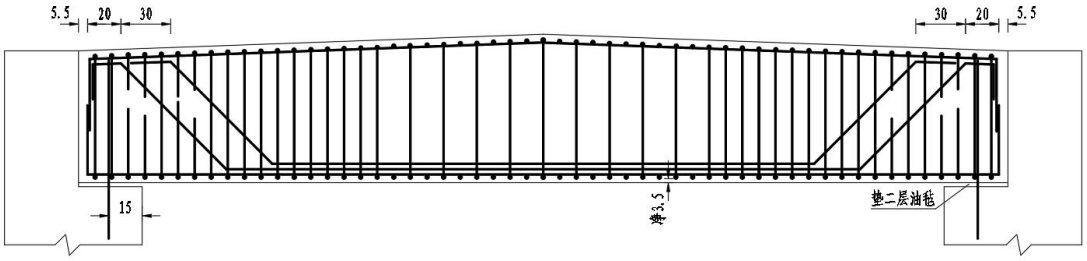


图 5.3.2-4 盖板主筋弯起按骨架钢筋布置二 （尺寸单位 cm）

2）根据《公路涵洞设计规范》（JTG/T 3365-02）第 8.2.2 条，在盖板与涵台之间应设置竖向锚栓，增强盖板与涵台连接的整体性。

3）基础与涵台外侧连接处设计竖向锚筋。整体式基础盖板涵涵台与基础形成框架，涵台底部外侧受到较大的弯矩，为提高结构承载力，同时增强结构的整体性，对基础与侧墙外侧连接处设计竖向锚筋，伸入侧墙长度结合侧墙弯矩零点与钢筋最小锚固长度确定，见图 5.3.2-5。

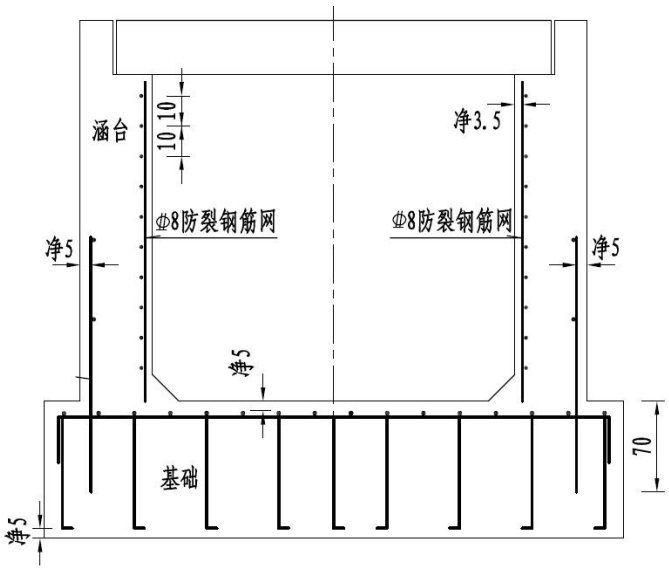


图 5.3.2-5 整体式基础盖板涵涵台基础钢筋（尺寸单位 cm）

5 防水措施

1）沉降缝处：缝内填塞沥青木板，并在涵洞内侧填塞 5cm 厚热沥青浸制麻絮或灌缝胶，外侧沿缝设置 50cm 宽弹性体改性沥青防水卷材，在涵洞顶面改性沥青防水卷材上外包 20cm 宽、20cm 厚粘土保护层。

2）涵身：在涵洞与填土接触面均匀涂布热沥青三道。

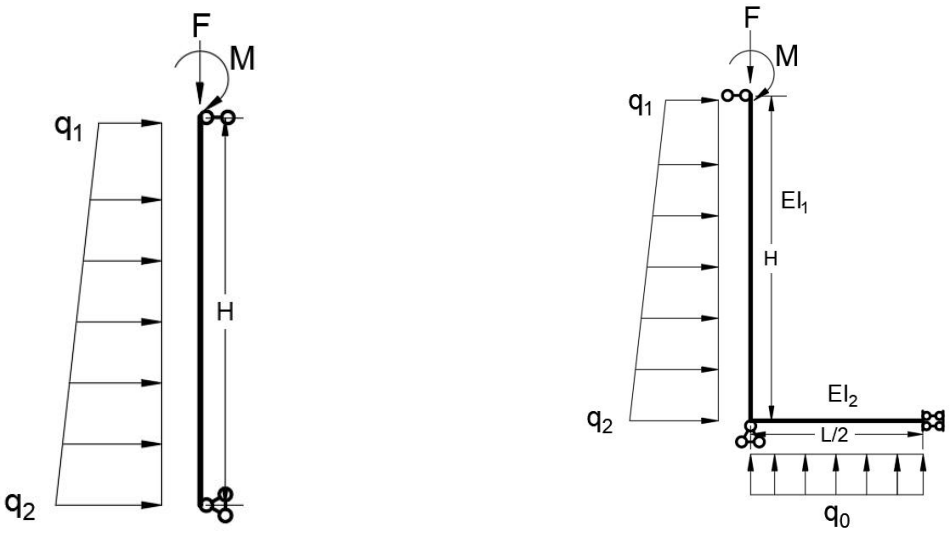
5.3.3 结构计算

1 盖板按两端简支的受弯板计算，不考虑涵台施加的轴力，按净跨径加板端部厚度作为计算跨径计算弯矩效应，并按净跨径为计算跨径计算剪力效应。盖板涵结构应进行承载能力极限状态下的承载能力（正截面抗弯强度和斜截面抗剪强度）和正常使用极限状态下的裂缝宽度验算。现浇盖板对主受力方向和次受力方向分别进行计算。

2 分离式基础盖板涵将涵台上部盖板与固定基础作为涵台的上下支撑点，涵台作为上下端简支的竖梁，验算墙身在竖直荷载和水平压力作用下的承载能力（强度和稳定性）。整体式基础盖板涵按涵台与基础作为整体式框架结构进行计算，分离式基础与整体式基础盖板涵计算边界条件如图 5.3.3 所示。

说明：

考虑到整体式盖板涵涵台与基础的刚度比对内力分配的影响，把涵身和基础底板作为整体框架结构进行计算。



（a）分离式基础　　（b）整体式基础

图 5.3.3　盖板涵涵台及基础计算简图

3 盖板涵的地基承载力根据《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）的有关规定按一般黏性土进行了深度修正，本标准图提供了地基承载力特征值 f_{a0} 的最小限值，该值不适用于软基等新近沉积黏性土地区。

5.3.4 使用注意事项

1 盖板涵标准图仅适用于地震动峰值加速度小于 0.10g 的地区，当地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 时，应进行抗震计算。

2 涵底地基承载力特征值 f_{a0} 不满足要求时，应根据实际情况采用适当的方法进行

处理，以达到设计要求。

说明：

地基处理采用基底换填方法时，若地基承载力特征值 f_{a0}≤200kPa，换填材料可采用砂砾，若地基承载力特征值 f_{a0}>200kPa，换填材料可采用级配碎石。

对于洞庭湖区等深厚软土地区的涵洞地基承载力要求和处理方案，需设计人员根据项目具体情况另行研究确定。

3 盖板涵标准图未考虑地下水的浮力影响。当涵洞周边的地下水位高于涵底标高较大时，应进行抗浮计算。

4 盖板涵洞口形式为八字翼墙，八字翼墙按 1:1.5 和 1:1.75 的边坡坡率进行设计，洞口处的路基边坡应与其所在路段路基边坡保持一致；如采用其他洞口形式或边坡坡率时需另行设计。

5 盖板涵标准图适用于涵洞纵坡≤5%的情况。当涵洞纵坡>5%时，应根据具体情况另行设计，做到结构稳定、经济合理；若涵洞进出水口设置消能措施，如跌水井、急流槽等，应结合具体工程需要补充设计。

6 端部斜交盖板采用路基边坡坡率为 1:1.5 时对应的填土高度进行配筋计算，当边坡坡率大于 1:1.5 时需另行计算。

7 涵洞台背回填采用砂质土、砂砾土、未筛分碎石或其他渗水性良好的材料，回填土类型、回填方式和范围应结合具体工程需要进行补充设计。

5.4 盖板明涵

5.4.1 总体设计

1 跨径组合

表 5.4.1-1 整体式基础盖板明涵适用填土高度及角度

净跨径 L_0（m）	净高 H_0（m）	填土高度 T_h（m）	角度（°）
4.0	3.0、4.0、5.0	＜0.5	0～30
6.0	4.0、5.0、6.0		

表注：

1）角度为涵洞轴线与路线法线之夹角。

2）填土高 T_h 为盖板涵范围路面顶至盖板顶的最大填土高度，包含路面结构层厚度。

3）盖板明涵净填土厚度小于 0.5m，车辆荷载冲击效应较大。当斜交角超过 30°时，端部盖板锐角效应显著，配筋困难，施工质量难以控制，易出现不均匀沉降、开裂等病害，故

盖板明涵适用的最大斜交角为30°。

2 一般规定

1）盖板明涵包含3种形式：过水盖板明涵、通道盖板明涵、通道兼过水盖板明涵。通道盖板明涵的洞口可不设河床铺砌和隔水墙，但需根据所连接道路标准铺设路面，并加强洞口与涵身连接处的基础。

2）盖板明涵采用整体式基础。

3)沉降缝根据路基横断面布置,中央分隔带内设置一条与路线方向平行的沉降缝，其余位置沉降缝设置根据盖板明涵所处位置的地质情况具体考虑，不宜设置过多。沉降缝必须贯穿整个断面（包括铺砌及基础），缝宽2cm，其方向应与涵轴线垂直；沉降缝处两端应对齐、平整，上下不得交错。为防止设置沉降缝后路面产生反射裂缝，盖板明涵范围内须设置按双筋截面配筋的连续配筋混凝土路面基层，其长度需超出两侧台背回填范围各1m，且厚度不应小于20cm。

4）盖板明涵台背回填顶部需设置5%水泥稳定碎石过渡段，过渡段长度需超出连续配筋混凝土路面基层两侧各1m,其具体尺寸参照桥台搭板5%水泥稳定碎石过渡段。

5）盖板明涵按无压力式涵洞设计。涵洞泄水能力及水力计算按《公路涵洞设计规范》(JTG/T 3365-02)的相关规定进行。

6）考虑到基础调平、隔离排水和方便施工进场等需要，在盖板涵基底设置0.5m厚砂砾垫层。

7）盖板明涵洞口形式采用八字翼墙，可参照盖板涵八字翼墙洞口构造进行设计。

5.4.2 结构设计

1 主要构造尺寸

盖板为现浇盖板，现浇盖板厚度、涵台及基础尺寸根据不同的跨径、净高及填土高度计算取值。各种盖板涵的结构尺寸见图5.4.2-1、表5.4.2-1。

表5.4.2-1 盖板明涵推荐结构尺寸

净跨径 L_0 (m)	净空 H_0 (m)	涵台尺寸								
		HB (cm)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	a (cm)	e (cm)	g (cm)	c (cm)	d (cm)	H_d (cm)
4.0	3.0、4.0、5.0	45	36	46	90	60	30	20	35	110～130
6.0	4.0、5.0、6.0	60	36	61	90/110	60/80	30	20	35	150～190

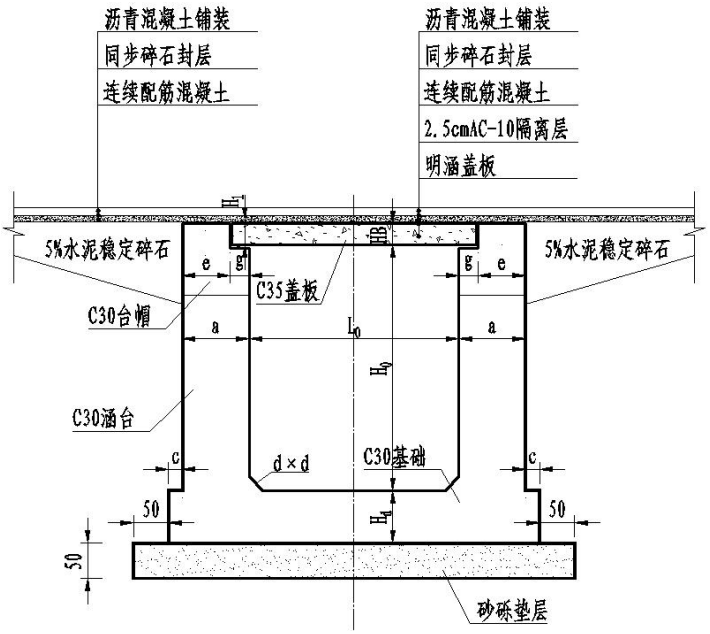


图 5.4.2-1 盖板明涵横断面（尺寸单位 cm）

2 现浇盖板构造

明涵现浇盖板最大标准总宽度为 13.25m。当分块盖板宽度小于标准宽度时，可参照标准图中标准宽度盖板钢筋构造图中的配筋原则进行设计；盖板分块应与沉降缝严格对齐，不应跨沉降缝搁置。当分块盖板宽度大于标准宽度时，应重新进行盖板的配筋计算。

3 涵台、基础构造

1）盖板明涵涵台采用变高度形式，沿涵长方向，涵台顶部坡度与该处路基横断面横坡保持一致。

2）涵台底部与整体式基础连接处为涵台受弯最不利截面，按圬工构件验算涵台偏心受压承载力时，此处增设倒角可减小偏心受压的偏心距，改善涵台与基础连接处受力，提升涵台抗弯、抗剪承载力。倒角统一为 0.35×0.35m 一种形式。

3）当地基承载力特征值 f_{a0} 不满足要求时，应根据实际情况采用适当的方法对涵洞地基进行加固处理。

4 钢筋布置

1）盖板钢筋底部采用 1 排主筋，主筋按通长直钢筋布置。为避免基础不均匀沉降导致盖板开裂，盖板在沉降缝位置处设置铰缝连接，见图 5.4.2-1、5.4.2-2。

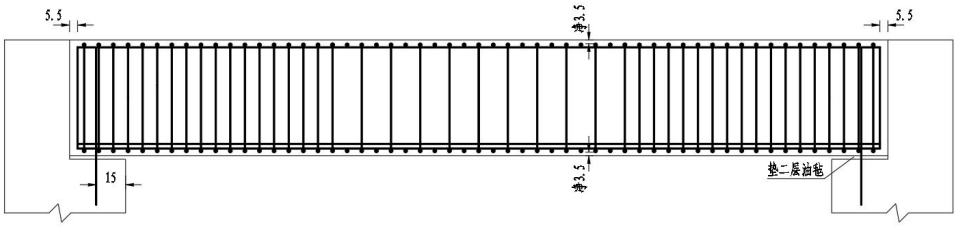


图 5.4.2-1 盖板钢筋布置横断面图（尺寸单位 cm）

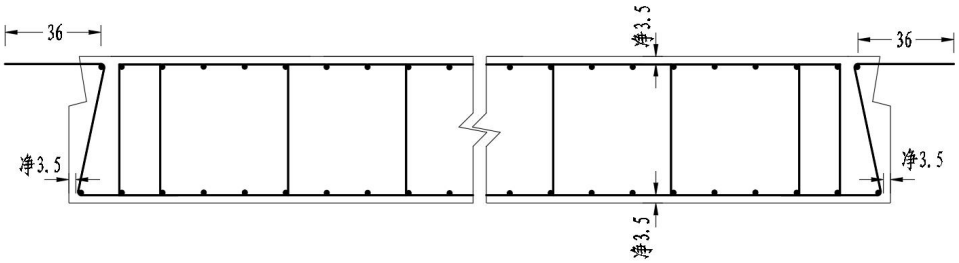


图 5.4.2-2 盖板钢筋布置侧面图（尺寸单位 cm）

2）根据《公路涵洞设计规范》（JTG/T 3365-02）第 8.2.2 条，在盖板与涵台之间应设置竖向锚栓，增强盖板与涵台连接的整体性。

3）基础与涵台外侧连接处设计竖向锚筋。整体式基础盖板涵涵台与基础形成框架，涵台底部外侧受到较大的弯矩，为提高结构承载力，同时增强结构的整体性，对基础与侧墙外侧连接处设计竖向锚筋，伸入侧墙长度结合侧墙弯矩零点与钢筋最小锚固长度确定。

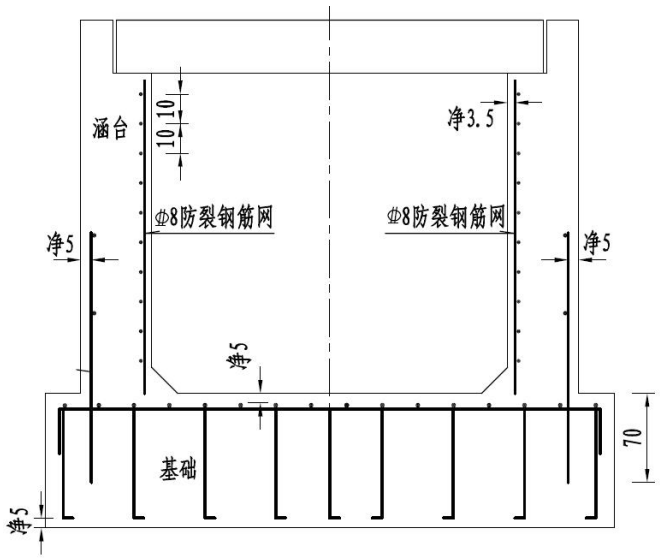


图 5.4.2-3 涵台及基础钢筋构造图（尺寸单位 cm）

5 防水措施

1）沉降缝处：缝内填塞沥青木板，并在涵洞内侧填塞 5cm 厚热沥青浸制麻絮或灌缝胶，外侧沿缝设置 50cm 宽弹性体改性沥青防水卷材。

2）涵身：在涵洞与填土接触面均匀涂布热沥青三道。

5.4.3 结构计算

1）盖板按两端简支的受弯板计算，不考虑涵台施加的轴力，按净跨径加板端部厚度作为计算跨径计算弯矩效应，并按净跨径为计算跨径计算剪力效应。盖板涵结构应进行承载能力极限状态下的承载能力（正截面抗弯强度和斜截面抗剪强度）和正常使用极限状态下的裂缝宽度验算。现浇盖板对主受力方向和次受力方向分别进行计算。

2）整体式基础盖板明涵按涵台与基础作为整体式框架结构进行计算，边界条件如图 5.4.3 所示。

说明：

考虑到整体式盖板明涵涵台与基础的刚度比对内力分配的影响，把涵身和基础底板作为整体框架结构进行计算。

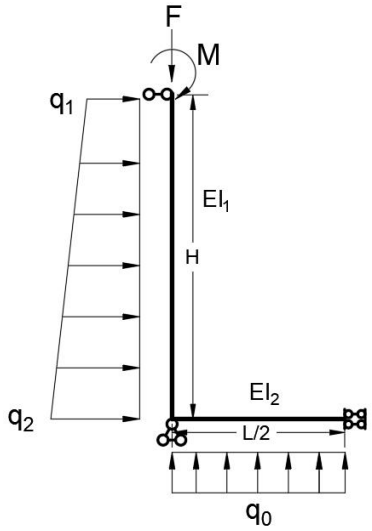


图 5.4.3 盖板明涵涵台及基础计算简图

3）盖板明涵的地基承载力根据《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）第 4.3.4 条的有关规定按一般黏性土进行了深度修正，本标准图提供了地基承载力特征值 f_{a0} 的最小限值，该值不适用于软基等新近沉积黏性土层。

5.4.4 使用注意事项

1 盖板明涵标准图仅适用于地震动峰值加速度小于 0.10g 的地区，当地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 时，必须进行抗震计算。

2 涵底地基承载力特征值 f_{a0} 不满足要求时，应根据实际情况采用适当的方法进行处理，以达到设计要求。

说明：

地基处理采用基底换填方法时，若地基承载力特征值 f_{a0}≤200kPa，换填材料可采用砂砾，若地基承载力特征值 f_{a0}>200kPa，换填材料可采用级配碎石。

对于洞庭湖区等深厚软土地区的涵洞地基承载力要求和处理方案，需设计人员根据项目具体情况另行研究确定。

3 盖板明涵标准图未考虑地下水的浮力影响。当涵洞周边的地下水位高于涵底标高较大时，应进行抗浮计算。

4 盖板明涵洞口形式为八字翼墙，八字翼墙按 1:1.5 和 1:1.75 的边坡坡率进行设计，洞口处的路基边坡应与其所在路段路基边坡保持一致；如采用其他洞口形式或边坡坡率时需要另行设计。

5 盖板明涵标准图适用于涵洞纵坡≤5%的情况。当涵洞纵坡>5%时，应根据具体情况另行设计，做到结构稳定、经济合理；若涵洞进出水口设置消能措施，如跌水井、急流槽等，应结合具体工程需要补充设计。

5.5 箱涵

5.5.1 总体设计

1 跨径组合

表 5.5.1-1 箱涵适用填土高度及角度

净跨径 L_0（m）	净高 H_0（m）	填土高度 T_h（m）	角度(°)
2.0	2.0	0.5～6.0	0～45
3.0	3.0		
4.0	3.0、4.0、5.0		
5.0	4.0、5.0		0～30
6.0	4.0、5.0		

表注：

1）角度为涵洞轴线与路线法线之夹角。

2）填土高 T_h 为箱涵范围路面顶至顶板的最大填土高度，包含路面结构层厚度。

3）对净跨径为 5m、6m 箱涵，斜交角超过 30°时，端部涵台受左右不平衡土压力较大，端部顶板锐角效应显著，配筋困难，施工质量难以控制，易出现不均匀沉降、开裂等病害，故箱涵净跨径为 5m、6m 时，适用的最大斜交角为 30°。

2 一般规定

1）箱涵包含 3 种形式：通道箱涵、过水箱涵、通道兼过水箱涵。通道箱涵的洞口可不设河床铺砌和隔水墙，但需根据所连接道路标准铺设路面，并加强洞口与涵身连

接处的基础。

2）箱涵斜交角度较大时，洞口的端部涵段处于两侧土压力不平衡状态，为防止涵身向土侧压力较小的一侧滑动（平移或平面转动），在端部涵段设置抗滑键。

3）涵洞全长范围内，每 4～6m 应设置一道沉降缝，沉降缝必须贯穿整个断面（包括铺砌及基础），缝宽 2cm，沉降缝的设置应与涵轴线垂直。沉降缝处两端应对齐、平整，上下不得交错。

4）箱涵洞口形式为一字翼墙洞口。

5）考虑到基础调平、隔离排水和方便施工进场等需要，在箱涵基底设置 0.1m 厚 C25 混凝土和 0.5m 厚砂砾垫层。

6）箱涵按无压力式涵洞设计。涵洞泄水能力及水力计算按《公路涵洞设计规范》（JTG/T 3365-02）的相关规定进行。

7）端部涵长推荐值

端部涵段长度指涵洞中心线上端部涵段长度。箱涵端部涵段推荐长度主要由以下几个因素确定：

① 对于洞口设置一字墙的箱涵，适当加长端部涵段有利于端部涵段的整体抗滑移稳定和抗扭转稳定。

② 考虑到箱涵一般用于地基条件较差的软土地区，不均匀沉降将对结构造成较大影响，涵段长度不宜过长。

③ 对于斜涵段，为满足较短侧墙的受力钢筋净距要求，涵段长度不能太短。

箱涵的端部涵段推荐长度如表 5.5.1-2 所示。

表 5.5.1-2 箱涵端部涵长推荐值

结构尺寸 $L_0 \times H_0$（m）	角度（°）	中轴线涵长（m）	角度（°）	中轴线涵长（m）
2×2	0～25	4～6	25～45	4～6
3×3	0～25	5～6	25～45	5.5～6
4×3	0～25	5～6	25～45	6～10
4×4	0～25	6	25～45	6.5～10
4×5	0～25	6	25～45	7～10
5×4	0～25	6	25～30	6.5～8.5
5×5	0～25	6	25～30	7～8.5
6×4	0～25	6	25～30	6.5～9
6×5	0～25	6	25～30	7～9

5.5.2 结构设计

1 主要构造尺寸

箱梁的主要结构尺寸见图 5.5.2-1、表 5.5.2-1。

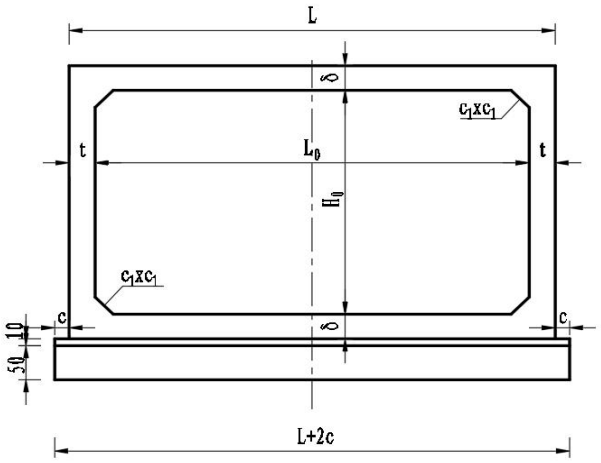


图 5.5.2-1 箱涵横断面（尺寸单位 cm）

表 5.5.2-1 箱涵结构尺寸表

净跨径 L_0（m）	净高 H_0（m）	填土厚度 T_h（m）	顶底板厚度 δ（m）	侧墙厚度 t（m）	倒角 C_1（m）	基础襟边 c（m）	角度（°）
2.0	2.0	$0.5\leq T_h\leq 6.0$	0.30	0.30	0.10	0.2	0～45
3.0	3.0	$0.5\leq T_h\leq 6.0$	0.42	0.38	0.10	0.2	0～45
4.0	3.0、4.0、5.0	$0.5\leq T_h<3.5$	0.42	0.38	0.25	0.2	0～45
		$3.5\leq T_h\leq 6.0$	0.50	0.45	0.25	0.2	0～45
5.0	4.0	$0.5\leq T_h<3.5$	0.50	0.45	0.25	0.2	0～30
	5.0	$3.5\leq T_h\leq 6.0$	0.60	0.50	0.25	0.2	0～30
6.0	4.0	$0.5\leq T_h<3.5$	0.60	0.50	0.25	0.2	0～30
	5.0	$3.5\leq T_h\leq 6.0$	0.70	0.60	0.25	0.2	0～30

2 钢筋布置

为提高施工质量，便于振捣密实，横向框架钢筋采用三种骨架间隔布置，如图 5.5.2-2、5.5.2-3 所示。为充分发挥纵筋作用，便于钢筋绑扎，纵向分布钢筋布置在骨架外侧。

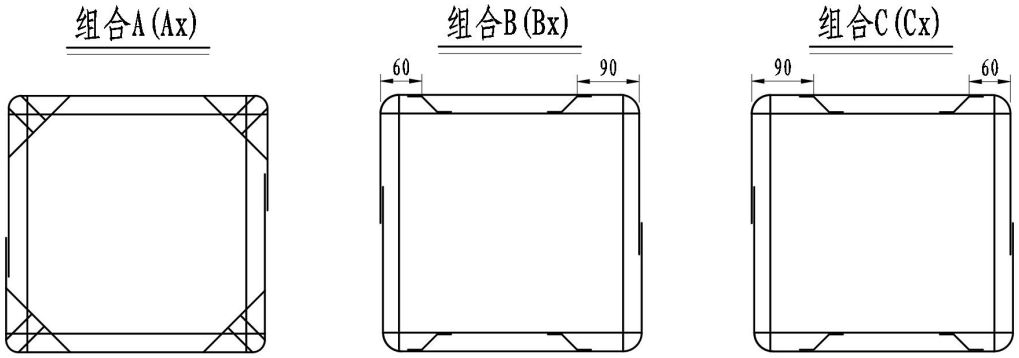


图 5.5.2-2 箱涵骨架钢筋模式（尺寸单位 cm）

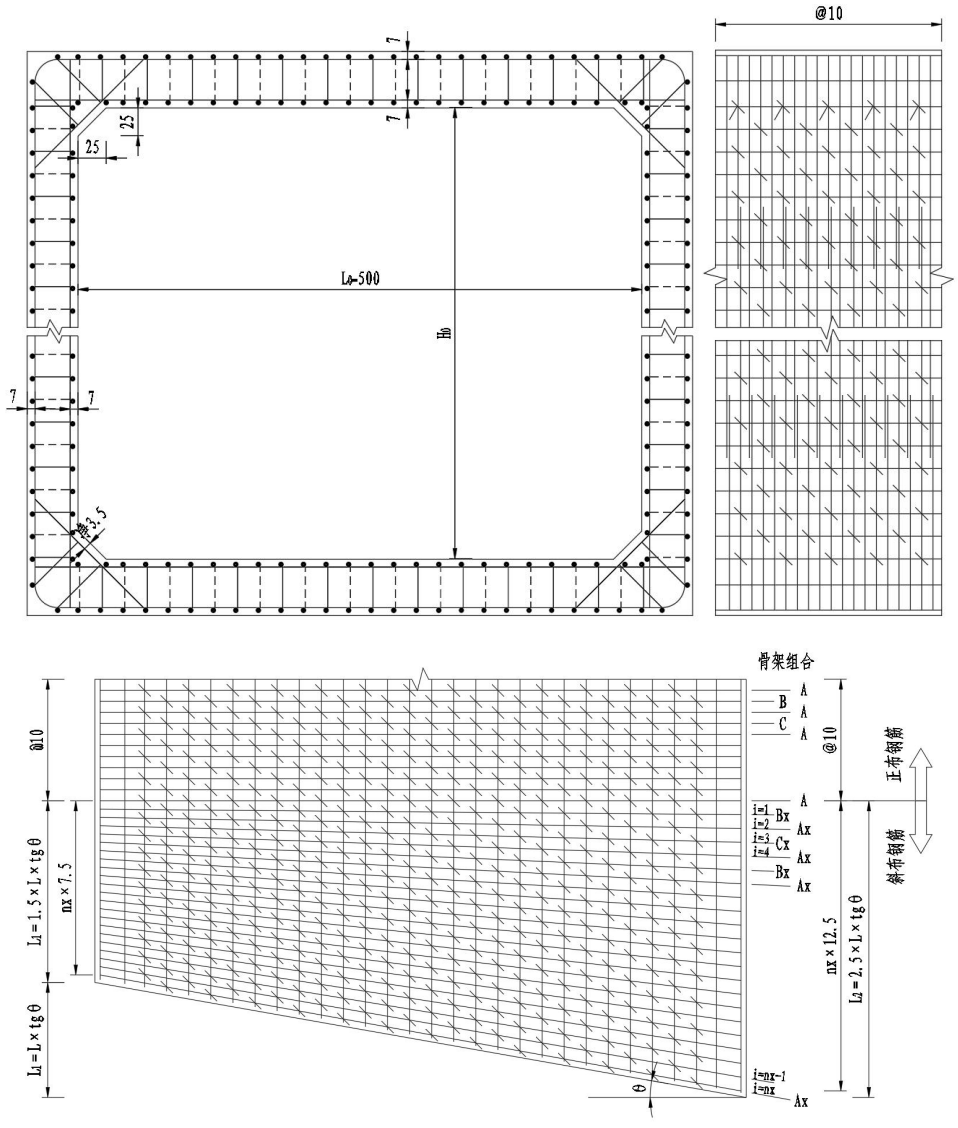


图 5.5.2-3 箱涵钢筋布置图（尺寸单位 cm）

3 防水措施

1）沉降缝处：缝内填塞沥青木板，并在涵洞内侧填塞 5cm 厚热沥青浸制麻絮或灌缝胶，外侧沿缝设置 50cm 宽弹性体改性沥青防水卷材，在涵洞顶面改性沥青防水

卷材上外包 20cm 宽、20cm 厚粘土保护层。

2）涵身：在涵洞与填土接触面均匀涂布热沥青三道。

5.5.3 结构计算

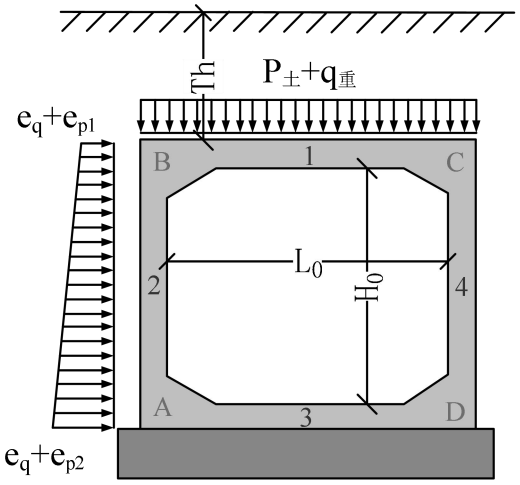


图 5.5.3 箱涵计算简图

1 箱涵计算采用矩形框架模型，涵底地基反力假设为直线分布，如图 5.5.3 所示。箱涵各部位按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行验算：

