

# 青岛市城市高架预制装配式桥梁技术导则

(试行)



## 前 言

目前国内对预制装配式桥梁的研究尚处于起步阶段，而大规模的应用应当基于相对成熟的技术和工艺。为实现桥梁建造方式的转型升级，更好的符合高质量发展要求，进一步节能降耗，降低桥梁施工对周边环境、交通的影响，实现预制拼装桥梁工业化，提高国内桥梁建设水平、减少施工对环境、交通的影响，提高预制拼装桥梁的社会效益和经济效益。青岛市市政工程质量安全监督站、青岛市市政工程设计研究院和青岛理工大学会同有关单位共同组成编制组，进行深入的调查研究，总结工程的实践经验，参考国内相关标准，在广泛征求意见的基础上，编制《青岛市城市高架预制装配式桥梁技术导则》。

本导则共分 11 章，其主要内容包括：总则、术语、基本规定、材料、下部结构设计、上部结构设计、耐久性设计、桥梁附属设施构造设计、构件预制、运输与安装、验收等。

本技术导则由青岛市市政工程质量安全监督站负责管理，由青岛市市政工程设计研究院负责具体技术内容的解释，执行过程中如有意见和建议，请寄送青岛市市政工程设计研究院（地址：青岛市深圳路 222 号天泰金融广场 A 座 13 层，邮政编码：266061）。

本技术导则主编单位：青岛市市政工程质量安全监督站  
青岛市市政工程设计研究院  
青岛理工大学

本技术导则主要起草人：李 强 管西顺 郝同伟 张为玉 王利伟 岳章胜  
张鲁明 张守龙 刘 彬 万淑敏 张焕荣 谢金成  
于 威 赵 伟 商怀帅 武大洋 刘益铭 尤伟杰  
张晨辉 秦 希 温成前 谢元彬

本技术导则主要审查人：陈 勇 胡乐常 司 磊 蒋海军 杨国涛

# 目 录

1	总则.....	1
2	术语.....	2
3	基本规定.....	4
4	材料.....	6
4.1	混凝土.....	6
4.2	金属材料.....	6
4.3	高强无收缩水泥灌浆料.....	6
4.4	砂浆垫层.....	7
4.5	灌浆连接套筒.....	8
4.6	金属波纹管.....	8
4.7	环氧粘结剂.....	9
4.8	预应力筋-锚具组装件.....	9
5	下部结构设计.....	11
5.1	一般规定.....	11
5.2	连接设计.....	11
5.3	预制桩基础.....	16
5.4	承台.....	23
5.5	墩柱.....	26
5.6	盖梁.....	27
5.7	桥台.....	29
6	上部结构设计.....	32
6.1	一般规定.....	32
6.2	装配式混凝土梁设计.....	32
6.3	钢-混组合梁.....	44
6.4	钢梁.....	49
7	耐久性设计.....	52
7.1	一般规定.....	52
7.2	材料要求.....	52
7.3	构造规定.....	53
7.4	施工质量要求.....	56
8	桥梁附属设施设计.....	57
8.1	一般规定.....	57
8.2	桥梁附属设施设计.....	57
9	构件预制.....	62

9.1	一般规定.....	62
9.2	预制厂.....	62
9.3	混凝土构件预制.....	65
9.4	钢构件制作.....	70
9.5	组合构件预制.....	72
9.6	质量控制与检验.....	73
<b>10</b>	<b>运输与安装.....</b>	<b>81</b>
10.1	一般规定.....	81
10.2	运输.....	81
10.3	基础安装.....	82
10.4	混凝土盖梁安装.....	84
10.5	混凝土梁安装.....	85
10.6	钢梁安装.....	88
10.7	钢混组合梁安装.....	89
10.8	附属设施安装.....	89
10.9	构件连接.....	90
10.10	质量控制与检验.....	91
<b>11</b>	<b>验收.....</b>	<b>104</b>
11.1	一般规定.....	104
11.2	分部分项工程验收.....	104
11.3	工程质量检查与验收.....	107
	<b>本导则用词说明.....</b>	<b>110</b>
	<b>引用标准名录.....</b>	<b>111</b>

# 1 总则

**1.0.1** 为了适应预制拼装技术在桥梁结构建造的应用需要，明确预制装配式桥梁的设计技术要求，提高桥梁建设的工业化水平，缩短施工周期，降低施工对交通和环境的影响，加强城市桥梁工程施工技术管理，规范施工技术标准，统一施工质量检验、验收标准，确保工程质量，保证施工质量和安全，制定本导则。

**1.0.2** 本导则适用青岛市城市高架预制装配式桥梁工程的设计、施工及验收。

**1.0.3** 预制装配式桥梁的设计、施工及验收除应符合本导则的规定外，尚应符合国家和山东省相关现行技术标准的规定，未来如引用标准改版，应做相应修改。

## 2 术语

### 2.0.1 预制拼装桥墩 prefabricated bridge piers

预制混凝土节段通过连接构造拼装形成的混凝土桥梁立柱、盖梁或系梁。

### 2.0.2 灌浆套筒连接 grouted sleeve coupler connection

通过高强无收缩水泥灌浆料填充在钢筋与连接套筒间隙，硬化后形成接头，将套筒连接的两段钢筋受力顺利传递的连接构造。

### 2.0.3 灌浆金属波纹管连接 grouted duct connection

通过高强无收缩水泥灌浆料填充在钢筋与金属波纹管间隙，硬化后形成对钢筋的锚固构造。

### 2.0.4 灌浆连接套筒 grouted coupler for rebar splicing

通过水泥灌浆料的传力作用将钢筋对接连接所用的金属套筒，通常采用铸造工艺或者机械加工工艺制造。

### 2.0.5 超高性能混凝土 ultra-high performance concrete

采用常规材料和工艺生产，具有混凝土结构所要求的各项力学性能，且具有高耐久性、高工作性和高体积稳定性的混凝土。

### 2.0.6 高强灌浆材料 high strength grouting material

高强灌浆料是以高强度材料为骨料，以水泥作为结合剂，辅以高流态、微膨胀、防离析等物质配制而成，常用于钢筋混凝土基础内部压力灌浆、预制构件的灌浆或黏结、复杂形状和小间距的灌浆加固。

### 2.0.7 砂浆垫层 bedding mortar

填充在不同类型构件拼接缝之间的高强无收缩砂浆过渡层。

### 2.0.8 砂浆拼接缝 mortar joint

采用高强无收缩砂浆进行找平连接的接缝，常用于立柱与承台、立柱与盖梁之间的拼接。

### 2.0.9 环氧拼接缝 epoxy joint

采用环氧粘结剂进行连接的接缝，常用于立柱节段之间以及盖梁节段之间的拼接。

### 2.0.10 调节垫块 adjustment cushion block

设置在不同类型构件拼接缝之间的垫块，用于调节构件标高、水准度、垂直度以及控制砂浆垫层的厚度。

### 2.0.11 专用定位板 special locating plate

根据预制构件钢筋位置精确钻孔的钢板，用于钢筋笼加工精度检测、构件预制台座钢筋定位或预留钢筋定位。

**2.0.12 调节设备 adjustment equipment**

用于调整预制构件空间姿态的设备。

**2.0.13 节段 segment**

混凝土墩柱、盖梁或上部结构梁体等构件沿其长度方向划分成的柱段或梁段等。

**2.0.14 节段预制拼装混凝土桥梁 precast segmental concrete bridge**

工厂或现场预先制作的混凝土节段通过可靠的连接方式拼装而成的混凝土桥梁。

**2.0.15 多重剪力键 multiple shear keys**

混凝土构件预制节段接缝表面用于承担剪切等作用、凹凸密接匹配的多重键块和键槽。

**2.0.16 短线预制法 short-line method precasting**

将混凝土构件沿纵向划分成若干节段，在台座上用固定的模板，依次将已浇筑好的节段作为匹配节段，逐段匹配、流水制作节段的预制施工方法。

**2.0.17 逐跨拼装法 span-by-span construction method**

将预制混凝土节段利用架桥设备逐跨进行拼装、逐跨施加预应力的施工方法。

**2.0.18 悬臂拼装法 balanced cantilever construction method**

自桥墩两侧平衡地逐段向跨中悬臂拼装预制混凝土节段、施加预应力的施工方法。

**2.0.19 架桥机 launching gantry**

预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工时，采用的可将节段拼装就位、并可移动到新的安装位置的施工设备。

## 3 基本规定

3.0.1 装配式市政桥梁设计应遵循安全、耐久、适用、环保、经济、美观的原则。

3.0.2 装配式市政桥梁应满足标准化、工厂化、机械化要求。

3.0.3 装配式市政桥梁的上部结构宜采用相同的跨径大小和相同的结构型式。

3.0.4 在预制拼装桥墩初步设计阶段，应满足通用性和少规格的要求，根据本市已有预制拼装工程桥墩类型情况，并结合工程实际情况确定合理的桥墩尺寸和形状，并选择适宜的拼接构造和节段划分方式。

3.0.5 在现浇桥墩施工图设计阶段，着重进行结构设计，严格满足预制拼装的精度要求，保证与预制节段之间的连接准确一致。

3.0.6 装配式构件连接应构造简单，传力明确。

3.0.7 应根据所处环境条件进行装配式结构的拼装缝及预制构件的耐久性设计。

3.0.8 抗震设计应符合下列规定：

- 1 装配式桥梁应满足结构的抗震需要；
- 2 构件连接应满足抗震设防烈度要求。

3.0.9 应根据环境条件、跨度、结构形式等工程实际情况，合理地确定构件的形状和尺寸，预制构件的最大尺寸和重量应结合起重和运输工具的能力、道路状况和建筑限界等要求确定，并应尽可能简化构件类型和减少连接节点数量，遵循少规格、易组合、便于施工的原则。

3.0.10 灌浆套筒连接可用于预制立柱与承台、立柱、盖梁、立柱墩身节段之间的连接，并可布置在同一断面；灌浆金属波纹管连接可用于预制立柱与承台和立柱与盖梁之间的连接。

3.0.11 设计单位在各项工序施工前应编制设计交底文件，并进行设计交底。交代设计意图，明确关键技术点。

3.0.12 预制构件的运输应符合下列规定：

1 预制构件的运输线路应根据道路、桥梁的实际条件确定，场内运输宜设置循环线路；

- 2 运输车辆应满足构件尺寸和载重要求；
- 3 装卸构件时应考虑车体平衡，避免造成车体倾覆；
- 4 应采取防止构件移动或倾倒的绑扎固定措施；
- 5 运输细长构件时应根据需要设置水平支架；
- 6 对构件边角部或链索接触处的混凝土，宜采用垫衬加以保护。

3.0.13 节段预制拼装混凝土桥梁的建造，应自工程设计阶段起，全过程协调建

设、设计、制作、施工等各方关系，并应加强交通工程、排水工程、照明工程等各专业之间的配合。

**3.0.14** 工程质量验收应在施工单位自检基础上，按照检验批、分项工程、分部工程(子分部工程)、单位工程顺序进行。单位工程完成且经监理工程师预验收合格后，应由建设单位按相关规定组织工程验收。各项单位工程验收合格后，建设单位应按相关规定及时组织竣工验收。

**3.0.15** 验收后的桥梁工程，应结构坚固、表面平整，色泽均匀、棱角分明、线条直顺、轮廓清晰，满足城市景观要求。

**3.0.16** 预制构件的堆放应符合下列规定：

- 1 场地应平整、坚实，并应有良好的排水措施；
- 2 应保证最下层构件垫实，预埋吊件宜向上，标识宜朝向堆垛间的通道；
- 3 垫木或垫块在构件下的位置宜与脱模、吊装时的起吊位置一致。重叠堆放构件时，每层构件间的垫木或垫块应在同一垂直线上；
- 4 堆垛层数应根据构件与垫木或垫块的承载能力及堆垛的稳定性确定，必要时应设置防止构件倾覆的支架；
- 5 施工现场堆放的构件，宜按安装顺序分类堆放，堆垛宜布置在吊车工作范围内且不受其他工序施工作业影响的区域；
- 6 预应力构件的堆放应考虑反拱的影响；
- 7 对于外观复杂的构件宜采用插放架或靠放架直立堆放、直立运输。插放架、靠放架应有足够的强度、刚度和稳定性。采用靠放架直立堆放的预制构件宜对称靠放，倾斜角度不宜小于  $80^{\circ}$ 。

## 4 材料

### 4.1 混凝土

4.1.1 预制构件宜采用高性能混凝土，混凝土强度等级不应低于 C30，预应力混凝土构件不应低于 C40。

4.1.2 相邻预制构件间（湿接缝）浇筑的混凝土应采取相应措施减少混凝土裂缝发生。

4.1.3 钢纤维混凝土应符合现行行业标准《钢纤维混凝土》JG/T 472 的规定。

4.1.4 高性能混凝土应符合现行标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 的相关规定。

4.1.5 超高性能混凝土（UHPC）应符合《活性粉末混凝土》GB/T 31387 的规定。超高性能混凝土 90 天氯离子扩散系数不应大于  $5.0 \times 10^{-14} \text{m}^2 / \text{s}$ 、标准立方体抗压强度不应小于 120MPa、抗折强度不应小于 18MPa。

### 4.2 金属材料

4.2.1 预制构件中的钢筋、预应力材料应符合现行行业和国家标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362、《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》GB/T 25823、《环氧涂层预应力钢绞线》JG/T 387、《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223.3 和《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的规定等。

4.2.2 钢筋机械连接用的套筒应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的规定。对直接承受动力荷载的结构构件，设计应根据钢筋应力变化幅度提出接头的抗疲劳性能要求。当无专门要求时，接头的抗疲劳应力幅限值不应小于国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中表 4.2.5-1 普通钢筋疲劳应力幅限值的 80%。

4.2.3 金属波纹管应符合现行行业标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG 225 的相关规定。

4.2.4 钢材及连接材料应符合《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的规定。

4.2.5 圆柱头焊钉连接件的材料、机械性能及焊接要求应符合现行国家标准《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》GB/T 10433。

### 4.3 高强无收缩水泥灌浆料

4.3.1 灌钢筋连接用灌浆材料应符合《钢筋连接用套筒灌浆料》JGT 408 的规定，钢筋连接用灌浆材料的技术指标与检验方法应符合表 4.3.1 规定。

表 4.3.1 高强无收缩水泥灌浆料技术指标

检测项目		性能指标	检验方法
流动度	初始	≥300mm	《水泥基灌浆材料应用技术规程》GB/T 50448
	30 min	≥260mm	
抗压强度	1d	≥35MPa	
	3d	≥60MPa	
	28d	≥100MPa	
竖向自由膨胀率	24h与3h差值	0.02%~0.50%	
氯离子含量		≤0.03%	《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB/T 8077
泌水率		0.00%	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080

注：1 高强、早强、和易性好、低收缩性水泥灌浆料拌合物试件制作及标准养护条件应符合现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO）》GB/T 17671 的规定；

2 高强无收缩水泥灌浆料拌合物拌合用水应符合国家现行标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定，宜采用生活饮用水。

4.3.2 产品检验分型式检验及现场检验。型式检验项目应包括灌浆料的初始流动度，30min 流动度，1d、3d、28d 抗压强度，竖向自由膨胀率，氯离子含量，泌水率，尚应包括灌浆套筒连接接头拉伸试验检验；现场检验应符合表中规定。

4.3.3 预应力孔道压浆材料性能应符合《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。

4.3.4 高强无收缩水泥灌浆料在干燥条件下包装未开封前有效存放时间不得大于 3 个月，开封包装后应立即使用，如有剩余应废弃处理。

#### 4.4 砂浆垫层

4.4.1 不同类型构件拼接缝间的砂浆垫层，应采用高强无收缩砂浆，在试块尺寸相同的加载试验下，高强无收缩砂浆 28d 的抗压强度应不小于 60MPa 且高出被连接构件一个强度等级（7MPa）以上，28d 竖向膨胀率应控制在 0.02%~0.10%。

4.4.2 砂浆垫层宜选用质地坚硬、级配良好的中砂（天然砂或机制砂），细度模数应不小于 2.6，含泥量不应大于 1%，且不应有泥块存在。

4.4.3 砂浆垫层初凝时间宜大于 2h。

## 4.5 灌浆连接套筒

4.5.1 灌浆连接套筒应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 的技术要求。

4.5.2 灌浆连接套筒按钢筋连接方式宜采用全灌浆连接型或半灌浆连接型。

4.5.3 全灌浆连接型套筒一端为预制安装端，另一端为现场拼装端，套筒中间应设置钢筋限位挡板；预制安装端及现场拼装端钢筋伸入长度均不应小  $10d_s$  ( $d_s$  为被连接纵向钢筋直径)；套筒下端应设置压浆口，套筒上端应设置出浆口，压浆口下缘与端部净距应大于 20mm；套筒制作允许偏差为  $\pm 2\text{mm}$ ；安装时套筒方向应正确放置。

4.5.4 灌浆连接套筒与高强无收缩水泥灌浆料组合体系性能应符合国家现行标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 中 I 级连接接头要求，且接头试件实测抗拉强度应不小于被连接钢筋的实际拉断强度。

4.5.5 半灌浆连接型套筒，钢筋机械连接端为预制安装端，另一端为现场拼装端；现场拼装端长度不应小  $10d_s$  ( $d_s$  为被连接纵向钢筋直径)；现场拼装端下端应设置压浆口，上端应设置出浆口，压浆口下缘与端部净距应大于 20mm；套筒制作允许偏差为  $\pm 2\text{mm}$ 。

4.5.6 灌浆连接套筒工厂内安装前应进行单向拉伸强度试验，单向拉伸强度试验的检验方法及要求应符合《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的相关规定。

## 4.6 金属波纹管

4.6.1 金属波纹管应为圆形不锈钢波纹管。

4.6.2 金属波纹管应符合国家现行标准《预应力混凝土用金属波纹管》JG 225 的相关规定，全长不应小于  $24d_s$  ( $d_s$  为被连接纵向钢筋直径)，且不得拼接；内径不宜小于  $d_s$  ( $d_s$  为被连接纵向钢筋直径)+40mm，内径尺寸允许偏差为  $\pm 0.5\text{mm}$ ；对于内径不大于 10cm 的波纹管，其钢带厚度（壁厚）应不小于 0.45mm，波纹管肋高应不小于 3.1mm。

4.6.3 金属波纹管下端应设置压浆口连接压浆管，上端应设置出浆口连接出浆管或直接从端部出浆；压浆口下缘与端部净距应为 20~40mm。

4.6.4 金属波纹管在储存和运输过程中应有防止雨淋、锈蚀、污染、日晒和损伤等防护措施。

## 4.7 环氧粘结剂

4.7.1 环氧树脂粘结剂应符合表 4.7.1 的规定，应有抗老化、抗碳化、抗强腐蚀性的功能。

表 4.7.1 预制构件的拼接面连接用环氧基粘结剂技术要求

项目		性能指标
物理性能	可施胶时间	≥20 min
	可粘接时间	≥60 min
	触变性	≤30mm/10 分钟
	吸水率	≤0.5%
	水中溶解率	≤0.1%
	耐热性	≥50℃
力学性能	抗剪强度标准值 (MPa)	7 天 ≥21
	抗压强度标准值 (MPa)	24 小时 ≥40; 7 天 ≥60
	抗拉强度标准值 (MPa)	7 天 ≥9
	抗剪弹性模量 (MPa)	瞬间 ≥1500; 1h 后 ≥1200; 28d 后 ≥1000
	受压时弹性模量 (MPa)	瞬间 ≥8000; 1h 后 ≥6000
化学性能	化学稳定性	经50℃、98%湿度恒定作用 90d 后，在常温下试件的钢-钢拉伸抗剪强度的下降幅度不得超过参比试件强度的 10%。

4.7.2 环氧粘结剂应具有抗老化、防碳化、防强腐蚀等特性。

4.7.3 同类构件之间环氧粘结剂初步固化时间不应小于 1h。在规定的两面涂抹厚度条件下，构件拼接边缘应有均匀的挤出量，并仅有滴挂而无流淌现象。

## 4.8 预应力筋-锚具组装件

4.8.1 预制拼装桥墩中采用的预应力筋宜采用预应力钢绞线，也可采用热轧、轧后余热处理或热处理的精轧螺纹钢。

4.8.2 预制拼装桥墩中的无粘结或有粘结预应力筋-锚具组装件的锚固性能，应符合下列规定：

1 锚具的静载锚固性能应符合下式要求：

$$\eta_s \geq 0.95 \quad (4.8.2-1)$$

$$\varepsilon_{apu} \geq 2.0\% \quad (4.8.2-2)$$

式中， $\eta_s$ ——预应力筋-锚具组装件静载试验测得的锚具效率系数；

$\varepsilon_{apu}$  ——预应力筋-锚具组装件达到实测极限拉力时的总应变。

2 预应力筋-锚具组装件的抗疲劳荷载性能,应确保预应力筋在锚具夹持区域不发生破断。

3 无粘结预应力筋耐久性应满足现行行业标准《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 90 的要求。

**4.8.3** 预应力筋-锚具组装件应经过有资质检测单位试验检测,并出具相应的合格报告,方可使用。

## 5 下部结构设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 满足本规范对连接材料和构造要求时，预制装配式下部结构可按国家现行标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362、《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63、《公路路基设计规范》JTG D30、《城市桥梁设计规范》CJJ 11、《公路桥涵施工技术规范》JTG/TF 50 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 进行验算。

5.1.2 构件计算应考虑持久状况（承载能力极限状态、正常使用极限状态）、短暂状况、偶然状况及地震状况四种设计状况，符合下列规定：

1 对持久设计状况承载能力极限状态，应对预制构件进行承载能力和稳定验算；

2 对持久设计状况正常使用极限状态，应对预制构件进行变形、裂缝控制验算；

3 对制作、运输和堆放、安装等短暂设计状况下的预制构件，应进行承载能力极限状态验算，必要时应进行正常使用极限状态验算，并符合现行国家标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/TF 50 和《混凝土结构工程施工规范》GB 5066 的有关规定；

4 对偶然状况下的预制构件应进行承载能力极限状态验算；

5 对地震设计状况应采用作用的地震组合进行承载能力极限状态设计，地震作用应按现行《公路工程抗震规范》JTG B02 和《公路桥梁抗震设计细则》JTG/TB 02-01 的有关规定计算；预制拼装下部结构的构件竖向布置应连续、均匀，抗侧力结构的侧向刚度和承载力沿竖向不应突变，其抗震设计、分析计算、验算和延性构造应符合现行国家标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166 的要求。

5.1.3 预制构件进行脱模验算时，等效静力荷载标准值应取构件自重标准值乘以相应的动力系数后与脱模吸附力之和，且不宜小于构件自重标准值的1.5倍。动力系数后与脱模吸附力应符合下列规定：

1 动力系数不宜小于1.2；

2 脱模吸附力应根据构件和模具的实际情况取用，且不宜小于 $1.5kN/m^2$ 。

### 5.2 连接设计

5.2.1 预制构件之间的连接应满足结构传递内力的要求，同时应便于构件安装，

连接设计包括连接接头的选用和连接节点的构造设计。

5.2.2 下部结构预制构件的连接方式应根据结构形式、抗震设防烈度、施工、运输、拼装等因素综合确定：

表 5.2.2 装配式下部结构预制构件间主要连接方式

序号	连接方式	适用范围
1	灌浆套筒	桥台各构件的竖向连接，承台、盖梁与墩柱连接
2	灌浆金属波纹管	墩柱、台身与承台、盖梁连接
3	插槽式	墩柱与盖梁连接
4	承插式	墩柱与承台连接，桩基与承台连接
5	后张预应力筋	盖梁、墩柱节段连接

5.2.3 应根据所处环境条件考虑预制拼装构件接缝的耐久性设计，接缝处环氧粘结剂或砂浆垫层应满足耐久性性能指标要求，可根据桥梁运营和所处环境的要求而定，且应符合下列规定：

1 在荷载长期效应组合下，预应力连接构件接缝处正截面受拉边缘不允许出现拉应力（不得消压）；

2 在荷载短期效应组合下，接缝处正截面受拉边缘可出现拉应力，但拉应力应小于接缝界面材料及预制构件材料的允许设计拉应力。

5.2.4 应对连接件、焊缝、螺栓或铆钉等紧固件在不同设计工况下的承载力进行验算，并应符合相关现行国家标准的规定。

#### (1) 灌浆套筒连接

5.2.5 灌浆套筒连接性能较好，可用于各类预制构件的竖向拼装连接。

5.2.6 在各种设计工况下，采用灌浆套筒连接的装配式下部结构可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析，若灌浆套筒置于墩柱里应对转动能力进行单独设计。

5.2.7 灌浆连接套筒按钢筋连接方式可制作成全灌浆套筒或半灌浆套筒。

5.2.8 考虑到青岛的抗震设防烈度为 7 度，所以当灌浆套筒预埋在预制墩柱且其位于潜在的塑性铰区域内时，配置的加密箍筋（图 5.2.8）应满足下列要求：

1 墩柱箍筋加密区长度不应小于灌浆套筒连接区域并应向上延伸 500mm，且不应小于国家现行规范中的规定；

2 灌浆套筒上端第一个箍筋距离灌浆套筒顶部不应大于 50mm；

3 灌浆套筒高度加 500mm 范围外的箍筋量应逐渐减少；

4 墩柱箍筋加密区应延伸到盖梁和承台内，延伸长度不宜小于墩柱长边尺寸的 0.5 倍，且不应小于 500mm；

5 墩柱在灌浆套筒长度范围内箍筋的混凝土保护层厚度不应小于 20mm。

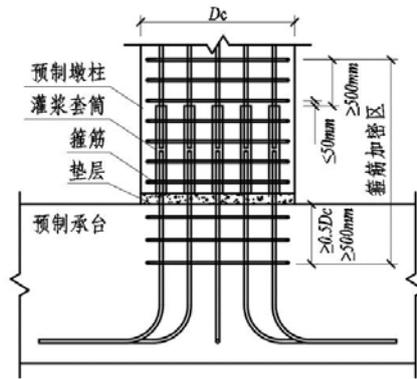
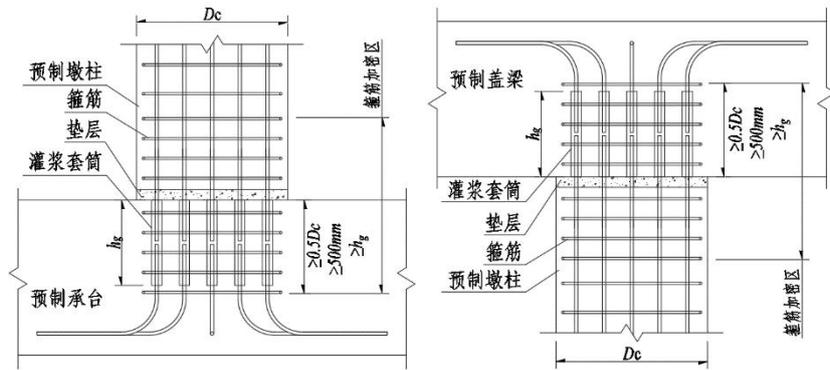


图 5.2.8 灌浆套筒在预制墩柱内时箍筋加密区

5.2.9 当灌浆套筒预埋在预制承台或盖梁内时，在满足现行抗震设计规范构造要求的情况下，配置的加密箍筋延伸到承台或盖梁的距离（图 5.2.9）应不小于灌浆套筒的高度。



(a) 预制墩柱与预制承台的连接

(b) 预制墩柱与预制盖梁的连接

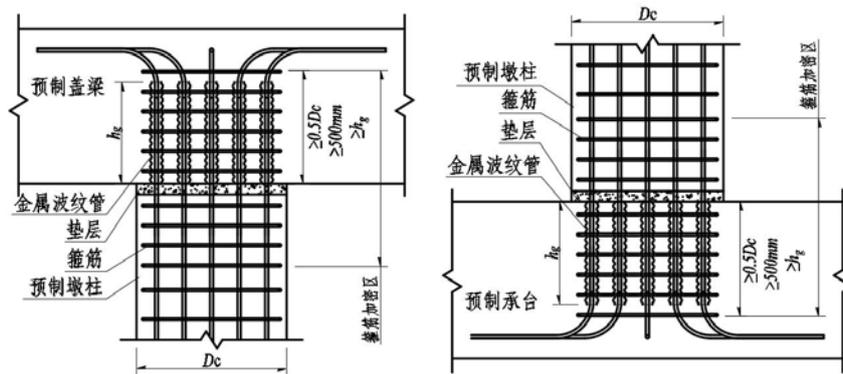
图 5.2.9 灌浆套筒在预制承台或盖梁内时箍筋加密区

5.2.10 预制墩台与承台、墩柱与盖梁、台身不同类型构件之间的拼装接缝砂浆垫层厚度宜为 10mm~30mm，同类型构件之间的环氧接缝厚度宜为 1mm~3mm。

#### (11) 灌浆金属波纹管连接

5.2.11 灌浆金属波纹管连接用于墩柱、台身与承台及盖梁之间的竖向拼接连接，金属波纹管仅埋置于墩台的承台和盖梁、台帽之中。

5.2.12 当灌浆金属波纹管预埋在预制承台、盖梁或台帽内时，预制构件内应布置加密箍筋（图 5.2.12），且在满足现行抗震设计规范构造要求的情况下，墩柱箍筋加密区延伸到预制承台、盖梁或台帽的距离不应小于墩柱长边尺寸的 1/2、500mm 及波纹管高度的最大值。



(a) 预制墩柱与预制承台的连接 (b) 预制墩柱与预制盖梁的连接

图 5.2.12 金属波纹管在预制承台或盖梁内时箍筋加密区

5.2.13 预制构件中的圆形金属波纹管净距不应小于 50mm，且不应小于管道直径，保护层厚度宜符合现行行业标准《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。

### (III) 插槽式连接

5.2.14 插槽式连接用于桩基与承台之间的竖向拼装连接。

5.2.15 插槽孔洞应具有足够的水平容差，且水平容差需考虑与相连接构件的联合容差。孔洞尺寸（图 5.2.15）宜符合下列规定：

- 1 孔洞在顺桥向、横桥向的尺寸容差不应小于 50mm；
- 2 孔洞顺桥向、横桥向尺寸不应小于桩基对应尺寸加上 100mm。

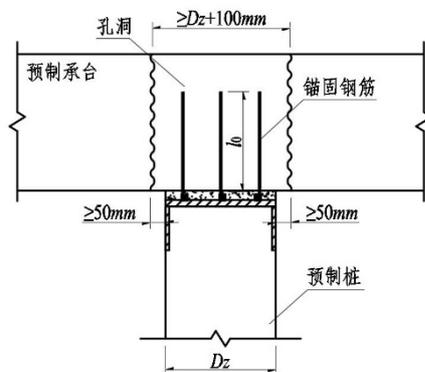


图 5.2.15 插槽式连接构造示意图

### (IV) 承插式连接

5.2.16 承插式连接用于墩柱与承台、桩基与承台之间的竖向拼装连接。

5.2.17 承插的孔洞推荐采用金属波纹管、梯形或锥形孔洞，当采用梯形或锥形孔洞时，孔洞混凝土表面可不设置剪力键和凿毛处理。孔周边应设置补强钢筋，并与承台钢筋连接。

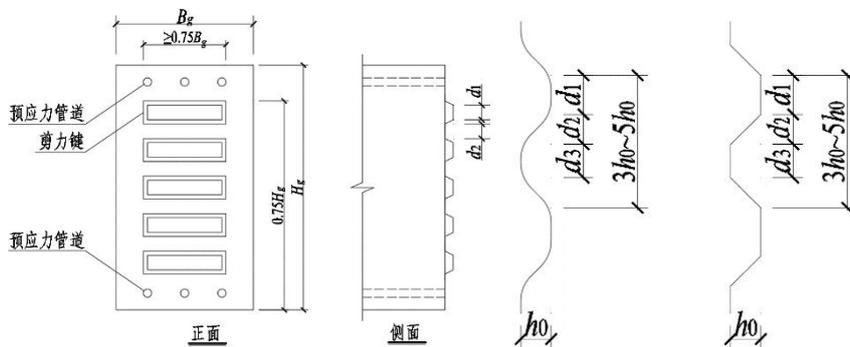
5.2.18 填充料宜选用高强无收缩混凝土，其强度等级不应低于承台自身混凝土强度。

### (V) 后张预应力连接

5.2.19 节段拼装下部结构中用到的预应力筋可采用钢绞线、精轧螺纹钢、预应力钢棒；预应力钢筋或管道间的净距保护层应符合现行行业标准《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。

5.2.20 节段拼装盖梁、墩柱结构应按全预应力或 A 类部分预应力混凝土结构设计，施工阶段应进行预制节段存放、移运、提升、架设安装和施加预应力、体系转换等施工阶段的结构计算。

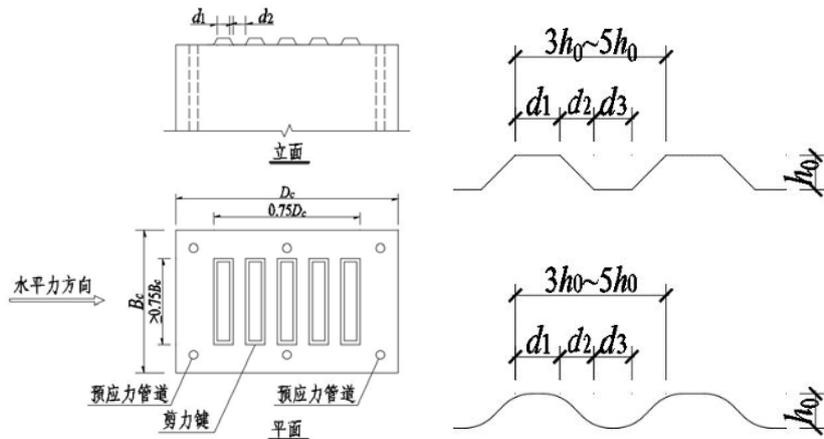
5.2.21 预制节段后张预应力连接应与剪力键（槽）配合环氧树脂配合使用且宜设置粗糙面，粗糙面的面积不宜小于结合面的 80%。剪力键厚度宜取 1mm~3mm 以及构造要求应符合本规范第 6.2.39 条规定，构造示意图如图 5.2.21。



(a) 剪力键构造

(b) 剪力键大样

图 5.2.21-1 盖梁剪力键构造尺寸示意图



(a) 剪力键构造

(b) 剪力键大样

图 5.2.21-2 墩柱剪力键构造尺寸示意图

5.2.22 为便于环氧树脂挤出，可将剪力键（槽）一侧设置成与构件表面平齐，或在剪力槽设置一道出胶口，并对构件匹配面施加压应力，匹配面混凝土压应力不得小于 0.3MPa，剪力槽构造示意图如图 5.2.22。

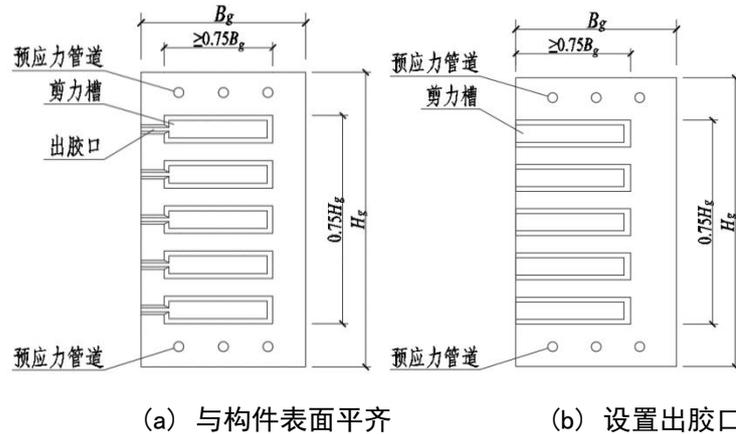


图 5.2.22 剪力槽构造示意图

### 5.3 预制桩基础

#### (I) 一般规定

5.3.1 预应力混凝土桩按截面形状可分为方桩、管桩，其设计应符合国家现行标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476、《预应力混凝土空心方桩》JG 197、《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406。

5.3.2 钢桩按外形主要分为钢管桩、H 型桩，其设计应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63 的规定。。

5.3.3 预制空心桩的桩尖形式宜根据地层性质选择闭口形、敞口形。闭口形分为平底十字形和锥形；当空心桩桩端嵌入遇水易软化的强风化岩、全风化岩和非饱和土的预应力混凝土空心桩，沉桩后，应对桩端以上约 2m 范围内采取有效的防渗措施，可采用微膨胀混凝土填芯或在内壁预涂柔性防水材料。。

5.3.4 混凝土预制桩的防腐要求应符合国家现行标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046、《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406的规定，钢桩的防腐要求应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63的规定，钢管混凝土管桩的防腐要求应符合现行行业标准《预制高强混凝土薄壁钢管桩》JG/T 272的规定。

#### (II) 构造设计

##### (i) 混凝土预制桩

5.3.5 混凝土预制桩的常用截面形式有圆形、环形、方形等，适用于抗震设防烈度为 7 度地区的青岛的低承台桩基工程，并主要承受竖向荷载。

5.3.6 预制桩的截面尺寸应根据受力大小、桩基形式和施工条件等因素综合确定。预制桩的截面边长不宜小于 300mm；钢筋混凝土管桩直径可采用 0.4~0.8m，管壁最小厚度不宜小于 80mm。

5.3.7 预制桩的混凝土强度等级不宜低于 C30；预制混凝土实心桩的混凝土强度等级不应低于 C40；管桩填芯混凝土不应低于 C20。

5.3.8 预制桩的桩身配筋应按制造、运输、施工和使用各阶段的受力条件计算确定，桩身应通长配筋。采用锤击法沉桩时，预制桩的最小配筋率不宜小于 0.8%；静压法沉桩时，最小配筋率不宜小于 0.6%，主筋直径不宜小于 14mm。桩的两端和接桩区（4~5） $D_z$  长度范围内箍筋和螺旋筋的间距须加密，其值可取 40~50mm，并设置钢筋网片。

5.3.9 采用锤击法沉桩时，混凝土预制桩的最小配筋率不宜小于 0.8%。静压法沉桩时，混凝土预制桩的最小配筋率不宜小于 0.6%，当桩身细长时，亦不宜小于 0.8%。主筋直径不宜小于 14mm，纵向钢筋的混凝土保护层厚度不宜小于 30mm。

5.3.10 对于锤击桩，摩擦桩的长径比不宜大于 120；端承桩或摩擦型桩需穿越一定厚度的硬土层时，其长径比不宜大于 100。

5.3.11 对于锤击桩，锤击压应力应小于桩身混凝土的轴心抗压强度设计值，锤击拉应力宜小于 1.2 倍桩身混凝土的轴心抗拉强度设计值。

5.3.12 对于静压桩，当预估沉桩阻力较大或需穿越较厚硬土层时，宜在桩顶部适当增加网片和箍筋，并提高混凝土强度等级。

5.3.13 混凝土预制桩的桩尖可将主筋合拢焊在桩尖辅助钢筋上，对于持力层为密实砂和碎石类土时，宜在桩尖处包以钢板桩靴，增加桩尖强度。

#### (ii) 预应力混凝土管桩

5.3.14 预应力混凝土管桩设计应符合国家现行标准《先张法预应力混凝土管桩》GB13476、《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406。

5.3.15 当管桩用于摩擦型桩时桩长径比不宜大于 100；用于端承型桩桩的长径比不宜大于 80。当管桩穿越厚度较大的淤泥等软土层或可液化土层时，应考虑桩身的稳定性及其对承载力的影响。

5.3.16 预应力混凝土方桩包括预应力混凝土空心方桩和先张法预应力混凝土实心方桩（PHZ），预应力混凝土空心方桩按混凝土强度等级和壁厚可分为预应力混凝土方桩（PS）、预应力高强混凝土方桩（PHS），适用于抗震设防烈度为 7 度的青岛地区的低承台桩基工程，主要承受竖向荷载。