1）顶板、底板承载能力按受弯构件和偏心受压构件的不利工况控制设计，裂缝宽度按偏心受压构件验算。

2）侧墙承载能力及裂缝宽度按偏心受压构件计算。

2 箱涵的地基承载力根据《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）第 4.3.4 条的有关规定按新近沉积黏性土进行了深度修正，本标准图提供了地基承载力特征值 f_{a0} 的最小限值。

3 斜涵涵身视为正交涵洞简化计算，计算跨径与涵洞长度方向垂直。

5.5.4 使用注意事项

1 箱涵主要适用于软土地基、经处理后承载力仍偏低的特殊地基及受路面标高、洞口两端连接线标高限制导致建筑高度受限的通道涵。

2 箱涵标准图仅适用于地震动峰值加速度小于 0.10g 的地区，当地震动峰值加速度大于或等于 0.10g 时，必须进行抗震计算。

3 箱涵底地基承载力特征值 f_{a0} 不满足要求时，应根据实际情况采用适当的方法进行处理，以达到设计要求。

4 箱涵标准图未考虑地下水的浮力影响。当涵洞周边的地下水位高于涵底标高较

大时，应进行抗浮计算。

5 箱涵洞口形式为一字翼墙，一字翼墙按 1:1.5 的边坡坡率进行设计，洞口处的路基边坡应与其所在路段路基边坡保持一致；如采用其他洞口形式或边坡坡率时需另行设计。

6 箱涵标准图适用于涵洞纵坡≤5%的情况。当涵洞纵坡>5%时，应根据具体情况另行设计，做到结构稳定、经济合理；若涵洞进出水口设置消能措施，如跌水井、急流槽等，应结合具体工程需要补充设计。

7 端部斜交盖板采用路基边坡坡率为 1:1.5 时对应的填土高度进行配筋计算，当边坡坡率大于 1:1.5 时需另行计算。

8 涵洞台背回填应采用砂质土、砂砾土、未筛分碎石或其他渗水性良好的材料，回填土类型、回填方式和范围需结合具体工程需要进行补充设计。

5.6 拱涵

5.6.1 总体设计

拱结构可充分发挥材料的抗压性能，具有较强的竖向承载能力；涵台采用片石混凝土，能充分利用山区石料，因此拱涵多适用于山区沟谷地形的高填方路段。

1 跨径组合

表 5.6.1 拱涵适用填土高度及角度表

净跨径 L_0（m）	净高 H_0（m）	填土高度 T_h（m）	角度（°）
2.0	2.0	16.0～24.0	0～30
4.0	3.0、4.0	16.0～21.0	
6.0	4.0、5.0	16.0～20.0	

表注：

1）角度为涵洞轴线与路线法线之夹角。

2）填土高 T_h 为拱涵范围路面顶至拱顶的最大填土高度，包含路面结构层厚度。

2 一般规定

1）拱涵包含 3 种形式：过水拱涵、通道拱涵、通道兼过水拱涵。涵洞净高 H_0 为 2.0m 的拱涵仅作为过水拱涵使用。通道拱涵的洞口可不设河床铺砌和隔水墙，但需根据所连接道路标准铺设路面，并加强洞口与涵身连接处的基础。

2）拱涵基础采用整体式基础。若地基为岩性较好的岩石，可采用分离式基础，应结合项目实际情况另行设计。

3）涵洞全长范围内，每 4～6m 应设置一道沉降缝，沉降缝必须贯穿整个断面（包括铺砌及基础），缝宽 2cm，其方向应与涵轴线垂直；沉降缝处两端应对齐、平整，上下不得交错。

4）按无压力式拱涵设计。涵洞泄水能力及水力计算根据《公路涵洞设计规范》（JTG/T 3365-02）的相关规定进行。

5）拱涵洞口形式采用八字翼墙洞口。

6）斜交时，适当延伸涵洞长度，采取“斜涵正做”的处理方式，即涵洞端部与涵身轴线正交。

5.6.2 结构设计

1 主要构造尺寸

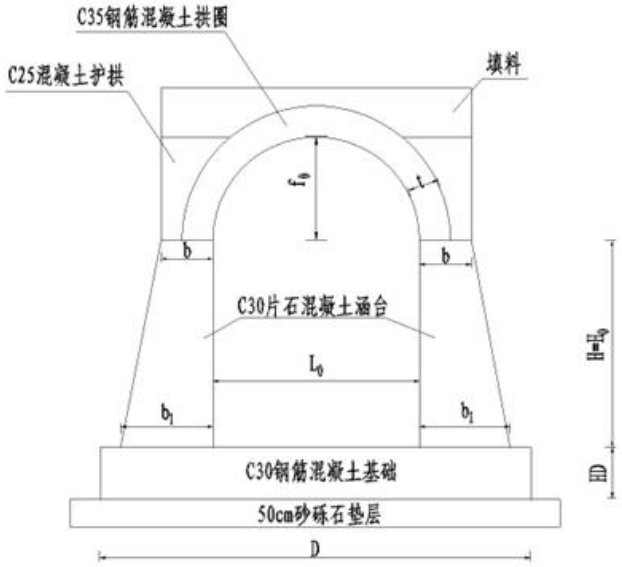


图 5.6.2-1 拱涵横断面图

表 5.6.2-1 拱涵主要构造尺寸表

拱涵结构尺寸表填土高度 T_h（m）	涵洞孔径 L_0×H_0（m×m）	净矢高 f_0（m）	拱圈厚度 t（m）	涵台		整体式基础	
				台顶宽 b（m）	台底宽 b_1（m）	宽度 D（m）	厚度 HD（m）
16～24	2×2	1.00	0.28	0.80	1.40	5.80	1.00
16～22	4×3	2.00	0.50	1.40	2.25	9.50	1.20
16～21	4×4	2.00	0.50	1.40	2.50	10.00	1.20
16～20	6×4	3.00	0.70	1.80	2.90	12.80	1.70
16～20	6×5	3.00	0.70	1.80	3.15	13.30	1.70

1）拱圈采用对称等截面钢筋混凝土无铰拱，拱轴线为圆弧，净矢跨比采用 1/2，拱脚设护拱。

2）涵台身采用内面垂直、外面倾斜的形式。

3）对于净跨径为 2m、4m 的拱涵，洞口设置端墙挡土，八字墙顶面与帽石底面齐平；对于净跨径为 6m 的拱涵，通过延伸涵洞长度以降低八字墙墙高，取消端墙，设置弧形帽石，八字墙顶面与涵台顶面齐平。

4）考虑到基础调平、隔离排水和方便施工进场等需要，基础底部设置 0.5m 厚砂砾石垫层。

2 钢筋布置

拱涵的主要受力构件包括拱圈、涵台、基础。其中拱圈及整体式基础为钢筋混凝土构件，涵台为圬工构件。拱圈及基础的钢筋布置如图 5.6.2-2、5.6.2-3 所示。

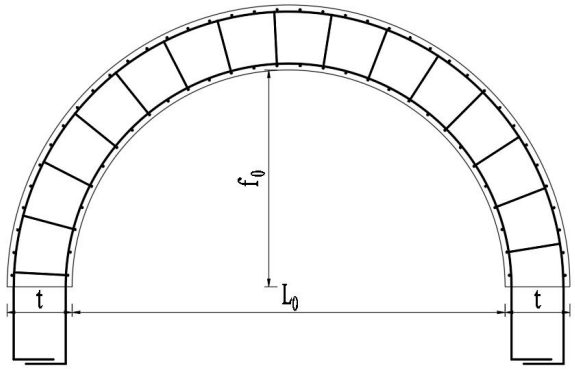


图 5.6.2-2 拱圈钢筋布置

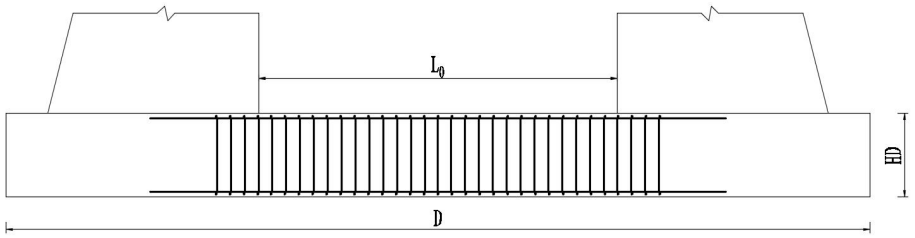


图 5.6.2-3 拱涵基础钢筋布置

3 防水措施

1）沉降缝处：缝内填塞沥青木板，并在涵洞内侧填塞 5cm 厚热沥青浸制麻絮或灌缝胶，外侧沿缝设置 50cm 宽弹性体改性沥青防水卷材，在涵洞顶面改性沥青防水卷材上外包 20cm 宽、20cm 厚粘土保护层。

2）涵身：在涵洞与填土接触面均匀涂布热沥青三道。

5.6.3 结构计算

1）拱圈结构按钢筋混凝土偏心受压构件进行承载力及裂缝宽度验算。

2）涵台按偏心受压构件进行圬工结构的承载能力（正截面强度和稳定性）验算。

3）整体式基础按倒置梁计算，按偏心受压构件进行钢筋混凝土构件的承载力验算。

4）拱涵基础的地基承载力根据《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）第4.3.4条的有关规定按一般黏性土进行了深度修正，本标准图提供了地基承载力特征值f_{a0}的最小限值，该值不适用于软基等新近沉积黏性土地区。

5.6.4 使用注意事项

1）拱涵主要适用于填土高度较大、地基条件好，同时建筑高度不受限的涵洞，不适用于土质地基。

2）拱涵标准图仅适用于地震动峰值加速度小于0.10g的情况，当地震动峰值加速度大于或等于0.10g时，必须进行抗震计算。

3）涵底地基承载力特征值f_{a0}不满足要求时，应根据实际情况采用适当的方法进行处理，以达到设计要求。

4）拱涵标准图未考虑地下水的浮力影响，当涵洞周边的地下水位高于涵底标高较大时，应进行抗浮计算。

5）拱涵标准图适用于洞口路基边坡坡率分别为1：1.75和1：2的情况，当边坡坡率为其他值时需另行设计。

6）拱涵标准图适用于涵洞纵坡≤5%的情况。当涵洞纵坡>5%时，应根据具体情况另行设计，做到结构稳定、经济合理；若涵洞进出水口设置消能措施，如跌水井、急流槽等，应结合具体工程需要补充设计。

7）涵洞台背回填采用砂质土、砂砾土、未筛分碎石或其他渗水性良好的材料，回填土类型、回填方式和范围应结合具体工程需要进行补充设计。

第六章　中小型预制构件标准图设计

6.1　主要材料

预制构件主要材料如表 6.1.1 所示：

表 6.1.1　预制构件主要材料

构件名称	混凝土强度等级	钢筋种类
排水预制构件	C25	\
防护预制构件	C25	\
路面边部预制构件	C25	\
预制中分带护栏	C30	HPB300、HRB400
预制边沟盖板	C30	

6.2　技术要点

6.2.1 预制防护构件

适用于填方边坡、桥台锥坡以及土质挖方边坡。

说明：

由于填方边坡一般用土填筑，填料均匀可控，坡面易整平，而挖方边坡岩性不均匀，如遇硬土及石方，坡面不易整平，而预制防护构件施工对坡面的平整度要求较高，否则易造成坡面防护凹凸不平，缝隙较多，从而导致坡面渗水甚至防护失效。因此建议将防护预制构件的适用范围定为填方边坡、桥台锥坡以及土质挖方边坡。

6.2.2 预制排水构件

预制排水构件一般由小型预制块组成，宽度不超过 100cm，高度不超过 80cm。

预制排水沟尺寸采用 4 种，包括 60cm×60cm、60cm×80cm、80cm×80cm、100cm×80cm。由于路堑边沟宽度变化将影响碎落台宽度，因此路堑边沟宽度固定为 60cm，预制路堑边沟尺寸采用 2 种，包括 60cm×60cm、60cm×80cm，如经水力计算或遇特殊路段需进一步增大水沟尺寸，宜采用现浇浇筑。

说明：

根据省内外调研结果，排水预制构件的类型按照质量可划分可分为小型、中型和大型 3 类。其中小型预制块单块最大质量在 25kg 以下，可实现人工搬运；中型预制块单块最大质量超过 80kg，人工搬运较为吃力；大型预制块单块最大质量超过 400kg，必须借助机械施工。结合预制构件的应用场景，即大型摊铺机械无法到达的施工困难

路段，并考虑尽量降低施工人员的作业负担，设计采用了更为轻巧的小型排水预制构件，但小型预制块存在稳定性差的缺点，因此设计控制其最大宽度和最大高度分别不超过 100cm 和 80cm，以保证水沟侧壁稳定。具体项目使用时，如经水力计算或遇超高路段以及凹曲线底部等特殊路段需增大水沟尺寸，则建议仍采用现浇混凝土水沟。

6.2.3 路面边部预制构件

预制块砌筑后土路肩高度宜低于路面高度 1cm，以保证路面水能经土路肩顺利排出。

6.2.4 中分带预制混凝土护栏

护栏每节的纵向长度为 4m，相邻两节护栏之间的连接采用预埋套管加传力钢筋的处理方式，预制混凝土护栏适用于高速公路中分带标准段，变宽段仍采用现浇混凝土护栏。

6.3 注意事项

1 排水预制构件用于水环境敏感地段时，应在沟底增设防渗土工布，保护水环境。

说明：

预制水沟均采用 9×19×19(39)cm 的预制块砌筑而成，接缝较多，因此在水环境敏感路段宜在沟底设置防渗土工布，防止渗漏污染水环境。

2 路基边沟、路面边部预制构件以及预制护栏尺寸与路面结构厚度有关，相关图表均以省内常见的路面结构厚度为基础编制。当具体项目实际使用过程中，路面结构与图中所示的路面结构不同时，应对构件尺寸进行调整，以保证构件能达到设计目的并满足规范要求。

说明：

经调研，我省常规的高速公路路面结构厚度为：主线 4cm 上面层+6cm 中面层+8cm 下面层+18cm 上基层+18cm 下基层+20cm 底基层；匝道 4cm 上面层+6cm 中面层+18cm 上基层+18cm 下基层+20cm 底基层。由于项目所在区域的交通量以及气候环境不同，路面结构厚度可能会发生变化，而路基边沟、路面预制构件以及预制护栏尺寸与路面结构厚度有关，因此当实际路面结构厚度与参考图中所示厚度不一致时，应对构件尺寸进行调整，以保证构件能达到设计目的并满足规范要求。

附录 A 标准图册列表

A.1 桥梁

表 A.1-1 桥梁上部结构通用图 共 110 册

编号	结构类型	跨径	结构体系	路基宽度	桥面宽度	角度	图册编号
1	矮肋双 T 梁	10m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B26.0-L10
2				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B26.5(27)-L10
3				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B33.5-L10
4				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B34(34.5)-L10
5				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B42.0-L10
6		13m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B26.0-L13
7				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B26.5(27)-L13
8				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B33.5-L13
9				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B34(34.5)-L13
10				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B42.0-L13
11		16m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B26.0-L16
12				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B26.5(27)-L16
13				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B33.5-L16
14				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B34(34.5)-L16
15				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST(J)/SB-B42.0-L16
16	矮肋单 T 梁	16m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT(J)/SB-B26.0-L16
17				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT(J)/SB-B26.5(27)-L16

编号	结构类型	跨径	结构体系	路基宽度	桥面宽度	角度	图册编号
18				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT(J)/SB-B33.5-L16
19				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT(J)/SB-B34(34.5)-L16
20				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT(J)/SB-B42.0-L16
21		20m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT(J)/SB-B26.0-L20
22				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT(J)/SB-B26.5(27)-L20
23				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT(J)/SB-B33.5-L20
24				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT(J)/SB-B34(34.5)-L20
25				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT(J)/SB-B42.0-L20
26	T 梁	25m	连续	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B26.0-L25
27				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B26.5(27)-L25
28				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B33.5-L25
29				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B34(34.5)-L25
30				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B42.0-L25
31			简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B26.0-L25
32				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B26.5(27)-L25
33				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B33.5-L25
34				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B34(34.5)-L25
35				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B42.0-L25
36		30m	连续	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B26.0-L30
37				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B26.5(27)-L30
38				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B33.5-L30
39				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B34(34.5)-L30
40				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B42.0-L30

编号	结构类型	跨径	结构体系	路基宽度	桥面宽度	角度	图册编号
41			简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B26.0-L30
42				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B26.5(27)-L30
43				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B33.5-L30
44				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B34(34.5)-L30
45				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B42.0-L30
46		40m	连续	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B26.0-L40
47				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B26.5(27)-L40
48				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B33.5-L40
49				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B34(34.5)-L40
50				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(L)/SB-B42.0-L40
51			简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B26.0-L40
52				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B26.5(27)-L40
53				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B33.5-L40
54				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B34(34.5)-L40
55				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL(J)/SB-B42.0-L40
56	小箱梁	20m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B26.0-L20
57				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B26.5(27)-L20
58				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B33.5-L20
59				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B34(34.5)-L20
60				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B42.0-L20
61		25m	连续	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(L)/SB-B26.0-L25
62				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(L)/SB-B26.5(27)-L25
63				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(L)/SB-B33.5-L25

编号	结构类型	跨径	结构体系	路基宽度	桥面宽度	角度	图册编号
64				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(L)/SB-B34(34.5)-L25
65				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(L)/SB-B42.0-L25
66			简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B26.0-L25
67				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B26.5(27)-L25
68				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B33.5-L25
69				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B34(34.5)-L25
70				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B42.0-L25
71		30m	连续	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(L)/SB-B26.0-L30
72				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(L)/SB-B26.5(27)-L30
73				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(L)/SB-B33.5-L30
74				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(L)/SB-B34(34.5)-L30
75				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(L)/SB-B42.0-L30
76			简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B26.0-L30
77				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B26.5(27)-L30
78				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B33.5-L30
79				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B34(34.5)-L30
80				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL(J)/SB-B42.0-L30
81	组合梁	40m	连续	26m	2×12.5m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B26.0-L40
82				26.5（27）m	2×12.75m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B26.5(27)-L40
83				33.5m	2×16.25m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B33.5-L40
84				34（34.5）m	2×16.5m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B34(34.5)-L40
85				42m	2×20.25m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B42.0-L40
86			简支	26m	2×12.5m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B26.0-L40

编号	结构类型	跨径	结构体系	路基宽度	桥面宽度	角度	图册编号
87				26.5（27）m	2×12.75m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B26.5(27)-L40
88				33.5m	2×16.25m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B33.5-L40
89				34（34.5）m	2×16.5m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B34(34.5)-L40
90				42m	2×20.25m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B42.0-L40
91		50m	连续	26m	2×12.5m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B26.0-L50
92				26.5（27）m	2×12.75m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B26.5(27)-L50
93				33.5m	2×16.25m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B33.5-L50
94				34（34.5）m	2×16.5m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B34(34.5)-L50
95				42m	2×20.25m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B42.0-L50
96			简支	26m	2×12.5m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B26.0-L50
97				26.5（27）m	2×12.75m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B26.5(27)-L50
98				33.5m	2×16.25m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B33.5-L50
99				34（34.5）m	2×16.5m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B34(34.5)-L50
100				42m	2×20.25m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B42.0-L50
101		60m	连续	26m	2×12.5m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B26.0-L60
102				26.5（27）m	2×12.75m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B26.5(27)-L60
103				33.5m	2×16.25m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B33.5-L60
104				34（34.5）m	2×16.5m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B34(34.5)-L60
105				42m	2×20.25m	0	HNBZ-QL-GL(L)/SB-B42.0-L60
106			简支	26m	2×12.5m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B26.0-L60
107				26.5（27）m	2×12.75m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B26.5(27)-L60
108				33.5m	2×16.25m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B33.5-L60
109				34（34.5）m	2×16.5m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B34(34.5)-L60

编号	结构类型	跨径	结构体系	路基宽度	桥面宽度	角度	图册编号
110				42m	2×20.25m	0	HNBZ-QL-GL(J)/SB-B42.0-L60

表 A.1-2 桥梁下部结构参考图 共 64 册

编号	结构类型	跨径	结构体系	路基宽度	桥面宽度	角度	图册编号
1	矮肋双 T 梁	10m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B26.0-L10
2				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B26.5(27)-L10
3				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B33.5-L10
4				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B34(34.5)-L10
5				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B42.0-L10
6		13m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B26.0-L13
7				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B26.5(27)-L13
8				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B33.5-L13
9				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B34(34.5)-L13
10				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B42.0-L13
11		16m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B26.0-L16
12				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B26.5(27)-L16
13				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B33.5-L16
14				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B34(34.5)-L16
15				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-AST/XB-B42.0-L16
16	矮肋单 T 梁	16m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT/XB-B26.0-L16
17				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT/XB-B26.5(27)-L16
18				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT/XB-B33.5-L16
19				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT/XB-B34(34.5)-L16
20				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT/XB-B42.0-L16

编号	结构类型	跨径	结构体系	路基宽度	桥面宽度	角度	图册编号
21		20m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT/XB-B26.0-L20
22				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT/XB-B26.5(27)-L20
23				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT/XB-B33.5-L20
24				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT/XB-B34(34.5)-L20
25				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-ADT/XB-B42.0-L20
26	T 梁	25m	连续/简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B26.0-L25
27				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B26.5(27)-L25
28				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B33.5-L25
29				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B34(34.5)-L25
30				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B42.0-L25
31		30m	连续/简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B26.0-L30
32				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B26.5(27)-L30
33				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B33.5-L30
34				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B34(34.5)-L30
35				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B42.0-L30
36		40m	连续/简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B26.0-L40
37				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B26.5(27)-L40
38				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B33.5-L40
39				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B34(34.5)-L40
40				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-TL/XB-B42.0-L40
41	小箱梁	20m	简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B26.0-L20
42				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B26.5(27)-L20
43				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B33.5-L20

编号	结构类型	跨径	结构体系	路基宽度	桥面宽度	角度	图册编号
44				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B34(34.5)-L20
45				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B42.0-L20
46		25m	连续/简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B26.0-L25
47				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B26.5(27)-L25
48				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B33.5-L25
49				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B34(34.5)-L25
50				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B42.0-L25
51		30m	连续/简支	26m	2×12.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B26.0-L30
52				26.5（27）m	2×12.75m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B26.5(27)-L30
53				33.5m	2×16.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B33.5-L30
54				34（34.5）m	2×16.5m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B34(34.5)-L30
55				42m	2×20.25m	0、15、30	HNBZ-QL-XL/XB-B42.0-L30
56	组合梁	40m	连续/简支	26m/ 26.5（27）m	2×12.5m/ 2×12.75m	0	HNBZ-QL-GL/XB-B26/B26.5(27)-L40
57				33.5m/ 34（34.5）m	2×16.25m/ 2×16.5m	0	HNBZ-QL-GL/XB-B33.5/B34(34.5)-L40
58				42m	2×20.25m	0	HNBZ-QL-GL/XB-B42.0-L40
59		50m	连续/简支	26m/ 26.5（27）m	2×12.5m/ 2×12.75m	0	HNBZ-QL-GL/XB-B26.0/B26.5(27)-L50
60				33.5m/ 34（34.5）m	2×16.25m/ 2×16.5m	0	HNBZ-QL-GL/XB-B33.5/B34(34.5)-L50
61				42m	2×20.25m	0	HNBZ-QL-GL/XB-B42.0-L50
62		60m	连续/简支	26m/ 26.5（27）m	2×12.5m/ 2×12.75m	0	HNBZ-QL-GL/XB-B26.0/B26.5(27)-L60
63				33.5m/ 34（34.5）m	2×16.25m/ 2×16.5m	0	HNBZ-QL-GL/XB-B33.5/B34(34.5)-L60

编号	结构类型	跨径	结构体系	路基宽度	桥面宽度	角度	图册编号
64				42m	2×20.25m	0	HNBZ-QL-GL/XB-B42.0-L60

桥梁附属工程编有《桥梁公用构造参考图》1 册，图册编号 HNBZ-QL-GYGZ

A.2 涵洞

表 A.2 涵洞通用图 共 5 册

编号	结构类型	跨径	填土高度	角度	图册编号
1	盖板涵	2m、3m、4m、5m、6m	0.5m～20m	0～45	HNBZ-HD-GBH
2	圆管涵	1.25m、1.5m、1.8m	0.5m～20m	0～45	HNBZ-HD-YGH
3	箱涵	2m、3m、4m、5m、6m	0.5m～6m	0～45	HNBZ-HD-XH
4	盖板明涵	4m、6m	0.5m 以下	0～30	HNBZ-HD-MH
5	拱涵	2m、4m、6m	16m～24m	0	HNBZ-HD-GH

A.3 中小型预制构造物

编有《中小型预制构造物通用图》1 册，图册编号 HNBZ-LJ-YZGJ。

附录 B 对规范的符合性说明

根据《中华人民共和国标准化法》，强制性标准必须执行，设计文件中公开声明采用的推荐性标准应当执行。本次标准图编制中，除个别条款外，均执行了相关行业强制性标准及推荐性标准，未执行或未严格执行的条款进行了相关论证，说明如下。

B.1 关于矮肋 T 梁跨间横隔板的设置

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 第 9.3.1 条规定：“在装配式 T 梁桥中，应设置跨端和跨间横隔梁，…横隔梁间距不应大于 10m。”

本次编制的标准图中，10、13、16m 矮肋双 T 梁及 16、20m 矮肋单 T 梁均未设置跨间横隔板。理由如下：

1）常规 T 梁设置跨间横隔板的目的是增强 T 梁的抗扭刚度和稳定性，提高 T 梁受力的均匀性。矮肋 T 梁相对于常规 T 梁，肋间距较密，梁高较矮，腹板相对较厚，抗扭刚度及横向抗弯刚度较大，基本不存在横向失稳或侧弯的问题，故国内外矮肋 T 梁用于小跨径桥梁时，大都不设跨间横隔板。

2）经计算，矮肋 T 梁设置跨间横隔板，有利于各片梁承担活载的均匀性及横向刚度，不设置跨间横隔板，结构受力性能也可较好地满足相关要求（相关分析详见附录 E）；但对施工而言，设跨间横隔板的影响较大，不便于工业化预制及装配化施工。

综上考虑，矮肋 T 梁不设置跨间横隔板。

B.2 关于柱式墩柱间系梁的设置

《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T 2231-01 第 11.3.6 条规定：“柱式排架墩宜设置桩顶系梁；未设置盖梁，且高度大于 7m 的排架桩墩应设置墩顶系梁。墩高在 10m 至 20m 之间时，宜至少设置一道柱间系梁；墩高在 20m 至 30m 之间时，宜设置两道柱间系梁；墩高在 30m 以上时，宜适当增加柱间系梁的设置数量”。

本次编制的标准图中，柱式墩墩高≤7m 时未设桩顶系梁，墩高≤25m 时未设柱间系梁，墩高 25m~45m 只设置了 1 道柱间系梁，墩高 45m~55m 的双柱式方墩设置了 2 道柱间系梁，未严格按规范要求设置，但规范要求的严格程度为“宜”，本次编制综合柱式墩有无系梁或少设系梁的静力工况、低地震烈度区地震作用工况下的结构受力

性能后，认为抗震设防烈度 6 度区可以适当降低对柱式墩横系梁的设置要求，理由如下：

1）静力作用下，设置柱间横系梁可以提高桥墩的横向刚度及稳定性，不影响纵向刚度及稳定性，但桥墩的失稳由纵向稳定控制。不设或少设柱间系梁时，墩柱的承载能力均有较大安全储备。

2）低抗震设防烈度区地震作用下，设置柱间横系梁可降低墩柱横向弯矩效应，但同时也会增大墩柱剪力效应，对塑性铰的抗剪设计及支座的抗剪不利，不设置或少设置柱间系梁，墩柱的抗震承载力及延性均有较大的储备。