5.3.17 先张法预应力混凝土实心方桩用纵筋、锚固钢筋采用 HRB400 级钢材。

5.3.18 预应力混凝土空心方桩设计应符合国家现行标准《预应力混凝土空方桩》JG/T 197 的有关规定。

5.3.19 预应力钢筋应根据计算确定，最小配筋率不宜小 0.4%，预应力钢筋应均匀、对称布置，并不得少于 4 根，混凝土保护层厚度不宜小于 30mm。

5.3.20 对于边长 450mm 以下的方桩，箍筋的公称直径不应小于 4mm；边长 500mm~

600mm的方桩,箍筋的公称直径不应小于5mm。方桩两端5倍边长且不小于2000mm范围内箍筋加密,间距为50mm,其余部分箍筋间距为100mm。

5.3.21 PHZ、PS 桩混凝土强度等级不得低于C60, PHS 桩混凝土强度等级不得低于C80。

5.3.22 预应力混凝土方桩用做摩擦型桩或端承摩擦桩且穿越硬土层较薄时,其长径比不宜大于120;用做端承型桩或摩擦端承桩且需要穿越一定厚度较硬土时,其长径比不宜大于100。

5.3.23 预应力钢筋应采用预应力混凝土用钢棒,其质量应满足国家相应规范要求。

### (iii) 钢桩

5.3.24 钢桩可采用管型、H型或其他异型钢材,其构造规定应符合现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363。

5.3.25 钢桩的分段长度宜为12~15m。

5.3.26 钢桩的规格应根据工程地质、荷载、基础平面、上部荷载以及施工条件综合考虑后加以选择。

5.3.27 钢管桩上、中、下节桩常采用同一壁厚,但为使桩顶能承受较大的锤击力,同时防止径向失稳,宜将上节桩的壁厚适当增大,或在桩管外圈加焊一条宽200~300mm、厚6~12mm的扁钢加强箍。

5.3.28 为减少桩管下沉的摩阻力,防止钢管桩贯入硬土层时端部变形破损,宜在钢管桩的下端设置高度为200~300mm,厚度6~12mm的加强箍。

5.3.29 钢桩桩身的焊接接头应采用等强度连接,使用的焊条、焊丝和焊剂应符合现行国家有关规范、标准规定。

5.3.30 钢桩的端部形式应根据桩所穿越的土层、桩端持力层性质、桩尺寸、挤土效应等因素综合考虑确定,并可按(表5.3.30)规定采用:

表 5.3.30 钢桩的端部形式

钢桩类型	端部形式	
钢管桩	敞口	带加强箍(带内隔板、不带内隔板)
		不带加强箍(带内隔板、不带内隔板)
	闭口	平底
		锥底
H型钢桩	带端板	
	不带端板	平底(带扩大翼、不带扩大翼)
		锥底

5.3.31 设计时应应对H型钢桩施工锤重予以限制,可在刚度小的方向设置约束装

置。

5.3.32 接桩前和沉桩后应对桩顶作局部切割处理。

5.3.33 桩顶与承台按固接设计时，应能承受桩顶弯矩、剪力和轴力等作用。

5.3.34 钢桩的防腐处理应符合下列规定：

1 海水环境中，钢桩的单面平均腐蚀速度可按表取值；其他条件下，钢桩的腐蚀速度当无实测资料时可按表5.3.34-1,2确定；

表 5.3.34-1 海水环境中钢桩的单面平均腐蚀速度

部位	(mm/年)	部位	(mm/年)
大气区	0.05~0.10	水位波动区、水下区	0.12~0.20
浪溅区	0.20~0.50	泥下区	0.05

表 5.3.34-2 其他条件下钢桩单面年平均腐蚀速度

钢桩所处环境		(mm/年)
地面上	无腐蚀性气体或腐蚀性挥发介质	0.05~0.10
地面以下	水位以上	0.05
	水位以下	0.03
	水位波动区	0.10~0.3

2 钢桩的防腐处理可采用外表面涂防腐层、增加腐蚀余量及阴极保护；当钢管桩内壁同外界隔绝时，可不考虑内壁防腐。

#### (iv) 高强混凝土薄壁钢管桩

5.3.35 高强混凝土薄壁钢管桩除适用于承受较大竖向荷载的情况，也适用于承受较大水平荷载的情况。

5.3.36 高强混凝土薄壁钢管桩适用于抗震设防烈度7度的青岛。

5.3.37 高强混凝土薄壁钢管桩的选用应根据工程地质情况、区域抗震设防烈度、上部结构特点、荷载大小及性质、施工条件、沉桩设备等因素综合考虑，综合分析后选用。

5.3.38 高强混凝土薄壁钢管桩桩基承载力应按照《建筑桩基技术规范》JGJ 94中有关规定进行计算。

5.3.39 高强混凝土薄壁钢管桩基本尺寸、技术性能指标及防腐处理应符合现行国家标准《预制高强混凝土薄壁钢管桩》JG/T 272的有关规定。

5.3.40 高强混凝土薄壁钢管桩构造要求应符合现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩制作规程》GBJ 08-302和《预制高强混凝土薄壁钢管桩》JG/T 272的有关规定。

5.3.41 高强混凝土薄壁钢管桩桩尖应符合下列规定：

1 高强混凝土薄壁钢管桩桩尖应根据场区地层和布桩情况设置，可采用闭

口型或开口型桩尖。闭口桩尖分为平底型、平底十字型及锥形等，视沉桩需穿过的土层性质、打(压)桩力的大小而定；

2 当采用钢桩尖时，钢板厚度不宜小于16mm，且应满足沉桩过程对桩尖的刚度和强度要求；

3 当桩端位于饱和砂类土或遇水易软化的土层时，以及桩具有抗拔功能时，应选用闭口桩尖，桩尖焊缝应连续饱满不渗水；且在首节桩沉桩后立即在桩端灌注高度不小于1.2m的补偿收缩混凝土或中粗砂拌制的水泥砂浆进行封底。

### (III) 接桩设计

5.3.42 预制桩的分节长度应根据地质、运输、施工条件确定，锤击桩宜采用1~2个接头，静压桩宜采用1~3个接头。

5.3.43 当下节桩端即将进入硬塑粘性土、中密砂土、碎石土等较难进入的土层时，不宜接桩。

5.3.44 预制桩的接桩可采用焊接连接、法兰连接、锚接连接、机械啮合连接、螺纹连接。

5.3.45 抗拔高强混凝土薄壁钢管桩接头宜采用专门的机械连接接头或经专项设计的焊接接头。当在腐蚀环境采用机械接头时，宜同时采用焊接连接，接头数量不宜超过1个。

5.3.46 接头的受力性能应满足设计对桩身抗压、抗拔、抗剪、抗弯性能的要求，且接头处正截面受弯极限弯矩不得低于桩身正截面极限弯矩的要求。

5.3.47 在抗震设防烈度为7度的青岛，桩的接头位置应设置在非液化土层中。

5.3.48 应根据工程地质情况对接头采取有效的防腐措施。

#### (i) 焊接接头

5.3.49 焊接接头接桩应按工艺要求控制垂直度与焊缝要求，焊接应分三次满焊，焊接坡口尺寸、焊条与焊缝质量应满足钢结构焊接要求。

5.3.50 应对接头焊缝做防锈处理，并应在防锈漆干固前禁止进行沉桩作业。

5.3.51 钢桩焊接接头应采用等强度连接，且H型钢桩或其他薄壁钢桩应增加连接板。

#### (ii) 法兰接头

5.3.52 法兰连接接头应主要用于混凝土方桩与管桩。

#### (iii) 机械啮合接头

5.3.53 当管桩基础工程为下列条件之一时，管桩连接宜采用机械接头：

- 1 地下水、地基土对管桩有弱到中等以上腐蚀作用时；
- 2 桩基为抗拔桩时；
- 3 桩数较多较密集，挤土效应较大时；

4 施工环境温度低于  $0^{\circ}\text{C}$  或风雨雪季节作业时。

#### (IV) 与承台连接构造

##### (i) 混凝土实心桩

5.3.54 实心桩顶与预制承台的连接应满足下列构造要求：

1 为便于预制桩的沉入，不宜在桩顶设置外露钢筋；

2 承压桩采用插槽式连接时（图 5.3.54a），受力纵筋进入承台的锚固长度  $l_d$  应满足：带肋钢筋不应小于 35 倍钢筋直径（不设弯钩）；受力纵向钢筋应于连接钢板双面焊接，焊缝长度不得小于锚固筋直径的 5 倍，连接钢板宜采用 Q235B，厚度不应小于 10mm，应与端板满焊，并需避开端板孔口；

3 采用承插式连接时（图 5.3.54b），当桩径（或边长） $D_z$  小于 0.6m 时，插入长度  $l_d$  不应小于  $2D_z$ ；当桩径（或边长） $D_z$  为 0.6m~1.2m 时，插入长度  $l_d$  不应小于 1.2m；当桩径（或边长） $D_z$  大于 1.2m 时，插入长度  $l_d$  不应小于  $D_z$ ；

4 承台预留孔洞内填充微膨胀混凝土，其强度等级不应低于承台自身混凝土强度，填筑前应清除内部杂物。

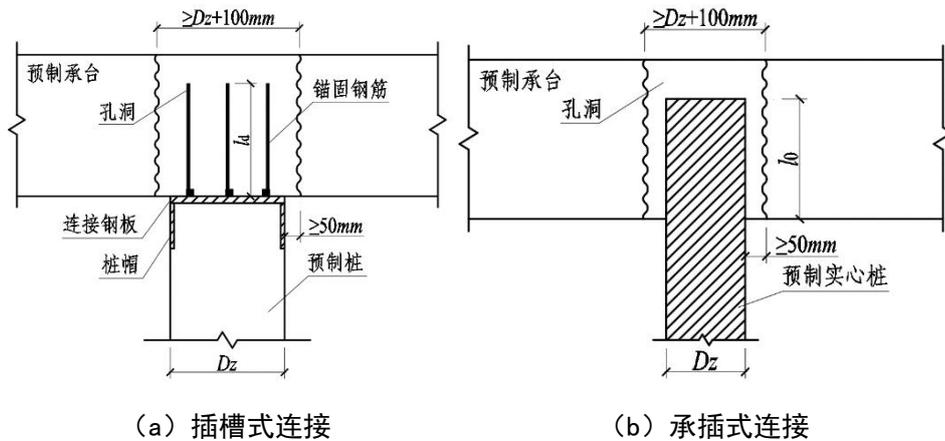


图 5.3.54 实心桩桩顶与承台连接

##### (ii) 混凝土空心桩

5.3.55 空心桩桩顶与预制承台的连接（图 5.3.55）应满足下列构造要求：

1 浇筑桩顶填芯混凝土前，应清除桩顶内壁浮浆，填芯混凝土采用微膨胀混凝土，其强度等级不应低于 C30；

2 锚固钢筋数量不应小于 4 根，直径不应小于 16mm，锚入承台长度不宜小于 35 倍钢筋直径，插入填芯混凝土长度不宜小于 1.0m。

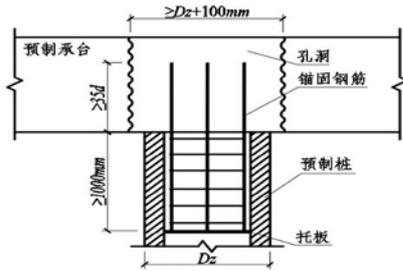


图 5.3.55 空心桩桩顶与承台连接

(iii) 钢桩

5.3.56 钢桩顶部与承台之间的连接可参考《建筑桩基技术规范》JGJ 94，并宜符合下列规定：

钢桩顶部与承台之间应采用固结连接，固结连接可分为桩顶直接插入预制承台内和桩顶通过锚固铁件或钢筋插入预制承台内两种（图5.3.56-1~图

5.3.56-2），固结连接构造应满足下列要求：

- 1 采用承插式连接时，桩顶深入承台的最小深度不应小于2倍桩径；
- 2 采用焊接锚固铁件或钢筋伸入承台时，桩顶伸入的深度不应小于100mm。

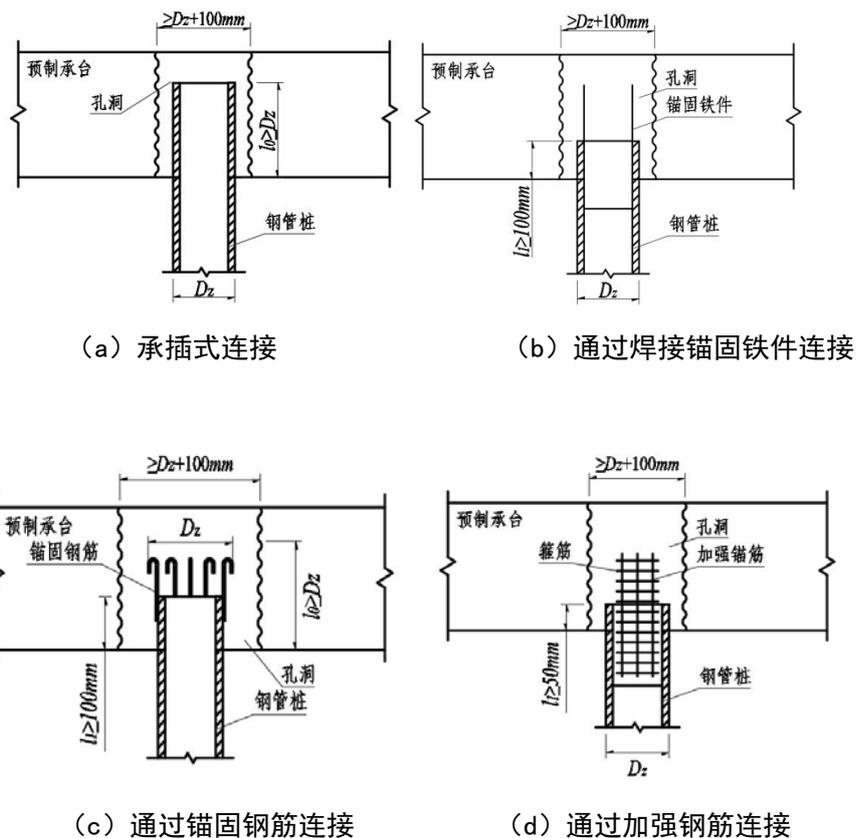


图 5.3.56-1 钢管桩与承台固结连接

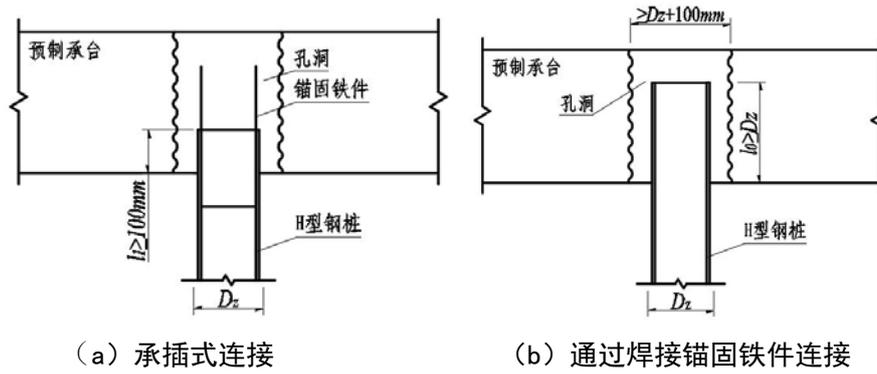


图5.3.56-2 H型钢桩与承台连接

## 5.4 承台

### (I) 一般规定

- 5.4.1 预制承台混凝土强度等级不宜低于 C30。
- 5.4.2 预制承台不适用于单桩独柱式桥墩。
- 5.4.3 预制承台与墩柱及桩基的连接方式应与墩柱及桩基的类型和预制方式相匹配。
- 5.4.4 预制承台与预制墩柱的连接方式主要有灌浆套筒（或灌浆金属波纹管）连接、预应力连接、承插式连接。
- 5.4.5 预制承台与桩基的连接方式主要有承插式连接、插槽式连接。

### (II) 墩柱与承台的连接构造

- 5.4.6 墩柱与承台采用灌浆套筒连接时，相应构造要求可根据本规范5.2节相关条文执行。
- 5.4.7 墩柱与承台可采用后张预应力连接如图所示（图 5.4.7）。

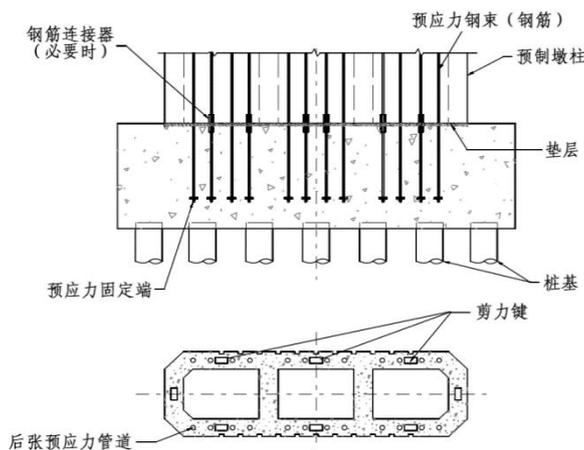


图 5.4.7 预制承台与预制墩柱的后张预应力连接

- 5.4.8 墩柱与承台可采用承插式连接（图5.4.8），适用于抗震设防烈度为7度的青岛地区，且柱截面长边尺寸小于2000mm。预制墩柱承插插入深度可按表

5.4.8选用，并应满足锚固长度与稳定性要求，即 $l_0 \geq 0.05$ 倍吊装时的柱长。

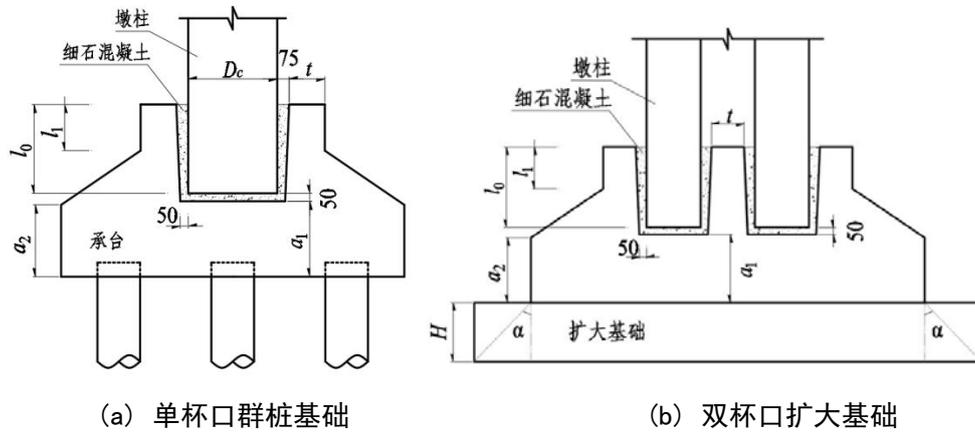


图5.4.8 预制墩柱与承台和基础的承插式连接

表 5.4.8 墩柱的插入深度  $l_0$  (cm)

矩形或工字型墩柱				单肢管柱	双肢管柱
$D_c < 50$	$50 \leq D_c < 80$	$80 \leq D_c < 100$	$D_c > 100$		
(1.0~1.2) $D_c$	$D_c$	$\max(0.9D_c, 80)$	$\max(0.8D_c, 100)$	$\max(1.5D_c, 50)$	$\max(\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3} h_A, (1.5 \sim 1.8) h_B)$

注：1  $D_c$  为柱截面长边尺寸或管柱的外径； $h_A$ 、 $h_B$  分别为双肢柱整个截面长边、短边尺寸。

2 柱轴心受压或小偏心受压时， $l_0$  可适当减小；偏心距大于 $2D_c$ 时， $l_0$  应适当加大。

3  $l_0$  不应小于墩柱纵筋的锚固长度。

5.4.9 承插式连接预留孔的柱底厚度和壁厚应符合表5.4.9的要求，并满足设计要求

表 5.4.9 承插式连接预留孔的柱底厚度和壁厚 (cm)

柱截面长边尺寸 $D_c$	柱底厚度 $a_1$	壁厚 $t$
$D_c < 50$	$a_1 \geq 15$	$t=15 \sim 20$
$50 \leq D_c < 80$	$a_1 \geq 20$	$t \geq 20$
$80 \leq D_c < 100$	$a_1 \geq 20$	$t \geq 30$

$100 \leq D_c < 150$	$a_1 \geq 25$	$t \geq 35$
$150 \leq D_c < 200$	$a_1 \geq 30$	$t \geq 40$

注：1 双肢柱的  $a_1$  值可适当加大；

2  $a_1$  值应满足承台或基础的受力要求。

5.4.10 采用承插式连接的柱为轴心或小偏心受压且  $t/D_c \geq 0.65$  时，或大偏心受压且  $t/D_c \geq 0.75$  时，预留孔壁内可不配筋。当柱为轴心或小偏心受压且  $0.5 \leq t/D_c < 0.65$  时，预留孔壁内可按表5.4.10配置钢筋网（图5.4.10）。