综上分析，结合广东省的工程经验，对于抗震设防烈度 6 度区，**柱式墩采用少柱间系梁的方式是合理可行的。**

本指南同时提出：当抗震设防烈度大于 6 度时，应根据计算适当增加柱间系梁的道数；水中柱式墩当流水压力较大、桥墩存在漂浮物撞击或其他横向撞击可能时，也应加强柱间系梁设置，故设计单位还应根据项目实际情况来设置柱式墩横系梁。

B.3 关于预制混凝土梁桥面板湿接缝 U 形钢筋搭接长度

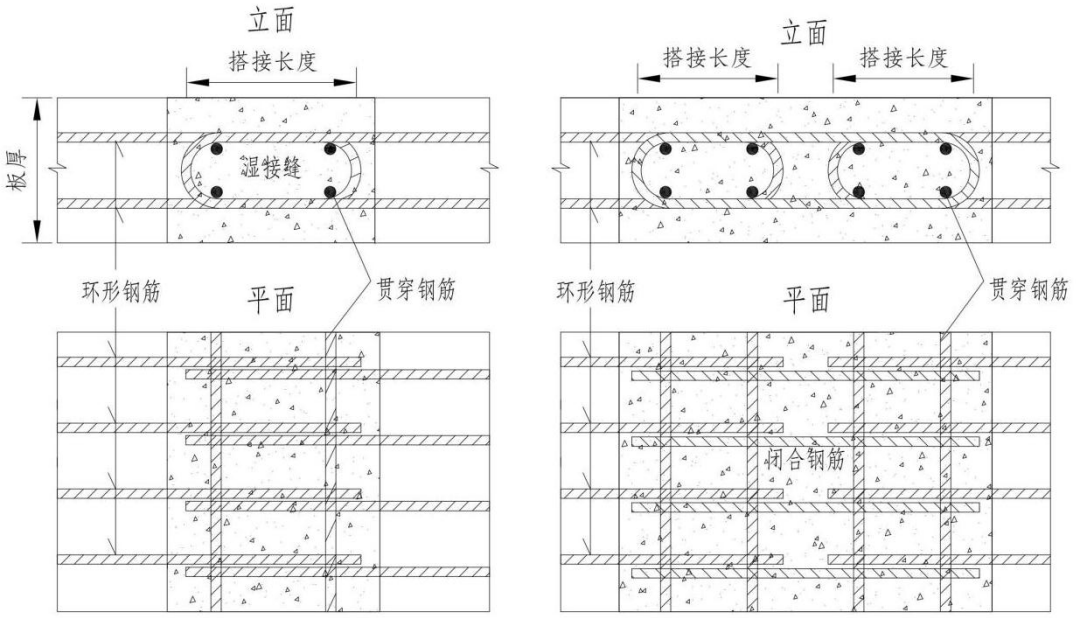
《公路装配式混凝土桥梁设计规范》JTG/T 3365-05 第 5.2.7 条规定：“桥面板横向采用 U 形钢筋交错布置现浇混凝土湿接缝时，……湿接缝的宽度不应小于 300mm，U 形钢筋的交错间距不应大于 100mm，交错长度不应小于 240mm 和 3 倍 U 形钢筋圆弧段的弯曲半径……”。

本次编制的标准图中，预制梁湿接缝 U 形钢筋交错或搭接长度并未完全按不小于 240mm 控制，而是按规范 5.4.13 条计算 U 形钢筋屈服所需要的搭接长度，及桥面板受力所需要的 U 形钢筋强度值来综合确定。说明如下：

环形钢筋湿接缝是横向分片预制梁使用最广泛的接缝形式，分为一次搭接和二次搭接两种形式，如图 B.3 所示。一次搭接的环形钢筋湿接缝通过预制板块端部的环形钢筋相互搭接，并设置贯穿钢筋形成，所需的接缝宽度相对较小；二次搭接形式是在采用中间环形钢筋与预制梁伸出的环形钢筋之间分别搭接，需要接缝宽度相对较大。施工中为避免预制梁安装时的钢筋冲突，一般采用二次搭接方式，这种方式若按规范要求保证搭接长度不小于 24cm，则湿接缝最小宽度在考虑一定的安装偏差后需约 56cm（24×2+5+3=56），难以适应部分结构的横断面布置及变宽桥的需求。

T 梁、小箱梁、矮肋 T 梁标准图中，桥面板横向受力钢筋布置均为Φ12 钢筋，间

距 100cm。根据规范 5.4.13 条公式，可以计算出不同搭接长度下，环形钢筋搭接范围内核心混凝土所能提供的锚固抗力 R 与环形钢筋达到抗拉强度设计值时的拉力 $S(f_{su,d}\times A_{su})$的比值（R/S），见表 B.3。



a）一次搭接　　b)二次搭接

图 B.3　纵向湿接缝环形钢筋搭接方式

表 B.3　不同搭接长度下环形钢筋湿接缝锚固抗力 R 与钢筋拉力设计值 S 的比值

板厚(mm）	U 形钢筋环直径(mm)	不同搭接长度的 R/S			
		130（mm)	150（mm)	200（mm)	240（mm)
200	128	1.46	1.78	2.6	3.26
180	108	1.26	1.52	2.2	2.74

从上表可以看出，对于 180~200mm 的板厚，只要环形钢筋交错搭接长度等于或略大于环形钢筋的弯曲直径就可以保证环形钢筋充分发挥强度，接缝不出现脆性破坏。

T 梁桥面板最大计算跨径为 253cm，小箱梁为 180cm，矮 T 梁为 130cm，根据桥面板的受力计算可知，除 T 梁桥面板钢筋抗拉强度需求值接近设计值外，其他结构富余较大。因此，指南及标准图中对环形钢筋搭接长度的控制要求是：**T 梁、小箱梁不宜小于 20cm，不应小于 15cm；矮肋 T 梁不宜小于 15cm，不应小于 1 倍环形钢筋的弯曲直径。**

附录 C 标准图主要构件计算结果汇总表

C.1 上部结构

C.1.1 汽车荷载横向分布系数汇总

表 C.1.1-1 预制 T 梁汽车荷载横向分布系数

路基宽度	跨径	主梁位置	支点	跨中		
				简支梁	连续结构边跨	结构连续中跨
26m	25m	边梁	0.898	0.803	0.815	0.820
		中梁	0.877	0.603	0.610	0.615
	30m	边梁	0.898	0.805	0.817	0.823
		中梁	0.877	0.602	0.609	0.613
	40m	边梁	0.898	0.802	0.815	0.823
		中梁	0.877	0.599	0.606	0.610
26.5/27m	25m	边梁	0.906	0.812	0.823	0.829
		中梁	0.892	0.610	0.617	0.621
	30m	边梁	0.906	0.813	0.825	0.831
		中梁	0.892	0.609	0.615	0.619
	40m	边梁	0.906	0.810	0.824	0.831
		中梁	0.892	0.606	0.613	0.617
33.5m	25m	边梁	0.872	0.714	0.726	0.733
		中梁	0.821	0.557	0.563	0.567
	30m	边梁	0.872	0.710	0.720	0.726
		中梁	0.821	0.555	0.561	0.564
	40m	边梁	0.872	0.704	0.714	0.719
		中梁	0.821	0.552	0.558	0.561
34/34.5m	25m	边梁	0.877	0.719	0.730	0.738
		中梁	0.833	0.561	0.567	0.571
	30m	边梁	0.877	0.714	0.724	0.730
		中梁	0.833	0.559	0.565	0.568
	40m	边梁	0.877	0.708	0.717	0.723
		中梁	0.833	0.556	0.562	0.565
42m	25m	边梁	0.903	0.716	0.733	0.746
		中梁	0.887	0.567	0.573	0.578
	30m	边梁	0.903	0.698	0.712	0.723
		中梁	0.887	0.565	0.569	0.572
	40m	边梁	0.903	0.682	0.691	0.698
		中梁	0.887	0.563	0.567	0.569

表 C.1.1-2 预制小箱梁汽车荷载横向分布系数

路基宽度	跨径	主梁位置	支点	跨中		
				简支梁	连续结构边跨	结构连续中跨
26m	20m	边梁	1.102	0.715		
		中梁	0.995	0.641		
	25m	边梁	1.102	0.673	0.716	0.748
		中梁	0.995	0.627	0.641	0.653
	30m	边梁	1.102	0.651	0.684	0.715
		中梁	0.995	0.618	0.63	0.64
26.5/27m	20m	边梁	1.105	0.728		
		中梁	1.016	0.649		
	25m	边梁	1.105	0.685	0.729	0.763
		中梁	1.016	0.633	0.649	0.661
	30m	边梁	1.105	0.658	0.695	0.727
		中梁	1.016	0.625	0.638	0.649
33.5m	20m	边梁	1.107	0.731		
		中梁	1.042	0.634		
	25m	边梁	1.107	0.677	0.732	0.771
		中梁	1.042	0.61	0.633	0.654
	30m	边梁	1.107	0.632	0.691	0.731
		中梁	1.042	0.597	0.613	0.632
34/34.5m	20m	边梁	1.109	0.742		
		中梁	1.061	0.643		
	25m	边梁	1.109	0.687	0.743	0.782
		中梁	1.061	0.618	0.643	0.665
	30m	边梁	1.109	0.647	0.701	0.741
		中梁	1.061	0.606	0.622	0.641
42m	20m	边梁	1.112	0.757		
		中梁	1.086	0.653		
	25m	边梁	1.112	0.699	0.757	0.798
		中梁	1.086	0.617	0.653	0.677
	30m	边梁	1.112	0.653	0.713	0.756
		中梁	1.086	0.597	0.625	0.651

表 C.1.1-3 预制矮肋单 T 梁汽车荷载横向分布系数

路基宽度	跨径	主梁位置	支点	跨中
26.5、27m	16m	边梁	0.438	0.462
		中梁	0.6	0.449
	20m	边梁	0.438	0.448
		中梁	0.6	0.436
34、34.5m	16m	边梁	0.425	0.412
		中梁	0.6	0.418
	20m	边梁	0.425	0.402
		中梁	0.6	0.406
42m	16m	边梁	0.431	0.402
		中梁	0.6	0.432
	20m	边梁	0.431	0.396
		中梁	0.6	0.419

表 C.1.1-4 预制矮肋双 T 梁汽车荷载横向分布系数

路基宽度	跨径	主梁位置	支点	跨中
26.5、27m	10m	边梁	0.885	0.701
		中梁	0.898	0.694
	13m	边梁	0.885	0.700
		中梁	0.898	0.669
	16m	边梁	0.885	0.697
		中梁	0.898	0.648
34、34.5m	10m	边梁	0.912	0.771
		中梁	0.948	0.735
	13m	边梁	0.912	0.763
		中梁	0.948	0.711
	16m	边梁	0.912	0.758
		中梁	0.948	0.693
42m	10m	边梁	0.881	0.724
		中梁	0.89	0.682
	13m	边梁	0.881	0.72
		中梁	0.89	0.662
	16m	边梁	0.881	0.715
		中梁	0.89	0.645

C.1.2 混凝土梁连续结构主要计算结果汇总

表 C.1.2-1 连续结构 正截面抗弯承载力（kN.m）

结构类型	计算项目	边梁			中梁		
		边跨跨中	中跨跨中	支点	边跨跨中	中跨跨中	支点
25m 连续小箱梁	效应值 S	8156	7474	-4691	7419	6630	-4574
	强度值 R	9564	8832	-7471	9142	7981	-7291
	R/S	1.17	1.18	1.59	1.23	1.20	1.59
30m 连续小箱梁	效应值 S	10909	9872	-6213	10243	9110	-5937
	强度值 R	12605	11667	-9366	12566	11616	-9036
	R/S	1.16	1.18	1.51	1.23	1.28	1.52
25m 连续 T 梁	效应值 S	7195	6383	-5117	6520	5392	-4954
	强度值 R	8229	7666	-6273	7917	7143	-6081
	R/S	1.14	1.20	1.23	1.21	1.32	1.23
30m 连续 T 梁	效应值 S	9301	8087	-6704	8213	6828	-6569
	强度值 R	10919	9732	-7656	9662	8485	-7485
	R/S	1.17	1.20	1.14	1.18	1.24	1.14
40m 连续 T 梁	效应值 S	16806	13276	-11397	15107	11237	-12088
	强度值 R	19533	17333	-13326	18634	15172	-14045
	R/S	1.16	1.31	1.17	1.23	1.35	1.16

表 C.1.2-2 连续结构 斜截面抗剪承载力（kN）

结构类型	计算项目	边梁			中梁		
		边支点	中支点	腹板变厚处	边支点	中支点	腹板变厚处
25m 连续小箱梁	效应值 S	1848	2125	1651	1739	2019	1567
	强度值 R	3073	3318	2810	3062	3300	2731
	R/S	1.66	1.56	1.70	1.76	1.63	1.74
30m 连续小箱梁	效应值 S	2047	2371	1927	1898	2210	1812
	强度值 R	3354	3869	3078	3571	3850	3010
	R/S	1.64	1.63	1.60	1.88	1.74	1.66
25m 连续 T 梁	效应值 S	1566	1862	956	1452	1714	842
	强度值 R	2210	2031	1503	2190	2047	1481
	R/S	1.41	1.09	1.57	1.51	1.19	1.76
30m 连续 T 梁	效应值 S	1735	2005	1083	1635	1953	978
	强度值 R	2596	2568	1367	2554	2535	1367
	R/S	1.50	1.28	1.26	1.56	1.30	1.40
40m 连续 T 梁	效应值 S	2217	2809	1496	2065	2733	1426
	强度值 R	3052	3023	2089	3006	3013	2089
	R/S	1.38	1.08	1.40	1.46	1.10	1.46

表 C.1.2-3 连续结构 频遇组合正截面应力（Mpa）

结构类型	边梁			中梁		
	边跨下缘	中跨下缘	支点上缘	边跨下缘	中跨下缘	支点上缘
25m 连续小箱梁	2.42	2.22	-0.66	2.73	2.03	-0.74
30m 连续小箱梁	2.79	2.85	-0.33	3.44	3.6	-0.16
25m 连续 T 梁	2.24	2.02	-0.70	2.06	2.01	-1.42
30m 连续 T 梁	1.29	2.69	-1.25	1.74	1.92	-1.47
40m 连续 T 梁	3.32	3.63	-0.42	3.26	3.08	-0.50

表注：正值表示压应力，负值表示拉应力

C.1.3 混凝土梁简支结构主要计算结果汇总

表 C.1.3-1 简支结构 正截面抗弯承载力（kN.m）

结构类型	位置	效应值 S	强度值 R	R/S
20m 简支小箱梁	边梁跨中	5968.5	7265.8	1.22
	中梁跨中	5441.7	7003.2	1.29
25m 简支小箱梁	边梁跨中	8547.6	10304.4	1.21
	中梁跨中	8109.5	9968.5	1.23
30m 简支小箱梁	边梁跨中	11715.4	14302.2	1.22
	中梁跨中	11449.5	13915.8	1.22
25m 简支 T 梁	边梁跨中	8726	10008	1.15
	中梁跨中	7748	9165	1.18
30m 简支 T 梁	边梁跨中	11288	12964	1.15
	中梁跨中	10332	11986	1.16
40m 简支 T 梁	边梁跨中	20592	22956	1.11
	中梁跨中	19214	22049	1.15
10m 简支矮肋双 T 梁	边梁跨中	1815	2378	1.31
	中梁跨中	1704	2277	1.34
13m 简支矮肋双 T 梁	边梁跨中	2744	3440	1.25
	中梁跨中	2557	3293	1.29
16m 简支矮肋双 T 梁	边梁跨中	3903	4809	1.23
	中梁跨中	3628	4408	1.22
16m 简支矮肋单 T 梁	边梁跨中	2290	2626	1.15
	中梁跨中	2381	2626	1.10
20m 简支矮肋单 T 梁	边梁跨中	3351	3967	1.18
	中梁跨中	3542	3947	1.11

表 C.1.3-2 简支结构 斜截面抗剪承载力（kN）

结构类型	位置	效应值 S	强度值 R	R/S
20m 简支小箱梁	支点	1610	2755	1.71

结构类型	位置	效应值 S	强度值 R	R/S
	腹板变厚处	1075	2680	2.49
25m 简支小箱梁	支点	1825	3220	1.76
	腹板变厚处	1423	3164	2.22
30m 简支小箱梁	支点	2055	3709	1.80
	腹板变厚处	1677	3675	2.19
25m 简支 T 梁	支点	1643	2325	1.42
	腹板变厚处	1035	1543	1.49
30m 简支 T 梁	支点	1811	2632	1.45
	腹板变厚处	1059	1345	1.27
40m 简支 T 梁	支点	2305	3239	1.41
	腹板变厚处	1314	2159	1.64
10m 简支矮肋双 T 梁	支点	999	1355	1.36
	腹板变厚处	-	-	-
13m 简支矮肋双 T 梁	支点	1110	1756	1.58
	腹板变厚处	-	-	-
16m 简支矮肋双 T 梁	支点	1238	2099	1.70
	腹板变厚处	-	-	-
16m 简支矮肋单 T 梁	支点	768	1103	1.44
	腹板变厚处	-	-	-
20m 简支矮肋单 T 梁	支点	892	1477	1.66
	腹板变厚处	-	-	-

表 C.1.3-3 简支结构 频遇组合正截面应力（Mpa）

结构类型	边梁下缘	中梁下缘
20m 简支小箱梁	2.40	2.66
25m 简支小箱梁	2.82	2.75
30m 简支小箱梁	3.83	3.55
25m 简支 T 梁	4.02	3.33
30m 简支 T 梁	3.92	3.21
40m 简支 T 梁	3.45	2.65
10m 简支矮肋双 T 梁	2.19	2.17
13m 简支矮肋双 T 梁	2.27	2.24
16m 简支矮肋双 T 梁	2.83	1.81
16m 简支矮肋单 T 梁	3.98	2.88
20m 简支矮肋单 T 梁	4.00	2.71

表注：正值表示压应力，负值表示拉应力

C.1.4 组合梁结构主要计算结果汇总

表 C.1.4-1 组合梁钢结构基本组合应力（MPa）

结构类型	跨中上缘	跨中下缘	支点上缘	支点下缘	设计强度
40m 简支组合梁	-248	243	-	-	270
50m 简支组合梁	-243	246	-	-	270
60m 简支组合梁	-294.6	293.7	-	-	320
40m 连续组合梁	-221.7	238.1	230.3	-235.7	270
50m 连续组合梁	-240.8	238.7	235.8	-232.5	270
60m 连续组合梁	-270.9	286.8	268.5	-257.9	320

表注：正值表示压应力，负值表示拉应力

C.2 下部结构

C.2.1 盖梁主要计算结果汇总

表 C.2.1-1 桥墩盖梁主要验算结果

结构类型	桥宽(m)	斜交角	抗弯承载力验算(kN·m)						抗剪承载力验算			截面裂缝宽度验算	
			墩顶弯矩			跨中弯矩						墩顶(mm)	跨中(mm)
			效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S		
25mT 梁	2×12.75	0	4995	8420	1.69	5075	7886	1.55	4855	5936	1.22	0.167	0.156
		15	5196	9040	1.74	5317	8464	1.59	4886	5936	1.21	0.165	0.154
		30	6041	10251	1.70	6235	9718	1.56	5012	6446	1.29	0.166	0.159
	2×16.5	0	7610	13259	1.74	7815	12645	1.62	4599	6680	1.45	0.16	0.151
		15	7965	14129	1.77	8153	13507	1.66	4660	6680	1.43	0.154	0.145
		30	9075	15907	1.75	9625	15000	1.56	4817	7004	1.45	0.152	0.153
	2×20.25	0	4973	8472	1.70	4767	7881	1.65	4802	5899	1.23	0.166	0.147
		15	5191	9021	1.74	4958	8505	1.72	4828	5899	1.22	0.163	0.145
		30	5985	10221	1.71	5781	9637	1.67	4987	6409	1.29	0.162	0.146
30mT 梁	2×12.75	0	6071	10125	1.67	6113	10081	1.65	5816	6867	1.18	0.149	0.139
		15	6205	10750	1.73	6401	10712	1.67	5821	6867	1.18	0.157	0.139
		30	7041	12103	1.72	7607	12113	1.59	5995	7403	1.23	0.153	0.144
	2×16.5	0	8953	15686	1.75	9298	15114	1.63	5444	7586	1.39	0.158	0.152
		15	9335	16680	1.79	9706	16040	1.65	5487	7586	1.38	0.153	0.147
		30	10698	18674	1.75	11347	18027	1.59	5662	8088	1.43	0.152	0.151
	2×20.25	0	5860	10040	1.71	5779	10029	1.74	5706	6827	1.20	0.155	0.132

结构类型	桥宽(m)	斜交角	抗弯承载力验算(kN·m)						抗剪承载力验算			截面裂缝宽度验算	
			墩顶弯矩			跨中弯矩						墩顶(mm)	跨中(mm)
			效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S		
		15	6102	10675	1.75	5997	10646	1.78	5734	6827	1.19	0.154	0.131
		30	6896	12156	1.76	6990	12123	1.73	5856	7364	1.26	0.158	0.136
40mT 梁	2×12.75	0	9083	15169	1.67	7977	13767	1.73	7975	9429	1.18	0.157	0.156
		15	9277	15796	1.70	8383	14342	1.71	8014	9429	1.18	0.154	0.158
		30	9994	17477	1.75	9718	15950	1.64	8196	9992	1.22	0.154	0.160
	2×16.5	0	12343	20154	1.63	12254	19451	1.59	7462	8862	1.19	0.161	0.147
		15	12846	21316	1.66	12782	20612	1.61	7526	8862	1.18	0.16	0.148
		30	14642	24630	1.68	14999	23204	1.55	7755	9428	1.22	0.161	0.160
	2×20.25	0	8028	14962	1.86	7655	13638	1.78	7765	9388	1.21	0.156	0.151
		15	8350	15589	1.87	7939	14309	1.80	7799	9388	1.20	0.154	0.141
		30	9521	17201	1.81	8989	15784	1.76	7964	9951	1.25	0.155	0.141
20m 小箱梁	2×12.75	0	3348	6219	1.86	3346	5694	1.70	2982	4491	1.51	0.157	0.152
		15	3526	6467	1.83	3517	5943	1.69	3010	4491	1.49	0.157	0.151
		30	3988	7251	1.82	4240	6690	1.58	3110	4871	1.57	0.156	0.163
	2×16.5	0	5735	9706	1.69	6085	9721	1.60	4236	5393	1.27	0.161	0.15
		15	6103	10320	1.69	6306	10312	1.64	4253	5393	1.27	0.16	0.145
		30	6905	11549	1.67	7617	11574	1.52	4404	5678	1.29	0.158	0.155
	2×20.25	0	3380	6208	1.84	3260	5716	1.75	3243	4504	1.39	0.16	0.145
		15	3553	6455	1.82	3416	5953	1.74	3290	4504	1.37	0.162	0.144
		30	4131	7724	1.87	4082	6689	1.64	3456	4853	1.40	0.159	0.151
25m	2×12.75	0	4462	7927	1.78	3928	6821	1.74	3727	5652	1.52	0.161	0.146

结构类型	桥宽(m)	斜交角	抗弯承载力验算(kN·m)						抗剪承载力验算			截面裂缝宽度验算	
			墩顶弯矩			跨中弯矩						墩顶(mm)	跨中(mm)
			效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S		
小箱梁		15	4620	8490	1.84	4115	7418	1.80	3738	5652	1.51	0.158	0.144
		30	5214	9722	1.86	4906	8510	1.73	3859	6160	1.60	0.153	0.145
	2×16.5	0	7345	12370	1.68	7174	11774	1.64	5318	6542	1.23	0.164	0.146
		15	7675	13256	1.73	7505	12624	1.68	5350	6542	1.22	0.157	0.14
		30	8794	15005	1.71	8789	14402	1.64	5496	6866	1.25	0.154	0.143
	2×20.25	0	4476	7933	1.77	3898	6875	1.76	4065	5615	1.38	0.161	0.144
		15	4672	8481	1.82	4074	7429	1.82	4110	5615	1.37	0.158	0.14
		30	5253	9633	1.83	4873	8510	1.75	4296	6124	1.43	0.16	0.142
30m 小箱梁	2×12.75	0	5391	9520	1.77	4829	8919	1.85	4483	6565	1.46	0.154	0.131
		15	5563	10155	1.83	5033	9497	1.89	4508	6565	1.46	0.152	0.129
		30	6171	11523	1.87	5999	10875	1.81	4600	7101	1.54	0.15	0.137
	2×16.5	0	8733	15136	1.73	8618	15069	1.75	6406	8189	1.28	0.16	0.136
		15	9114	16070	1.76	9012	15995	1.77	6441	8189	1.27	0.154	0.132
		30	10458	17981	1.72	10495	18006	1.72	6597	8690	1.32	0.153	0.134
	2×20.25	0	5304	9513	1.79	4750	8963	1.89	4845	6527	1.35	0.151	0.127
		15	5521	10176	1.84	4959	9505	1.92	4897	6527	1.33	0.149	0.125
		30	6144	11543	1.88	5866	10926	1.86	5105	7062	1.38	0.158	0.132
10m 双 T 梁	2×12.75	0	2879	4461	1.55	2462	3635	1.48	2468	3309	1.34	0.149	0.130
		30	3646	5293	1.45	3005	4498	1.50	2606	3335	1.28	0.150	0.124
	2×16.5	0	4302	7156	1.66	4111	5298	1.29	3029	3647	1.20	0.136	0.154
		30	5629	8651	1.54	5016	6734	1.34	3201	3889	1.21	0.141	0.144

结构类型	桥宽(m)	斜交角	抗弯承载力验算(kN·m)						抗剪承载力验算			截面裂缝宽度验算	
			墩顶弯矩			跨中弯矩						墩顶(mm)	跨中(mm)
			效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S		
13m 双 T 梁	2×20.25	0	3067	5086	1.66	2438	3573	1.47	2589	3178	1.23	0.137	0.143
		30	3864	6754	1.75	2950	4403	1.49	2740	3239	1.18	0.121	0.135
	2×12.75	0	3607	6047	1.68	2810	3641	1.30	2988	3394	1.14	0.153	0.158
		30	4381	7738	1.77	3591	5342	1.49	3146	3673	1.17	0.132	0.127
	2×16.5	0	5352	8241	1.54	4599	5815	1.26	3619	3818	1.06	0.151	0.158
		30	6620	9193	1.39	5659	7815	1.38	3803	3877	1.02	0.155	0.140
	2×20.25	0	3643	5102	1.40	3148	4421	1.40	2906	3183	1.10	0.155	0.143
		30	4572	6526	1.43	3893	5702	1.46	2996	3424	1.14	0.149	0.134
16m 双 T 梁	2×12.75	0	3957	6615	1.67	3096	5323	1.72	3384	3533	1.04	0.145	0.117
		30	4910	7738	1.58	3752	5377	1.43	3545	3704	1.04	0.142	0.140
	2×16.5	0	6252	9257	1.48	4956	7812	1.58	3732	4051	1.09	0.159	0.127
		30	7636	11515	1.51	6113	8456	1.38	3898	4634	1.19	0.152	0.146
	2×20.25	0	4259	6362	1.49	3268	5282	1.62	3510	3831	1.09	0.159	0.134
		30	5197	7833	1.51	3927	6604	1.68	3686	3975	1.08	0.155	0.126
16m 矮肋单 T 梁	2×12.75	0	2724	5509	2.02	2621	4693	1.79	2750	3142	1.14	0.153	0.121
		15	2844	5509	1.94	2754	4693	1.70	2765	3142	1.14	0.159	0.127
		30	3391	6842	2.02	3286	5100	1.55	2899	3355	1.16	0.157	0.139
	2×16.5	0	4503	8389	1.86	4188	6510	1.55	3223	4383	1.36	0.168	0.151
		15	4723	10114	2.14	4379	6510	1.49	3245	4383	1.35	0.151	0.157
		30	6173	10927	1.77	6118	9039	1.48	3834	4636	1.21	0.164	0.141
	2×20.25	0	2761	5509	2.00	2534	4693	1.85	2794	3848	1.38	0.157	0.125

结构类型	桥宽(m)	斜交角	抗弯承载力验算(kN·m)						抗剪承载力验算			截面裂缝宽度验算	
			墩顶弯矩			跨中弯矩						墩顶(mm)	跨中(mm)
			效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S		
		15	2916	5509	1.89	2650	4693	1.77	2805	3848	1.37	0.164	0.130
		30	3475	6842	1.97	3109	5100	1.64	2915	4108	1.41	0.163	0.140
20m 矮肋单 T 梁	2×12.75	0	3665	7640	2.08	3331	6091	1.83	3487	4392	1.26	0.166	0.132
		15	3813	9077	2.38	3498	6091	1.74	3504	4383	1.25	0.151	0.138
		30	4475	9849	2.20	4162	6579	1.58	3642	4699	1.29	0.161	0.151
	2×16.5	0	5976	14061	2.35	5281	9931	1.88	4065	4967	1.22	0.154	0.141
		15	6275	14061	2.24	5512	9931	1.80	4084	4919	1.20	0.161	0.147
		30	8030	17131	2.13	7578	12975	1.71	4736	5235	1.11	0.157	0.138
	2×20.25	0	3664	7640	2.09	3301	6091	1.85	3515	4392	1.25	0.166	0.138
		15	3853	9077	2.36	3429	6091	1.78	3529	4383	1.24	0.152	0.143
		30	4544	9849	2.17	4004	6579	1.64	3649	4699	1.29	0.163	0.154
40m 钢混组合梁	2×12.75	0	3950	9365	2.37	2613	9290	3.56	1913	5316	2.78	0.086	0.046
	2×16.5	0	8126	14117	1.74	7801	10874	1.39	3884	5706	1.47	0.137	0.152
	2×20.25	0	4545	9619	2.11	3402	6444	1.89	3230	5138	1.59	0.086	0.137
50m 钢混组合梁	2×12.75	0	4650	9120	1.96	3029	6920	2.31	2208	6128	2.78	0.091	0.064
	2×16.5	0	10129	14770	1.48	9727	11370	1.17	4778	6168	1.29	0.155	0.178
	2×20.25	0	6228	10608	1.70	4952	7089	1.43	4414	6058	1.37	0.118	0.165
60m 钢混组合梁	2×12.75	0	6487.3	8555.9	1.32	2777.3	8555.9	3.08	1649.8	7045.4	4.27	0.077	0.042
	2×16.5	0	13380	18400	1.38	12627	13700	1.15	5901	6927.1	1.17	0.139	0.156
	2×20.25	0	8413.5	12335.8	1.47	8181.3	12231.9	1.50	3828.2	7258.9	1.9	0.112	0.106

表 C.2.1-2 桥台盖梁主要验算结果

结构类型	桥宽(m)	斜交角	抗弯承载力验算						抗剪承载力验算			截面裂缝宽度验算	
			墩顶弯矩			跨中弯矩							
			效应值 S(kN·m)	强度值 R(kN·m)	R/S	效应值 S(kN·m)	强度值 R(kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S	墩顶 (mm)	跨中 (mm)
25mT 梁	2×12.75	0	3385	6408	1.89	3177	6395	2.01	3057	3744	1.22	0.149	0.123
		15	3557	6767	1.90	3317	6822	2.06	3066	3744	1.22	0.144	0.119
		30	4139	7205	1.74	3809	7343	1.93	3198	3744	1.17	0.156	0.122
	2×16.5	0	5388	9412	1.75	4937	8379	1.70	3094	4169	1.35	0.159	0.154
		15	5669	10124	1.79	5154	9119	1.77	3143	4169	1.33	0.153	0.145
		30	6636	11282	1.70	5875	9864	1.68	3301	4169	1.26	0.155	0.151
	2×20.25	0	3533	6688	1.89	3002	6250	2.08	3270	3771	1.15	0.155	0.129
		15	3732	7131	1.91	3147	6702	2.13	3213	3771	1.17	0.151	0.133
		30	4396	7606	1.73	3606	7148	1.98	3356	3771	1.12	0.164	0.147
30mT 梁	2×12.75	0	3849	7476	1.94	3481	7406	2.13	3376	4065	1.20	0.147	0.139
		15	4019	7965	1.98	3599	7885	2.19	3396	4065	1.20	0.142	0.119
		30	4679	8450	1.81	4109	8393	2.04	3536	4065	1.15	0.154	0.129
	2×16.5	0	5851	10420	1.78	5454	10337	1.90	3360	4450	1.32	0.158	0.134
		15	6151	11196	1.82	5694	11101	1.95	3411	4450	1.30	0.152	0.128
		30	7188	11962	1.66	6484	11893	1.83	3577	4450	1.24	0.163	0.134
	2×20.25	0	4077	7724	1.89	3318	7228	2.18	3569	4711	1.32	0.156	0.126
		15	4289	8202	1.91	3471	7707	2.22	3621	4711	1.30	0.153	0.125
		30	5009	8699	1.74	3960	8186	2.07	3761	4711	1.25	0.164	0.136
40mT 梁	2×12.75	0	4817	9827	2.04	4330	9684	2.24	4161	5034	1.21	0.145	0.129
		15	5049	10367	2.05	4505	10190	2.26	4211	5034	1.20	0.140	0.118

结构类型	桥宽(m)	斜交角	抗弯承载力验算						抗剪承载力验算			截面裂缝宽度验算	
			墩顶弯矩			跨中弯矩							
			效应值 S(kN·m)	强度值 R(kN·m)	R/S	效应值 S(kN·m)	强度值 R(kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S	墩顶 (mm)	跨中 (mm)
		30	5860	10994	1.88	5120	10835	2.12	4372	5034	1.15	0.154	0.136
	2×16.5	0	7489	14170	1.89	6938	13402	1.93	4254	5315	1.25	0.153	0.145
		15	7862	15048	1.91	7232	14259	1.97	4324	5315	1.23	0.149	0.133
		30	8918	16529	1.85	8459	15177	1.79	4509	5315	1.18	0.150	0.144
	2×20.25	0	5116	9314	1.82	4146	9294	2.24	4447	5771	1.30	0.149	0.120
		15	5379	9944	1.85	4328	9925	2.29	4501	5771	1.28	0.150	0.126
		30	6311	11677	1.85	4900	10516	2.15	4678	5771	1.23	0.160	0.131
20m 小箱梁	2×12.75	0	3112	5431	1.75	2240	5056	2.26	2372	3503	1.48	0.151	0.108
		15	3268	5636	1.72	2348	5271	2.24	2407	3503	1.46	0.152	0.107
		30	3810	6046	1.59	2709	5487	2.03	2520	3503	1.39	0.163	0.117
	2×16.5	0	4931	8146	1.65	4175	7746	1.86	3270	3913	1.20	0.152	0.127
		15	5197	8559	1.65	4379	8188	1.87	3315	3913	1.18	0.15	0.124
		30	6055	9641	1.59	5019	8653	1.72	3467	3913	1.13	0.15	0.133
	2×20.25	0	3183	5436	1.71	2552	4931	1.93	2701	3503	1.30	0.161	0.133
		15	3359	5677	1.69	2683	5160	1.92	2741	3503	1.28	0.165	0.132
		30	4062	6589	1.62	2894	5430	1.88	2787	3503	1.26	0.164	0.123
25m 小箱梁	2×12.75	0	3463	5893	1.70	2458	4795	1.95	2612	3810	1.46	0.164	0.127
		15	3634	6403	1.76	2575	5029	1.95	2618	3810	1.46	0.158	0.126
		30	4226	7211	1.71	2970	6800	2.29	2774	3810	1.37	0.156	0.104
	2×16.5	0	5489	8959	1.63	4443	9020	2.03	3586	4233	1.18	0.163	0.121
		15	5779	9753	1.69	4639	9693	2.09	3631	4233	1.17	0.156	0.115

结构类型	桥宽(m)	斜交角	抗弯承载力验算						抗剪承载力验算			截面裂缝宽度验算	
			墩顶弯矩			跨中弯矩							
			效应值 S(kN·m)	强度值 R(kN·m)	R/S	效应值 S(kN·m)	强度值 R(kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S	墩顶 (mm)	跨中 (mm)
		30	6715	10804	1.61	5334	10406	1.95	3794	4233	1.12	0.156	0.121
	2×20.25	0	3526	6355	1.80	2780	5792	2.08	2924	3810	1.30	0.157	0.133
		15	3716	6769	1.82	2917	6249	2.14	2965	3810	1.29	0.152	0.123
		30	4312	7598	1.76	3346	6676	2.00	3081	3810	1.24	0.153	0.128
30m 小箱梁	2×12.75	0	3871	6981	1.80	2740	5687	2.08	2910	4117	1.41	0.158	0.129
		15	4059	7469	1.84	2864	5964	2.08	3031	4117	1.36	0.153	0.122
		30	4707	7866	1.67	3280	6234	1.90	3058	4117	1.35	0.164	0.132
	2×16.5	0	6120	10336	1.69	5038	10255	2.04	4046	4540	1.12	0.16	0.121
		15	6435	11078	1.72	5276	11015	2.09	4022	4540	1.13	0.154	0.116
		30	7458	11768	1.58	6029	11806	1.96	4158	4540	1.09	0.164	0.122
	2×20.25	0	3973	7471	1.88	3177	6714	2.11	3351	4117	1.23	0.16	0.13
		15	4182	7929	1.90	3325	7195	2.16	3392	4117	1.21	0.156	0.127
		30	4683	8813	1.88	3790	7671	2.02	3500	4117	1.18	0.157	0.136
10m 双 T 梁	2×12.75	0	3180	4726	1.49	2038	3269	1.60	2335	3018	1.29	0.15	0.132
		30	4086	6001	1.47	2640	3627	1.37	2546	3346	1.31	0.151	0.156
	2×16.5	0	4745	7148	1.51	3162	4896	1.55	2812	4531	1.61	0.142	0.135
		30	5934	8230	1.39	3838	6122	1.60	3006	3686	1.23	0.152	0.129
	2×20.25	0	3050	4720	1.55	2059	3192	1.55	2471	3072	1.24	0.15	0.155
		30	3893	6462	1.66	2505	3955	1.58	2660	3367	1.27	0.131	0.146
13m 双 T 梁	2×12.75	0	3395	5455	1.61	2130	3270	1.53	2512	3259	1.30	0.146	0.143
		30	4336	7141	1.65	2745	4850	1.77	2724	3607	1.32	0.134	0.118

结构类型	桥宽(m)	斜交角	抗弯承载力验算						抗剪承载力验算			截面裂缝宽度验算	
			墩顶弯矩			跨中弯矩							
			效应值 S(kN·m)	强度值 R(kN·m)	R/S	效应值 S(kN·m)	强度值 R(kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S	墩顶 (mm)	跨中 (mm)
	2×16.5	0	5053	7148	1.41	3332	4884	1.47	3054	4524	1.48	0.157	0.149
		30	6293	9386	1.49	4045	6129	1.52	3249	3736	1.15	0.147	0.134
	2×20.25	0	3258	5451	1.67	2171	3951	1.82	2641	3310	1.25	0.14	0.133
		30	4168	7180	1.72	2771	4348	1.57	2875	3608	1.25	0.134	0.153
16m 双 T 梁	2×12.75	0	3649	6031	1.65	2357	3607	1.53	2728	3494	1.28	0.146	0.148
		30	4636	7830	1.69	3007	5291	1.76	2944	3852	1.31	0.136	0.122
	2×16.5	0	5426	7804	1.44	3637	5312	1.46	3317	4835	1.46	0.161	0.153
		30	6733	10165	1.51	4402	6655	1.51	3518	3968	1.13	0.15	0.144
	2×20.25	0	3505	6059	1.73	2421	4764	1.97	2867	3545	1.24	0.144	0.126
		30	4427	7148	1.61	2928	4772	1.63	3063	3403	1.11	0.147	0.151
16m 矮肋单 T 梁	2×12.75	0	2980	5074	1.70	1878	3513	1.87	2401	3624	1.51	0.160	0.121
		15	3463	5074	1.47	2250	3513	1.56	2464	3624	1.47	0.169	0.127
		30	3749	6487	1.73	2415	5074	2.10	2607	3624	1.39	0.163	0.111
	2×16.5	0	4316	7901	1.83	3264	5977	1.83	2949	3874	1.31	0.155	0.139
		15	4541	7901	1.74	3425	5977	1.75	2981	3874	1.30	0.163	0.146
		30	5318	9610	1.81	3979	7901	1.99	3161	3874	1.23	0.160	0.132
	2×20.25	0	2697	5074	1.88	2060	3513	1.71	2473	3262	1.32	0.146	0.138
		15	2851	5074	1.78	2156	3513	1.63	2501	3262	1.30	0.154	0.148
		30	3383	6487	1.92	2493	5074	2.04	2593	3262	1.26	0.147	0.120
20m 矮肋单 T 梁	2×12.75	0	3282	6487	1.98	2142	5074	2.37	2741	3798	1.39	0.144	0.103
		15	3463	6487	1.87	2250	5074	2.26	2807	3894	1.39	0.152	0.108

结构类型	桥宽(m)	斜交角	抗弯承载力验算						抗剪承载力验算			截面裂缝宽度验算	
			墩顶弯矩			跨中弯矩						墩顶(mm)	跨中(mm)
			效应值 S(kN·m)	强度值 R(kN·m)	R/S	效应值 S(kN·m)	强度值 R(kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S		
		30	4145	7751	1.87	2840	5074	1.79	2978	3894	1.31	0.157	0.133
	2×16.5	0	4952	9610	1.94	3726	7901	2.12	3416	4199	1.23	0.153	0.127
		15	5203	9610	1.85	3905	7901	2.02	3446	4199	1.22	0.160	0.133
		30	6113	11103	1.82	4695	7901	1.68	3661	4291	1.17	0.165	0.159
	2×20.25	0	3103	6487	2.09	2335	5074	2.17	2867	3418	1.19	0.140	0.116
		15	3274	6487	1.98	2441	5074	2.08	2896	3504	1.21	0.147	0.121
		30	3893	7751	1.99	2934	5074	1.73	3007	3504	1.17	0.149	0.144

C.2.2 桩系梁主要计算结果汇总

表 C.2.2 桩系梁主要验算结果

结构类型	桥宽(m)	墩高	截面宽度（mm）	截面高度（mm）	抗弯承载力验算			抗剪承载力验算			最大裂缝宽度(mm)
					效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S	
25mT 梁	2×12.75	15	1200	1500	1217	1460	1.20	498	2230	4.48	0.158
		25	1200	1500	1923	2295	1.19	653	2263	3.46	0.14
	2×16.5	15	1200	1500	1241	1519	1.22	491	2166	4.41	0.16
		25	1200	1500	1853	2334	1.26	593	2198	3.71	0.156
	2×20.25	15	1200	1500	774	1520	1.96	388	2214	5.71	0.124
		25	1200	1500	1164	1468	1.26	472	2214	4.69	0.153
30mT 梁	2×12.75	15	1200	1500	1576	1757	1.11	581	2243	3.86	0.164
		25	1200	1500	2600	2845	1.09	821	2285	2.78	0.154

结构类型	桥宽(m)	墩高	截面宽度（mm）	截面高度（mm）	抗弯承载力验算			抗剪承载力验算			最大裂缝宽度(mm)
					效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S	
		35	1500	1800	2273	2642	1.16	850	3266	3.84	0.104
	2×16.5	15	1200	1500	1586	1814	1.14	551	2178	3.95	0.124
		25	1200	1500	2472	2876	1.16	709	2219	3.13	0.151
		35	1500	1800	2368	2641	1.12	819	2924	3.57	0.171
	2×20.25	15	1200	1500	977	1478	1.51	417	2214	5.31	0.15
		25	1200	1500	1551	1755	1.13	543	2226	4.10	0.159
		35	1500	1800	1464	2600	1.78	644	3248	5.04	0.151
40mT 梁	2×12.75	15	1200	1500	2061	2240	1.09	689	2263	3.28	0.164
		25	1200	1500	4104	4156	1.01	1291	3317	2.57	0.165
		35	1500	1800	2894	3349	1.16	991	3290	3.32	0.179
		45	2200	2500	5902	7465	1.26	2198	5895	2.68	0.127
		55	2200	2500	7838	13176	1.68	2439	6549	2.69	0.156
	2×16.5	15	1200	1500	2019	2282	1.13	619	2198	3.55	0.15
		25	1200	1500	3963	4198	1.06	1123	2968	2.64	0.163
		35	1500	1800	2939	3368	1.15	917	2945	3.21	0.162
	2×20.25	15	1200	1500	1210	1476	1.22	470	2214	4.71	0.173
		25	1200	1500	2486	2551	1.03	839	3248	3.87	0.17
		35	1500	1800	1826	2587	1.42	707	3248	4.59	0.153
20m 小箱梁	2×12.75	10	1000	1200	552	1040	1.88	260	1580	6.08	0.129
		20	1200	1500	1212	1355	1.12	494	2209	4.47	0.17
	2×16.5	10	1000	1200	562	1058	1.88	264	1580	5.99	0.158

结构类型	桥宽(m)	墩高	截面宽度（mm）	截面高度（mm）	抗弯承载力验算			抗剪承载力验算			最大裂缝宽度(mm)
					效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S(kN)	强度值 R(kN)	R/S	
25m 小箱梁	2×20.25	20	1200	1500	1179	1381	1.17	478	2161	4.52	0.164
		10	1000	1200	405	862	2.13	218	1568	7.19	0.137
		20	1200	1500	790	1360	1.72	392	2193	5.59	0.141
	2×12.75	15	1200	1500	1156	1471	1.27	477	2214	4.64	0.158
		25	1200	1500	1798	2281	1.27	622	2246	3.61	0.136
	2×16.5	15	1200	1500	1136	1509	1.33	471	2166	4.60	0.156
		25	1200	1500	1674	2338	1.40	559	2198	3.93	0.126
	2×20.25	15	1200	1500	736	1481	2.01	377	2198	5.83	0.124
		25	1200	1500	1123	1462	1.30	451	2198	4.87	0.157
30m 小箱梁	2×12.75	15	1200	1500	1388	1774	1.28	526	2226	4.23	0.173
		25	1200	1500	2268	2840	1.25	735	2269	3.09	0.128
		35	1500	1800	1992	2627	1.32	778	3248	4.18	0.139
	2×16.5	15	1200	1500	1379	1801	1.31	510	2178	4.27	0.173
		25	1200	1500	2159	2886	1.34	652	2219	3.40	0.136
		35	1500	1800	2098	2635	1.26	767	2924	3.81	0.158
	2×20.25	15	1200	1500	843	1454	1.72	373	2198	5.89	0.133
		25	1200	1500	1363	1757	1.29	495	2210	4.47	0.148
		35	1500	1800	1321	2608	1.97	605	3230	5.34	0.112

C.2.3 柱间系梁主要计算结果汇总

表 C.2.3 柱间系梁主要验算结果

结构类型	桥宽(m)	墩高	截面宽度（mm）	截面高度（mm）	抗弯承载力验算			抗剪承载力验算			裂缝宽度验算(mm)
					效应值 S (kN·m)	强度值 R (kN·m)	R/S	效应值 S (kN)	强度值 R(kN)	R/S	
30mT 梁	2×12.75	35	1200	1600	2840	3018	1.06	903	2613	2.89	0.168
	2×16.5	35	1200	1600	2706	3024	1.12	790	2459	3.11	0.173
	2×20.25	35	1200	1600	1852	2417	1.31	625	2572	4.11	0.18
40mT 梁	2×12.75	35	1400	1800	4285	4452	1.04	1323	3351	2.53	0.164
		45	1800	2000	6424	8484	1.32	2853	4454	1.56	0.104
		55	1800	2000	7631	8573	1.12	2523	5311	2.11	0.113
	2×16.5	35	1400	1800	4124	4421	1.07	1145	2999	2.62	0.171
	2×20.25	35	1400	1800	2795	3549	1.27	905	3302	3.65	0.175
30m 小箱梁	2×12.75	35	1200	1600	2541	3014	1.19	811	2596	3.20	0.16
	2×16.5	35	1200	1600	2449	3017	1.23	727	2459	3.38	0.167
	2×20.25	35	1200	1600	1659	2416	1.46	564	2555	4.53	0.168

C.3 涵洞

C.3.1 圆管涵主要计算结果汇总

表 C.3.1-1 1.25m 管节计算结果

填土高度(m)	内力计算结果（kN/m²）	承载力计算结果（kN/m²）	承载力是否满足要求	裂缝宽度验算(mm)
0.5	10.050	21.501	是	0.066
1	5.940	21.501	是	0.052
1.5	5.897	21.501	是	0.059
2	6.629	21.501	是	0.072
2.5	7.338	21.501	是	0.084
3	8.129	21.501	是	0.096
3.5	8.975	21.501	是	0.108
4	9.860	21.501	是	0.120
4.5	10.771	24.404	是	0.116
5	11.704	24.404	是	0.127
5.5	12.651	24.404	是	0.139
6	13.611	24.404	是	0.150
6.5	14.580	27.264	是	0.143
7	15.557	27.264	是	0.153
7.5	16.539	27.264	是	0.163
8	17.527	27.264	是	0.173
8.5	18.518	32.860	是	0.148
9	19.513	32.860	是	0.157
9.5	20.511	32.860	是	0.165
10	21.511	32.860	是	0.173
10.5	22.513	38.286	是	0.152
11	23.517	38.286	是	0.159
11.5	24.524	38.286	是	0.165
12	25.532	38.286	是	0.172
12.5	26.541	45.231	是	0.154
13	27.551	45.231	是	0.160
13.5	28.561	45.231	是	0.166
14	29.572	45.231	是	0.172
14.5	30.584	48.819	是	0.162
15	31.596	48.819	是	0.167
15.5	32.609	48.819	是	0.173
16	27.284	48.819	是	0.144

填土高度(m)	内力计算结果（kN/m²）	承载力计算结果（kN/m²）	承载力是否满足要求	裂缝宽度验算(mm)
16.5	28.099	48.819	是	0.149
17	28.915	48.819	是	0.153
17.5	29.731	48.819	是	0.157
18	30.548	48.819	是	0.162
18.5	31.364	52.319	是	0.152
19	32.181	52.319	是	0.156
19.5	32.998	52.319	是	0.160
20	33.816	52.319	是	0.164

表 C.3.1-2　1.5m 管节计算结果

填土高度(m)	内力计算结果（kN/m²）	承载力计算结果（kN/m²）	承载力是否满足要求	裂缝宽度验算(mm)
0.5	14.942	28.758	是	0.076
1	8.968	28.758	是	0.060
1.5	8.905	28.758	是	0.068
2	9.969	28.758	是	0.083
2.5	11.000	28.758	是	0.096
3	12.150	28.758	是	0.109
3.5	13.380	28.758	是	0.122
4	14.665	28.758	是	0.136
4.5	15.991	36.595	是	0.116
5	17.346	36.595	是	0.127
5.5	18.723	36.595	是	0.138
6	20.118	36.595	是	0.149
6.5	21.527	51.230	是	0.115
7	22.947	51.230	是	0.123
7.5	24.375	51.230	是	0.131
8	25.810	51.230	是	0.139
8.5	27.252	61.653	是	0.119
9	28.698	61.653	是	0.125
9.5	30.148	61.653	是	0.132
10	31.602	61.653	是	0.138
10.5	33.059	61.653	是	0.145
11	34.519	61.653	是	0.151
11.5	35.982	61.653	是	0.158
12	37.447	61.653	是	0.164
12.5	38.914	80.656	是	0.129
13	40.382	80.656	是	0.134

填土高度(m)	内力计算结果（kN/m²）	承载力计算结果（kN/m²）	承载力是否满足要求	裂缝宽度验算(mm)
13.5	41.850	80.656	是	0.139
14	43.320	80.656	是	0.144
14.5	44.791	80.656	是	0.149
15	46.262	80.656	是	0.154
15.5	47.734	80.656	是	0.159
16	49.207	80.656	是	0.164
16.5	50.680	87.018	是	0.153
17	52.154	87.018	是	0.158
17.5	53.628	87.018	是	0.162
18	55.103	87.018	是	0.167
18.5	56.578	87.018	是	0.171
19	47.113	87.018	是	0.142
19.5	48.301	87.018	是	0.146
20	49.489	87.018	是	0.150

表 C.3.1-3　1.8m 管节计算结果

填土高度(m)	内力计算结果（kN/m²）	承载力计算结果（kN/m²）	承载力是否满足要求	裂缝宽度验算(mm)
0.5	20.681	32.697	是	0.092
1	12.413	32.697	是	0.073
1.5	12.326	32.697	是	0.082
2	13.115	32.697	是	0.095
2.5	15.225	32.697	是	0.116
3	16.817	32.697	是	0.132
3.5	18.519	32.697	是	0.148
4	20.298	32.697	是	0.164
4.5	22.132	56.485	是	0.104
5	24.008	56.485	是	0.113
5.5	25.915	56.485	是	0.123
6	27.845	56.485	是	0.133
6.5	29.795	66.734	是	0.117
7	31.760	66.734	是	0.125
7.5	33.737	66.734	是	0.133
8	35.724	66.734	是	0.142
8.5	37.719	87.018	是	0.113
9	39.720	87.018	是	0.119
9.5	41.728	87.018	是	0.125
10	43.740	87.018	是	0.132

填土高度(m)	内力计算结果（kN/m²）	承载力计算结果（kN/m²）	承载力是否满足要求	裂缝宽度验算(mm)
10.5	45.757	99.255	是	0.116
11	47.777	99.255	是	0.121
11.5	49.802	99.255	是	0.126
12	51.830	99.255	是	0.132
12.5	53.860	100.666	是	0.140
13	55.892	100.666	是	0.146
13.5	57.925	100.666	是	0.151
14	59.959	100.666	是	0.156
14.5	61.994	108.160	是	0.147
15	64.031	108.160	是	0.152
15.5	66.068	108.160	是	0.156
16	68.107	108.160	是	0.161
16.5	70.146	115.377	是	0.152
17	72.186	115.377	是	0.156
17.5	74.226	115.377	是	0.161
18	76.267	115.377	是	0.165
18.5	78.309	122.318	是	0.156
19	80.351	122.318	是	0.160
19.5	82.393	122.318	是	0.164
20	84.436	122.318	是	0.168

C.3.2 盖板涵主要计算结果汇总

表 C.3.2 盖板涵计算结果

$L_0 \times H_0$	填土高度 H_t	盖板验算结果			涵台验算结果(分离式)		涵台验算结果（整体式）		基础验算结果			
		正截面抗弯承载力安全系数	裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	支点正截面抗压承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数
m	m											
2×2	0.5	2.85	0.07	2.50	24.62	23.52	32.98	24.78	115.20	15.02	0.03	9.65
	2	2.90	0.11	2.94	23.57	22.86	35.11	21.70	72.16	31.53	0.02	9.79
	4	1.87	0.19	1.89	13.82	15.83	23.52	16.09	13.30	16.61	0.03	6.11
	6	2.20	0.18	1.93	9.95	12.20	17.23	12.60	9.46	11.12	0.05	4.38
	8	2.17	0.19	1.73	-	-	13.56	10.46	7.31	8.34	0.06	3.41
	10	2.07	0.19	1.58	-	-	11.19	9.04	22.13	6.68	0.07	2.80
	12	1.98	0.19	1.37	-	-	9.52	8.01	5.02	5.57	0.09	2.38
	14	2.04	0.19	1.56	-	-	8.25	7.23	4.33	4.75	0.10	2.06
	16	1.93	0.19	1.39	-	-	7.65	6.77	16.41	5.71	0.09	1.90
	18	1.96	0.19	1.37	-	-	7.10	6.38	19.84	5.99	0.09	1.92
	20	1.88	0.19	1.50	-	-	6.43	5.98	18.01	5.38	0.10	1.74
2×2.5	0.5	2.85	0.07	2.50	22.62	21.30	30.81	19.47	72.35	24.78	0.02	9.22
	2	2.90	0.11	2.94	4.75	20.57	28.79	17.68	11.52	47.27	0.01	9.22
	4	1.87	0.19	1.89	2.92	14.56	19.94	13.32	7.70	25.25	0.02	5.88
	6	2.20	0.18	1.93	2.20	11.35	14.87	10.52	5.64	16.79	0.03	4.26

$L_0 \times H_0$	填土高度 H_t	盖板验算结果			涵台验算结果(分离式）		涵台验算结果（整体式）		基础验算结果			
		正截面抗弯承载力安全系数	裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	支点正截面抗压承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数
m	m											
	8	2.17	0.19	1.73	-	-	11.83	8.78	4.43	12.51	0.04	3.34
	10	2.07	0.19	1.58	-	-	9.83	7.61	3.65	9.98	0.05	2.75
	12	1.98	0.19	1.37	-	-	8.41	6.76	3.10	8.28	0.06	2.34
	14	2.04	0.19	1.56	-	-	7.32	6.10	2.69	7.05	0.07	2.03
	16	1.93	0.19	1.39	-	-	6.82	5.68	2.67	8.84	0.06	1.87
	18	1.96	0.19	1.37	-	-	6.25	5.28	3.32	9.58	0.06	1.90
	20	1.88	0.19	1.50	-	-	5.67	4.95	3.01	8.61	0.06	1.72
3×3	0.5	2.65	0.08	2.33	18.94	19.59	21.91	17.32	8.58	13.36	0.04	8.03
	2	2.76	0.12	2.85	15.85	18.44	19.19	15.83	7.23	15.50	0.04	7.41
	4	1.89	0.19	1.95	2.60	13.41	13.44	12.02	4.96	9.26	0.06	5.02
	6	2.00	0.19	1.74	7.73	10.72	9.08	8.92	3.73	5.48	0.09	3.52
	8	2.10	0.18	1.66	-	-	7.27	7.52	2.94	4.09	0.12	2.75
	10	2.22	0.18	1.52	-	-	6.09	6.60	2.43	3.28	0.15	2.28
	12	2.03	0.19	1.31	-	-	5.23	5.92	2.07	3.94	0.12	1.97
	14	2.05	0.19	1.52	-	-	4.56	5.38	1.80	3.36	0.14	1.70
	16	1.95	0.19	1.36	-	-	4.35	5.05	1.73	3.69	0.13	1.56
	18	2.05	0.19	1.38			3.90	4.71	1.55	3.27	0.14	1.39
	20	1.98	0.19	1.52			3.55	4.44	1.41	3.16	0.14	1.27

$L_0 \times H_0$	填土高度 H_t	盖板验算结果			涵台验算结果(分离式）		涵台验算结果（整体式）		基础验算结果			
		正截面抗弯承载力安全系数	裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	支点正截面抗压承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数
m	m											
3×3.5	0.5	2.65	0.08	2.33	16.36	18.10	18.45	14.98	5.66	21.33	0.03	7.67
	2	2.76	0.12	2.85	3.21	17.04	15.45	13.89	5.26	22.50	0.03	7.05
	4	1.89	0.19	1.95	2.04	12.60	11.01	10.69	3.71	13.05	0.04	4.85
	6	2.00	0.19	1.74	1.73	10.15	7.38	8.03	2.77	7.48	0.07	3.43
	8	2.10	0.18	1.66	-	-	6.01	6.80	2.20	5.47	0.10	2.70
	10	2.22	0.18	1.52	-	-	5.09	5.98	1.84	4.34	0.12	2.24
	12	2.03	0.19	1.31	-	-	4.41	5.37	1.57	4.29	0.12	1.92
	14	2.05	0.19	1.52	-	-	3.87	4.89	1.37	3.64	0.14	1.67
	16	1.95	0.19	1.36	-	-	3.75	4.57	1.30	4.20	0.12	1.52
	18	2.05	0.19	1.38	-	-	3.37	4.27	1.17	3.70	0.14	1.36
	20	1.98	0.19	1.52	-	-	3.08	4.02	1.06	3.32	0.15	1.24
4×3	0.5	2.92	0.07	2.60	16.48	18.43	16.85	17.06	6.55	9.49	0.05	7.31
	2	2.80	0.11	2.81	14.61	17.05	13.79	15.28	5.69	8.45	0.06	6.27
	4	1.93	0.19	1.94	8.97	12.50	9.35	11.63	3.85	5.40	0.09	4.24
	6	1.90	0.19	1.64	6.99	10.13	6.56	8.78	2.99	3.41	0.13	2.96
	8	2.07	0.19	1.61	-	-	5.21	7.45	2.33	2.59	0.18	2.30
	10	2.05	0.19	2.55	-	-	4.36	6.58	1.93	3.11	0.14	1.94
	12	1.92	0.19	2.53	-	-	3.74	5.95	1.64	2.63	0.17	1.65