表 5.4.10 孔口内壁配筋

柱截面长边尺寸 (mm)	$D_c < 1000$	$1000 \leq D_c < 1500$	$1500 \leq D_c < 2000$
钢筋直径 (mm)	$\Phi 12$	$\Phi 12$	$\Phi 12 \sim \Phi 16$

注：钢筋采用HRB400。

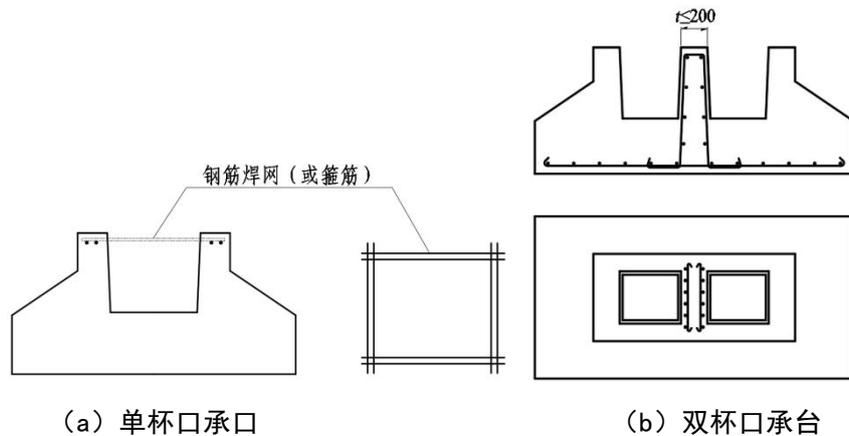


图5.4.10 预留孔壁内配筋

5.4.11 承插式连接孔口部分的表面应凿毛，承台预留孔底部铺设一定厚度的砂浆，周围应用比承台混凝土强度等级高一级的细石混凝土填充密实，当其强度达到设计强度的70%时，方可允许进行上部施工。

### (III) 承台与桩基的连接构造

5.4.12 预制承台与预制桩基础之间可采用承插式连接或插槽式连接，相应构造要求应符合本规范第5.3.54条~第5.3.56条的规定。

5.4.13 预制承台的设计应计入预留孔洞对承台结构的不利影响。

5.4.14 预制承台受力钢筋的布置应与预制桩基础连接构造相协调，在预留孔洞处不得切断。

## 5.5 墩柱

### (1) 一般规定

5.5.1 满足本导则对灌浆连接套筒、金属波纹管、高强无收缩水泥灌浆料以及砂浆垫层等连接材料和构造要求时，预制拼装桥墩可按国家现行标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62 进行验算。

5.5.2 预制拼装桥墩计算应包括持久状况下的结构承载能力极限状态、正常使用极限状态以及持久状况和短暂状况构件的应力四部分内容。

5.5.3 预制拼装桥墩计算应符合下列要求：

1 在进行持久状况承载能力极限状态计算时，作用（或荷载）的效应宜采用基本组合，立柱、盖梁应进行承载能力计算；

2 在进行持久状况正常使用极限状态计算时，应采用作用（或荷载）的短期效应组合长期效应组合或短期效应组合并考虑长期效应组合的影响，对立柱和盖梁进行抗裂、裂缝宽度和变形的验算；

3 在进行持久状况和短暂状况构件的应力计算时，作用（或荷载）除有特别规定外均采用标准值，汽车荷载应考虑冲击系数，对立柱和盖梁进行持久状况和短暂状况的应力验算。

5.5.4 预制柱进行设计时，应考虑上下砂浆拼接缝厚度的影响，确定立柱预制长度。

5.5.5 对于设防烈度为 7 度的青岛，灌浆连接套筒可布置在预制立柱中，此时应考虑套筒对立柱刚度及相关构造的影响。

5.5.6 采用匹配法施工的预制节段拼缝处宜采用环氧粘结剂，采用非匹配法施工的预制节段拼缝处宜采用砂浆垫层。

5.5.7 预制立柱和盖梁分段拼装时，在节段间的环氧固化过程中，立柱节段间压应力应不小于 0.3MPa。

5.5.8 墩柱间节段拼装应符合下列规定：

1 拼装前应对立柱节段拼接缝进行表面处理，确保表面无油、无水及无可见灰粉。

2 拼装前应对立柱阶段拼装接缝表面进行复测，标高允许偏差为±2mm，水平度允许偏差为±1mm/m。

3 环氧粘接剂应均匀涂刷，涂刷时间宜控制在 30min 内，涂刷前、后应采

取防雨、尘措施。

### (II) 墩柱间的连接构造

5.5.9 墩柱与墩柱间可采用后张预应力、灌浆套筒连接，其构造要求按本规范相关规定执行。

5.5.10 预制墩柱混凝土宜采用高性能混凝土，强度等级不宜低于 C40。

5.5.11 节段拼装预应力桥墩可采用有粘结预应力筋粘结或无粘结预应力筋，应根据实际情况综合选用。

5.5.12 预应力固定端锚固系统宜设置在承台，张拉端设置在墩顶(图 5.5.12)，波纹管连接处应密封。

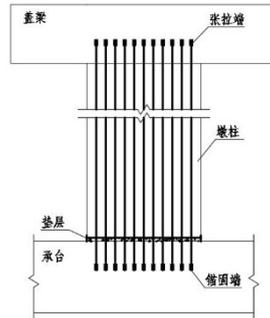


图 5.5.12 承台、墩柱与盖梁的预应力连接

## 5.6 盖梁

### (I) 一般规定

5.6.1 预制盖梁混凝土宜采用高性能混凝土，强度等级不宜低于 C40。

5.6.2 采用节段预制拼装建造的盖梁，预制构件的拼接面应采用剪力键方式，并根据规定进行设计。

5.6.3 采用节段预制拼装建造的盖梁，在进行正常使用极限状态计算时，宜保持盖梁正截面全截面受压；在进行承载能力极限状态计算时，应计入拼接缝张开时对盖梁承载能力的影响。

5.6.4 采用上下分层建造的预制拼装盖梁，可按现行标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 中组合式受弯构件的有关规定执行。

5.6.5 在各种设计工况下，采用湿接头连接的盖梁可采用与现浇混凝土结构相同的方法进行结构分析。

### (II) 盖梁与墩柱的连接构造

5.6.6 预制盖梁与预制墩柱的连接方式(图 5.6.6)主要有灌浆套筒(灌浆金属波纹管)连接、后张预应力连接等，连接的构造要求应按本规范的相关规定执行。

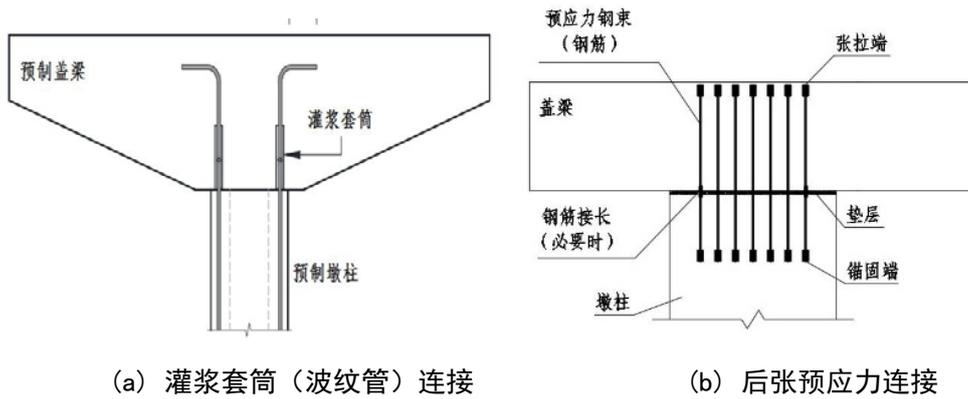


图 5.6.6 盖梁与墩柱的主要连接方式

5.6.7 预制盖梁与预制墩柱采用后张预应力连接时，预应力固定端锚固系统宜设置在墩柱，张拉端设置在盖梁顶部。

### (III) 盖梁节段间的连接构造

5.6.8 预制盖梁节段间主要有后张预应力连接和湿接头连接连接方式。

5.6.9 预制盖梁节段间的后张预应力连接适用于青岛地区的预应力混凝土盖梁节段连接（图 5.6.9），拼接面应采用剪力键（槽）配合环氧基胶粘剂的方式。

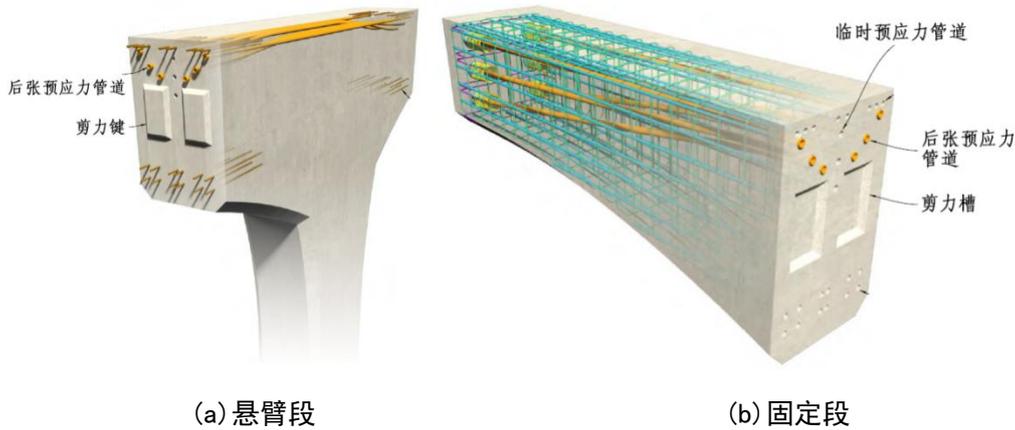


图 5.6.9 盖梁节段间的预应力连接

5.6.10 盖梁间可采用湿接头进行连接，湿接头的宽度应便于受力钢筋的连接施工，宜为800mm~1200mm，宜避开构件最大受力截面，且须满足现行设计规范关于受力钢筋接头布置的构造要求的有关规定。

5.6.11 湿接头连接中构件间的纵向受力钢筋宜通过钢筋机械连接、焊接等方式进行连接，接头位置应按国家现行规范要求错开布置。

5.6.12 采用湿接头连接的构件端部应凿毛处理，或在构件端部采用免拆金属波纹板进行构件预制。

5.6.13 湿接头混凝土强度等级不应低于构件的设计强度，宜掺入适量微膨胀剂。



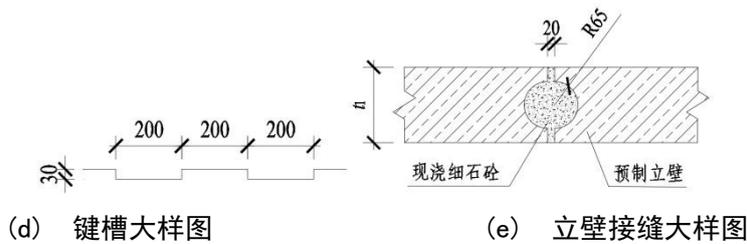


图 5.7.7 扶壁式桥台构造图 (图中尺寸单位均为 mm)

5.7.8 装配式台身与承台的连接宜采用灌浆套筒连接或钢板连接, 采用灌浆套筒连接时相关构造要求参见本规范 5.2 节。

5.7.9 采用灌浆套筒连接时, 宜在基础上方设置浅槽, 以便于放置水泥浆垫层和控制灌浆。

5.7.10 扶壁式或肋板式桥台台身与基础或承台的连接可采用钢板连接, 构造应满足图 5.7.10 要求。

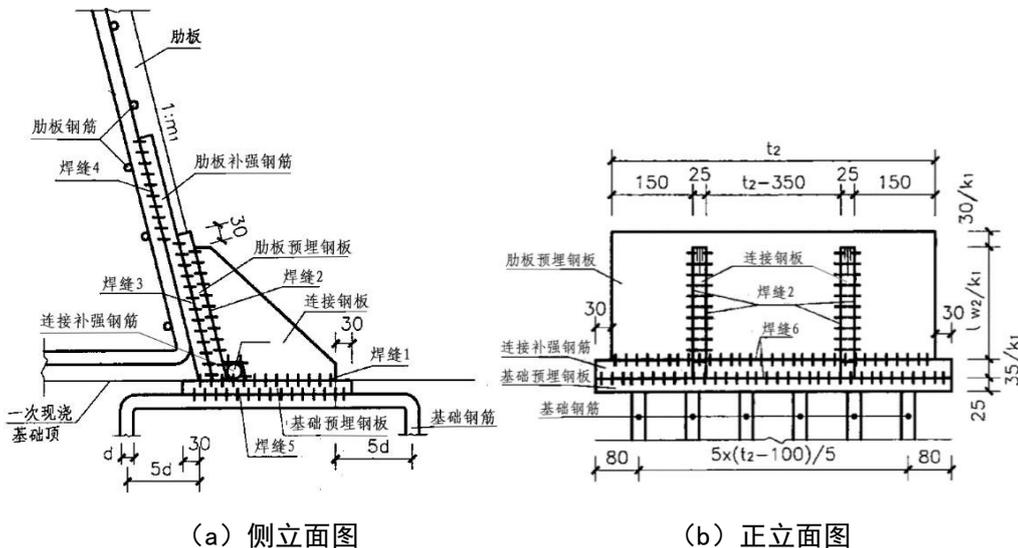


图 5.7.10 钢板连接构造图

5.7.11 采用钢板焊接连接的桥台的基础板或承台采用二次浇筑混凝土, 混凝土的强度等级不应低于基础或承台的混凝土强度等级, 厚度不宜小于 300mm, 且应满足钢板连接件保护层的要求, 其表面应形成不小于 5%的横坡, 以防止基础板或承台顶积水造成连接件锈蚀。

5.7.12 基础板或承台二次浇筑混凝土顶面应设置钢筋网, 台前范围钢筋网钢筋直径不宜小于 12mm, 间距不宜大于 150mm; 台后范围钢筋网钢筋直径不宜小于 16mm, 间距不宜大于 150mm, 扶壁或肋板两侧 1 倍扶壁或肋板范围内的横向钢筋应加密。

5.7.13 预制扶壁或肋板的底面应设置纵向连接钢筋伸入二次浇筑混凝土内, 钢筋直径不宜小于 22mm, 间距不宜大于 150mm, 锚固长度应满足规范要求。

5.7.14 基础板或承台二次浇筑混凝土层间应设置插筋，钢筋直径不宜小于14mm，锚入上下层混凝土的长度均不小于10d（d为插筋直径），间距不宜大于300mm。

5.7.15 台身与台帽、背墙、耳墙之间宜采用灌浆套筒连接或湿接头连接。

5.7.16 桩柱式桥台、肋板式桥台台帽的纵向连接可参考盖梁的连接方式，悬臂式桥台台身与基础宜采用灌浆套筒连接，相关构造应符合本规范第5.2节规定。

## 6 上部结构设计

### 6.1 一般规定

6.1.1 装配式市政桥梁应采用标准跨径布设，宜按表 6.1.1 采用。

表 6.1.1 装配式市政桥梁类型及标准跨径

类别	结构类型	跨径 (m)
混凝土梁	预应力混凝土空心板	10、13、16
	预应力混凝土箱梁	20、25、30、35、40
	预应力混凝土T梁	20、25、30、35、40
	节段拼装预应力混凝土梁	30、35、40、45、50、55、60
钢梁	钢箱梁	30、35、40、45、50、55、60
	钢桁梁	40、45、50、55、60
钢-混组合梁	钢板组合梁	30、35、40、45、50
	槽形组合梁	30、35、40、45、50、55、60
	箱型组合梁	30、35、40、45、50、55、60

6.1.2 装配式桥梁的结构与构造设计应便于后期维护、养护。

6.1.3 装配式混凝土梁顶面应进行凿毛处理。

### 6.2 装配式混凝土梁设计

#### (I) 一般规定

6.2.1 装配式混凝土梁应按现行《城市桥梁设计规范》CJJ 11、《公路桥涵设计通用规范》JTG D60、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362、《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的规定进行承载能力极限状态、正常使用极限状态验算以及耐久性设计。

6.2.2 装配式混凝土梁应采用预应力混凝土结构，节段拼装梁应按全预应力构件设计，预应力混凝土空心板、预应力混凝土小箱梁、预应力混凝土 T 梁可按 A 类预应力混凝土构件设计。

6.2.3 装配式混凝土梁新、旧混凝土结合面应做成凹凸不小于 6mm 的粗糙面。

#### (II) 装配式预应力混凝土空心板

6.2.4 装配式预应力混凝土空心板整体化层混凝土强度等级宜采用 C50，预应力孔道压浆用水泥浆试件尺寸、养护条件与检验方法应符合现行行业标准《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，测得抗压强度不

应小于 50MPa。

6.2.5 装配式预应力混凝土空心板可根据工程具体情况采用先张法或后张法施工工艺。

6.2.6 装配式预应力混凝土空心板应采用先简支后桥面连续体系且单片空心板一端应设置单支座。

6.2.7 空心板的构造应符合下列规定：

1 底板宽度宜为 1240mm，板间净距 10mm；

2 顶板厚度不宜小于 120mm；

3 腹板厚度跨中段不宜小于 160mm，当采用后张法施工时，梁端腹板不宜小于 320mm，当采用先张法施工时，梁端腹板不宜小于 240mm。腹板厚度变化短长度不宜小于 12 倍腹板厚度差；

4 跨中段底板厚度不宜小于 120mm，当采用后张法施工时，梁端底板厚度不宜小于 250mm；

5 装配式预应力混凝土空心板的主要构造详图如下。

1) 装配式预应力混凝土空心板桥典型横断面如图 6.2.7-1 所示。

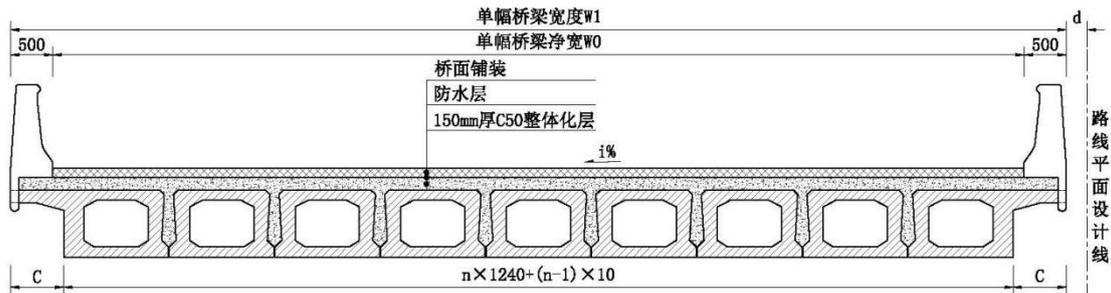


图 6.2.7-1 桥梁标准横断面（单位：mm）

2) 装配式预应力混凝土空心板主要截面尺寸可按图 6.2.7-2 和表 6.2.7 所示采用。

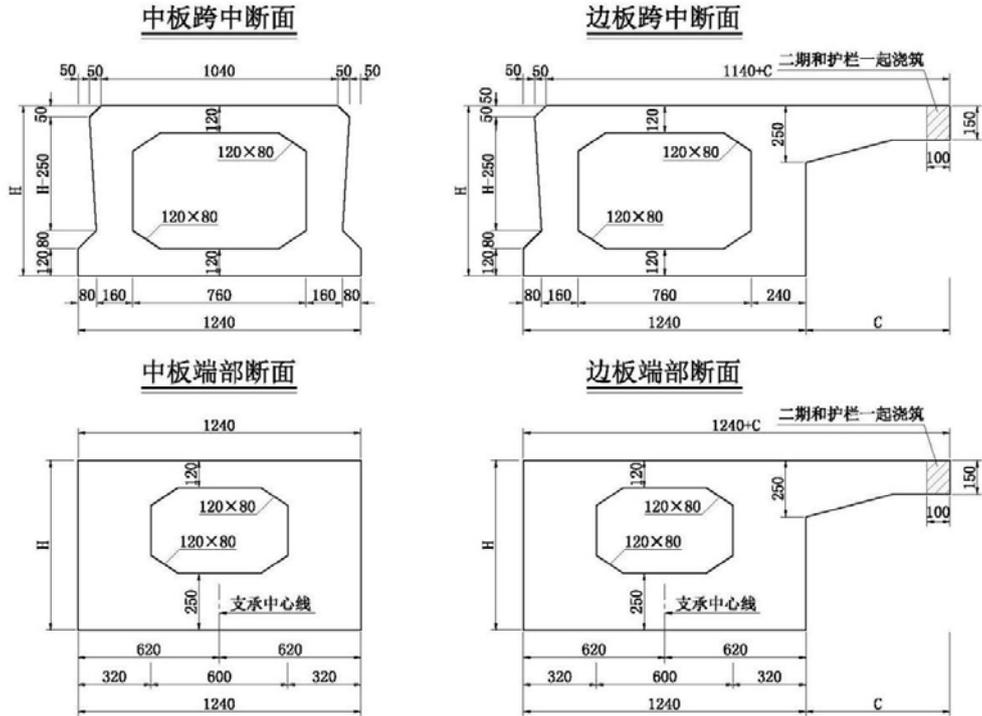


图 6.2.7-2 空心板断面图 (单位: mm)