$L_0 \times H_0$	填土高度 H_t	盖板验算结果			涵台验算结果(分离式）		涵台验算结果（整体式）		基础验算结果			
		正截面抗弯承载力安全系数	裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	支点正截面抗压承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数
m	m											
	14	1.94	0.19	2.51	-	-	3.26	5.45	1.42	2.73	0.16	1.45
	16	1.80	0.19	2.34	-	-	3.19	5.17	1.37	2.74	0.16	1.32
	18	1.84	0.19	2.20	-	-	3.20	4.98	1.68	2.64	0.16	1.29
	20	1.79	0.19	2.24	-	-	2.91	4.72	1.52	2.58	0.16	1.18
4×4	0.5	2.92	0.07	2.60	14.52	16.86	16.53	13.32	5.84	15.25	0.04	7.32
	2	2.80	0.11	2.81	3.12	15.62	13.37	12.19	5.25	12.96	0.04	6.30
	4	1.93	0.19	1.94	2.06	11.83	9.62	9.56	3.72	7.96	0.06	4.37
	6	1.90	0.19	1.64	6.66	9.69	6.84	7.38	2.85	4.88	0.10	3.11
	8	2.07	0.19	1.61	-	-	5.60	6.32	2.27	3.64	0.13	2.44
	10	2.05	0.19	2.55	-	-	4.76	5.62	1.89	3.45	0.14	2.04
	12	1.92	0.19	2.53	-	-	4.14	5.09	1.63	2.89	0.16	1.74
	14	1.94	0.19	2.51	-	-	3.64	4.67	1.42	3.05	0.15	1.53
	16	1.80	0.19	2.34	-	-	3.50	4.40	1.34	3.16	0.14	1.39
	18	1.84	0.19	2.20	-	-	3.36	4.16	1.50	3.07	0.15	1.35
	20	1.79	0.19	2.24	-	-	3.07	3.95	1.37	2.76	0.17	1.23
4×5	0.5	2.92	0.07	2.60	3.32	16.01	13.20	12.28	3.91	30.02	0.02	7.15
	2	2.80	0.11	2.81	2.73	14.90	3.08	11.39	3.79	24.07	0.02	6.15
	4	1.93	0.19	1.94	1.97	11.59	2.31	9.10	2.79	14.47	0.04	4.39

$L_0 \times H_0$	填土高度 H_t	盖板验算结果			涵台验算结果(分离式）		涵台验算结果（整体式）		基础验算结果			
		正截面抗弯承载力安全系数	裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	支点正截面抗压承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数
m	m											
	6	1.90	0.19	1.64	1.64	9.54	1.63	7.11	2.17	9.85	0.06	3.34
	8	2.07	0.19	1.61	-	-	5.19	6.17	1.72	6.19	0.09	2.53
	10	2.05	0.19	2.55	-	-	4.49	5.50	1.46	4.91	0.11	2.12
	12	1.92	0.19	2.53	-	-	3.95	4.98	1.26	4.07	0.13	1.82
	14	1.94	0.19	2.51	-	-	3.51	4.57	1.10	3.96	0.13	1.60
	16	1.80	0.19	2.34	-	-	3.40	4.29	1.04	4.28	0.12	1.45
	18	1.84	0.19	2.20	-	-	3.20	4.02	1.11	4.19	0.12	1.40
	20	1.79	0.19	2.24	-	-	2.93	3.81	1.01	3.76	0.14	1.28
5×4	0.5	3.17	0.07	2.84	15.35	16.85	14.89	13.39	6.71	10.10	0.05	7.37
	2	2.83	0.12	2.79	13.32	15.41	11.81	12.04	5.76	7.98	0.06	6.04
	4	1.93	0.19	1.92	2.08	11.19	8.50	9.53	4.04	5.06	0.09	4.15
	6	2.01	0.19	1.76	5.89	9.11	6.26	7.38	3.34	3.59	0.13	3.07
	8	2.06	0.19	1.57			5.14	6.46	2.59	3.15	0.15	2.32
	10	2.02	0.19	2.77	-	-	4.36	5.79	2.16	2.57	0.18	1.93
	12	1.86	0.19	2.37	-	-	3.78	5.28	1.85	2.64	0.17	1.66
	14	1.90	0.19	2.19	-	-	3.32	4.87	1.61	2.64	0.16	1.46
	16	1.76	0.19	2.14	-	-	3.16	4.62	1.52	2.61	0.16	1.32
	18	1.79	0.19	2.01	-	-	3.07	4.42	1.71	2.49	0.17	1.27

$L_0 \times H_0$	填土高度 H_t	盖板验算结果			涵台验算结果(分离式）		涵台验算结果（整体式）		基础验算结果			
		正截面抗弯承载力安全系数	裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	支点正截面抗压承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数
m	m											
	20	1.77	0.19	2.07	-	-	2.80	4.21	1.56	2.41	0.17	1.16
5×5	0.5	3.17	0.07	2.84	3.25	15.40	12.81	12.29	4.69	15.37	0.04	7.14
	2	2.83	0.12	2.79	2.76	14.16	2.66	11.21	4.06	11.57	0.05	5.89
	4	1.93	0.19	1.92	2.03	11.08	1.99	9.03	2.96	7.13	0.07	4.16
	6	2.01	0.19	1.76	1.69	9.12	1.44	7.12	2.34	4.89	0.10	3.13
	8	2.06	0.19	1.57	-	-	4.59	6.24	1.84	3.33	0.15	2.37
	10	2.02	0.19	2.77	-	-	3.96	5.59	1.55	3.35	0.14	2.00
	12	1.86	0.19	2.37	-	-	3.48	5.10	1.34	2.82	0.17	1.71
	14	1.90	0.19	2.19	-	-	3.09	4.70	1.17	2.91	0.16	1.50
	16	1.76	0.19	2.14	-	-	2.98	4.44	1.10	2.91	0.16	1.36
	18	1.79	0.19	2.01	-	-	2.89	4.21	1.19	2.76	0.17	1.31
	20	1.77	0.19	2.07	-	-	2.65	4.00	1.09	2.70	0.17	1.20
5×6	0.5	3.17	0.07	2.84	2.68	14.59	10.86	11.28	4.03	29.45	0.02	7.28
	2	2.83	0.12	2.79	2.40	13.49	2.38	10.40	3.56	21.04	0.03	6.06
	4	1.93	0.19	1.92	1.86	10.78	1.86	8.53	2.69	12.47	0.05	4.39
	6	2.01	0.19	1.76	1.57	8.98	1.52	7.18	2.11	8.28	0.07	3.34
	8	2.06	0.19	1.57	-	-	4.94	6.32	1.69	5.33	0.10	2.56
	10	2.02	0.19	2.77	-	-	4.31	5.68	1.44	4.26	0.12	2.16

$L_0 \times H_0$	填土高度 H_t	盖板验算结果			涵台验算结果(分离式）		涵台验算结果（整体式）		基础验算结果			
		正截面抗弯承载力安全系数	裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	支点正截面抗压承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数
m	m											
	12	1.86	0.19	2.37	-	-	3.46	4.96	1.28	3.55	0.15	1.87
	14	1.90	0.19	2.19	-	-	3.09	4.57	1.12	3.68	0.14	1.64
	16	1.76	0.19	2.14	-	-	2.98	4.30	1.05	3.78	0.13	1.49
	18	1.79	0.19	2.01	-	-	2.82	4.06	1.09	3.59	0.14	1.42
	20	1.77	0.19	2.07	-	-	2.59	3.85	1.00	3.23	0.16	1.30
6×4	0.5	3.14	0.07	2.90	13.79	16.05	13.30	13.33	6.61	9.02	0.05	7.10
	2	2.66	0.11	2.27	12.30	14.63	10.28	11.94	5.46	6.76	0.07	5.58
	4	1.78	0.19	1.79	7.11	10.68	7.35	9.53	3.78	4.30	0.11	3.78
	6	1.94	0.19	1.69	5.38	8.70	5.54	7.45	3.10	3.04	0.15	2.77
	8	1.82	0.19	1.41	-	-	4.50	6.59	2.39	2.67	0.17	2.10
	10	1.81	0.19	2.42	-	-	3.81	5.93	1.99	2.57	0.17	1.76
	12	1.69	0.19	2.08	-	-	3.30	5.44	1.70	2.46	0.17	1.52
	14	1.89	0.19	2.23	-	-	2.88	5.04	1.47	2.35	0.17	1.33
	16	1.78	0.19	2.17	-	-	2.74	4.81	1.39	2.39	0.16	1.21
	18	1.79	0.19	2.02	-	-	2.71	4.65	1.58	2.38	0.16	1.15
	20	1.73	0.19	2.06	-	-	2.47	4.45	1.44	2.25	0.17	1.05
6×5	0.5	3.14	0.07	2.90	3.06	14.81	11.51	12.24	5.32	11.82	0.04	7.29
	2	2.66	0.11	2.27	2.78	13.58	2.39	11.12	4.49	8.59	0.06	5.80

$L_0 \times H_0$	填土高度 H_t	盖板验算结果			涵台验算结果(分离式）		涵台验算结果（整体式）		基础验算结果			
		正截面抗弯承载力安全系数	裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	偏心受压承载力安全系数	直接受剪承载力安全系数	支点正截面抗压承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝宽度 mm	斜截面抗剪承载力安全系数
m	m											
	4	1.78	0.19	1.79	2.13	10.68	1.80	9.04	3.23	5.41	0.09	4.03
	6	1.94	0.19	1.69	6.10	8.78	4.96	7.18	2.57	3.75	0.13	3.00
	8	1.82	0.19	1.41	-	-	4.16	6.27	2.08	2.89	0.16	2.39
	10	1.81	0.19	2.42	-	-	3.66	5.77	1.86	2.86	0.17	1.92
	12	1.69	0.19	2.08	-	-	3.20	5.26	1.47	2.60	0.17	1.66
	14	1.89	0.19	2.23	-	-	2.82	4.87	1.28	2.54	0.17	1.45
	16	1.78	0.19	2.17	-	-	2.71	4.62	1.21	2.61	0.16	1.32
	18	1.79	0.19	2.02	-	-	2.56	4.39	1.19	2.53	0.16	1.22
	20	1.73	0.19	2.06	-	-	2.35	4.19	1.09	2.40	0.17	1.12
6×6	0.5	3.14	0.07	2.90	2.57	14.14	2.61	11.23	4.49	18.20	0.03	7.33
	2	2.66	0.11	2.27	2.42	13.03	2.16	10.33	3.89	12.52	0.04	5.91
	4	1.78	0.19	1.79	1.95	10.46	1.69	8.54	2.91	7.63	0.07	4.22
	6	1.94	0.19	1.69	1.65	8.70	1.37	7.21	2.26	5.24	0.10	3.18
	8	1.82	0.19	1.41	-	-	4.35	6.32	1.85	4.01	0.12	2.56
	10	1.81	0.19	2.42	-	-	3.88	5.79	1.54	2.94	0.17	2.05
	12	1.69	0.19	2.08	-	-	3.20	5.09	1.38	2.99	0.16	1.79
	14	1.89	0.19	2.23	-	-	2.85	4.71	1.21	2.77	0.17	1.56
	16	1.78	0.19	2.17	-	-	2.73	4.46	1.13	2.71	0.17	1.41
	18	1.79	0.19	2.02	-	-	2.56	4.22	1.10	2.66	0.17	1.31
	20	1.73	0.19	2.06	-	-	2.36	4.02	1.08	2.69	0.17	1.20

C.3.3 箱涵主要计算结果汇总

表 C.3.3 箱涵计算结果

$L_0 \times H_0$	填土高度 T_h	顶底板厚度 δ	侧墙厚度 t	顶板验算结果					底板验算结果					侧墙验算结果				
				跨中正截面承载力安全系数	跨中裂缝(mm)	端部正截面承载力安全系数	端部裂缝(mm)	斜截面抗剪承载力安全系数	跨中正截面承载力安全系数	跨中裂缝(mm)	端部正截面承载力安全系数	端部裂缝(mm)	斜截面抗剪承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝(mm)	端部正截面抗压承载力安全系数	端部裂缝(mm)	斜截面抗剪承载力安全系数
(m×m)	(m)	(m)	(m)															
2mx2m	0.5	0.3	0.3	1.56	0.09	1.90	0.08	3.18	1.57	0.07	1.57	0.08	4.25	8.83	0.02	2.38	0.07	5.21
	1	0.3	0.3	2.56	0.06	3.27	0.05	5.20	2.60	0.05	2.81	0.05	6.35	17.49	0.01	4.55	0.05	8.38
	2	0.3	0.3	2.45	0.07	3.56	0.05	5.13	2.49	0.06	3.23	0.05	5.68	21.05	0.01	5.90	0.05	9.22
	3	0.3	0.3	1.90	0.10	3.10	0.07	4.13	1.92	0.09	2.91	0.06	4.35	16.84	0.02	5.84	0.06	8.63
	4	0.3	0.3	1.56	0.13	2.68	0.08	3.43	1.57	0.12	2.57	0.07	3.54	14.01	0.02	5.41	0.07	7.80
	5	0.3	0.3	1.65	0.13	2.32	0.09	2.90	1.66	0.12	2.25	0.09	2.96	11.70	0.02	4.88	0.08	6.99
	6	0.3	0.3	1.41	0.15	2.03	0.10	2.50	1.42	0.14	1.98	0.10	2.53	9.88	0.03	4.36	0.09	6.28
3mx3m	0.5	0.42	0.38	1.39	0.11	1.58	0.10	2.84	1.41	0.09	1.26	0.11	3.75	8.21	0.02	1.58	0.12	3.94
	1	0.42	0.38	2.30	0.08	2.65	0.07	4.58	2.36	0.06	2.21	0.07	5.54	26.18	0.02	2.91	0.08	6.05
	2	0.42	0.38	2.21	0.09	2.88	0.07	4.52	2.27	0.08	2.55	0.07	4.98	27.18	0.05	3.67	0.08	6.57
	3	0.42	0.38	1.82	0.12	2.61	0.08	3.83	1.86	0.10	2.40	0.08	4.04	25.68	0.16	3.68	0.09	6.20
	4	0.42	0.38	1.39	0.16	2.22	0.10	3.05	1.42	0.15	2.10	0.10	3.15	15.37	0.08	3.40	0.11	5.67
	5	0.42	0.38	1.74	0.13	2.39	0.09	2.62	1.77	0.12	2.29	0.09	2.67	12.02	0.07	3.60	0.10	5.22
	6	0.42	0.38	1.49	0.16	2.11	0.11	2.26	1.50	0.15	2.04	0.11	2.29	9.99	0.06	3.23	0.11	4.74
4mx3m	0.5	0.42	0.38	1.15	0.14	2.34	0.08	3.05	1.16	0.12	2.01	0.07	3.62	4.60	0.05	2.84	0.07	5.36
	1	0.42	0.38	1.85	0.11	3.19	0.06	4.80	1.87	0.09	2.83	0.06	5.39	8.60	0.04	4.32	0.06	8.12

$L_0 \times H_0$	填土高度 T_h	顶底板厚度 δ	侧墙厚度 t	顶板验算结果					底板验算结果					侧墙验算结果				
				跨中正截面承载力安全系数	跨中裂缝 (mm)	端部正截面承载力安全系数	端部裂缝 (mm)	斜截面抗剪承载力安全系数	跨中正截面承载力安全系数	跨中裂缝 (mm)	端部正截面承载力安全系数	端部裂缝 (mm)	斜截面抗剪承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝 (mm)	端部正截面抗压承载力安全系数	端部裂缝 (mm)	斜截面抗剪承载力安全系数
(m×m)	(m)	(m)	(m)															
	2	0.42	0.38	1.76	0.13	3.34	0.07	4.66	1.78	0.11	3.10	0.06	4.95	9.24	0.04	5.17	0.07	8.82
	3	0.42	0.38	1.46	0.16	2.95	0.08	3.92	1.47	0.15	2.81	0.08	4.05	7.81	0.05	4.96	0.08	8.33
	4	0.5	0.45	1.48	0.17	2.81	0.08	3.58	1.49	0.16	2.71	0.08	3.65	8.34	0.05	5.47	0.08	8.18
	5	0.5	0.45	1.70	0.16	2.82	0.09	2.91	1.71	0.15	2.75	0.08	2.95	6.35	0.06	5.33	0.08	7.51
	6	0.5	0.45	1.46	0.18	2.47	0.10	2.51	1.47	0.18	2.42	0.10	2.53	5.42	0.07	4.74	0.09	6.83
4mx4m	0.5	0.42	0.38	1.22	0.13	1.88	0.10	2.91	1.25	0.11	1.51	0.10	3.84	5.84	0.01	1.89	0.10	3.90
	1	0.42	0.38	2.04	0.09	2.58	0.08	4.64	2.12	0.07	2.15	0.08	5.61	13.84	0.02	2.85	0.09	5.74
	2	0.42	0.38	1.95	0.11	2.79	0.08	4.58	2.03	0.09	2.47	0.08	5.04	14.02	0.02	3.58	0.09	6.19
	3	0.42	0.38	1.60	0.14	2.54	0.09	3.88	1.65	0.12	2.33	0.09	4.10	14.50	0.04	3.63	0.10	5.87
	4	0.5	0.45	1.61	0.15	2.46	0.09	3.56	1.65	0.13	2.31	0.09	3.68	17.17	0.11	4.01	0.10	5.85
	5	0.5	0.45	1.82	0.14	2.54	0.09	2.90	1.85	0.13	2.37	0.09	2.96	12.32	0.14	4.18	0.10	5.41
	6	0.5	0.45	1.55	0.17	2.24	0.11	2.51	1.58	0.16	2.13	0.10	2.54	10.09	0.11	3.78	0.11	4.95
4mx5m	0.5	0.42	0.38	1.41	0.11	1.64	0.10	2.81	1.49	0.08	1.15	0.11	4.23	4.99	0.13	1.61	0.12	3.07
	1	0.42	0.38	2.59	0.07	1.97	0.10	4.46	2.88	0.04	1.57	0.11	5.90	5.49	0.14	1.84	0.13	4.30
	2	0.42	0.38	2.52	0.08	2.17	0.10	4.48	2.79	0.06	1.85	0.11	5.17	5.53	0.15	2.34	0.13	4.61
	3	0.42	0.38	2.01	0.10	2.02	0.11	3.83	2.18	0.08	1.79	0.11	4.15	5.23	0.16	2.43	0.14	4.40
	4	0.5	0.45	1.97	0.11	2.00	0.11	3.53	2.10	0.09	1.83	0.11	3.70	6.42	0.11	2.73	0.14	4.42
	5	0.5	0.45	2.15	0.11	2.11	0.11	2.89	2.25	0.10	1.90	0.11	2.97	6.50	0.09	3.03	0.13	4.12
	6	0.5	0.45	1.81	0.13	1.88	0.12	2.50	1.88	0.12	1.72	0.12	2.55	6.02	0.09	2.80	0.14	3.80

$L_0 \times H_0$	填土高度 T_h	顶底板厚度 δ	侧墙厚度 t	顶板验算结果					底板验算结果					侧墙验算结果				
				跨中正截面承载力安全系数	跨中裂缝 (mm)	端部正截面承载力安全系数	端部裂缝 (mm)	斜截面抗剪承载力安全系数	跨中正截面承载力安全系数	跨中裂缝 (mm)	端部正截面承载力安全系数	端部裂缝 (mm)	斜截面抗剪承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝 (mm)	端部正截面抗压承载力安全系数	端部裂缝 (mm)	斜截面抗剪承载力安全系数
(m×m)	(m)	(m)	(m)															
5mx4m	0.5	0.5	0.45	1.20	0.15	2.06	0.09	2.74	1.21	0.12	1.74	0.09	3.30	5.11	0.04	2.24	0.09	4.30
	1	0.5	0.45	1.92	0.11	2.78	0.08	4.28	1.96	0.09	2.43	0.07	4.86	9.98	0.02	3.32	0.08	6.28
	2	0.5	0.45	1.83	0.12	2.93	0.08	4.17	1.87	0.11	2.68	0.07	4.45	10.57	0.02	3.95	0.08	6.76
	3	0.5	0.45	1.52	0.16	2.61	0.09	3.52	1.54	0.14	2.46	0.09	3.65	8.90	0.03	3.81	0.09	6.42
	4	0.6	0.5	1.48	0.17	3.26	0.07	3.31	1.50	0.16	3.04	0.07	3.38	9.36	0.02	4.70	0.08	6.18
	5	0.6	0.5	1.83	0.14	2.86	0.08	2.83	1.85	0.14	2.72	0.08	2.87	7.74	0.03	4.24	0.09	5.67
	6	0.6	0.5	1.47	0.18	2.42	0.10	2.31	1.48	0.17	2.35	0.10	2.33	5.89	0.04	3.70	0.10	5.20
5mx5m	0.5	0.5	0.45	1.27	0.13	1.71	0.11	2.64	1.31	0.11	1.37	0.11	3.46	6.29	0.02	1.62	0.12	3.32
	1	0.5	0.45	2.14	0.09	2.30	0.09	4.17	2.24	0.07	1.92	0.09	5.01	11.11	0.03	2.37	0.10	4.73
	2	0.5	0.45	2.05	0.11	2.48	0.09	4.11	2.14	0.09	2.19	0.09	4.52	11.51	0.03	2.91	0.11	5.06
	3	0.5	0.45	1.67	0.14	2.27	0.10	3.49	1.74	0.12	2.07	0.10	3.68	10.87	0.03	2.92	0.12	4.83
	4	0.6	0.5	1.64	0.15	2.33	0.10	3.26	1.70	0.13	2.15	0.10	3.36	10.58	0.03	3.09	0.12	4.64
	5	0.6	0.5	2.00	0.13	2.50	0.09	2.82	2.06	0.12	2.26	0.09	2.87	10.65	0.04	3.33	0.11	4.34
	6	0.6	0.5	1.58	0.16	2.16	0.11	2.31	1.62	0.15	2.01	0.11	2.34	10.70	0.12	2.99	0.12	4.00
6mx4m	0.5	0.6	0.5	1.29	0.15	2.50	0.08	2.68	1.30	0.12	2.16	0.07	3.05	4.39	0.05	2.58	0.07	4.54
	1	0.6	0.5	2.02	0.11	3.11	0.07	4.09	2.05	0.09	2.76	0.07	4.47	7.87	0.04	3.57	0.07	6.54
	2	0.6	0.5	1.93	0.13	3.21	0.07	3.95	1.96	0.11	2.98	0.07	4.14	8.22	0.04	4.07	0.08	7.03
	3	0.6	0.5	1.61	0.16	2.84	0.09	3.34	1.63	0.14	2.70	0.08	3.43	6.93	0.06	3.83	0.09	6.69
	4	0.7	0.6	1.58	0.17	2.60	0.10	3.05	1.59	0.16	2.51	0.09	3.09	7.14	0.06	3.97	0.10	6.75

$L_0 \times H_0$	填土高度 T_h	顶底板厚度 δ	侧墙厚度 t	顶板验算结果					底板验算结果					侧墙验算结果				
				跨中正截面承载力安全系数	跨中裂缝 (mm)	端部正截面承载力安全系数	端部裂缝 (mm)	斜截面抗剪承载力安全系数	跨中正截面承载力安全系数	跨中裂缝 (mm)	端部正截面承载力安全系数	端部裂缝 (mm)	斜截面抗剪承载力安全系数	跨中正截面抗压承载力安全系数	跨中裂缝 (mm)	端部正截面抗压承载力安全系数	端部裂缝 (mm)	斜截面抗剪承载力安全系数
(m×m)	(m)	(m)	(m)															
	5	0.7	0.6	1.96	0.14	2.92	0.09	2.65	1.98	0.14	2.85	0.08	2.67	5.85	0.06	4.17	0.09	6.31
	6	0.7	0.6	1.69	0.17	2.57	0.10	2.30	1.71	0.16	2.52	0.10	2.31	5.02	0.08	3.71	0.10	5.80
6mx5m	0.5	0.6	0.5	1.33	0.14	2.17	0.09	2.60	1.35	0.11	1.77	0.09	3.16	5.14	0.02	1.98	0.10	3.53
	1	0.6	0.5	2.15	0.10	2.69	0.08	4.01	2.22	0.08	2.28	0.08	4.57	11.18	0.01	2.72	0.09	4.96
	2	0.6	0.5	2.05	0.12	2.84	0.08	3.91	2.12	0.10	2.54	0.08	4.18	13.29	0.02	3.22	0.10	5.30
	3	0.6	0.5	1.70	0.15	2.57	0.09	3.32	1.74	0.13	2.37	0.09	3.45	10.95	0.02	3.14	0.11	5.06
	4	0.7	0.6	1.65	0.15	2.40	0.10	3.03	1.68	0.14	2.28	0.10	3.10	10.66	0.03	3.37	0.11	5.16
	5	0.7	0.6	2.04	0.13	2.73	0.09	2.64	2.08	0.12	2.59	0.09	2.68	8.19	0.02	3.68	0.10	4.86
	6	0.7	0.6	1.75	0.16	2.42	0.10	2.29	1.78	0.15	2.33	0.10	2.32	6.79	0.03	3.31	0.11	4.48

C.3.4 拱涵主要计算结果汇总

表 C.3.4 拱涵计算结果

构造参数							拱圈验算结果		基础验算结果		涵台验算结果		
拱顶填土	净跨径	拱圈厚度	涵台顶宽	涵台底宽	涵台高度	基础高度	正截面抗压承载力安全系数	裂缝宽度 W_{cr} mm	正截面抗压承载力安全系数	斜截面抗剪承载力安全系数	偏心距验算是否满足规范要求	台底截面稳定验算安全系数	台口斜截面承载力安全系数
T_h	L_0	t	b	b 底	h	HD							
m	m	cm	m	m	m	m							
16	2	28	0.8	1.4	2.00	1.00	3.39	0.05	4.13	2.41	满足	9.11	2.88
17	2	28	0.8	1.4	2.00	1.00	3.19	0.06	3.88	2.28	满足	8.65	2.77
18	2	28	0.8	1.4	2.00	1.00	3.02	0.06	3.66	2.16	满足	8.23	2.67
19	2	28	0.8	1.4	2.00	1.00	2.86	0.06	3.46	2.06	满足	7.84	2.59
20	2	28	0.8	1.4	2.00	1.00	2.72	0.07	3.28	1.97	满足	7.50	2.51
21	2	28	0.8	1.4	2.00	1.00	2.60	0.07	3.12	1.88	满足	7.18	2.44
22	2	28	0.8	1.4	2.00	1.00	2.48	0.07	2.98	1.80	满足	6.88	2.38
23	2	28	0.8	1.4	2.00	1.00	2.37	0.08	2.85	1.73	满足	6.61	2.32
24	2	28	0.8	1.4	2.00	1.00	2.28	0.08	2.73	1.66	满足	6.37	2.27
16	4	50	1.4	2.25	3.00	1.20	2.82	0.12	1.40	1.33	满足	8.69	2.65
17	4	50	1.4	2.25	3.00	1.20	2.66	0.13	1.32	1.27	满足	8.28	2.56
18	4	50	1.4	2.25	3.00	1.20	2.52	0.13	1.25	1.21	满足	7.90	2.48
19	4	50	1.4	2.25	3.00	1.20	2.39	0.14	1.19	1.15	满足	7.56	2.40
20	4	50	1.4	2.25	3.00	1.20	2.28	0.15	1.14	1.10	满足	7.25	2.33
21	4	50	1.4	2.25	3.00	1.20	2.17	0.15	1.08	1.05	满足	6.96	2.27
16	4	50	1.4	2.5	4.00	1.20	2.82	0.12	1.50	1.28	满足	7.83	2.65
17	4	50	1.4	2.5	4.00	1.20	2.66	0.13	1.42	1.22	满足	7.49	2.56

构造参数							拱圈验算结果		基础验算结果		涵台验算结果		
拱顶填土	净跨径	拱圈厚度	涵台顶宽	涵台底宽	涵台高度	基础高度	正截面抗压承载力安全系数	裂缝宽度 W_{cr} mm	正截面抗压承载力安全系数	斜截面抗剪承载力安全系数	偏心距验算是否满足规范要求	台底截面稳定验算安全系数	台口斜截面承载力安全系数
T_h	L_0	t	b	b 底	h	HD							
m	m	cm	m	m	m	m							
18	4	50	1.4	2.5	4.00	1.20	2.52	0.13	1.35	1.16	满足	7.17	2.48
19	4	50	1.4	2.5	4.00	1.20	2.39	0.14	1.28	1.11	满足	6.87	2.40
20	4	50	1.4	2.5	4.00	1.20	2.28	0.15	1.23	1.06	满足	6.60	2.33
21	4	50	1.4	2.5	4.00	1.20	2.17	0.15	1.17	1.03	满足	6.35	2.27
16	6	70	1.8	2.9	4.00	1.70	3.73	0.15	1.28	1.39	满足	8.43	2.12
17	6	70	1.8	2.9	4.00	1.70	3.56	0.16	1.21	1.33	满足	8.05	2.07
18	6	70	1.8	2.9	4.00	1.70	3.01	0.16	1.15	1.27	满足	7.70	2.02
19	6	70	1.8	2.9	4.00	1.70	2.82	0.16	1.10	1.21	满足	7.38	1.98
20	6	70	1.8	2.9	4.00	1.70	2.65	0.17	1.06	1.16	满足	7.08	1.94
16	6	70	1.8	3.15	5.00	1.70	3.73	0.15	1.32	1.35	满足	8.10	2.12
17	6	70	1.8	3.15	5.00	1.70	3.56	0.16	1.26	1.29	满足	7.74	2.07
18	6	70	1.8	3.15	5.00	1.70	3.01	0.16	1.20	1.23	满足	7.41	2.02
19	6	70	1.8	3.15	5.00	1.70	2.82	0.16	1.15	1.18	满足	7.11	1.98
20	6	70	1.8	3.15	5.00	1.70	2.65	0.17	1.10	1.13	满足	6.84	1.94