表 6.2.7 装配式预应力混凝土空心板断面主要截面尺寸

跨径 (m)	梁高 (cm)	腹板厚度 (mm)		顶板厚度 (mm)		底板厚度 (mm)	
		支点	跨中	支点	跨中	支点	跨中
10	65	320	160	120	120	250	120
13	75	320	160	120	120	250	120
16	85	320	160	120	120	250	120

6.2.8 空心板侧面铰缝应采用深铰缝构造 (图 6.2.8)。

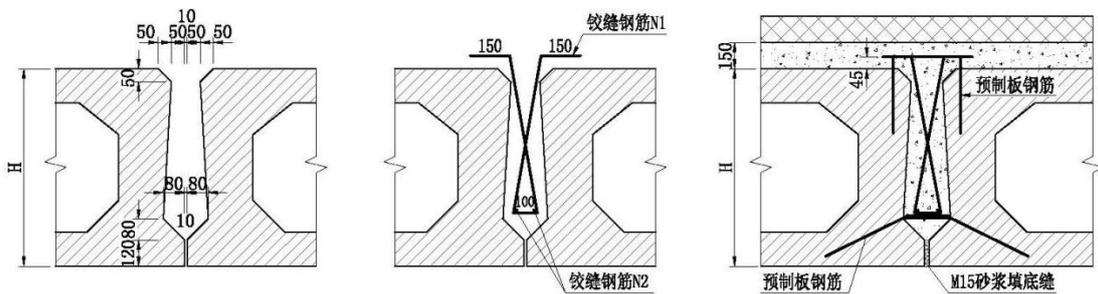


图 6.2.8 铰缝构造示意 (单位: mm)

6.2.9 预制空心板桥面连续处纵向钢筋应设置隔离层, 桥墩处纵向钢筋无粘结长度不小于 1000mm, 对称伸缩缝中线布置; 桥台处纵向钢筋无粘结长度不小于 600mm, 伸入背墙不少于 50mm; 桥面连续纵向钢筋不宜小于  $\Phi 20@100\text{mm}$ 。

6.2.10 空心板与整体化层之间结合面的抗剪承载力应满足现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的要求。桥面整体化层的厚度不宜小于 150mm，钢筋不宜少于  $\Phi 10@100\text{mm}$ 。

### (III) 装配式预应力混凝土箱梁

6.2.11 装配式预应力混凝土箱梁宜采用 C50 混凝土，整体化层混凝土强度等级宜采用 C40。预应力孔道压浆用水泥浆标准养护 28d 抗压强度不小于 50MPa。

6.2.12 装配式预应力混凝土箱梁可采用先简支后桥面连续和先简支后结构连续两种结构体系。

6.2.13 对于先简支后桥面连续，单片箱梁一端宜设置一个支座；对于先简支后结构连续，体系转换后，相邻两孔的单片箱梁中支点宜设置一个支座。

6.2.14 预制箱梁的构造应符合下列规定：

- 1 梁间距宜取 2800~3400mm，湿接缝宽度宜取 400~1000mm；
- 2 顶板厚度不宜小于 180mm，对于结构连续体系的负弯矩范围顶板厚度不宜小于 330mm；
- 3 腹板厚度跨中段不宜小于 180mm，梁端腹板不宜小于 300mm；腹板厚度变化段长度不宜小于 12 倍腹板厚度差；
- 4 底板厚度跨中段不宜小于 180mm，梁端底板不宜小于 300mm；底板厚度变化段应与腹板对应设置；
- 5 顶板与腹板相连处应设置承托，底板与腹板相连处应设倒角，顶板宜设置横坡；

6 装配式预应力混凝土箱梁主要构造如下：

1) 装配式预应力混凝土箱梁桥标准横断面如图 6.2.14-1 所示；

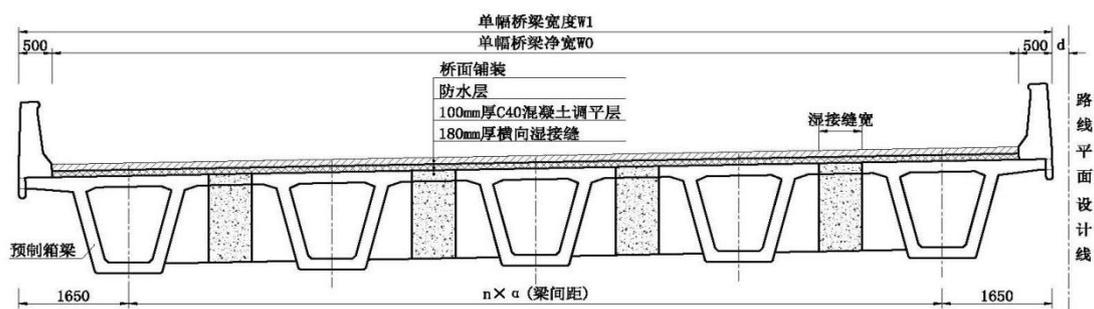


图 6.2.14-1 桥梁标准横断面（单位：mm）

2) 装配式预应力混凝土箱梁主要构造尺寸如图 6.2.14-2 和表 6.2.14 所示；

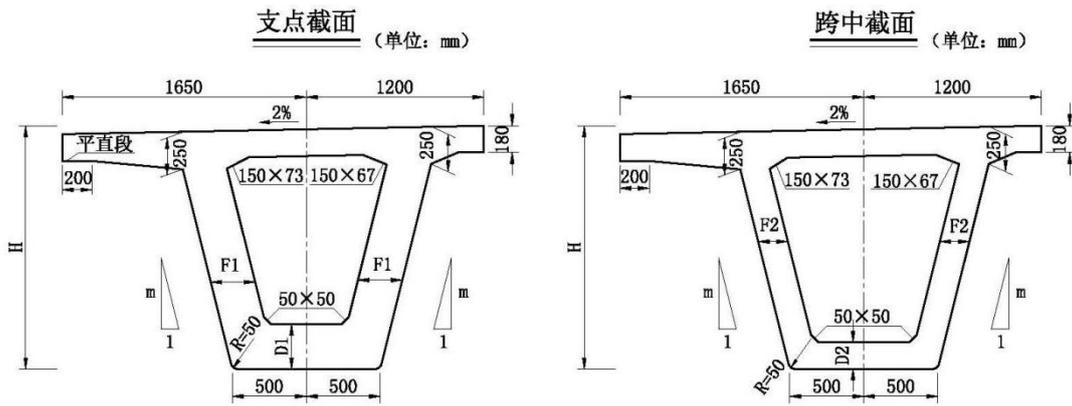


图 6.2.14-2 装配式预应力混凝土箱梁断面

表 6.2.14 装配式预应力混凝土箱梁主要构造尺寸

跨径 (m)	结构体系	梁高H (m)	腹板斜率m	腹板厚度		底板厚度	
				支点F1 (mm)	跨中F2 (mm)	支点D1 (mm)	跨中D2 (mm)
20	先简支 后桥面 连续	1.20	3	300	180	300	180
25		1.40	3.5	300	180	300	180
30		1.60	4	300	200	300	180
35		1.80	4	320	200	360	180
40		2.00	4	320	200	360	180
35	先简支 后结构 连续	1.80	4	320	200	360	180
40		2.00	4	320	200	360	180

- 3) 装配式预应力混凝土箱梁顶板按2%的横坡预制，底板按平坡设计。桥梁横坡可由整体化层和盖梁横坡综合调整形成，也可以结合箱梁整体旋转调整；
- 4) 为了便于箱梁内模拆卸，保证箱梁混凝土浇筑质量，支点横隔梁宜采用二次浇筑工艺，可通过顶板开槽浇筑支点横隔梁混凝土；
- 5) 连续梁所有湿接缝混凝土应一次浇筑完成，负弯矩钢束的张拉顺序为先两侧后中间；
- 6) 预制箱梁横隔梁的主筋外伸，采用等直径短钢筋与外伸主筋接；
- 7) 为了防止预制箱梁上拱过大，及预制梁与整体化层由于龄期差别而产生过大收缩差，存梁期不宜超过90d，若累计上拱值超过计算值10mm，应采取控制措施。
- 8) 同一跨中各片梁的混凝土浇筑龄期差、终张拉时混凝土龄期差不宜超过10d，避免各片梁上拱值差异过大，影响湿接缝横向钢筋的连接。

6.2.15 箱梁应设置支点横隔梁，端支点横隔梁厚度可取 300mm，中支点横隔梁厚度可取 400mm。对于活载效应较大的 35m、40m 跨箱梁，跨中宜设置一道横隔板，横隔板厚度可取为 200mm。

6.2.16 连续体系负弯矩区宜在顶板设齿块锚固，齿块应设置于箱室内，负弯矩钢束锚固宜采用圆形锚具。

6.2.17 整体化层的厚度不宜小于 100mm，预制箱梁顶板应预埋抗剪钢筋，增强整体化层与预制箱梁的粘结。抗剪钢筋直径不宜小于  $\Phi 12$ ，间距不宜大于 500mm。

6.2.18 箱梁受拉边缘应配置直径不小于  $\Phi 16$  的纵向钢筋，其截面面积应满足《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的相关要求。

6.2.19 底板上、下缘横向钢筋应设置成闭合环状。

6.2.20 湿接缝钢筋的布置应符合下列规定：

- 1 宜采用环形钢筋；
- 2 钢筋直径、间距与主梁顶板横向钢筋一致；
- 3 湿接缝环形钢筋与预制梁顶板外伸横向钢筋应采用绑扎连接；
- 4 当横向钢筋搭接长度不满足《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 相关要求时，应采用隔根焊接隔根绑扎。

#### (IV) 装配式预应力混凝土 T 梁

6.2.21 装配式预应力混凝土 T 梁宜采用 C50 混凝土，整体化层混凝土强度等级宜采用 C40。预应力孔道压浆用水泥浆标准养护 28d 抗压强度不小于 50MPa。

6.2.22 装配式预应力混凝土 T 梁可采用先简支后桥面连续和先简支后结构连续两种结构体系。

6.2.23 先简支后桥面连续体系 T 梁及先简支后结构连续体系 T 梁简支端设单支座；对于先简支后结构连续，体系转换后，相邻两孔的单片 T 梁中支点宜设置一个支座。

6.2.24 预制 T 梁的构造应符合下列规定：

- 1 梁间距宜取 2200~2800mm，湿接缝宽度宜取 450~1050mm；
- 2 翼缘板悬臂端部厚度不宜小于 200mm，翼缘板根部厚度不宜小于 250mm；
- 3 跨中段腹板厚度不宜小于 200mm，梁端腹板应局部加厚；腹板厚度变化段长度不宜小于 12 倍腹板厚度差；
- 4 马蹄宽度不宜小于 600mm，跨中截面马蹄高度不宜小于 200mm，支点截面马蹄高度不宜小于 600mm；
- 5 装配式预应力混凝土 T 梁主要构造详如下：

1) 装配式预应力混凝土 T 梁桥标准横断面如图 6.2.24-1 所示；



5) 先简支后桥面连续体系 T 梁主要尺寸如图 6.2.24-2、图 6.2.24-3 及表 6.2.24-1 所示;

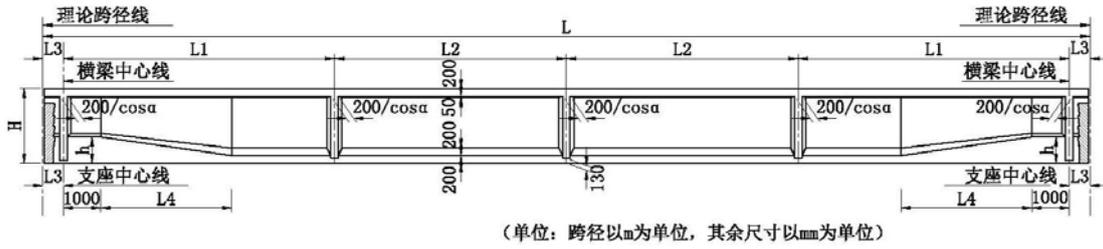


图 6.2.24-3 简支 T 梁宜构造图立面

表 6.2.24-1 简支 T 梁主要尺寸表

跨径L (m)		20	25	30	35	40
梁高H (mm)		1500	1700	2000	2300	2500
腹板变宽段长度L4 (mm)		2500	2700	3500	7210	8460
横隔梁 (道)		3	5	5	5	5
横隔梁间距L1 (mm)		9500	6000	7250	8410	9660
横隔梁间距L2 (mm)		0	6000	7200	8450	9700
支座中心线L3 (mm)		500	500	550	680	715
翼缘板厚 (mm)	根部	250	250	250	250	250
	端部	200	200	200	200	200
腹板厚度 (mm)	跨中	200	200	200	200	200
	根部	400	400	400	400	400
马蹄高度h (mm)	跨中	200	200	200	200	200
	根部	600	700	700	900	900

6) 先简支后结构连续体系 T 梁主要尺寸如图 6.2.24-2、图 6.2.24-4 及表 6.2.24-2 所示;

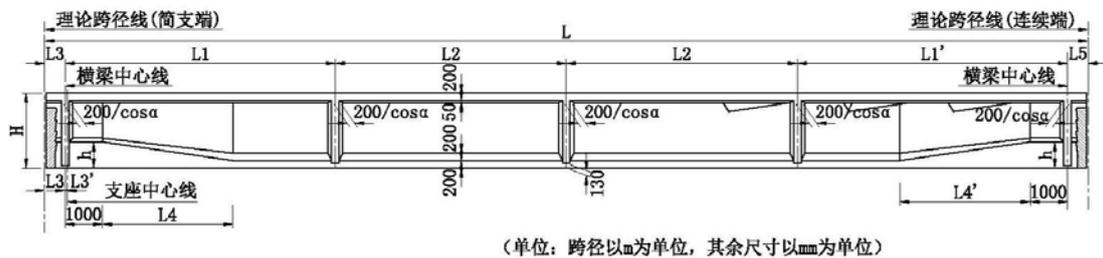


图 6.2.24-4 结构连续体系 T 梁宜构造图立面

表 6.2.24-2 结构连续体系 T 梁主要尺寸表

跨径L (m)	35	40
---------	----	----

梁高H (mm)		2300	2500
简支端腹板变宽段长度L4 (mm)		7210	8460
连续端腹板变宽段长度L4' (mm)		7160	8400
横隔梁 (道)		5	5
横隔梁间距L1 (mm)		8410	9660
横隔梁间距L1' (mm)		8360	9560
横隔梁间距L2 (mm)		8450	9700
简支端端横隔梁距跨径线L3 (mm)		640	640
连续端端横隔梁距跨径线L5 (mm)		690	740
支座中心线: L3+L3' (mm)		640+40=680	640+75=715
翼缘板厚度 (mm)	根部	250	250
	端部	200	200
腹板厚度 (mm)	跨中	200	200
	根部	400	400
马蹄高度h (mm)	跨中	200	200
	根部	900	900

7) 连续梁所有湿接缝混凝土应一次浇筑完成, 负弯矩钢束的张拉顺序为先两侧后中间;

8) T 梁梁肋钢筋应满足梁肋受力要求。腹板与马蹄的箍筋应一一对应连接, 为了避免箍筋与预应力钢束干扰, 腹板和马蹄的箍筋宜采用复合式箍筋, 下列图 6.2.24-5 所示;

9) 预制 T 梁横隔梁的主筋外伸, 采用等直径短钢筋与外伸主筋焊接;

10) 中支点处纵向两孔预制梁顶、底板纵向钢筋外伸, 采用等直径的短钢筋焊接。

梁肋跨中断面箍筋构造

梁肋端部断面箍筋构造

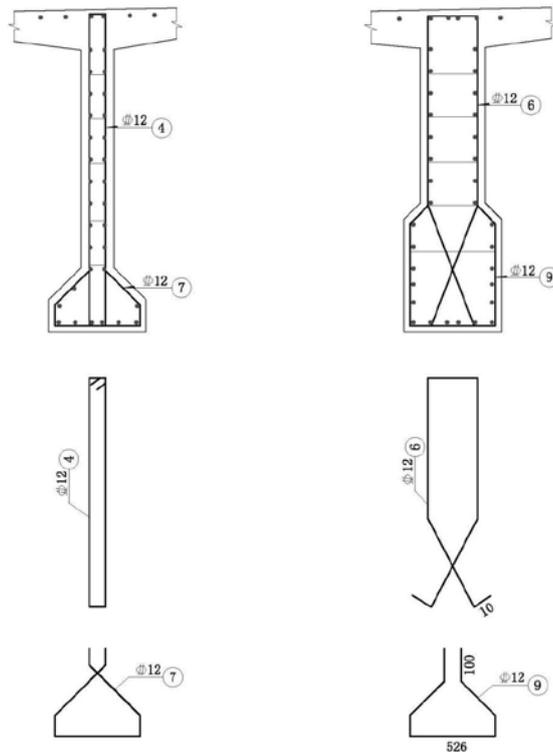


图 6.2.24-5 梁肋复合式箍筋

6.2.25 T 梁应结合结构横向受力设置横隔板。

6.2.26 调平层的厚度不宜小于 100mm，预制梁翼缘板应预埋抗剪钢筋，增强整体化层与预制梁的粘结。抗剪钢筋直径不宜小于  $\Phi 10$ ，纵桥向间距不宜大于 500mm，横桥向间距不宜大于 250mm。

6.2.27 对于结构连续体系，负弯矩钢束宜锚固在翼缘加腋下的齿块上，腹板两侧的齿块宜横向对齐，按整体式设计。

6.2.28 T 梁受拉边缘应配置直径不小于  $\Phi 20$  的纵向钢筋，其截面面积应满足《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的相关要求。

6.2.29 简支体系桥面连续处纵向钢筋布置不宜少于  $\Phi 10@100\text{mm}$ 。对于连续体系，中支点处相邻两跨预制梁的纵向钢筋外伸，采用等直径钢筋一一对应连接，预制梁翼缘板上缘纵向钢筋不宜小于  $\Phi 20$ ，中支点处桥面整体化层钢筋应加强，不宜小于  $\Phi 16@100\text{mm}$ 。

6.2.30 湿接缝横向和纵向钢筋的布设应符合本规范 6.2.20 规定。

#### (V) 节段拼装预应力混凝土箱梁

6.2.31 混凝土强度等级不宜低于 C50。

6.2.32 节段拼装预应力混凝土梁的设计应符合《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。

6.2.33 预制节段长度应根据吊装、运输等施工条件确定，可分为标准节段、过渡节段、墩顶节段。

6.2.34 节段预制应根据场地条件、结构形式、工期等要求选用短线法或长线法，优先采用短线法。

6.2.35 节段预制拼装混凝土箱梁顶板、底板厚度及构造应满足纵向受力、横向受力及预应力钢束布置要求，且厚度不应小于 200mm。

6.2.36 节段预制拼装混凝土箱梁腹板厚度应符合下列要求：

- 1 腹板内不布置体内纵向和竖向预应力钢筋时，腹板厚度不宜小于 200mm；
- 2 腹板内只布置体内纵向或竖向预应力钢筋时，腹板厚度不宜小于 300mm；
- 3 腹板内布置体内纵向和竖向预应力钢筋时，腹板厚度不宜小于 380mm。