附录 D　矮肋双 T 梁横断面布置研究

部颁空心板通用图从 2008 年颁布至今已有十余年，经过多年运营，普遍存在结构变形大、刚度不足、铰缝易损坏脱落、支座易脱空、底板开裂等病害，矮肋双 T 梁设计的出发点主要作为 10m～16m 空心板的替代结构，设计时需满足新时期建设相关需求，如荷载等级提高较大，对结构耐久性要求更高；在高速公路改扩建项目中，需考虑新旧结构的衔接匹配问题；此外，为适应行业数字化、智能制造发展，结构构造应力求简洁、便于施工。为保证结构设计合理，本次标准图编制针对矮肋双 T 梁横断面构造主要做了如下研究：

D.1　梁高

通过调研 10m、13m、16m 预制空心板、矮肋 T 梁的设计及运营情况，得到以下数据：

表 D.1　通用图调研梁高参数

调研情况	梁高（cm）		
	10m 跨径	**13m 跨径**	**16m 跨径**
空心板（08 部颁）	60	70	80
单肋 T 梁（安徽院）	75	85	95
单肋 T 梁（浙江院）	60	75	90
双 T 梁（广东院）	60	75	90
双 T 梁（河北院）	56	78	89
双 T 梁（中交一院）	55	65	80
建议梁高	**60**	**75**	**90**

从调研情况看，各单位矮 T 梁梁高大多数采用的梁高分别为 60cm（10m 跨）、75cm（13m 跨）、90cm（16m 跨），根据河北省地方标准《公路全预制装配式双 T 梁桥技术规范》(DB 13/T 5578-2022)，第 6.2.6 条建议梁高宜取计算跨径的 1/17，与上述建议梁高接近，因此本次设计 10m、13m、16m 跨梁高分别取值 60cm、75cm、90cm。

D.2　梁肋

不同于 20m 跨径以上宽翼板 T 梁在梁肋下方设置马蹄，矮肋 T 梁由于属于密肋式体系，梁高较矮，目前各设计院矮 T 梁版本梁肋均没有设置马蹄。由于跨径较小，采用变截面经济性并不突出，反而增加施工复杂性，故梁肋全跨采用等截面形式。

通过调研施工单位反馈的 T 梁施工问题，直腹式梁肋存在脱模困难，本次设计梁肋高度方向设置 35:1 斜率，端横梁侧面同样在高度方向设置 35:1 斜率，梁肋底面设置

半径 25mm 圆倒角。

D.3 预制梁肋间距与梁片数

预制梁肋间距和梁片数是桥梁横断面布置控制性参数，对荷载横向分布、结构受力、经济性影响较大。

为得到合理的梁间距及梁片数，编制组对预制梁肋间距分别选取 1.2m、1.35m、1.5m、1.65m，湿接缝宽度控制 40～70cm，进行相关分析，得出可能梁片数，预制梁横向布置方案如表 D.3。

表 D.3 预制梁横向布置方案

预制梁肋间距（cm）	桥宽（m）	梁片数		预制梁肋间距（cm）	桥宽（m）	梁片数
120	12.75	4		150	12.75	4
		5				5
	16.5	5			16.5	5
		6				6
	20.25	6			20.25	6
		7				7
		8				8
135	12.75	4		165	12.75	4
		5			16.5	5
	16.5	5				6
		6			20.25	6
	20.25	6				7
		7				
		8				

D.3.1 梁肋间距分析

对表 D.3 方案分别进行梁肋间距分析，比较各方案梁肋分布的均匀性，梁肋分布越均匀则上部荷载传递更均匀，梁板受力更匀称，方案相对更合理。分析结果见表 D.3.1-1。

表 D.3.1-1 梁肋间距分析表

预制梁肋间距（cm）	桥宽（m）	梁片数	湿接缝两侧梁肋间距（cm）	梁肋间距差值百分比	最佳方案
120	12.75	4	215.000	79.2%	
		5	**146.300**	**21.9%**	√
	16.5	5	222.500	85.4%	
		6	**164.000**	**36.7%**	√

预制梁肋间距（cm）	桥宽（m）	梁片数	湿接缝两侧梁肋间距（cm）	梁肋间距差值百分比	最佳方案
	20.25	6	227.000	89.2%	
		7	177.500	47.9%	
		8	**139.300**	**16.1%**	√
135	12.75	4	198.300	46.9%	
		5	**130.000**	**3.7%**	√
	16.5	5	206.300	52.8%	
		6	**150.000**	**11.1%**	√
	20.25	6	211.000	56.3%	
		7	161.700	19.8%	
		8	**123.600**	**8.4%**	√
150	12.75	4	185.000	23.3%	
		5	**113.800**	**24.1%**	√
	16.5	5	192.500	28.3%	
		6	**134.000**	**10.7%**	√
	20.25	6	197.000	31.3%	
		7	**147.500**	**1.7%**	√
		8	107.900	28.1%	
165	12.75	**4**	**168.300**	**2.0%**	√
	16.5	**5**	**176.300**	**6.8%**	√
		6	118.000	28.5%	
	20.25	**6**	**181.000**	**9.7%**	√
		7	131.700	20.2%	

表 D.3.1-2 横向最优梁片数

预制梁肋间距（cm）	桥宽（m）	梁片数
120	12.75	5
	16.5	6
	20.25	8
135	12.75	5
	16.5	6
	20.25	8
150	12.75	5
	16.5	6
	20.25	7
165	12.75	4
	16.5	5
	20.25	6

D.3.2 荷载横向分布系数计算

对表 D.3.1-2 横向最优梁片数的各方案进行荷载横向分布系数计算分析，分析结果见表 D.3.2-1。

表 D.3.2-1 荷载横向分布系数（刚接梁法）

预制梁肋间距（cm）	桥宽（m）	梁片数	汽车荷载横向分布系数	
			边梁	中梁
120	12.75	4	0.845	0.761
		5	0.669	0.648
	16.5	5	0.899	0.775
		6	0.745	0.681
	20.25	6	0.919	0.783
		7	0.776	0.703
		8	0.682	0.637
135	12.75	4	0.847	0.757
		5	0.674	0.641
	16.5	5	0.902	0.771
		6	0.741	0.687
	20.25	6	0.918	0.783
		7	0.780	0.696
		8	0.687	0.631
150	12.75	4	0.844	0.758
		5	0.679	0.634
	16.5	5	0.897	0.772
		6	0.745	0.671
	20.25	6	0.917	0.780
		7	0.776	0.693
		8	0.692	0.623
165	12.75	4	0.846	0.754
	16.5	5	0.900	0.767
		6	0.749	0.663
	20.25	6	0.920	0.776
		7	0.778	0.685

由上表可知，单梁荷载横向分布系数主要与梁片数有关，与预制梁肋间距关联不大，各方案荷载横向分布系数归纳如表 D.3.2-2。

表 D.3.2-2 各方案荷载横向分布系数（刚接梁法）

桥宽（m）	梁片数	汽车荷载横向分布系数	
		边梁	中梁
12.75	4	0.85	0.76
	5	0.67	0.65
16.5	5	0.90	0.78

桥宽（m）	梁片数	汽车荷载横向分布系数	
		边梁	中梁
	6	0.75	0.69
20.25	6	0.92	0.78
	7	0.78	0.70
	8	0.69	0.64

D.3.3 结构受力分析

根据表 D.3.2-2 各方案荷载横向分布系数，对结构进行合理配束计算，配束原则为承载能力极限状态下抗弯承载力富余度不小于 10%，使用阶段频遇组合作用下 T 梁正截面压应力不小于 1.5MPa。得出结论，12.75m 桥宽配 4 片梁、16.5m 桥宽配 5 片梁、20.25m 桥宽配 6 片梁的情况下，钢束张拉阶段预制边梁上缘拉应力均超过 1MPa，其他方案预制梁上缘拉应力在 0.7MPa 左右。20.25m 桥宽配 7 片梁时，边中梁在使用阶段正截面最小压应力安全储备较小，如增加配束，边梁上缘拉应力将超过 1MPa，配 8 片梁时使用阶段正截面最小压应力大幅提升。

因此从结构受力方面考虑，**建议四车道桥宽布置 5 片梁，六车道桥宽布置 6 片梁，八车道桥宽布置 8 片梁。**

附录 E　矮肋 T 梁跨间横隔板设置研究

跨间横隔板的设置方式对于常规 T 梁受力影响较大。但矮 T 梁为密梁体系，且梁高较低，跨间横隔板对横向刚度提高非常有限。经调研，国内外矮 T 梁主要用于小跨径桥梁，大多未设置跨间横隔板。

E.1　矮肋单 T 梁

以跨径为 20 m、桥幅宽度为 20.25 m 的矮肋单 T 梁为例建立梁格模型。针对在汽车活载偏载（单列汽车荷载施加在最外侧边梁）和居中（单列汽车荷载施加在最中间主梁）作用下、不同跨间横隔板数量（不设跨间横隔板、设置 1 道跨间横隔板、设置 2 道跨间横隔板、设置 3 道跨间横隔板）对活载产生的跨中挠度、跨中弯矩及 L/4 截面弯矩的影响进行对比分析。

图 E.1-1　汽车荷载加载示意图

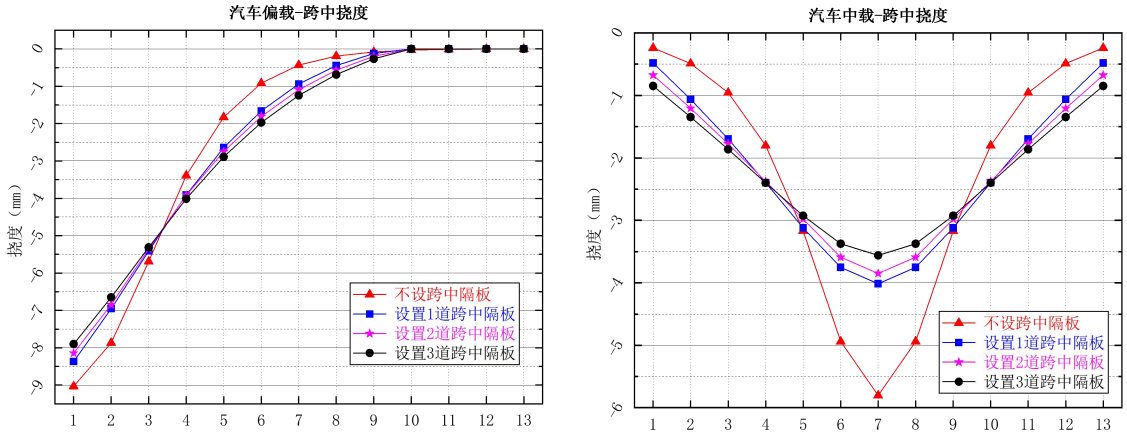


图 E.1-2　跨中截面挠度对比

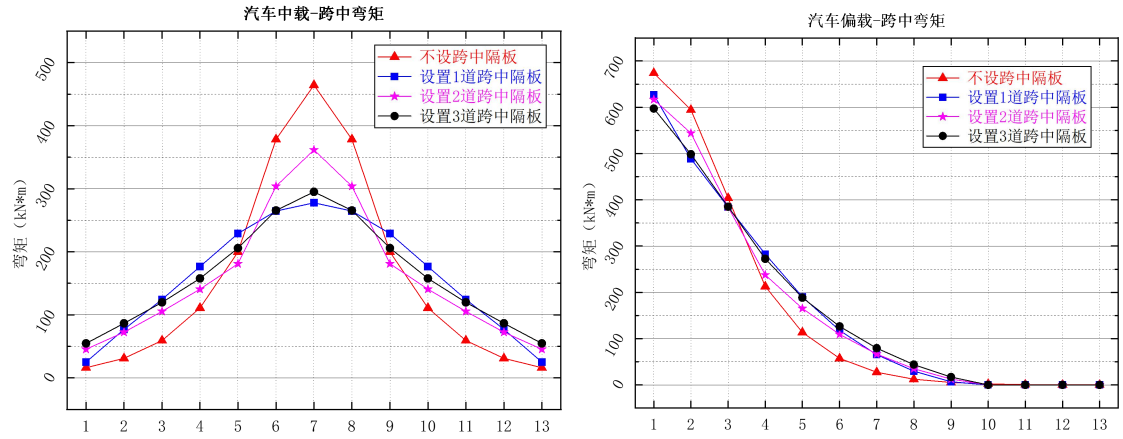


图 E.1-3　跨中截面弯矩对比

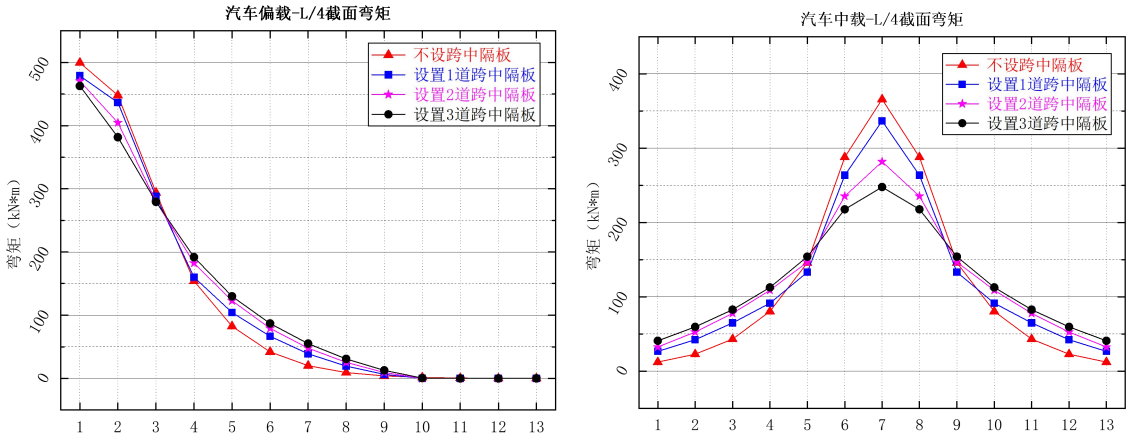


图 E.1-4　L/4 截面弯矩对比

由以上数据对比可以发现，距离活载加载点越近的主梁，其活载效应值（挠度、弯矩、剪力）越大。不设置跨间横隔板时，各主梁间仅靠翼缘板传递剪力。设置跨间横隔板后，主梁横向刚度增大，使得加载点附近的主梁活载效应值降低，距离加载点较远的主梁活载效应值不同程度地增大，主梁横向受力更加均匀。随着跨间横隔板数量越多，各根主梁受力越均匀。

从横桥向看，相较于不设置跨间横隔板，设置跨间横隔板后有如下效果：

1 在偏载作用下，受荷主梁承担的荷载降低，跨中挠度减小 1 mm，减小幅值约 10%，跨中活载弯矩降低 5%~20%，L/4 截面活载弯矩降低 2%~5%。

2 在中载作用下，受荷主梁承担的荷载降低，跨中挠度减小 1.2~1.8 mm，减小幅值约 30%，跨中活载弯矩降低 40%~70%，L/4 截面活载弯矩降低约 10%。距离加载点较远的主梁，其挠度、活载弯矩均有不同程度的增加，开始承担更多的荷载。

经过计算，20m 跨径矮肋 T 梁不设置跨间横隔板，各项指标均能满足规范要求，主要计算结果见附录 C。

E.2　矮肋双 T 梁

通过建立实体有限元计算模型，比较分析矮肋双 T 梁在恒载、活载作用下设置 1 道跨间横隔板和不设置跨间横隔板对跨中截面正应力、竖向挠度的影响大小。

限于篇幅，以跨径 10 m、13m、16m，桥幅宽度 16.5 m 的矮肋双 T 梁为例，横向 6 片双 T 梁，梁肋从左到右依次编号为梁肋 1～梁肋 12，车道荷载按 4 车道布置（不考虑车道折减系数）。以下图表数据应力正负分别表示拉应力、压应力，位移正负分别表示竖直向上、竖直向下。

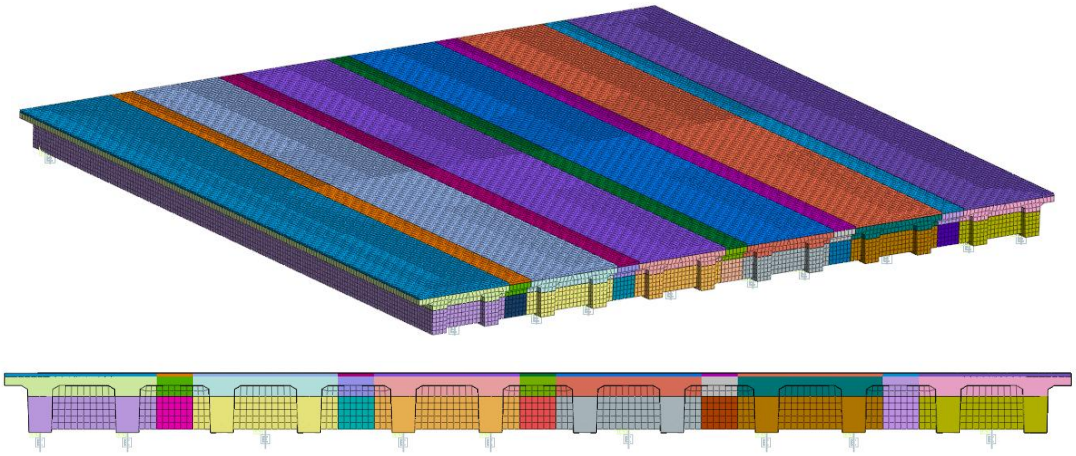


图 E.2-1　实体单元计算模型

1 成桥 10 年阶段梁跨中截面下缘应力对比分析

计算及对比分析结果见图 E.2-2~图 E.2-5。

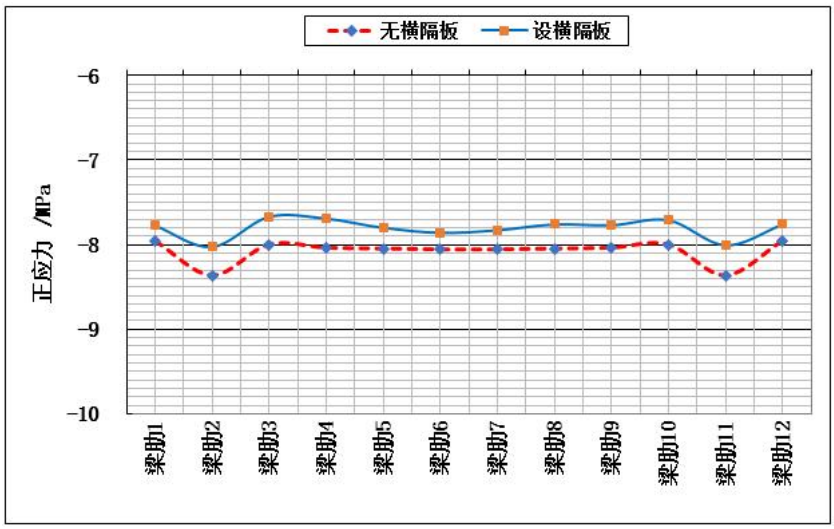


图 E.2-2　跨中截面下缘应力（L=10m）

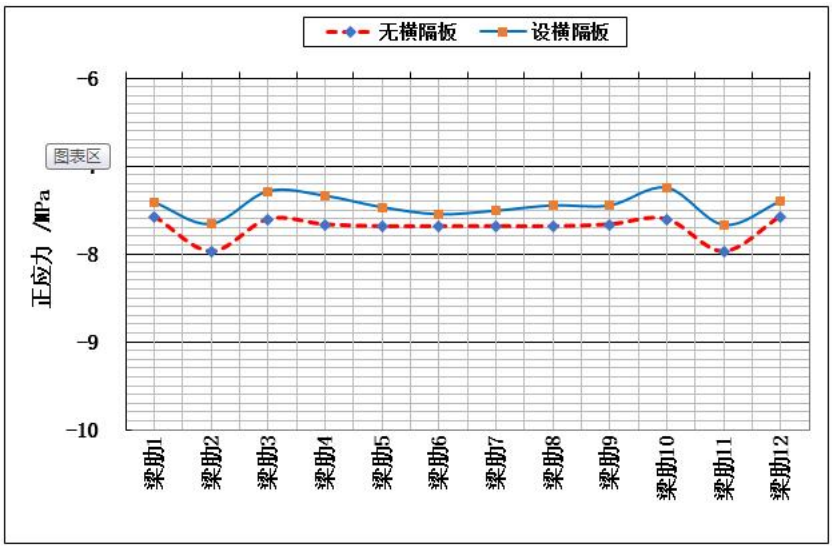


图 E.2-3　跨中截面下缘应力（L=13m）

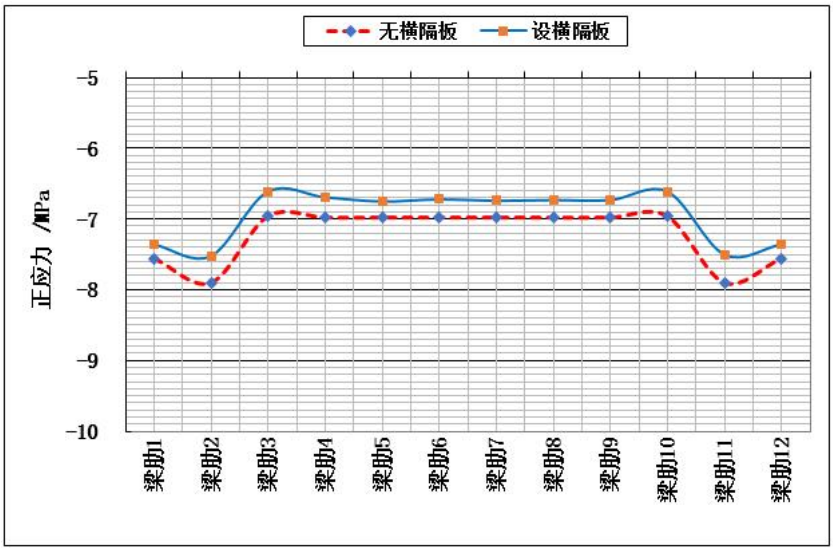


图 E.2-4 跨中截面下缘应力（L=16m）

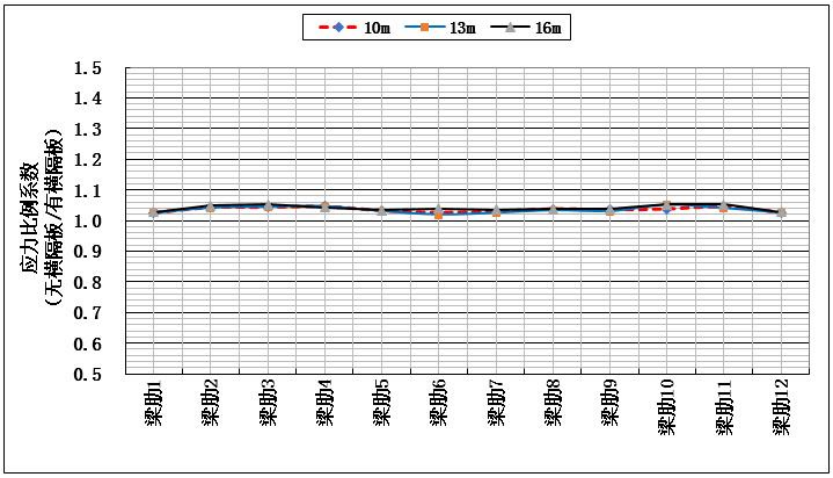


图 E.2-5　跨中下缘正应力比例系数（无横隔板/有横隔板）

由上述图表可知，成桥阶段无跨间横隔板相比有跨间横隔板，梁体跨中下缘压应

力稍微偏大，但作用不明显，10m 跨跨中下缘压应力相对大 2.6%～4.6%，13m 跨跨中下缘压应力相对大 1.9%～5.0%，16m 跨跨中下缘压应力相对大 2.7%～5.3%。

2 车道荷载作用下跨中应力对比分析

车道荷载按偏载（图 E.2-6）和对称布置（图 E.2-7）分别计算跨中截面下缘应力，结果见图 E.2-8、图 E.2-9、图 E.2-10。

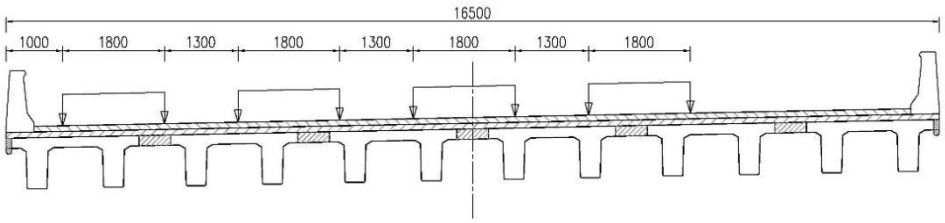


图 E.2-6 车道荷载偏载布置

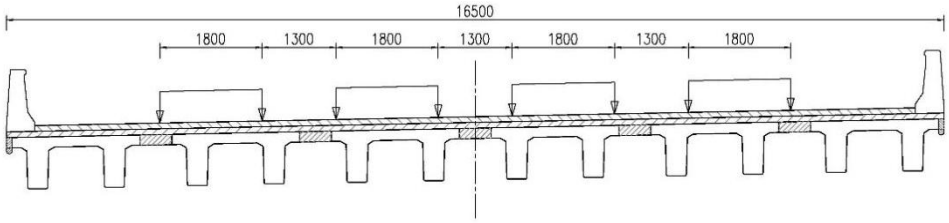


图 E.2-7 车道荷载对称布置

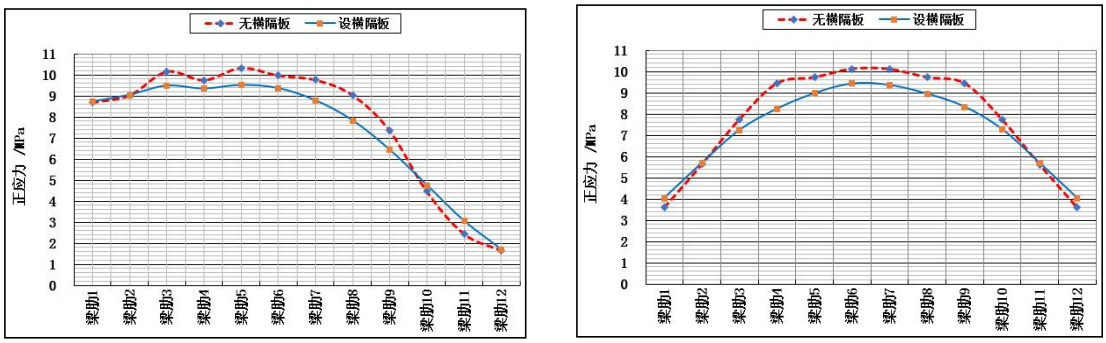


图 E.2-8 跨中截面下缘应力（L=10m）（左图为偏载作用，右图为对称作用）

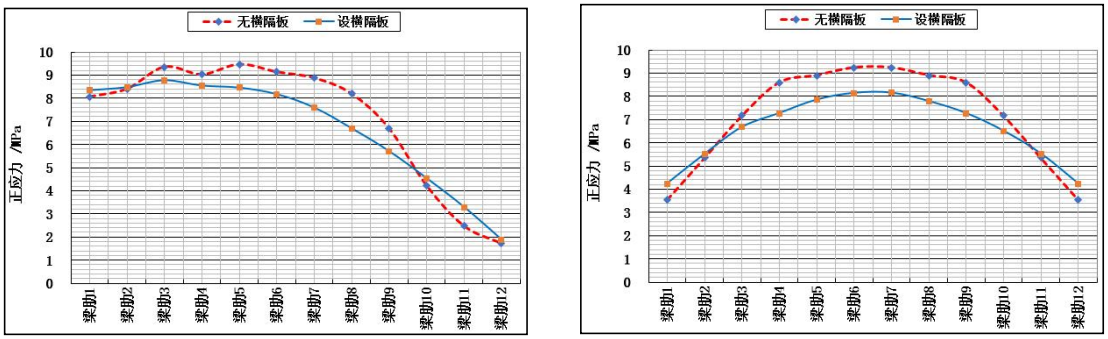


图 E.2-9 跨中截面下缘应力（L=13m）（左图为偏载作用，右图为对称作用）

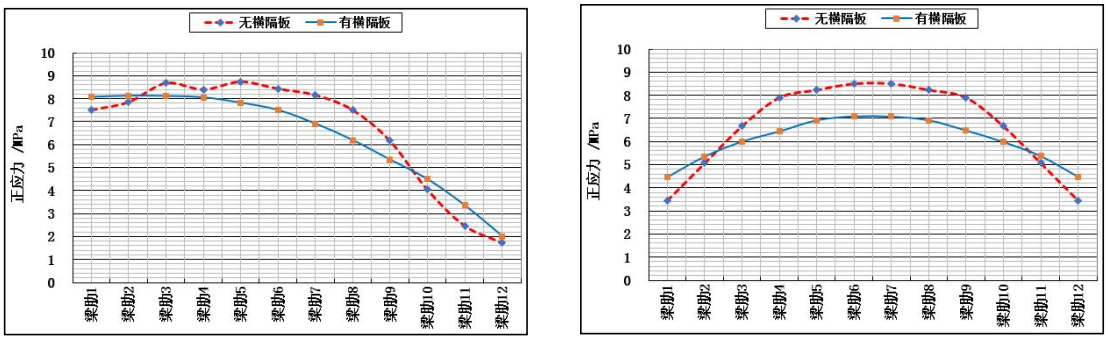


图 E.2-10　跨中截面下缘应力（L=16m）（左图为偏载作用，右图为对称作用）

由上述图表可知，设置跨间横隔板使主梁横向受力更加均匀，边梁承担车道荷载作用比例增加，中梁承担车道荷载作用比例减少，随着跨径（梁高）加大，作用越明显。有跨间横隔板比无跨间横隔板在车道荷载偏载作用下边梁下缘拉应力最大增加0.88MPa,中梁下缘拉应力最大减少 1.49MPa。车道荷载对称作用下边梁下缘拉应力最大增加 1.02MPa,中梁下缘拉应力最大减少 1.45MPa。