6.2.37 节段拼装预应力混凝土梁的预制节段接缝应采用胶接缝，在调整施工误差的节段之间应采用湿接缝。

6.2.38 预制节段接缝应符合下列规定：

1 当采用湿接缝时，节段之间预留宽度不应小于 60mm，填充材料宜采用细石混凝土；

2 当采用胶接缝时，胶粘剂的涂抹厚度不宜超过 3mm，预应力张拉后接缝应密闭；

3 预制节段端面应设不小于  $\Phi 10\text{mm}$  的钢筋网。

6.2.39 预制节段接缝处应均匀设置密接匹配的剪力键（图 6.2.39-1），剪力键的构造应符合下列规定：

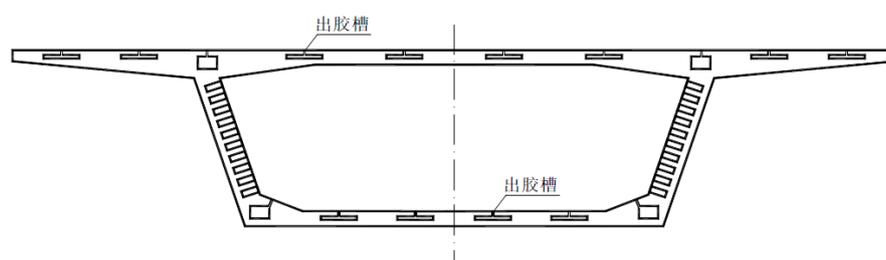


图 6.2.39-1 节段剪力键（键槽）布置示意

1 腹板内的剪力键应在腹板全高度范围布置(图 6.2.39-2)，剪力键的横向宽度宜为腹板宽度的 75%；

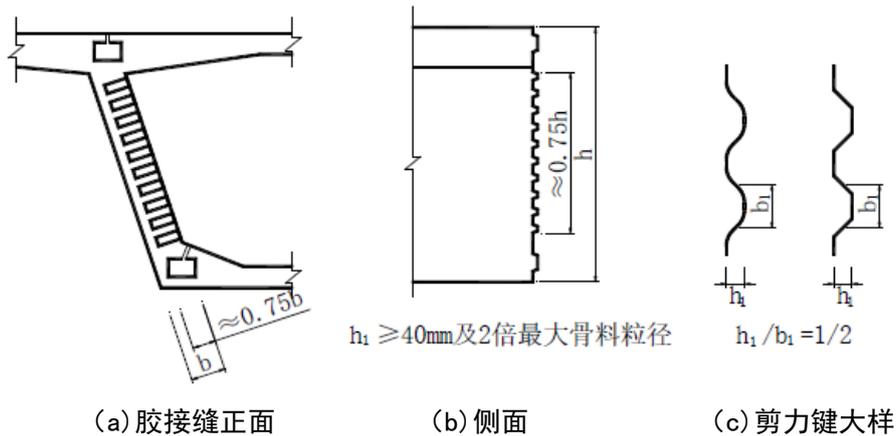


图6.2.39-2 剪力键构造尺寸示意

2 键块（槽）应采用梯形或圆角梯形截面，倾角约  $45^\circ$ ，高度应大于混凝土骨料最大粒径的 2 倍且不小于 40mm；顶、底板及腹板内 3 键块（槽）的高度与其平均宽度比可取为 1: 2（图 6.2.39-2c）；

3 腹板与顶、底板结合区如无体内预应力钢筋通过，应设置剪力键（图 6.2.39-1 和图 6.2.39-2a）；

4 顶板和底板内的剪力键应设在板中间（图 6.2.39-1）；

5 采用环氧胶接缝时键槽应设置出胶槽（图 6.2.39-1）。

**6.2.40** 承受正弯矩的预制节段接缝两侧顶板与腹板结合区内应设置固定于腹板箍筋的封闭箍筋。

**6.2.41** 承受负弯矩的预制节段接缝两侧底板与腹板结合区内应设置固定于腹板箍筋的封闭箍筋。封闭箍筋不应少于 3 层，直径不应小于 12mm。

**6.2.42** 距离支座中心线 3 倍梁高范围内节段接缝旁腹板的竖向钢筋（箍筋）应加密布置，加密箍筋不少于 3 层，间距 100mm，并应保证其两端锚固可靠。

**6.2.43** 采用悬臂拼装工法时，墩顶节段与桥墩应固结或临时固结；采用逐跨拼装工法时，边墩墩顶节段应临时固定，中墩墩顶节段宜采用现浇。

**6.2.44** 节段拼装梁段可采用体内预应力或体外预应力，兼设体内和体外预应力的体系等。预制节段接缝间采用胶接缝时，涂胶后应施加临时体外预应力。

**6.2.45** 体外预应力钢筋的转向构造应符合现行行业标准《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。转向装置厚度不宜小于 500mm（图 6.2.45）。

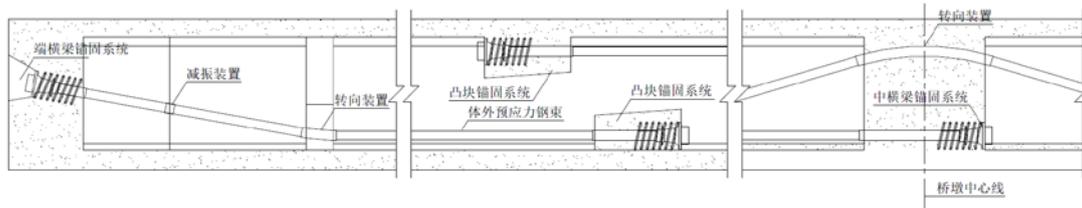


图 6.2.45 体外预应力体系的基本组成

6.2.46 体外预应力钢束宜锚固在横梁上（图 6.2.46a）或顶、底板与腹板内角处凸块上（图 6.2.46b），锚固横梁的厚度锚固凸块的长度均不宜小于 1000mm。锚固点应靠近顶底板、腹板布置。

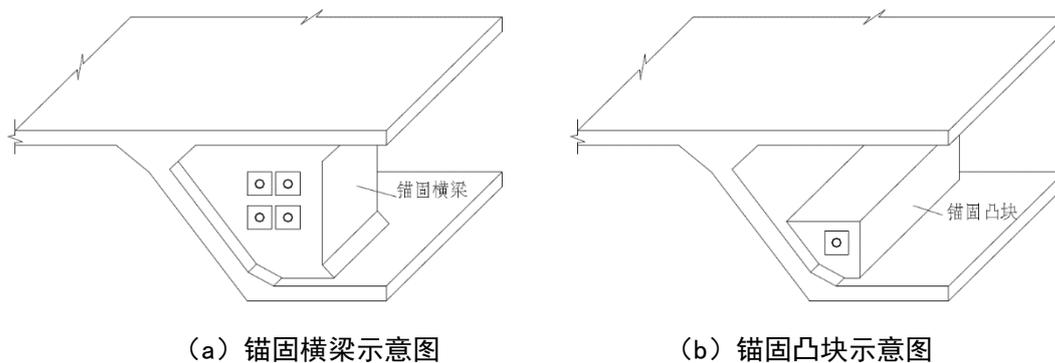


图 6.2.46 锚固构造示意图

## 6.3 钢-混组合梁

### (1) 一般规定

6.3.1 钢-混组合梁应按现行《公路桥涵设计通用规范》JTG D60、《城市桥梁设计规范》CJJ 11、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362、《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64、《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64、《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB 50917 进行承载能力极限状态、正常使用极限状态验算。

6.3.2 钢-混组合梁应按国家现行标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476、《城镇桥梁钢结构防腐涂装工程技术规程》CJJ/T 235、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 等进行耐久性设计。

6.3.3 钢-混组合梁中混凝土强度等级不应低于 C40；钢材强度等级不宜低于 Q345qC。

6.3.4 钢-混组合梁的钢梁可采用工字形、槽形或箱形截面等形式；混凝土桥面板可采用现浇混凝土桥面板、预制混凝土桥面板、组合桥面板等形式，尺寸和构造应保证具有合理的抗弯、抗扭刚度，梁截面中性轴宜位于钢梁截面范围内。

- 6.3.5 钢-混组合梁可采用先简支后桥面连续和先简支后结构连续两种结构体系。
- 6.3.6 组合梁应根据组合截面形成过程对应的各工况及结构体系进行计算。
- 6.3.7 钢梁构件设计和制作时，宜避免和减少应力集中、残余应力和次应力。
- 6.3.8 钢-混组合梁宜设置检修通道和排水通道。

### (II) 钢板梁组合梁

6.3.9 钢板梁组合梁桥可采用双主梁体系、三主梁体系和多主梁体系（图 6.3.9-1~3）。主梁间距应根据桥梁宽度和跨径综合选取，钢板梁组合梁根据主梁间距可采用小横梁体系或大横梁体系。

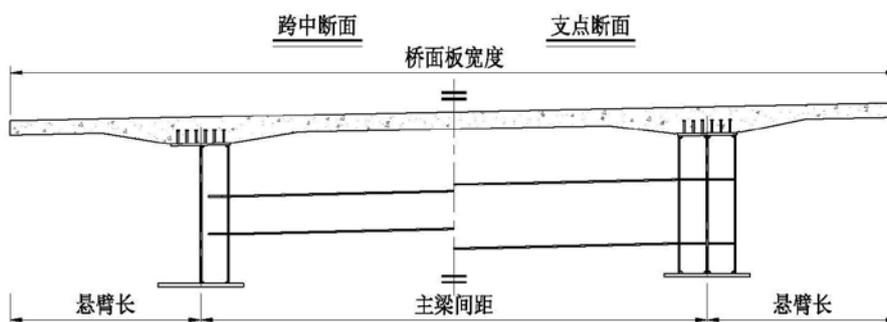


图 6.3.9-1 双主梁体系断面

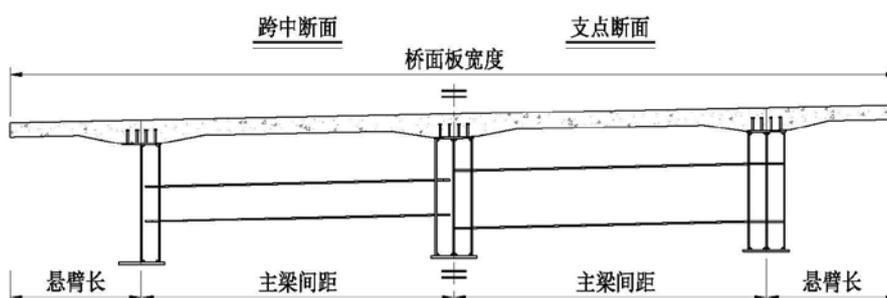


图 6.3.9-2 三主梁体系断面

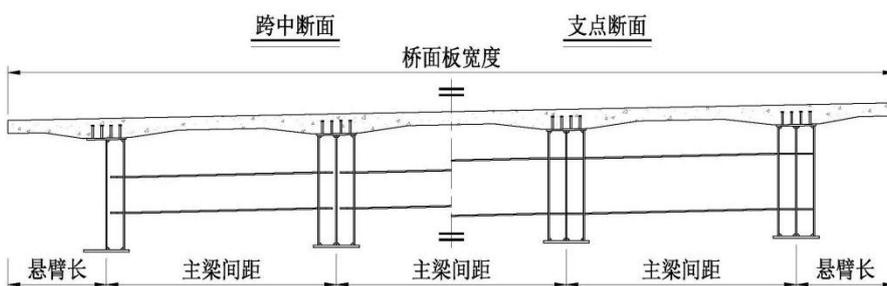


图 6.3.9-3 多主梁体系断面

- 6.3.10 钢梁高与跨径之比宜取  $1/18 \sim 1/28$ ，组合梁高与跨径之比宜取  $1/15 \sim 1/22$ 。
- 6.3.11 钢板梁组合梁构造应符合下列规定：
  - 1 钢梁的上翼缘板厚度不应小于 16mm；宽度不得小于 250mm，并不应大于其厚度的 24 倍；

- 2 钢梁腹板厚度不应小于 12mm，腹板与上翼缘宜采用熔透 T 形焊缝；
- 3 钢板梁纵向节段连接时，上翼缘应采用熔透对接焊缝，腹板和下翼缘可采用焊接或高强螺栓摩擦型连接；
- 4 腹板加劲肋应根据高厚比按照《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 要求构造设计。

**6.3.12 钢板梁纵横向连接应符合下列规定：**

- 1 钢板梁支点断面和跨中应布置横向联结系，横向联结系分为框架式、桁架式或实腹式。
- 2 可根据需要设置钢板梁纵向联结系（纵联、平联）；平联可分为永久性平联和临时平联；

**(III) 槽型梁组合梁**

**6.3.13 槽形梁组合梁桥可采用单主梁体系、双主梁体系和多主梁体系（图 6.3.13-1~3）。**

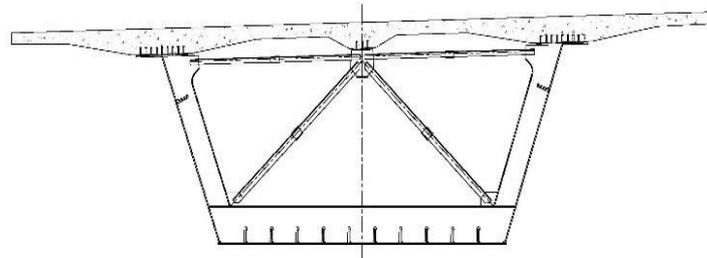


图 6.3.13-1 单主梁体系断面

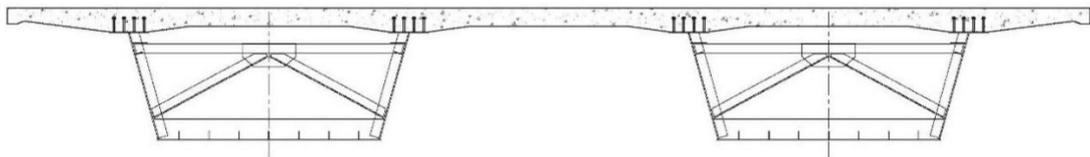


图 6.3.13-2 双主梁体系断面

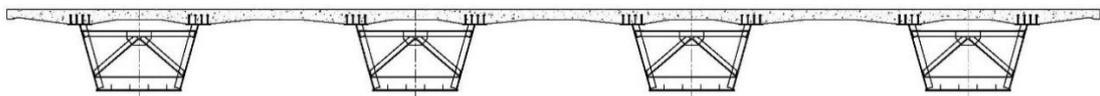


图 6.3.13-3 多主梁体系断面

**6.3.14 槽形梁组合梁梁高与跨径之比应符合下列规定：**

- 1 简支结构：钢梁梁高与跨径之比宜取 1/18~1/25，组合梁高与跨径之比取 1/15~1/22；
- 2 连续结构：钢梁梁高与跨径之比宜取 1/22~1/36，组合梁高与跨径之比取 1/18~1/28。

**6.3.15 槽形梁组合梁构造应符合下列规定：**

1 槽形钢梁的上翼缘板厚度不应小于 16mm；宽度不得小于 250mm，并不应大于其厚度的 24 倍；

2 槽形钢梁腹板厚度不应小于 12mm；当采用斜腹板时，腹板平面与铅垂面的夹角宜小于  $20^\circ$ ，腹板与上翼缘宜采用熔透 T 形焊缝；腹板与下翼缘应采用熔透 T 形焊缝。

3 槽形梁支点断面和跨中应布置箱内横隔，支点断面横隔宜采用实腹式横隔，跨中可采用桁架式或实腹式横隔；

4 箱内设置腹板竖肋间距、受压区底板设置横肋的间距不宜大于 2m(对应腹板和底板设置直板加劲肋的情况，若对应设置闭口肋的情况，间距不宜大于 4m)，但横隔板或者横撑的间距不宜大于 3m；

5 腹板加劲肋应根据高厚比按《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 要求构造设计。

#### 6.3.16 槽形梁纵横向连接应符合下列规定：

1 施工过程中可通过设置槽形梁平联，维持施工过程中槽形梁的几何外形，防止主梁侧向失稳；

2 槽形梁支点断面应设置横联，横联宜采用实腹式；跨中可设置横联，横联可采用实腹式或桁架式。横联纵桥向间距宜取 5~10m。横联与主梁的连接可采用焊接或高强螺栓摩擦型连接。

#### 6.3.17 单片槽形梁端支点和中支点横向可设置单支座或双支座。

### (IV) 箱型组合梁

6.3.18 箱型梁组合梁桥可采用单箱单室断面、单箱双室断面，和单箱多室断面。

6.3.19 箱形组合梁梁高与跨径之比：钢梁梁高与跨径之比宜取  $1/17\sim 1/32$ 、组合梁高与跨径之比宜取  $1/15\sim 1/28$ 。

#### 6.3.20 箱形梁组合梁构造应符合下列规定：

1 箱形钢梁的上翼缘板厚度不应小于 14mm；

2 箱形钢梁腹板厚度不应小于 12mm；当采用斜腹板时，腹板平面与铅垂面的夹角宜小于  $20^\circ$ ，腹板与上翼缘宜采用熔透 T 形角焊缝；

3 槽形梁支点断面和跨中应布置箱内横隔，支点断面横隔宜采用实腹式横隔，跨中可采用桁架式或实腹式横隔；

4 当采用闭口纵向加劲肋时，箱内横隔板或横撑的间距不宜大于 4m；当采用开口纵向加劲肋时，箱内横隔板或横撑的间距不宜大于 3m。

#### 6.3.21 箱形梁横向连接应符合下列规定：

箱形梁支点断面应设置横联，横联宜采用实腹式；跨中可设置横联，横联可采用实腹式或桁架式。横联与主梁的连接可采用焊接或高强螺栓摩擦型连接。

6.3.22 箱形梁端支点和中支点可设置单支座或双支座。

#### (V) 混凝土桥面板

6.3.23 混凝土桥面板混凝土达到其设计强度的 85% 后，方可考虑混凝土板与钢梁的组合作用。

6.3.24 桥面板及板内钢筋除应满足桥梁整体受力要求外，尚应能抵抗由局部作用引起的效应。

6.3.25 桥面板板厚不宜小于 180mm。当主梁间距较大时，桥面板可根据实际需要设置承托。承托设置应符合下列要求：

1 承托的外形尺寸及构造应符合图 6.3.25 的规定：

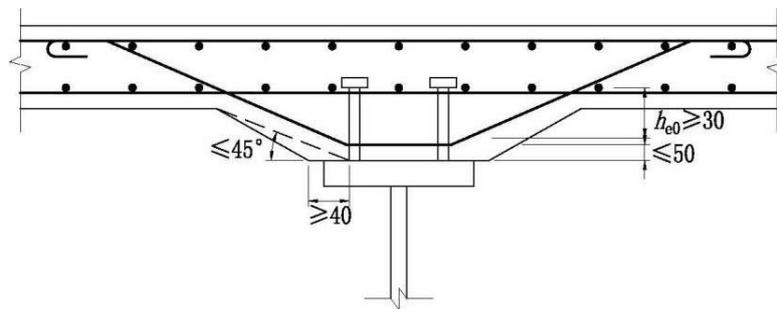


图 6.3.25 承托构造图

2 承托高度在 80mm 以上时，应在承托底侧布置横向加强钢筋；

3 承托边至连接件外侧的距离不得小于 40mm，承托外形轮廓应在由最外侧连接件根部起的 45° 角线的界限以外。

6.3.26 对于未设置承托的桥面板，下层横向钢筋距钢梁上翼缘不应大于 50mm，剪力连接件抗掀起端底面高出下层横向钢筋的距离  $h_{e0}$  不得小于 30mm，下层横向钢筋间距不应大于  $4h_{e0}$  且不应大于 300mm。