3 车道荷载作用下跨中位移对比分析

计算及对比分析结果见图 E.2-11~图 E.2-13。

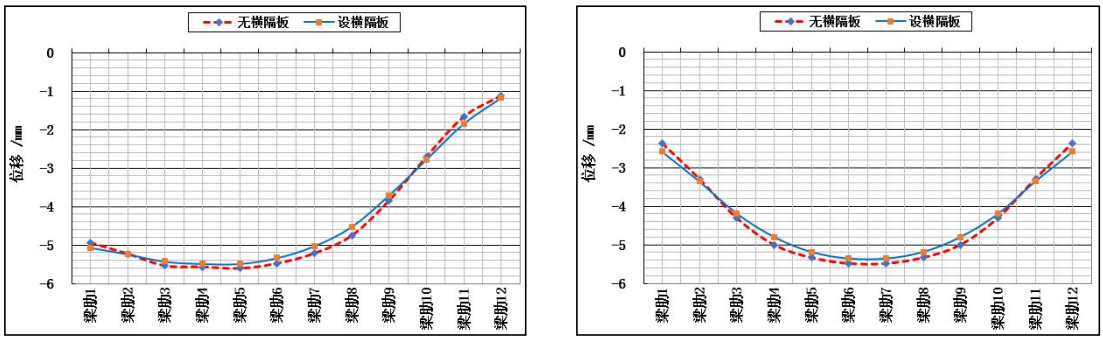


图 E.2-11　跨中截面下缘竖向位移（L=10m）（左图为偏载作用，右图为对称作用）

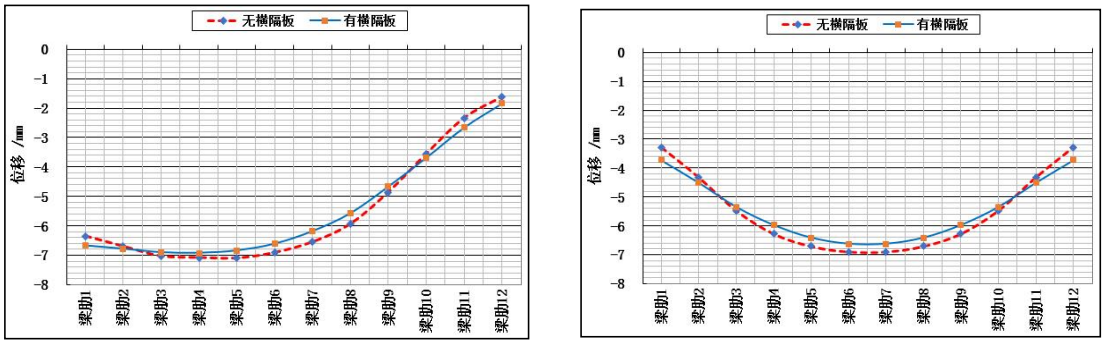


图 E.2-12　跨中截面下缘竖向位移（L=13m）（左图为偏载作用，右图为对称作用）

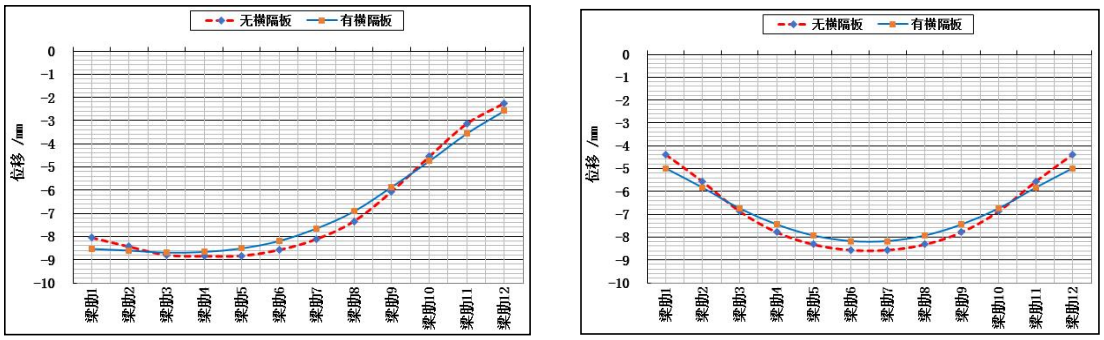


图 E.2-13 跨中截面下缘竖向位移（L=16m）（左图为偏载作用，右图为对称作用）

由上述图表可知，设置跨间横隔板使桥梁横向整体刚度增大，随着跨径（梁高）加大，刚度增幅也加大，但总体增幅很小，有跨间横隔板比无跨间横隔板在车道荷载偏载作用下竖向挠度最大减少 0.46mm，在车道荷载对称作用下竖向挠度最大减少 0.38mm，跨中竖向挠度都满足规范限值要求 L/600。

E.3 结论

经过比较分析矮肋 T 梁有、无跨间中横隔板的主梁在恒载、车道荷载作用下的应力、位移差异，总结出成桥阶段恒载作用下梁体应力区别不大，设置跨间横隔板可提高桥梁横向整体性，横向梁体受力更均匀，对桥梁刚度有适当提升，但作用有限，对结构竖向刚度影响可忽略不计。但设置跨间横隔板，增加模板制作复杂度及施工工序，**不利于标准化、装配化、工厂化施工，因此综合考虑建议不设置跨间横隔板**。

附录 F 钢-混连续组合梁负弯矩区设计方案研究

F.1 研究背景

钢－混组合梁是最近几十年在钢梁和钢筋混凝土梁的基础上发展起来的新型梁结构。它通过抗剪连接件（如栓钉、槽钢、弯筋等）来连接钢梁和钢筋混凝土翼板成一个整体，并通过抗剪连接件抵抗两者在交界面处的掀起及相对滑移。钢－混凝土组合梁充分发挥了钢材抗拉、混凝土抗压性能好的优点，将这两种材料组合后其整体工作性能明显优于两者性能简单地叠加。钢－混组合梁有承载力高、抗震性能好、方便施工、缩短工期、节省材料且便于安装管线等优点。实践表明，它不仅可以很好地满足结构的功能要求，而且还具有良好的技术经济效益和社会效益。

F.2 钢-混连续组合梁负弯矩设计处理技术

由于钢-混组合梁优异的力学性能及使用性能，在国内外的桥梁建设中应用较为广泛，当然也不乏大量的国内外学者对组合梁进行研究，其中有关连续组合梁负弯矩区的研究内容主要包括以下几个方面：承载能力及其计算方法、裂缝宽度控制措施及其计算理论等。通过分析以往的研究成果，得知负弯矩区桥面板的开裂问题亟待解决，本专题以负弯矩区处理方式入手，意在解决负弯矩的受力问题、控制裂缝的产生与发展。

F.2.1 负弯矩区处理技术—调整受力状态

1 支点位移法

支点位移法即支座预顶升法。在架设钢梁后对钢梁施加一定的强制位移，在钢梁具有相对高差的状态下浇筑混凝土桥面板，之后使钢梁回落，混凝土桥面板在产生变形的同时形成预压力，降低开裂风险。

2 施加预应力钢束法

针对负弯矩区传统的处理方案较多采用张拉钢束的方式来施加预应力，施加预应力主要包括在负弯矩桥面板内施加体内预应力、在钢梁内施加体外预应力等处理措施。

3 预加荷载法

预加荷载法即跨中压重法，其受力原理与简支预弯梁相似。

4 预应力桥面板后结合法

首先完成钢梁的施工及剪力群钉的焊接工作，然后在钢梁上预制预应力桥面板，并在剪力群钉处预留孔以便后期钢梁与混凝土的结合。待混凝土养护完成后，采用高

强砂浆填充预留孔完成钢混结合。该方法能将预应力有效施加到桥面板上，预应力损失小，还能有效减少混凝土收缩徐变对结构的影响。

5 中支点桥面板滞后结合

在钢梁施工完毕以后，首先在中支点钢梁梁底铺设混凝土，然后再浇筑桥面板时，调整浇筑的顺序，先浇筑正弯矩区混凝土，最后浇筑中支点处的混凝土，让中支点处的混凝土滞后结合，以达到负弯矩区混凝土只承受二期恒载和活载的目的，减少拉应力的产生。

6 “抗拔不抗剪”栓钉

基于释放纵向约束的思想，将栓钉连接件上安置套管等低弹模材料，隔离混凝土和栓钉，释放其纵向约束，保留其竖向抗拔刚度。释放纵向约束后，栓钉连接件允许桥面板纵向滑动，使组合梁在负弯矩区形成非结合或者柔性组合结构，降低混凝土板拉应力，进而减小开裂风险。姜竹昌对刚度滞后剪力键的阻裂效果进行了分析，结果表明，部分组合技术结合桥面板混凝土分步浇筑抗裂效果较好。

F.2.2 负弯矩区处理技术—提升材料性能

UHPC 具有超高强度、超高韧性和超长耐久性，不同钢纤维掺量的 UHPC 抗拉强度能达到 10~30MPa，抗裂性能远超普通混凝土。通过负弯矩区材料性能提升，采用 UHPC 桥面板能较好地控制钢-混连续组合梁在负弯矩区的开裂问题，提高组合梁的开裂强度。UHPC 材料造价较高、施工费用较大，如果钢-UHPC 连续组合梁负弯矩区桥面板全部采用 UHPC 材料，将会降低桥梁的经济性，需根据负弯矩区桥面板应力分布确定 UHPC 桥面板的设置范围。

F.2.3 负弯矩区处理技术—容许桥面板开裂

早期的连续组合梁桥，通常通过施加预应力使混凝土在使用荷载作用下不出现或仅出现有限拉应力，这种方法大部分的预应力加到了钢梁上，随着时间推移徐变和收缩还将导致预应力进一步损失。随着对混凝土板损伤以及混凝土开裂对结构耐久性影响等方面研究的深入，取消支点负弯矩区混凝土板的纵向预应力，增加普通钢筋来减小裂缝宽度，用裂缝宽度限值代替拉应力限值的设计方法，目前已经得到了广泛的认同。在这种设计理念体系下，组合梁桥负弯矩区混凝土板的裂缝宽度控制尤为重要。

F.2.4 处理技术对比分析

以上各种钢-混连续组合梁已有处理技术优缺点对比如表 F.2.4 所示。

表 F.2.4 钢-混连续组合梁处理技术优缺点对比表

处理类型	负弯矩区处理技术	优点	缺点
调整受力状态	支点位移法	施工步骤简便、预压应力施加效果较好	位移与应力相关性的精度控制难度大、顶升处钢梁需加固、需要大吨位顶升装置、存在施工风险
	施加预应力钢束法	张拉预应力钢束工艺成熟、预压应力施加明确	增加预应力锚固及转向构造、增加张拉预应力工序、预压应力施加效率低、预应力损失较大影响结构安全
	预加荷载法	临时压重材料取材方便、经济性较好	需要大吨位预压配重、需要实时监控压重、施工不便、工作量大。施工控制精度难度大，预压应力施加的效果不理想
	预应力桥面板后结合法	有效施加预应力、减少混凝土收缩徐变对结构的影响	施工工序复杂、实施控制难度大
	中支点滞后结合法	减少恒载拉应力	桥面板现浇工序需调整
	抗拔不抗剪栓钉	释放纵向约束、桥面板拉应力减小	抗拔不抗剪栓钉与普通剪力钉交界处会产生应力 集中；由于剪力钉的特殊构造适合桥面板采用现浇施工。
提升材料性能	负弯矩区采用 UHPC 桥面板	利用 UHPC 的超高抗拉性能，有效提高桥面板的抗裂能力	UHPC 使用工程量有限、对施工单位在新材料配制及生产的能力要求高，施工质量控制难度较大、造价高
容许桥面板开裂	加大配筋控制裂缝	施工简便、无额外措施费、经济高效、能提高截面刚度和控制裂缝大小	缓解开裂能力较弱、大跨组合连续梁桥适用性差，适用于负弯矩较小的中小跨径桥梁

采用 UHPC 桥面板的处理技术方案对新材料施工质量要求高、造价高；“抗拔不抗剪栓钉”的特殊构造适合桥面板采用现浇施工，施工方式相对复杂，较难实现桥面板全预制，达到标准化、装配化、快速化的总体思路；预压荷载法、预应力桥面板后结合法、中支点滞后结合法施工工序相对复杂，实施控制难度较大；通用图设计在结构构造和施工方案上应尽量选择常规的、应用广泛且成熟的方案，上述五种处理技术方案在经济性、普适性、施工可操作性等方面存在一定的问题，在通用图中的适用性较差。因此本次专题对上述五种处理技术方案不做进一步研究。

F.3 钢-混连续组合梁负弯矩设计方案研究

支点位移法、施加预应力钢束法、加大配筋控制裂缝这三种处理技术方案应用范

围广、技术成熟、实施难度相对较小。本次专题对这三种处理技术方案在标准跨径钢—混连续组合梁中的应用情况作以下详细研究对比。

F.3.1 结构方案

选取通用图编制的最大跨径 60m（八车道）为研究对象，单幅桥宽 20.25m。主梁采用“槽形钢主梁+混凝土桥面板”的分幅组合结构，单幅桥采用四主梁布置，梁高 2.5m，高跨比为 1/24。混凝土桥面板宽 20.25m，悬臂长 1.125m，厚 0.25m。

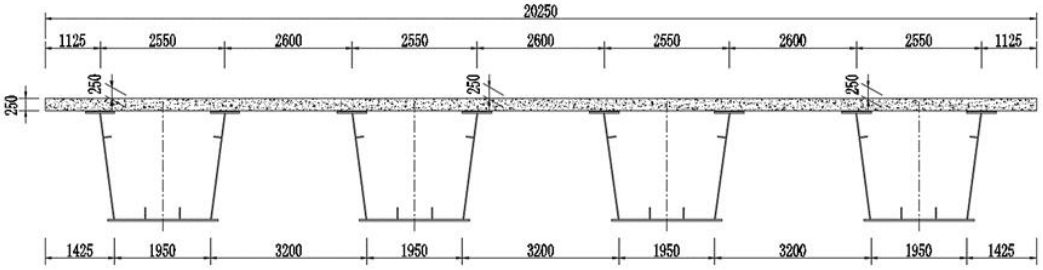


图 F.3.1 组合梁标准横断面（尺寸单位：mm）

F.3.2 计算参数及模型

钢主梁纵向受力构件均采用 Q420D 钢材，其余构件采用 Q355D 钢材，预制桥面板采用 C55 混凝土，桥面板湿接缝采用 C55 补偿收缩混凝土，伸缩缝预留槽、桥面连续后浇段采用 C55 钢纤维混凝土。结构计算采用空间梁格实用精细化模型。

F.3.3 不采取措施主梁分析结果

负弯矩区桥面板不考虑处理措施，主梁的分析结果如下：

负弯矩区不采取处理措施，二期恒载施加完成之后，混凝土桥面板上缘最大拉应力为 1.2MPa、下缘最大拉应力为 1.0MPa；十年收缩徐变完成之后，混凝土桥面板上缘最大拉应力为 2.9MPa、下缘最大拉应力为 2.7MPa；最大拉应力均位于桥墩支点处。

负弯矩区桥面板不采取处理措施，在基本组合作用下，钢梁上缘最大压应力 233.6MPa、最大拉应力 194.5MPa，钢梁下缘最大压应力 247.1MPa、最大拉应力 264.8MPa。在标准值组合作用下，按弹性计算混凝土桥面板上缘最大压应力 8.3MPa、最大拉应力 10.3MPa，混凝土桥面板下缘最大压应力 4.3MPa、最大拉应力 8.3MPa。

F.3.4 支点位移法

采用支点位移法，对主梁采用在主墩处依次顶升钢梁、浇筑桥面板再落梁的施工方案，在基本组合作用下，钢梁上缘最大压应力 239.2MPa、最大拉应力 262.6MPa，钢

梁下缘最大压应力 262.4MPa、最大拉应力 278.6MPa。在标准值组合作用下，按弹性计算的混凝土桥面板上缘最大压应力 9.9MPa、最大拉应力 5.83MPa，混凝土桥面板下缘最大压应力 5.6MPa、最大拉应力 4.7MPa。

与不采取措施相比，基本组合作用下支点处钢主梁上缘的拉应力增大了 68.1MPa（增大幅度 35%），下缘最大拉应力增加了 13.8MPa；标准值组合作用下混凝土桥面板支点处上缘最大拉应力减小了 4.47MPa（降低幅度 56%），下缘最大拉应力减小了 3.6MPa。

考虑适当增大板厚之后，在基本组合作用下，钢梁上缘最大压应力 234.9MPa、最大拉应力 200.8MPa，钢梁下缘最大压应力 239.2MPa、最大拉应力 273.2MPa；混凝土桥面板应力水平影响很小，钢梁应力水平与不采取处理措施时钢主梁的应力水平相当。单片梁（3×60m 一联）增加的用钢量为 14525kg，单幅桥（3×60m 一联）4 片梁增加的用钢量为 58102kg。

F.3.5 施加预应力钢束法

预应力钢束的类型分体内预应力、体外预应力，体内预应力适合在局部位置施加预应力、体外预应力适合纵桥向全桥长施加预应力。对于中小跨径的钢—混连续组合梁，重点解决的问题为支点负弯矩区桥面板的受力状态，需要施加预应力钢束的范围较小，适合采用体内预应力钢束的实施方案。

采用施加预应力钢束法，在基本组合作用下，钢梁上缘支点处最大拉应力 165.8MPa，钢梁其余位置应力与不加预应力钢束时相当。在标准值组合作用下，按弹性计算混凝土桥面板上缘最大压应力 7.9MPa、支点处最大拉应力 6.92MPa，混凝土桥面板下缘最大压应力 4.06MPa、支点处最大拉应力 5.14MPa。与不采取措施相比，基本组合作用下支点处钢主梁上缘的拉应力减小了 28.6MPa（减小幅度 14%）；标准值组合作用下混凝土桥面板支点处上缘最大拉应力减小了 3.38MPa（降低幅度 32%）。

单片梁（3×60m 一联）的钢束用量为 3082.8kg，单幅桥（3×60m 一联）4 片梁增加的钢绞线用量为 12331.2kg。

F.3.6 加大配筋控制裂缝法

不采取额外的处理措施，加大负弯矩区桥面板的配筋率，控制桥面板的裂缝宽度。负弯矩区按开裂截面计算，主梁支点处负弯矩与弹性验算相比略有降低。桥面板按钢筋混凝土构件设计，桥面板纵向计算按轴心受力构件进行设计。

负弯矩区配置主筋直径 25mm 的钢筋（间距 12cm，上下层布置）裂缝宽度满足要求，但基本无富余。为加强负弯矩区混凝土桥面板的耐久性，在支点处 3m 范围内的桥面板纵向配筋按直径 28mm 配置，向跨中依次过渡采用直径 25mm、20mm 的钢筋。

F.4 方案比选及结论

根据前文负弯矩区采用支点位移法、施加预应力钢束法、裂缝宽度控制法的研究，进行综合研究比选。

表 F.4 方案比选

项 目	支点位移法	施加预应力钢束法	裂缝宽度控制法
对钢梁的影响	支点顶升增大了钢主梁上下缘的拉、压应力，需增大板厚满足总体受力，同时顶升处设临时加劲满足局部受力要求。	预应力钢束对主梁的预压应力一部分施加到了钢主梁上，锚固处钢梁临时加劲满足局部受力要求。	对钢梁构造无影响
桥面板预压应力施加效果	预压应力施加效果明显	钢束施加预压应力效果直接，但施加的效率较低。	不施加预压应力，按裂缝宽度控制桥面板设计。
施工设备	大吨位顶升装置	预应力张拉设备	无需特殊设备
施工难度	位移与应力相关性的精度控制难度大，顶升与落梁过程中存在一定的安全风险。	预应力钢束工艺成熟，施工难度一般	无额外施工工序，施工简便、难度小
处理措施新增工程量	钢材：58102kg	钢绞线：12331.2kg	钢筋：15554.8kg
处理措施新增费用（单幅 3×60m）	69.72 万元	8.38 万元	6.22 万元
比选结论	/	/	推荐

1 支点位移法施加预压应力效果明显，但支点顶升、落梁对钢主梁会产生较大的内力，需额外加大钢梁的板厚，经济性较差，且施工精度控制要求高、步骤复杂、对工期影响较大，在大范围使用的通用图中适用性较差，不推荐采用。

2 施加预应力钢束的方案施加方式直接，但一部分预应力施加到了钢主梁上，预应力的施加效率较低；负弯矩区按 B 类预应力构件控制，对桥面板的耐久性的提升与钢筋混凝土构件相比非常有限，要达到全预应力构件或 A 类预应力构件的设计要求钢束的使用量将大幅增加，经济性较差；施工时需新增钢束张拉、灌浆等工序，对工期存在一定的影响；不推荐采用。

3 提高配筋率按裂缝宽度控制桥面板设计，在中小跨径连续组合梁中已能满足耐久性的相关要求，其施工简便、无额外措施费、经济高效，在大范围使用的通用图中适用性好，推荐采用。

附录 G 桥墩专题研究

G.1 风荷载对桥墩内力的影响

04 版“桥涵”通规实施前，相关规范或设计对中小跨径桥梁顺桥向风荷载鲜有考虑，89 版通规对主梁纵向风荷载没有明确规定，《铁路桥涵设计规范》（TBJ2-85）中规定上承式梁不计算纵向风荷载，袁伦一著《连续桥面简支梁桥墩台计算实例》、王伯惠著《柔性墩台梁式桥设计》等书籍中均没考虑梁上纵向风力的作用。

随着对风荷载研究的重视及规范体系的完善，风荷载的取值也有据可依。表 G.1-1 对比了从 04 版“桥涵通规”到 18 版“桥梁抗风规范”中风荷载计算的不同之处。

表 G.1-1 风荷载计算对比表

相关参数	04 版桥涵通规	04 版抗风规范	15 版桥涵通规	18 版抗风规范
风荷载计算方法	延续了 89 版通规体系，考虑了阵风风速系数 k5 等因素的影响，风压是 89 规范的 2 倍以上。	$V_d = K_1 V_{10}$ 或 $V_d = V_{s10}\left(\frac{Z}{10}\right)^{\alpha}$	按现行《公路桥梁抗风设计规范》的规定计算。	4.2.6 条 $U_d = k_f \left(\frac{Z}{10}\right)^{\alpha} U_{s10}$ 或$U_d = k_f k_t k_h U_{s10}$ 相比 04 版抗风设计规范，增加了抗风风险系数 kf 和地形条件系数 kt
分项系数	承载能力极限状态验算风荷载分项系数取 1.1，组合系数取 0.7/0.6/0.5（除汽车荷载外尚有两种/三种/四种可变作用）；	按《公路桥涵设计通用规范》的规定执行。	承载能力极限状态验算风荷载分项系数取 1.1，组合系数取 0.75；正常使用极限状态频遇值系数和准永久值系数均取 0.75。	承载能力极限状态验算风荷载分项系数取 1.1，组合系数取 1.0；正常使用极限状态频遇值系数和准永久值系数均取 1.0。
其他	4.3.7 条第 2 款：桥墩顺桥向风荷载可取横向风荷载的 70%。			5.3.8 条，作用在车辆上的横向风荷载 1.5kN/m

以 26m 路基宽度，4x40mT 梁桥为例，对比桥墩顺桥向作用效应中，风荷载的影响比重（见表 G.1-2），梁上纵向风力可达制动力的 42%，考虑墩上纵向风力后，风荷

载对墩身效应的影响将更显著。

进一步对 15、25、30m 墩高的墩身进行有无风工况的内力对比计算（见表 G.1-3），作用效应组合为：

组合 1：恒载+汽车+制动力+温度

组合 2：恒载+汽车+制动力+温度+纵向 W1 风

表 G.1-2　4x40mT 梁桥顺桥向风荷载与制动力对比

墩高(m)	梁上制动力(kN)	梁上纵向风(kN)	单墩上纵向风集度(kN/m)	墩上纵向风荷载(kN)
15	473	200.0	1.12	16.8
25	473	200.0	1.28	32.0
35	473	200.0	1.42	49.7
55	473	200.0	4.04	222.2
70	473	200.0	6.91	483.7

表 G.1-3　有无风荷载时墩底内力对比

墩高（m）	基本组合				组合 2/组合 1
	Nmin（kN）	Nmax（kN）	组合 1	组合 2	
			Mmax（kN・m）	Mmax（kN・m）	
15	7416.2	10579.5	2067.0	3299.6	1.596
25	8302.9	11643.4	3226.5	5570.0	1.726
35	9530.8	13117.0	4517.1	8117.1	1.797

从对比结果可知，随着墩高增加，有风工况比无风工况的墩身弯矩增加 60%~80%，因此，风荷载的作用不可忽视。

G.2　支座类型对桥墩内力的影响

目前中小跨径桥梁多采用板式橡胶支座或盆式橡胶支座。板式橡胶支座与梁体间不产生相对滑移，各墩可按抗推刚度分配、共同承担上部结构传递的水平力，而盆式支座的活动支座与梁体间会产生相对滑移，可分担的水平力仅为支座的滑动摩阻力（实际摩阻系数为 0.01~0.03），当支座滑动之后，上部结构的剩余水平力将由设固定支座的墩承担。

以 26m 路基宽、4×40mT、墩高 15m 为例，对比分析一联桥梁采用不同支座类型时对水平力分配及墩身作用效应的影响。采用盆式支座体系时，在 1 个中间墩设置纵向固定支座，其余墩为纵向活动支座；采用板式橡胶支座体系时，3 个中间墩设板式支座，过渡墩设置滑板支座，各墩水平力分配情况见表 G.2-1、G.2-2。

表 G.2-1　盆式支座体系水平力分配

墩号	支座类型	是否滑动	温度力（kN）	制动力（kN）	梁上风（kN）	合计(kN)
0	活动	是	48.35	0.00	0.00	48.35
1	活动	是	89.21	30.93	0.00	120.14
2	固定	否	0.00	196.86	187.51	384.37
3	活动	是	-89.21	196.86	12.49	120.14
4	活动	是	-48.35	48.35	0.00	0.00

表 G.2-2 板式橡胶支座体系水平力分配

墩号	支座类型	是否滑动	温度力（kN）	制动力（kN）	梁上风（kN）	合计(kN)
0	滑板	是	48.35	0.00	0.00	48.35
1	板式	否	75.68	141.55	66.67	283.90
2	板式	否	0.00	141.55	66.67	208.22
3	板式	否	-75.68	141.55	66.67	132.54
4	滑板	是	-48.35	48.35	0.00	0.00

从上表可知：

1 由于板式橡胶支座与桥墩的串联刚度比盆式支座与桥墩的串联刚度较小，因此温度力较小；

2 盆式支座体系下，活动支座墩承担的水平力有限，固定支座墩承担较大的水平力；

3 板式橡胶支座体系下，各墩受力较均匀。

进一步对 4×40mT 梁桥在两种支座布置体系下，对比 15m、25m 墩高的墩底基本组合内力（见表 G.2-3），其中 25m 墩高情况下采用 2 个纵向固定支座墩。

表 G.2-3 不同支座类型墩底内力对比表

墩高（m）	约束情况	基本组合		
		Nmin（kN）	Nmax（kN）	Mmax（kN·m）
15	1 个固定支座	7416.2	10579.5	3299.6
15	板式橡胶支座	7416.2	10579.5	2568.1
25	2 个固定支座	8302.9	11643.4	4254.2
25	板式橡胶支座	8302.9	11643.4	3968.9

由上表可得，15m 墩高时设置板式橡胶支座比设置盆式支座墩底弯矩可减小 22.2%，25m 墩高时，由于盆式支座体系有两个墩设置了固定支座，因而趋近于设板式橡胶支座的结果。

综上，在进行桥墩墩柱配筋设计时，应充分考虑不同支座类型及布置方式的影响。

G.3 柱间系梁设置分析

柱间系梁的设置方式会对桥墩横向刚度、横向稳定性及墩身、盖梁内力产生一定的影响。以 34.5m 路基宽度的 40m 跨径 T 梁为例，分别对 25m 墩高、35m 墩高设置柱间横系梁的影响进行分析。

G.3.1 静力影响分析

1 弹性稳定系数对比

对 25m 墩高、35m 墩高有无柱间系梁进行横向屈曲分析，结果见表 G.3.1-1。

表 G.3.1-1 有无柱间系梁圆柱式墩横向稳定系数

项目	25m 墩高		35m 墩高		
	无柱间系梁	1 道柱间系梁	无柱间系梁	1 道柱间系梁	2 道柱间系梁
稳定系数	20.29	45.37	14.18	33.42	53.07

1）柱间系梁的设置对横向稳定性起到较大的改善作用。但起控制作用的还是桥墩的纵向稳定，多设柱间系梁的意义不大。

2）25m 墩高不设柱间系梁、35m 墩高设 1 道柱间系梁已具有较大的稳定系数，满足工程需求。

2 盖梁、墩柱、桩系梁内力对比

考虑下部结构自重、上部结构恒载、汽车荷载、风荷载、整体升降温等作用进行静力分析，对设置柱间系梁前后的墩柱弯矩分配及控制截面内力、盖梁与桩系梁控制截面内力进行对比，主要计算结果见表 G.3.1-2、G.3.1-3、G.3.1-4。

分析如下：

1）设置柱间系梁后墩柱的竖向轴力变化不明显，且受压安全储备较大，横系梁是否设置对墩柱抗压承载能力影响不大；

2）设置柱间系梁可改善墩身弯矩的分布，在柱间系梁位置出现一个弯矩的突变点，墩顶、墩底弯矩相较不设横系梁时明显下降，但无论是否设置柱间横系梁，桥墩抗弯承载力均具有较大安全储备；