6.3.27 当桥面板采用叠合混凝土板或预制混凝土板时，应采取有效措施保证新老混凝土结合并共同受力。

6.3.28 桥面板纵向接缝应符合下列规定：

1 宜采用环形钢筋，湿接缝环形钢筋与预制板外伸横向钢筋应采用绑扎连接；

2 钢筋直径、间距与预制板横向钢筋一致。

6.3.29 预应力组合梁桥的预应力施加方式可采用张拉预应力钢束法、预加荷载法、支点位移法或综合使用，并采用合理的混凝土浇筑顺序或调整剪力连接件的作用时间。

1 对连续组合梁桥，可采用张拉全桥布置的曲线或折线预应力束来施加预应力，也可仅对负弯矩区混凝土板施加预应力。

2 对连续组合梁桥，可采用预加荷载法或支点位移法，依靠钢梁的强迫变

形对组合梁施加预应力。

## (VI) 连接件

**6.3.30** 钢-混组合梁在钢与混凝土交界面应设置连接件，宜采用焊钉、开孔板连接件，或型钢连接件。

**6.3.31** 剪力连接件应能够承担钢梁和混凝土桥面板间的纵桥向剪力及横桥向剪力，同时应能抵抗混凝土桥面板与钢梁间的掀起作用。

**6.3.32** 焊钉连接件应符合下列规定：

1 焊钉连接件长度不应小于4倍焊钉直径，当有直接抗拔力作用时不宜小于焊钉直径的10倍。焊钉直径不宜大于1.5倍连接处钢板厚度；

2 焊钉外边缘与钢梁翼缘边缘的距离不应小于25mm，焊钉外边缘至混凝土面板边缘的距离不应小于100mm；

3 焊钉连接件最大中心间距不宜大于3倍混凝土板厚度且不宜大于300mm；

4 在剪力作用方向上，焊钉间距不宜小于5倍的焊钉直径，且不得小于100mm；在垂直于剪力作用方向上，焊钉间距不宜小于2.5倍的焊钉直径，且不得小于50mm。

**6.3.33** 开孔板连接件应符合下列规定：

1 制作开孔板连接件钢材基本性能指标应按国家现行相关标准的规定行；

2 开孔板连接件的钢板厚度不宜小于12mm。当开孔连接件多列布置时，相邻开孔板间的距离宜大于板高的3倍；

3 开孔板连接件的孔径不宜小于贯通钢筋直径与骨料最大粒径之和；

4 开孔连接件贯通钢筋应采用直径不小于12mm的螺纹钢筋且宜居中设置。

**6.3.34** 型钢连接件的最大间距不宜超过500mm。

## 6.4 钢梁

### (1) 一般规定

**6.4.1** 装配式钢梁应按现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60、《城市桥梁设计规范》CJJ 11、《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 进行承载能力极限状态、正常使用极限状态验算。

**6.4.2** 主要受力构件的钢材强度等级不宜低于 Q345qC。

**6.4.3** 钢梁可采用钢箱梁或钢桁梁结构形式。

**6.4.4** 钢梁构件设计和制作时，宜避免和减少应力集中残余应力以及次应力。

**6.4.5** 钢梁分段时构件的长度不宜超过 20m，构件的宽度不宜超过 3m，构件的重量不宜超过 30t。

**6.4.6** 接缝位置宜依据现场条件、构造要求等设置在受力较小的部位。

## (II) 钢箱梁

6.4.7 钢箱梁可采用单箱单室、单箱双室、单箱多室、双箱单室、多箱单室等断面形式。

6.4.8 钢箱梁的梁高宜取跨径的  $1/20 \sim 1/32$ ，梁高与宽度之比宜取  $0.5 \sim 2.0$ 。

6.4.9 横隔板应符合下列规定：

1 横隔板纵向间距应符合现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 的规定。

2 支点处应设置横隔板，形心宜通过支座反力的合力作用点，并在支座处应成对设置竖向加劲肋。

3 在支点处横隔板.上开设的人孔宜设置在支座范围以外的部分。

4 支点处横隔板与底板的焊缝应完全熔透，非支点处横隔板与顶底板和腹板可采用角焊缝连接。

6.4.10 钢桥面板应采用正交异性板结构型式，行车道范围宜采用 U 形加劲肋，U 形加劲肋与桥面板的焊接宜采用双面焊。

6.4.11 桥面板横向对接接头位置宜避开轮迹线。车行道分隔线两侧  $300 \sim 500\text{mm}$  范围是车轮碾压最集中的部位，若纵隔板、桥面板块焊缝位于该区域，焊缝容易产生疲劳裂纹。

6.4.12 纵向腹板应避开行车轮迹带，宜设置在车道中部或车道线处。

6.4.13 钢梁构件纵横向连接可采用栓接或焊接。

## (III) 钢桁梁

6.4.14 钢桁梁可采用上承式桁架、下承式桁架。

6.4.15 钢桁梁的高度与跨径之比：简支结构宜取  $1/8 \sim 1/12$ ，连续结构宜取  $1/12 \sim 1/16$ 。

6.4.16 上承式桁架的节间长度宜取  $3 \sim 6\text{m}$ ，下承式桁架的节间长度宜取  $6 \sim 10\text{m}$ 。

6.4.17 主桁杆件截面可采用 H 形或箱形，上、下平面纵向联结系和横向联结系构件截面可采用 I 形、L 形或 T 形。杆件容许最大长细比应符合表 6.4.17 的规定。

表 6.4.17 构件容许最大长细比

类别	构件	长细比
主桁架	受压弦杆	100
	受压或受压—拉腹杆	
	仅受拉力的弦杆	130
	仅受拉力的腹板	180
联结系构件	纵向联结系、支点处横	130

	向联结系和制动联结系的受压或受压—拉构件	
	中间横向联结系的受压或受压—拉构件	150
	各种联结系的受拉构件	200

注：长细比按《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64)的附录 A 计算。

#### 6.4.18 钢桁梁联结系应符合下列规定：

1 钢桁梁应设置上、下平面纵向联结系。纵向联结系不宜采用三角形或菱形桁架。当桥面置于纵、横梁体系上时，平面内可不设纵向联结系；

2 上承式桁梁应在两端及跨间设横向联结系。下承式桁梁应在两端设桥门架，跨间设门架式横向联结系，其间距不宜超过两个节间。开口式桁架应在每个横梁竖向平面内设置半框架；

3 当桥面板置于纵横梁体系上时，应考虑桥面板与桁架最大温差效应及纵向水平力的影响。

6.4.19 桥面板可采用正交异性钢桥面板或混凝土桥面板，并可与上弦或下弦组成板桁结构。

6.4.20 钢桁梁施工节段的划分以节间的模数为单元，构件的长度不宜超过 20m，构件的宽度不宜超过 3m，构件的重量不宜超过 30t。

6.4.21 钢桁梁节段的连接可采用焊接或栓接。

# 7 耐久性设计

## 7.1 一般规定

7.1.1 预制装配式桥梁耐久性设计应包括下列内容：

- 1 确定结构和构件的设计使用年限；
- 2 划分工程结构及构件的环境类别和作用等级；
- 3 提出原材料性能和耐久性控制指标；
- 4 采用有利于减轻环境作用的结构形式和构造措施；
- 5 提出结构耐久性要求的主要施工工序、工艺、控制措施；
- 6 明确与结构耐久性相关的跟踪检测、养护要求。

7.1.2 常用的增强混凝土耐久性的技术措施：

- 1 提高混凝土保护层厚度；
- 2 钢筋混凝土构件外涂层；
- 3 钢筋表面使用致密材料涂覆，如环氧涂层钢筋；
- 4 混凝土中掺加钢筋腐蚀抑制剂—阻锈剂；
- 5 混凝土结构采用阴极保护（防护）措施；
- 6 使用高性能混凝土。

7.1.3 混凝土结构的设计使用年限不应低于《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 等相关国家现行标准的规定。

7.1.4 结构所处的环境类别及其作用等级判别按照国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 将混凝土结构所处环境类别分为一般环境、冻融环境、海洋氯化物环境、除冰盐等其他氯化物环境、化学腐蚀环境，设计专业应根据结构所处的具体环境选用。

## 7.2 材料要求

### (1) 混凝土

7.2.1 配筋混凝土结构满足耐久性要求的混凝土最低强度等级应符合表 7.2.1 的规定。混凝土强度等级应根据 28d 或设计规定龄期的立方体抗压强度，并按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB 50107 确定。

表 7.2.1 满足耐久性要求的混凝土最低强度等级

环境类别与作用等级	设计使用年限		
	100年	50年	30年

I-A	C30	C25	C25
I-B	C35	C30	C25
I-C	C40	C35	C30
II-C	C50, C45	C <sub>a</sub> 30, C45	C <sub>a</sub> 30, C40
II-D	C <sub>a</sub> 40	C <sub>a</sub> 35	C <sub>a</sub> 35
II-E	C <sub>a</sub> 45	C <sub>a</sub> 40	C <sub>a</sub> 40
III-C, IV-C, V-C, III-D, IV-C, V-D	C45	C40	C40
III-E, IV-E, V-E	C50	C45	C45
III-F	C50	C50	C50

7.2.2 素混凝土结构满足耐久性要求的混凝土最低强度等级，一般环境不应低于 C15；冻融环境和化学腐蚀环境规定应与本标准表 7.2.1 相同；氯化物环境可按本标准表 7.2.1 的 III-C 或 IV-C 环境作用等级确定。

7.2.3 预应力构件的混凝土最低强度等级不应低于 C40；大截面受压墩柱等普通钢筋混凝土构件，在加大钢筋保护层的前提下其混凝土强度可低于本标准表 7.2.1 的规定，但不应低于本标准第 7.2.2 条对素混凝土的规定。

### (II) 钢筋

7.2.4 直径为 6mm 的细直径热轧钢筋作为受力主筋，只限于在一般环境中使用。

7.2.5 预应力筋的公称直径不得小于 5mm。冷加工钢筋不应作为预应力筋使用。

7.2.6 同一构件中的受力普通钢筋，宜使用同牌号的钢筋。

7.2.7 使用不同牌号热轧钢筋的混凝土构件，其耐久性设计要求相同。不锈钢钢筋和耐蚀钢筋等具有耐腐蚀性能的钢筋可用于环境作用等级为 D、E、F 的混凝土构件，其耐久性要求应经专门论证确定。

## 7.3 构造规定

7.3.1 不同环境作用下钢筋主筋、箍筋和分布筋，其混凝土保护层厚度应满足钢筋防锈、耐火以及与混凝土之间粘结力传递的要求，且混凝土保护层厚度设计值不得小于钢筋的公称直径。

7.3.2 预应力钢筋的混凝土保护层应符合下列规定：

1 具有连续密封套管的后张预应力筋，混凝土保护层厚度宜取孔道直径的 1/2；没有密封套管的后张预应力钢筋，其混凝土保护层厚度应在本标准规定值的基础上增加 10mm；

2 先张法构件中预应力钢筋在全预应力状态下的保护层厚度宜与普通钢筋相同，允许开裂构件的预应力筋的保护层厚度应比普通钢筋增加 10mm；

3 直径大于 16mm 的预应力螺纹筋保护层厚度可与普通钢筋相同。

7.3.3 工厂预制的混凝土构件，其普通钢筋和预应力筋的混凝土保护层厚度可比现浇构件减少 5mm。

7.3.4 根据耐久性要求，在荷载作用下配筋混凝土构件的表面裂缝最大宽度计算值不应超过表 7.3.4 中的限值。对裂缝宽度无特殊外观要求的，当保护层设计厚度超过 30mm 时，可将厚度取为 30mm 计算裂缝的最大宽度。

表 7.3.4 表面裂缝计算宽度限值 (mm)

环境作用等级	钢筋混凝土构件	有粘结预应力混凝土构件
A	0.40	0.20
B	0.30	0.20 (0.15)
C	0.2	0.10
D	0.20	按二级裂缝控制或按部分预应力A类构件控制
E, F	0.15	按一级裂缝控制或按全预应力类构件控制

注：1 括号中的宽度适用于采用钢丝或钢绞线的先张预应力构件；

2 裂缝控制等级为二级或一级时，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的计算裂缝宽度；部分预应力 A 类构件或全预应力构件按现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的计算裂缝宽度。

7.3.5 有自防水要求的混凝土构件，其横向弯曲的表面裂缝计算宽度不应超过 0.20mm。

7.3.6 混凝土结构构件的形状和构造应有效地避免水、汽和有害物质在混凝土表面的聚集，并应采取下列构造措施：

1 受雨淋或可能积水的混凝土构件顶面应做成斜面，斜面应消除结构挠度和预应力反拱对排水的影响；

2 受雨淋的室外悬挑构件外侧边下沿，应做滴水槽、鹰嘴等防止雨水淌向构件底面的构造措施；

3 屋面、桥面应专门设置排水系统等防止将水直接排向下部构件混凝土表面的措施；

4 在混凝土结构构件与上覆的露天面层之间，应设置防水层；

5 环境作用等级为 D、E、F 的混凝土构件，应采取下列减小环境作用的措施：

1) 减少混凝土结构构件表面的暴露面积；

2) 避免表面的凹凸变化；

3) 宜将构件的棱角做成圆角。

7.3.7 可能遭受碰撞的混凝土结构，应设置防止出现碰撞的预警设施和避免碰撞损伤的防护措施。

7.3.8 施工缝、伸缩缝等连接缝的设置宜避开局部环境作用不利的部位，当不能避开不利部位时应采取防护措施。

7.3.9 暴露在混凝土结构构件外的吊环、紧固件、连接件等金属部件，表面应采用防腐措施，具体措施可按现行行业标准《海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范》JTJ 275 的规定执行；当环境类别为III、IV时，其防腐范围应为从伸入混凝土内 100mm) 处起至露出混凝土外的所有表面。

7.3.10 后张法预应力体系应按本标准第 8 章的规定采取多重防护措施。

7.3.11 混凝土结构可采用防腐蚀附加措施来确保构件的设计使用年限，不同环境类别下可采用的防腐蚀附加措施应符合表 7.3.11 的规定。

表 7.3.11 混凝土结构防腐蚀附加措施

环境类别	名称	防腐蚀附加措施	
		混凝土	钢筋
I	一般环境	表面涂层，硅烷浸渍	
II	冻融环境	表面涂层，硅烷浸渍	
III	海洋氯化物环境	表面涂层，硅烷浸渍	环氧涂层钢筋，阻锈剂， 阴极保护
IV	除冰盐与其他氯化物环境	表面涂层，硅烷浸渍	环氧涂层钢筋，阻锈剂， 阴极保护
V	化学腐蚀环境	表面涂层，硅烷浸渍	

7.3.12 防腐蚀附加措施的最低保护年限应符合表 7.3.12 的要求，各种措施的材料品质与具体技术要求应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性技术标准》JTS 153 的规定。

表 7.3.12 混凝土结构防腐蚀附加措施的保护年限

防腐蚀附加措施	最低保护年限（年）
表面涂层	10
硅烷浸渍	15
环氧涂层钢筋	20
阴极保护（外加电流）	30

7.3.13 混凝土结构采用其他附加防腐蚀措施时，应经过专门的技术论证，证明其抵抗环境腐蚀介质腐蚀的能力。

## 7.4 施工质量要求

7.4.1 处于 I-A、I-B 环境下的混凝土结构构件，其保护层厚度施工质量验收要求应按现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定执行。

7.4.2 环境作用等级为 C、D、E、F 的混凝土结构构件，保护层厚度的施工质量验收应符合下列规定：

1 对选定的每一配筋构件选择有代表性的最外侧钢筋 8 根~16 根进行混凝土保护层厚度的无损检测，对每根钢筋，应选取 3 个代表性部位测量；

2 当同一构件所有测点有 95%或以上的实测保护层厚度  $c_1$  满足下式要求时，则应认为合格：

$$c_1 \geq c - \Delta \quad (7.4.2)$$

式中： $C$  —保护层设计厚度；

$\Delta$  —保护层施工允许负偏差的绝对值，对梁、柱等条形构件取 10mm，板、墙等面形构件取 5mm。

3 不能满足第 2 款的要求时，可增加同样数量的测点进行检测，按两次测点的全部数据进行统计；仍不能满足第 2 款要求的，则判定为不合格，并应要求采取相应的补救措施。

## 8 桥梁附属设施设计

### 8.1 一般规定

8.1.1 装配式桥梁附属设施主要包括人行道、防撞护栏、栏杆、人行楼梯、排水设施等。

8.1.2 装配式桥梁附属设施应在模数协调的基础上,采用模块化、标准化设计,与结构系统、管线系统、外装系统进行集成,并提高部品、部件的通用性。

8.1.3 装配式桥梁附属设施应满足相应寿命期的使用维护要求,耐久性应满足设计使用年限的要求。

8.1.4 装配式桥梁附属设施应与主体结构可靠性连接,保证桥梁的整体牢固性。

8.1.5 装配式桥梁附属设施连接设计应满足构造要求,并按弹性设计,连接的极限承载力应大于构件的全塑性承载力。

8.1.6 装配式护栏应进行防撞安全评估。

8.1.7 装配式护栏与桥面的连接构造用同等防撞等级的冲击力进行强度验算。

### 8.2 桥梁附属设施设计

8.2.1 装配式桥梁人行道可采用整块预制或分构件预制。

8.2.2 装配式桥梁人行道桥面板接缝处应符合下列规定:

1 接缝处应根据当地气候条件合理选用构造防水、材料防水相结合的防排水措施;

2 接缝宽度及接缝材料应根据面板材料、平面分格、结构层间位移、温度变形等综合因素确定,所选用的接缝材料及构造应满足防水、防渗、抗裂、耐久等要求,接缝材料应与人行道桥面板具有相容性,面板在正常使用状况下,接缝处的弹性密封材料不应破坏。

8.2.3 装配式桥梁护栏可采用金属梁柱式护栏、混凝土护栏、超高性能混凝土护栏或组合式护栏,桥梁护栏的形式选择及设计除应符合现行行业标准《公路交通安全设施设计规范》JTG D81规定。防撞护栏形式选择时应符合下列规定:

1 装配式桥梁各等级防撞护栏型式可按表 8.2.3 选择;

2 护栏型式在强度上应能有效吸收设计碰撞能量。

表 8.2.3 各等级桥梁护栏型式

护栏级别	型式
B	金属梁柱式护栏
	钢筋混凝土梁式护栏

A	金属梁柱式护栏
	钢筋混凝土梁柱式护栏或墙式护栏
	超高性能混凝土（UHPC）梁柱式护栏或墙式护栏
	组合式护栏
SB	金属梁柱式护栏
	钢筋混凝土墙式护栏
	超高性能混凝土（UHPC）墙式护栏
	组合式护栏
SA	金属梁柱式护栏
	钢筋混凝土墙式护栏
	超高性能混凝土（UHPC）墙式护栏
	组合式护栏
SS	金属梁柱式护栏
	钢筋混凝土墙式护栏
	超高性能混凝土（UHPC）墙式护栏
	组合式护栏

8.2.4 护栏与桥面的连接构造，应用同等防护等级的冲击力进行强度验算。护栏与桥面连接方式可参照《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》JTJ 074设计。

8.2.5 装配式金属梁柱式护栏立柱与桥面板的连接可采用直接埋入式或地脚螺栓（法兰盘连接式）的连接方式，并应符合下列规定：

1 直接埋入式适用于桥面边缘厚度满足护栏立柱埋入30cm以上的情况。在结构物混凝土浇筑时，应预留安装立柱的套筒，其孔径宜比立柱直径或对角线方向宽4~10cm，套筒周围的结构物应配置加强钢筋，如图8.2.5-1；

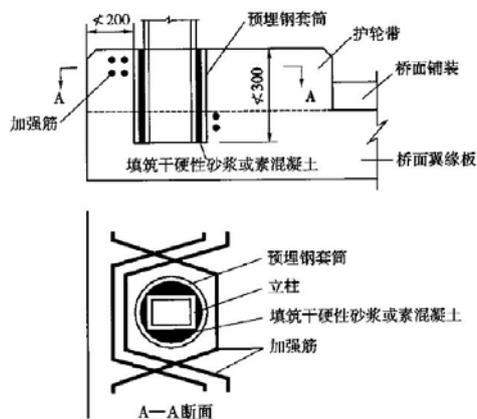


图8.2.5-1 直接埋入式连接方式（尺寸单位：mm）

2 地脚螺栓连接方式（法兰盘连接式）适用于立柱埋深不足30cm的情况。在结构物混凝土中预埋符合规定长度的地脚螺栓，立柱底部焊接有加劲肋的法兰盘与地脚螺栓连接，如图8.2.5-2；