3）设置柱间系梁后，盖梁和桩系梁弯矩均比无系梁时小，设置柱间系梁可提高下部结构横桥向刚度；35m 高墩继续增设多道系梁，对盖梁与桩系梁弯矩的影响逐渐减小。

表 G.3.1-2　设置柱间系梁前后墩柱横桥向弯矩分配对比

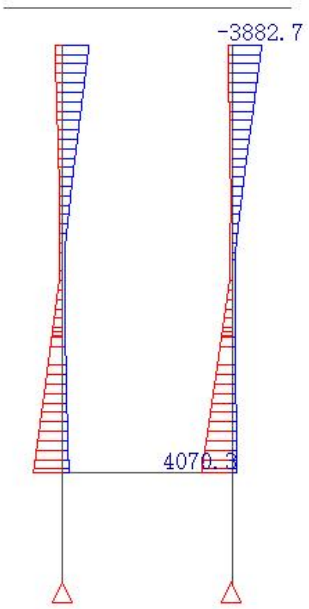
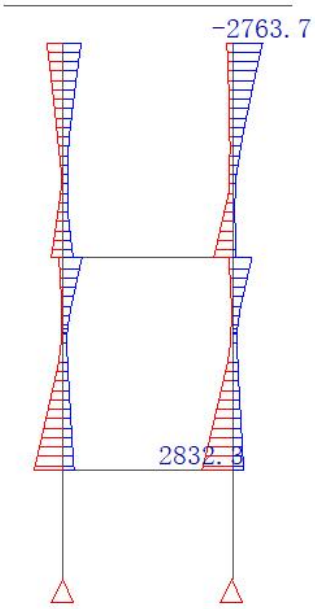
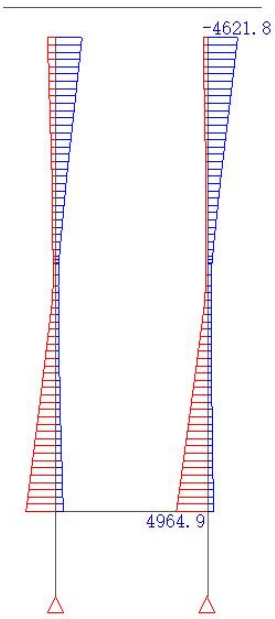
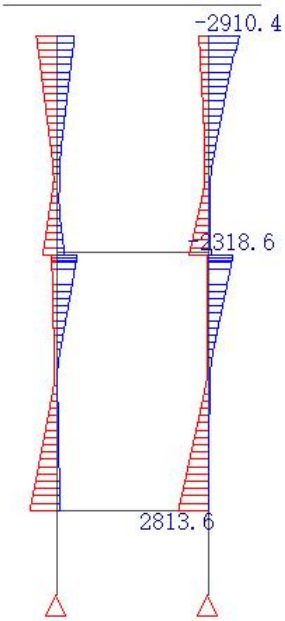
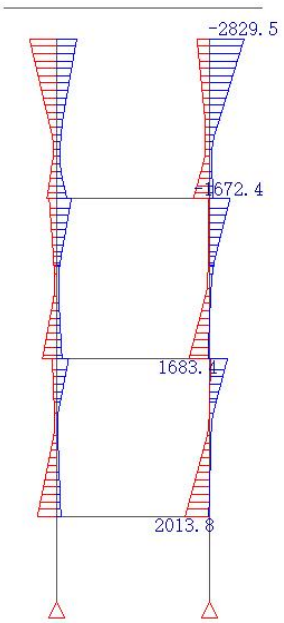
<table>
<tr><td>系梁设置方式</td><td>不设系梁</td><td>1 道系梁</td><td rowspan="2">--------</td></tr>
<tr><td>25m 墩高</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>系梁设置方式</td><td>不设系梁</td><td>1 道系梁</td><td>2 道系梁</td></tr>
<tr><td>35m 墩高</td><td>
</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td colspan="4">表注：
1）对于 25m 墩高，设 1 道柱间系梁，墩顶、底的横向弯矩比无柱间系梁间小 30%左右；
2）对于 35m 墩高，设 1 道柱间系梁，墩顶、底的横向弯矩比无柱间系梁小 30~40%；设 2 道柱间系梁，墩顶、底的横向弯矩进一步降低。</td></tr>
</table>

表 G.3.1-3 设置柱间横系梁对墩柱最不利内力影响

控制截面内力	25m 墩高				35m 墩高					
	不设系梁	1道系梁	承载力	减小百分比	不设系梁	1 道系梁		2 道系梁		承载力
						内力	减小百分比	内力	减小百分比	
墩顶轴力（kN）	16280	16187	45806	0.6%	16730	16584	0.9%	16543	1.1%	55082
墩底轴力（kN）	18278	18680	46342	-2.2%	20277	20380	-0.5%	21353	-5.3%	38564
墩柱顶弯矩（kN·m）	3951	2764	10528	**28.8%**	4622	2910	37.0%	2830	**38.8%**	12922
墩柱底弯矩（kN·m）	4118	2832	11130	**30.4%**	4965	2814	43.3%	2014	**59.4%**	14152

表注：表中减小百分比为设置系梁后相较不设系梁时内力减小的百分比

表 G.3.1-4 设置柱间系梁前后盖梁、桩系梁最不利内力对比

控制截面内力	25m 墩高			35m 墩高				
	不设系梁	1 道系梁	减小百分比	不设系梁	1 道系梁		2 道系梁	
					内力	减小百分比	内力	减小百分比
盖梁弯矩（kN·m）	12266	11859	3.3%	14998	14002	6.6%	13924	7.2%
桩系梁弯矩（kN·m）	4631	3381	27.0%	4859	2941	39.5%	2386	50.9%

表注：表中减小百分比为设置系梁后相较不设系梁时内力减小的百分比

G.3.2 抗震影响分析

采用 VI 度抗震设防烈度进行地震响应分析，对设置柱间横系梁前后的墩柱主要控制截面内力进行对比，主要计算结果见表 G.3.2-1。分析如下：

1 是否设置柱间横系梁对桥墩的竖向轴力影响不明显，即有无柱间横系梁对桥墩纵向刚度影响不大；

2 设置柱间横系梁后可改善墩身弯矩分布，降低墩柱横桥向弯矩效应，对墩柱的抗弯设计有利；

3 未设置柱间横系梁时，桥墩同样满足 E1 条件下的抗震设防要求，且安全储备较大。

4 设置柱间横系梁后，桥墩剪力增大，但无论是否设置柱间横系梁，抗剪强度均能满足规范要求，并且具有较大的安全储备。

表 G.3.2-1 地震作用下墩柱主要控制内力

分类		轴力（kN）	横桥向弯矩（kN·m）	剪力（kN）
25m 墩高墩顶	不设系梁	10131	3754	234
	一道系梁	9700	2053	296
25m 墩高墩底	不设系梁	11655	3340	320
	一道系梁	12032	2495	385
35m 墩高墩顶	不设系梁	10590	5955	353
	一道系梁	10466	5300	542
	两道系梁	10395	4718	678
35m 墩高墩底	不设系梁	13289	6009	399
	一道系梁	14842	5409	590
	两道系梁	15025	4811	781

G.3.3 小结

1 静力作用下，设置柱间横系梁可以提高桥墩的横向刚度及稳定性，不影响纵向刚度及稳定性。不设或少设柱间系梁时，墩柱的承载能力均有较大安全储备。

2 低抗震设防烈度区地震作用下，设置柱间横系梁可降低墩柱横向弯矩效应，但同时也会增大墩柱剪力效应，对塑性铰的抗剪设计及支座的抗剪不利，不设置或少设置柱间系梁，墩柱的抗震承载力及延性均有较大的储备。

故本次编制的标准图，柱式墩根据墩高按无柱间系梁或少设柱间系梁设计。

附录 H 涵洞专题研究

H.1 高填方拱涵拱脚位移对拱圈内力的影响研究

拱涵的受力较为复杂，现状拱涵发生了较多的病害，经过查阅文献资料、问卷调查、实地踏勘等调研手段发现：建成拱涵中超过半数的拱圈出现了拱顶和拱脚的纵横向开裂等病害。编制组经过充分调查分析与学习交流得出以下初步结论：高填方拱涵拱圈开裂病害的主要成因是拱脚位移使拱圈产生额外的拉应力。

设计通过有限元手段分析拱涵整体弹性框架模型，研究验证拱涵拱脚位移对拱圈内力的影响。利用 ANSYS 有限元软件建立跨径 6m×5m 的拱圈模型进行计算分析，将拱脚与涵台身固结，涵台身与整体式基础固结，形成弹性框架结构解算内力，基础底设置弹性支撑，弹簧单元的线刚度按 m 法进行计算，m 取 80000kN/m^4，较接近换填后的地基竖向刚度。

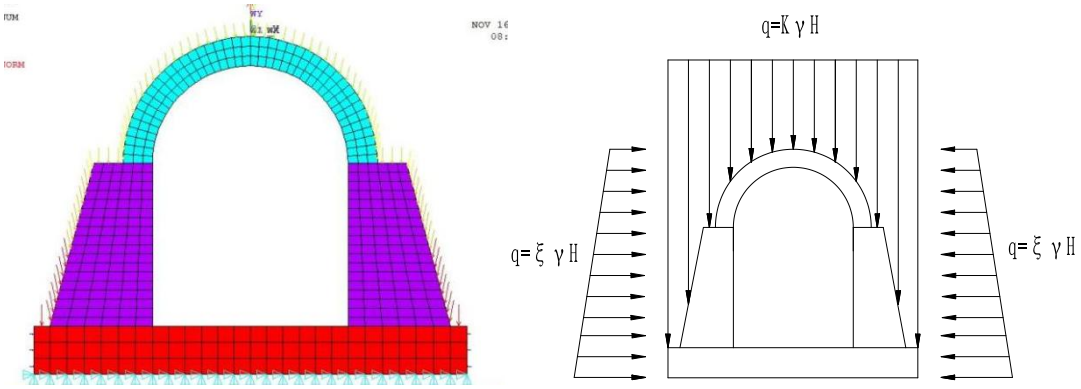


图 H.1-1 拱涵有限元和力学模型

分别对上述模型进行无拱脚位移、拱脚水平强制位移、拱脚竖向强制位移三种工况的内力计算，见图 H.1-2~H.1-4。

分析结果表明高填方拱涵的拱圈拱脚相对位移会导致拱圈的拱顶、拱脚内外侧出现较大的拉应力。若设计及施工措施考虑不充分导致拱脚发生水平或竖向的相对位移，极有可能引发拱涵的拱圈开裂病害。

针对该特性，编制组对拱涵的设计及施工进行全方位的综合考虑：

1 限制拱涵通用图不适用于土质地基，限制拱涵轴线与路线布设的斜交角度不超过 30°，并加强地基处理设计，以减少拱圈两侧荷载不均匀、地基不均匀沉降引起两侧拱脚发生相对位移。

2 涵台的构造尺寸设计不以圬工构件的承载能力极限状态验算结果控制，考虑为拱脚提供足够的抗推刚度，应结合设计施工和运营的实践经验保留足够的构造尺寸刚

度富余。

3 考虑圬工材料的抗拉强度较低，为提供一定的抗裂储备，拱圈按照钢筋混凝土构件进行设计，并进行正常使用极限状态下的裂缝宽度验算。

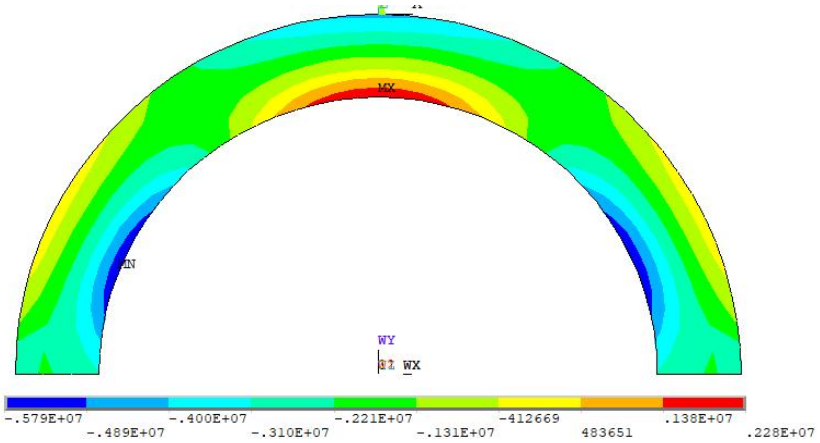


图 H.1-2 无拱脚位移内力分布

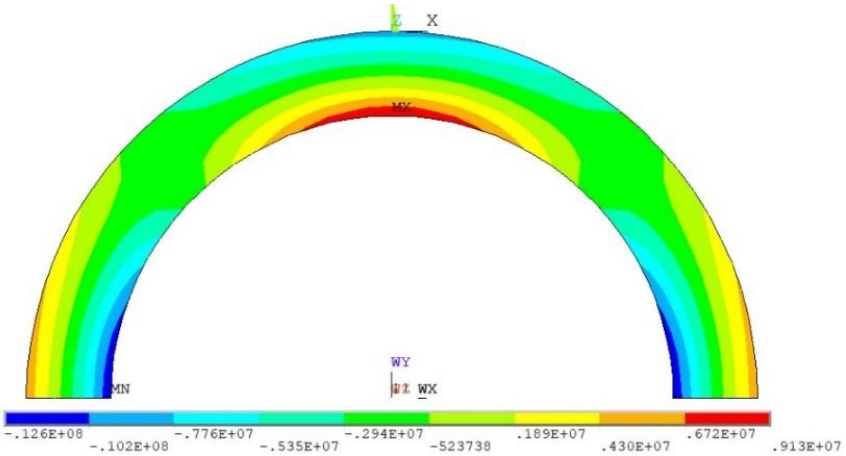


图 H.1-3 拱脚 5mm 水平位移内力分布

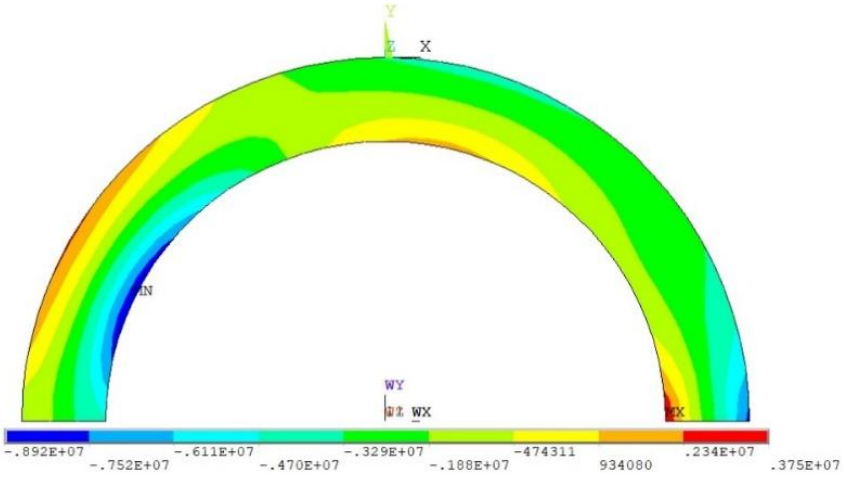


图 H.1-4 拱脚 5mm 竖向位移内力分布

H.2 箱涵专题研究

H.2.1 关于裂缝控制设计计算方法分析

利用 Abaqus 软件建立了三维实体有限元模型，采用受压土弹簧模拟边界约束，将恒载、土压力和汽车荷载等转化成面荷载施加在箱涵四周节点上，计算涵身应力大小，进行偏心受压和受弯构件验算。根据《公路涵洞设计规范》（JTG/T 3365-02）第 9.3.4 条规定，顶板和底板取偏心受压、受弯构件不利工况控制设计。经研究，本通用图采用承载能力极限状态取不利工况控制，正常使用极限状态裂缝按偏心受压验算。主要原因在于：

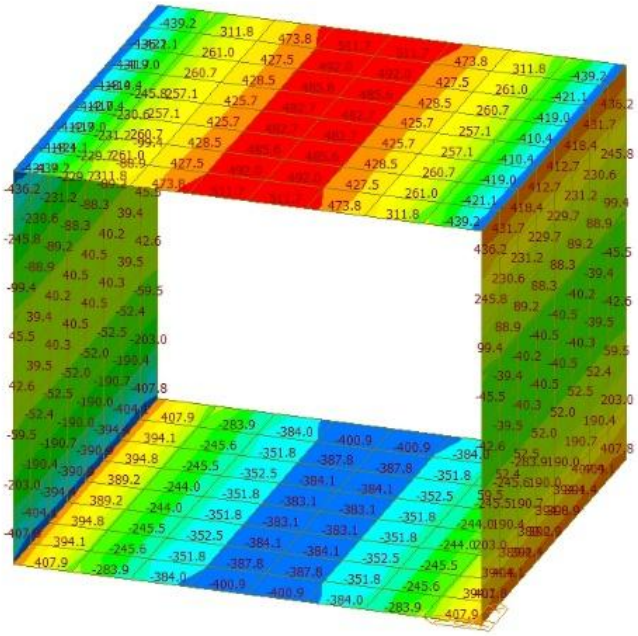


图 H.2.1-1 有限元模型应力云图

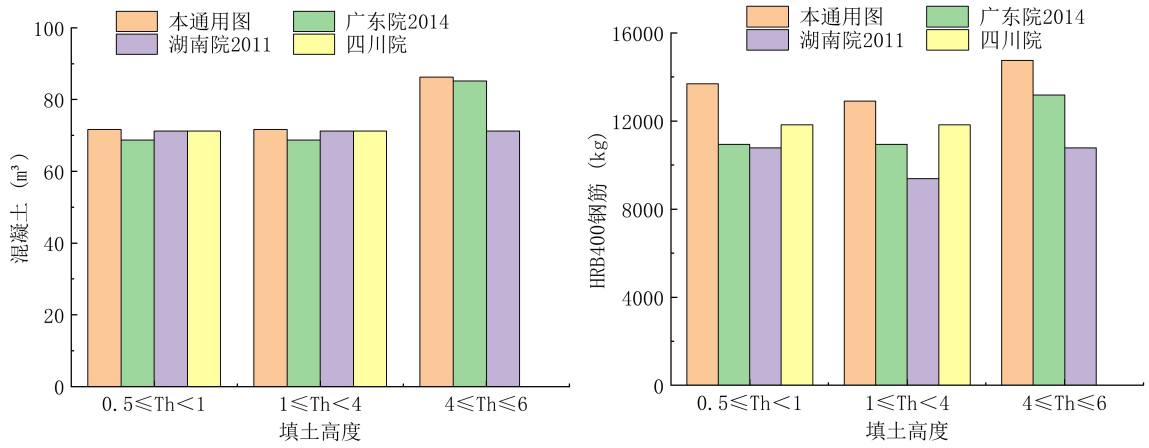
1 相较于 07 版《公路涵洞设计细则》，2020 年《公路涵洞设计规范》更新了关于箱涵计算的内容：箱涵顶底板可以按偏心受压或者受弯构件取不利情况进行设计。与规范编制单位进行沟通交流，此次规范更新也并未具体考虑过用何种模式计算裂缝，对验算模式表述为“可采用”。

2 对比新旧规范，涵洞结构重要性系数由 0.9 增大至 1.0，土压力系数 K 的取值也普遍增大，由此造成设计荷载增大约 18.5%。根据裂缝计算公式，当按受弯构件计算裂缝时，计算参数 C3= 1.15，当按偏心受压构件计算裂缝时，C3=0.9，由于新涵洞计算规范要求在偏心受压和受弯（不计轴力）的计算结果中取不利的结果进行设计，若裂缝验算时采用最不利原则，受弯比偏心受压裂缝大 27.8%。上述两个因素同时作用，

需极大增强箱涵的结构配筋，而 G4、沪渝等高速公路年检报告中，箱涵并未出现大量纵向开裂的情况，故规范该条款与工程实践不符，该计算方案过于保守。

采用数值模拟分析了偏心受压、受弯结构的承载力系数和裂缝宽度。结果显示在偏心受压模型计算裂缝不超过 0.2mm 宽度的前提下，无论是按受弯模型还是偏心受压模型进行承载能力计算，其承载力均可满足要求，承载力富余平均值达到 102%，可见按偏心受压模型裂缝控制设计可满足承载能力极限状态和正常使用极限状态要求。

3 综合对比不同设计院箱涵设计图纸的工程量，分析此次采用偏心受压裂缝控制设计通用图工程量的差别，见图 H.2.1-2。



(a) 混凝土工程量 **(b) HRB400 钢筋工程量**

图 H.2.1-2 不同通用图每 10m 箱涵工程量对比

从上图中混凝土工程量可以看出，本通用图不同填土高度的结构尺寸变化不大，与广东院相比主要差别在于增大了内部倒角 $C_1 \times C_1$ 的尺寸，有利于结构抗剪。与湖南院、四川院对比，将 4～6m 填土的结构尺寸提升了一级，以满足增长的安全系数、土压力系数等要求。从 HRB400 钢筋工程量可以看出，本通用图不同填土高度钢筋含量普遍增加，主要原因是满足增长的裂缝和耐久性要求，增大了主筋的配筋率，同时增大了纵向分布钢筋尺寸，以减少不均匀沉降对结构的影响，有利于防止箱涵顶板横向裂缝、侧墙竖向裂缝的产生。

若采用结构受弯模型计算裂缝，需继续增大结构尺寸或配筋，以顶板配筋计算结果为例，配筋计算见表 H.2.1。

表 H.2.1 4m×4m 顶板不同模型配筋数量对比

填土高度 T_h(m)	偏心受压模型主筋配筋			受弯模型主筋配筋			As(受弯)/ As(偏心受压)
	直径 (mm)	根数	面积 (mm^2)	直径 (mm)	根数	面积 (mm^2)	
0.5	22	8	3041.1	22	8	3041.1	1.00
1.0	22	8	3041.1	22	8	3041.1	1.00
2.0	22	8	3041.1	22	8	3041.1	1.00
3.0	22	8	3041.1	20	15	4712.4	1.55
4.0	22	8	3041.1	20	15	4712.4	1.55
5.0	22	12	4561.6	25	15	7363.1	1.61
6.0	22	12	4561.6	25	15	7363.1	1.61

采用受弯模型裂缝控制设计时，高填土结构需要继续增大尺寸，还需增加约 50%的主筋面积，将造成配筋的极大浪费。

综合以上研究，本通用图箱涵设计按偏心受压构件进行裂缝宽度计算。

H.2.2 箱涵端涵节设计与计算分析

针对箱涵洞口形式，浙江院、四川院和湖南院均采用的是一字翼墙的结构形式，广东院提供八字翼墙（0°～45°）和一字翼墙（0°～25°）两种型式供选择。湖南院采用的一字墙结构形式为“一字墙+锥坡+挡墙”的形式，涵身与洞口连接在一起，具有较好的整体性，能避免因差异沉降而导致的开裂。本次新版通用图拟在端部涵底设置抗滑键，能有效提高一字翼墙的抗扭和抗滑能力。

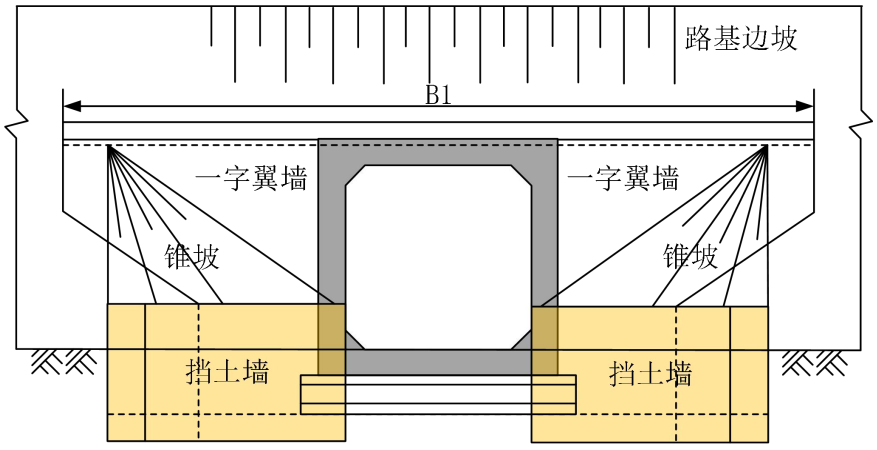


图 H.2.2-1 箱涵“一字墙+锥坡+挡土墙”结构示意



图 H.2.2-2　现场箱涵洞口施工图

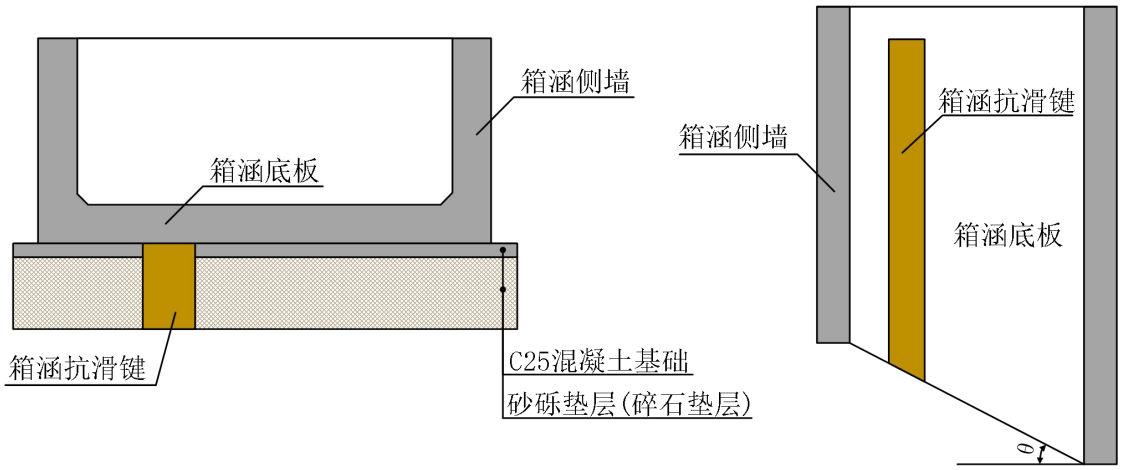


图 H.2.2-3　斜交箱涵抗滑键示意图

选取 4×5m 跨径，斜交 40°的箱涵，考虑设置抗滑键和取不同端部涵长，进行端部涵节+一字翼墙的抗滑动和抗倾覆验算，计算结果见表 H.2.2-1、H.2.2-2。

表 H.2.2-1　抗滑动验算结果

跨径	填土高度(m)	不设抗滑键，端部涵长取 6m	设置抗滑键，端部涵长取 7m
		抗滑稳定性系数	抗滑稳定性系数
4×5m	0.5	0.9	1.7
	1.0	0.9	1.7
	2.0	0.9	1.6
	3.0	1.0	1.8
	4.0	1.1	2.0
	5.0	0.8	1.4
	6.0	0.8	1.4

表 H.2.2-2 抗倾覆验算结果

跨径	填土高度(m)	不设抗滑键，端部涵长取 6m	设置抗滑键，端部涵长取 7m
		抗滑稳定性系数	抗滑稳定性系数
4×5m	0.5	2.1	2.8
	1.0	2.2	3.0
	2.0	2.5	3.4
	3.0	3.1	4.4
	4.0	3.3	4.6
	5.0	2.7	3.6
	6.0	2.7	3.6

由上表可以看出，通过在端部涵底设置抗滑键和保证端部涵长，能有效提高一字翼墙和箱涵端部的抗扭和抗滑能力，大角度斜交涵洞也能具有较好的抗扭和抗滑性能。因此，本次通用图仍采用原“一字墙+锥坡+挡墙”的形式。

研究表明，端部涵段的长度对洞口的抗扭性、抗滑性有很大的影响作用。2021 年宫志的论文《斜交箱涵端部结构计算与分析》中定量分析了抗扭、抗滑的安全系数，在保证端部涵长的前提下，可以不发生滑移和扭转，即使是斜交涵洞也能具有较好的抗扭和抗滑性能。且此次通用图编制对于净跨径 L_0=5、6m 的涵洞将不再设置 30°以上的箱涵，因此可以减少箱涵端部扭转问题。本次通用图的编制严格规定了端部涵段长度设置的问题。端部涵段长度取涵洞中心线上端部涵段长度，主要考虑了以下几个因素：

1 对于洞口设置一字墙的箱涵，适当加长端部涵段有利于端部涵段的整体抗滑移稳定和抗扭转稳定。

2 考虑到箱涵一般用于地基条件较差的软土地区，不均匀沉降将对结构造成较大影响，涵段长度不宜过长。

3 对于斜涵段，为满足较短侧墙的受力钢筋净距要求，涵段长度不能太短。

表 H.2.2-3 箱涵梯形区域钢筋分布（单位：cm）

项目	本通用图	原湖南院	广东院	四川院	浙江院
钢筋间距(低填土)	7.5/12.5(10)	6.25/12.5	6.25/12.5	7.5/15	6.25/12.5
钢筋间距(高填土)	7.5/12.5(10)	5/10	6.25/12.5	7.5/15	7.14/14.3
短边 L_1	1.5Ltanθ	1.0Ltanθ	1.0Ltanθ	1.0Ltanθ	1.0Ltanθ
长边 L_2	2.5Ltanθ	2.0Ltanθ	2.0Ltanθ	2.0Ltanθ	2.0Ltanθ

综合研究资料和设计图纸，将端部梯形区域钢筋布置间距设置为 7.5cm、12.5cm，适当加宽了短边钢筋间距，增加了端部梯形段的长度，有利于结构受力和施工。给出

了端部中轴线涵长的建议值，端部涵长也不得小于（L_1+L_2）/2。括号内为 5m、6m 跨径箱涵的钢筋分布间距。

箱涵的端部涵段推荐长度如下表所示：

表 H.2.2-4 端部涵长建议值

跨径 L_0(m)	角度(m)	中轴线涵长(m)	角度(m)	中轴线涵长(m)
2×2	0°-20°	4-6m	25-45°	4-6m
3×3	0°-20°	5-6m	25-45°	5.5-6m
4×3	0°-20°	5-6m	25-45°	6-10m
4×4	0°-20°	6m	25-45°	6.5-10m
4×5	0°-20°	6m	25-45°	7-10m
5×4	0°-20°	6m	25-30°	6.5-8.5m
5×5	0°-20°	6m	25-30°	7-8.5m
6×4	0°-20°	6m	25-30°	6.5-9m
6×5	0°-20°	6m	25-30°	7-9m

H.2.3 结论

1 综合最新设计规范、承载力计算结果、既有各部院设计图和实际调研情况，箱涵承载能力极限状态取受弯和偏心受压二者不利的模型进行计算；箱涵正常使用极限状态取偏心受压模型进行计算，结合两项计算结果综合控制箱涵设计。

2 针对箱涵洞口开裂情况，采用“一字翼墙+锥坡+挡土墙”洞口形式，通过限制大跨径箱涵斜交角度不大于 30°、涵底增设抗滑键、调整端部涵长等措施有效提高箱涵洞口抗倾覆、抗滑移能力。