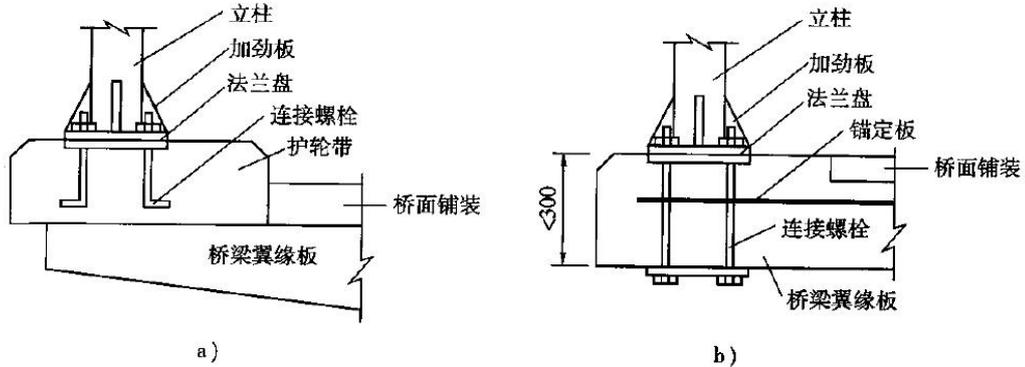


图8.2.5-2 地脚螺栓连接方式（尺寸单位：mm）

3 通过传力钢筋把桥梁护栏和桥面板浇筑成一体三种方式，条件许可时，可采用抽换式护栏。

### 8.2.6 装配式钢筋混凝土墙式护栏与桥面的连接应符合下列规定：

1 采用预制件施工时，通过锚固螺栓等连接件将桥梁结构物与护栏连接在一起形成整体；

2 预制混凝土护栏块之间的纵向连接，应按下列方法处理：

1) 纵向企口连接：适合于防撞等级为A级的路侧护栏和Am级的中央分隔带护栏，如图8.2.6-1；

2) 纵向连接栓方式：在混凝土护栏端头上半部竖向预埋连接栓挡块，两块混凝土护栏对齐就位后，插入工字形连接栓，将混凝土护栏连成整体，如图8.2.6-2适合于除防撞等级为A和Am外的其他防撞等级混凝土护栏。

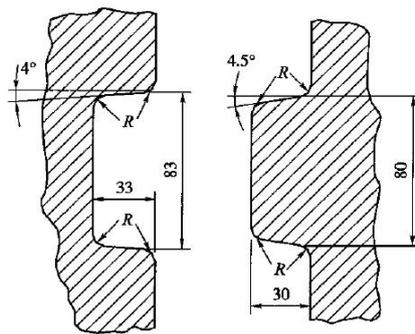


图8.2.6-1 纵向企口连接（尺寸单位：mm）

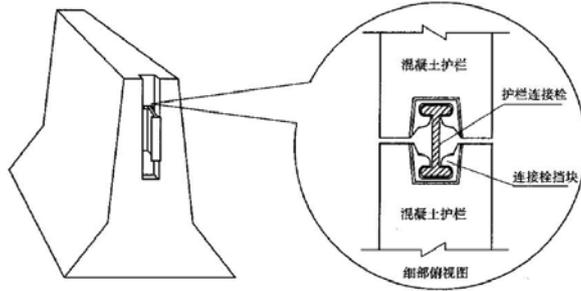


图8.2.6-2 纵向栓接连接（尺寸单位：mm）

8.2.7 钢筋混凝土梁柱式护栏和组合式护栏可采用钢筋混凝土墙式护栏与桥面的连接方法。

8.2.8 装配式桥梁栏杆的设计应满足现行行业标准《公路交通安全设施设计规范》JTG D81 规定，并应符合下列规定：

1 人行道路侧栏杆的净高不应低于1.10m。栏杆垂直净距应不小于0.11m，横向构件间的最大净间距不得大于0.14m，且不宜采用横线条栏杆设计。当栏杆结合花盆设置时，应有防止花盆坠落的措施。

2 当装配式桥梁跨越快速路、城市轨道交通、高速公路、铁路干线等重要交通通道时，桥面人行道栏杆上应加设护网，护网高度不应小于2m，护网长度宜为下穿道路的宽度并向路外延长10m。

8.2.9 装配式桥梁梯道的设计应满足现行行业标准《城市人行天桥与人行地道技术规范》CJJ 69相关规定。

8.2.10 预制桥梁装配式楼梯与支撑构件之间宜采用简支连接。采用简支连接时，应符合下列规定：

1 预制楼梯宜一端设置固定铰，另一端设置滑动铰，其转动及滑动变形能力应满足结构层间位移的要求，且由于青岛市的抗震设防烈度为7度，预制楼梯端部在支撑构件上的最小搁置长度为75mm；

2 预制楼梯设置滑动铰的端部应采取防止滑落的构造措施；

3 安装前，应检查楼梯构件平面定位及标高，并宜设置调平装置；就位后，应及时调整并固定。

8.2.11 装配式桥梁排水设施的设置除应符合现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11 的相关规定，尚应符合下列规定：

1 应当设置封闭式的排水系统，将排水管中的水汇集到纵向排水管内，并通过竖向落水管流入地面排水系统。纵向排水管可预埋在箱梁侧面悬臂下方或预埋在箱梁内部。

2 排水管道应选用耐腐蚀、实用寿命长、便于安装及更换、连接可靠、密封性能好的材料制成，管道直径不宜小于150mm。

**8.2.12** 装配式桥梁设置防撞墩、隔离墩等限界结构防撞设施时，设计应满足国家现行标准《城市道路交通设施设计规范》GB 50688、《城市人行天桥与人行地道技术规范》CJJ 69 的相关规定。

**8.2.13** 装配式桥梁声屏障的设计应符合现行国家标准《声屏障结构技术标准》GB/T 51335 的相关规定。

## 9 构件预制

### 9.1 一般规定

- 9.1.1 预制构件的生产应符合设计文件和国家现行有关标准的规定。
- 9.1.2 生产企业应具备保证产品质量要求的生产工艺设施、试验检测条件，建立完善的质量管理体系和可追溯的质量控制制度。
- 9.1.3 预制构件生产前，应由建设单位组织设计、施工等单位对设计文件进行交底和会审。必要时，生产单位应根据设计文件制作加工详图。
- 9.1.4 预制构件生产前，应编制生产方案，具体内容包括生产计划及生产工艺、模具方案及计划、技术质量控制措施、成品存放、运输、保护方案等。冬期施工和预应力构件尚应编制专项方案，且应符合《公路桥梁施工技术规范标准》JTG/T F50 的相关规定。
- 9.1.5 生产企业的检测、试验、张拉、计量等设备及仪器仪表均应检定合格，并在有效期内使用。
- 9.1.6 预制构件生产宜建立首件验收制度。必要时在预制构件生产前进行样品试制，经建设、设计、施工和监理等相关单位认可后方可实施。
- 9.1.7 预制构件应标识构件产品信息。

### 9.2 预制厂

#### (1) 混凝土预制厂

- 9.2.1 预制厂应按照工厂化、专业化、信息化的要求进行选址和规划。
- 9.2.2 台座基础、龙门吊基础与地基应满足强度要求，并不得出现不均沉降。
- 9.2.3 预制厂横向应做成 1.5%~2% 的双向坡。满足雨天场地不积水、不泥泞，晴天不扬尘。
- 9.2.4 预制厂的所有场地采用混凝土硬化处理。
- 9.2.5 预制厂根据构件制作要求宜划分为钢筋加工区、构件制作区、构件存放区、试验检测区和办公生活区等功能分区，并宜设置专用混凝土搅拌站。
- 9.2.6 钢筋加工区的设置应符合下列规定：
- 1 按照其使用功能应分为钢筋存料区、钢筋下料制作区、半成品存放区三大部分；
  - 2 主要配备龙门吊及各种钢筋制作设备，钢筋制作设备应为智能化数控设备；
  - 3 钢筋制作区应靠近钢筋绑扎胎具，并应根据生产高峰来计算钢筋区大小；

4 在钢筋存料区及半成品存放区应具备车辆吊装作业必需的空间；  
5 钢筋加工区内应悬挂《钢筋大样图》、《钢筋加工技术要求》和《机械安全操作规程》等标牌标识；

6 钢筋存放区挂设钢筋标识牌，在钢筋半成品存放区挂设半成品检验标识牌。

#### 9.2.7 钢筋绑扎胎架设置应符合下列规定：

1 设置型式应满足施工工艺设计要求，宜紧邻钢筋加工车间布置，并且方便钢筋骨架吊装；

2 施工时，应设置预埋件用于固定钢筋绑扎卡具；

3 钢筋在胎架上绑扎成型后整体运至构件制作台座上，注意绑扎牢固，防止在吊运过程中变形；

4 预制墩的底部胎架应满足钢筋骨架及模板的翻转要求。

#### 9.2.8 预制构件台座的设置应符合下列规定：

1 台座设置数量应根据预制构件的类型、大小、数量、预制场的生产规模及工期确定；

2 台座应具有足够的强度、刚度及稳定性，应能满足各阶段施工荷载和施工工艺的要求；

3 预制梁台座的强度应满足张拉要求，反拱度的设置应满足设计要求；

4 预制墩的底座应满足构件重量、密封性的要求，变形钢筋骨架及模板的翻转要求。

9.2.9 混凝土拌合区的平面布置应考虑预制厂平面规划、混凝土供应区域规划、拌合区配套机械设备的参数等因素，应满足运料、上料、出料等搅拌作业要求，且应符合《建筑施工机械与设备混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171、《混凝土构件质量管理标准》JG/T 565 的相关规定。

#### 9.2.10 预应力材料存放下料区布设应符合下列规定：

1 预应力材料制作区宜紧邻制梁台座和存梁台座布置，以减少预应力筋下料后倒运工作量，且周边排水顺畅；

2 预应力材料制作区应满足预应力筋下料和存放要求，并应防雨雪、防潮、通风良好。

9.2.11 预制构件存放区的设置规模应综合考虑制梁周期、存梁时间、架梁进度等因素。

#### 9.2.12 起重设备的设置应符合下列规定：

1 龙门吊吨位应满足构件其中运输要求；

2 轨道基础的承载力应满足要求；

- 3 轨道标高必须严格控制，轨道纵向坡度不得大于 1.5%；
- 4 轨道采用专用道钉将短轨固定在混凝土基座上；
- 5 轨道连接采用专用连接板连接，不得使用钢筋焊接；
- 6 电缆应完好，无破损。

**9.2.13 试验室设置应符合下列规定：**

1 试验室宜设置在预制场拌合站附近，应根据工程规模、施工方法及进度要求确定建设规模；

2 试验室功能应齐全、配套，应设置力学室、水泥试验室、养护室、留样室、办公室等。

**9.2.14 办公生活区设置应符合下列规定：**

1 办公生活区宜配置制梁场的会议室、调度室、安保室、厨房、餐厅、活动室、宿舍、厕所等；

2 办公生活区占地面积根据人员配置及制梁场的总体规划确定，办公生活区房屋宜采用彩钢活动房，其结构应牢固，通风、采光良好；

3 室外合理规划道路及排水排污系统；

4 生活办公区宜具有独立的水电保障系统。

**9.2.15 养护区宜采用自动喷淋养护系统对构件进行养护，混凝土必须养护 7d 以上。小型预制构件在调入成品区前必须在构件显著位置设置标识栏，内容包括部位、施工日期等。成品应按不同规格分区域分层堆码。**

## （II）钢构件加工厂

**9.2.16 预制厂应按工厂化、专业化、机械化、信息化的要求进行规划。**

**9.2.17 钢构件加工厂宜按原材料存放区、构件下料区、构件加工区、构件存放区、试验检测区和办公生活区等功能分区。**

**9.2.18 打砂除锈车间和喷漆车间应与其他车间独立分开设置，打砂除锈车间与喷漆车间应独立分开设置。**

**9.2.19 生产车间应做好通风，采光措施。**

**9.2.20 堆放区的大小应根据生产能力及运转情况设置，并应设雨棚。**

**9.2.21 每条生产线宜通长设置，有回转时，宜设置横向运输吊车。**

**9.2.22 大吊车与小吊车宜分层设置。**

**9.2.23 电焊所用气体应独立于生产车间设置。**

**9.2.24 预制构件堆放时，端部应做防锈处理。**

**9.2.25 钢材的除锈宜根据需要采用各类抛丸除锈设备除锈。**

**9.2.26 场地的布置应紧凑合理，满足生产需要，宜封闭建设。**

**9.2.27 钢结构加工厂主要加工机械配备应满足生产能力要求。**

**9.2.28** 钢结构加工厂设备的安装、调试、验收应符合下列规定：

- 1 应适应工艺流程的需要；
- 2 应方便工件的存放、运输和现场的清理；
- 3 设备及其附属装置的外尺寸、运动部件的极限位置及安全距离；
- 4 应保证设备安装、维修、操作安全的要求；
- 5 厂房与设备工作应匹配，包括门的宽度、高度，厂房的跨、高度等；
- 6 按照机械设备安装验收有关规范要求，做好设备安装找平，保证安装稳固，减轻震动，避免变形，保证加工精度，防止不合理的磨损。

**9.2.29** 钢构件加工厂要做好生产防尘、防锈、防污染工作，对易燃、易爆、腐蚀性有害物品等应有隔离防护措施。

**9.2.30** 钢构件加工厂的场地应采用混凝土硬化处理。

**9.2.31** 材料存放区全部砌筑存放台座，台座高度不小于30cm。现场材料应分类堆放，应设立标牌并写明数量、规格和型号及检验状态等。

### **9.3 混凝土构件预制**

**9.3.1** 模具应符合下列规定：

- 1 模具的数量应满足构件预制的数量、类型、生产工艺和周转次数等要求；
- 2 模具应有足够的承载力、刚度、稳定性及良好的操作性能；
- 3 模具的部件与部件之间应连接牢固、接缝应紧密，并应采取有效的防漏浆和防漏水措施；
- 4 自制模具应根据预制构件特点确定工艺方案并出具加工图纸，结构造型复杂、外型有特殊要求或批量大的定型模具应制作样板，经检验合格后方可批量制作；
- 5 外购模具进场时应有设计图纸和使用说明书，外观质量和尺寸偏差符合要求方可使用；
- 6 构件模具的检验及结果应符合设计要求和《预制混凝土构件质量检验评定标准》GBJ 321 等标准的有关规定；其他预制构件的模具检验及结果应符合设计要求和相应的产品检验标准等的有关规定；
- 7 固定在模具上的预埋件、预留孔和预留洞偏差值的检验和结果应符合《预制混凝土构件质量检验评定标准》GBJ 321 等标准的有关规定。

**9.3.2** 内模宜采用专业设计的钢模板具有足够的刚度，便于拆模，提高重复利用率。

**9.3.3** 钢筋宜采用自动化机械设备进行加工与制作，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

**9.3.4** 钢筋连接质量检查除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 钢筋接头的方式、位置、同一截面受力钢筋的接头百分率，钢筋的搭接长度及锚固长度等应符合设计要求或国家现行有关标准的规定；

2 钢筋焊接和机械连接均应进行工艺检验，试验结果合格后方可进行预制构件生产；

3 螺纹接头和半灌浆套筒连接接头应使用专用扭力扳手拧紧至规定扭力值；

4 钢筋焊接接头和机械连接接头应全数检查外观质量；

5 钢筋焊接接头、机械连接接头和套筒灌浆连接接头的力学性能应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18、《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 和《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的有关规定。

**9.3.5** 钢筋半成品、钢筋网片、钢筋骨架应检查合格后进行安装，并应符合下列规定：

1 钢筋表面不得有油污，不应严重锈蚀；

2 钢筋网片和钢筋骨架宜采用防止变形的专用吊架进行吊运；

3 混凝土保护层厚度应满足设计要求。保护层垫块应与钢筋骨架或网片绑扎牢固，按梅花状布置，间距满足钢筋限位及控制变形要求，钢筋绑扎丝甩扣应弯向构件内侧。

**9.3.6** 预埋件用钢材及焊条的性能应符合设计要求。预埋件加工允许偏差应符合表 9.3.6 的规定。

**表 9.3.6 预埋件加工允许偏差**

项次	检验项目		允许偏差(mm)	检验方法
1	预埋件锚板的边长		0, -5	用钢尺量测
2	预埋件锚板的平整度		1	用直尺和塞尺测
3	锚筋	长度	10, -5	用钢尺量测
		间距偏差	±10	用钢尺量测
4	灌浆套筒	尺寸	1	用钢尺量测
5	灌浆金属波纹管	尺寸	1	用钢尺量测

**9.3.7** 灌浆套筒成品应符合现行行业标准《钢筋连接用灌浆套筒》JG/T 398 的规定。

**9.3.8** 预埋件安装应符合下列规定：

1 预埋件应固定在模板或支架上，预留孔洞应采用孔洞模具加以固定，应保证预埋件固定位置准确，在混凝土浇筑、振捣过程中不发生位移，外露部分不发生污损；

2 预埋件宜采用工具式螺栓固定。采用磁力吸或胶粘法固定预埋件时，应通过试生产确认生产过程中不发生位移；

3 采用与钢筋焊接方式固定预埋件时，不得损伤被焊钢筋断面，且不得与预应力钢筋焊接；

4 型钢预埋件宜在型钢上加焊钢筋与钢筋骨架绑扎牢固进行固定；

5 预埋螺栓、吊母或吊具等应采用工具式卡具固定，并应保护好丝扣；

6 预埋钢筋套筒应使用定位螺栓或定位棒固定在侧模上，灌浆口宜采用短钢筋绑扎在主筋上进行定位控制；

7 在安装过程中发现预埋件的尺寸、形状发生变化时，应对该批预埋件再次进行复检，合格后方可使用；

8 预埋件安装尺寸偏差应符合表 9.3.8 规定。

表 9.3.8 预埋件安装尺寸偏差

验收项目		设计要求及规范规定 (mm)	
预埋件尺寸偏差要求	预埋钢板中心线位置	±3	
	预埋管、预留孔中心线位置	±3	
	插筋	中心线位置	±5
		外露长度	+10, 0
	连接用插筋	中心线位置	±3
	预埋螺栓	中心线位置	±2
		外露长度	+10, 0
	预留孔洞	中心线位置	±5
		尺寸	+10, 0
	灌浆套筒	中心线位置	±2
灌浆金属波纹管	中心线位置	±3	
连接用预应力孔道	中心线位置	±5	

9.3.9 预应力筋下料与连接应符合下列规定：

- 1 预应力筋的下料长度应根据台座的长度、锚夹具长度等经过计算确定；
- 2 预应力筋宜使用砂轮锯或机械切断机切断，不得采用电弧或气焊切断；
- 3 预应力筋应采用符合标准的连接器进行连接。

9.3.10 预应力筋的定位与安装应符合下列规定：

- 1 预应力筋的安装、定位和保护层厚度应符合设计要求；

2 模外张拉工艺的预应力筋保护层厚度可用梳筋条槽口深度或端头垫板厚度控制；

3 预应力筋弯折点位置和矢高应符合设计要求，弯折后应可靠固定；预应力筋控制点的竖向位置允许偏差应符合表 9.3.10 的规定。

表 9.3.10 预应力筋竖向位置允许偏差

构件截面高（厚）度（mm）	$h \leq 300$	$300 < h \leq 1500$	$h > 1500$
允许偏差（mm）	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 15$

9.3.11 预应力张拉应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/TF 50 与《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定。

9.3.12 预应力筋放张应符合设计要求，并应符合下列规定：

1 预应力筋放张时，混凝土强度应符合设计要求，且同条件养护的混凝土立方体抗压强度应不低于设计的混凝土强度等级值的 75%，且不应低于 30Mpa；

2 放张前，应将限制构件变形的模具拆除；

3 宜采取缓慢放张工艺进行整体放张；

4 对受弯或偏心受压的预应力构件，应先同时放张预压应力较小区域的预应力筋，再同时放张预压应力较大区域的预应力筋；

5 单根放张时，应分阶段、对称且相互交错放张；

6 放张后，预应力筋的切断顺序，宜从放张端开始逐次切向另一端。

9.3.13 混凝土生产应符合下列规定：

1 预制构件用混凝土工作性能应根据产品类别和生产工艺确定，混凝土配合比设计应符合现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定；

2 预制构件用混凝土生产设备应采用计算机控制系统，生产数据应逐盘记录并可随时查询；

3 对混凝土拌合物的检验应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 与《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定；

4 混凝土拌合物应搅拌均匀；当混凝土出料量为  $1\text{m}^3 \sim 2\text{m}^3$  时最短搅拌时间应符合表 9.3.13 规定；当混凝土出料量超过  $2\text{m}^3$ ，搅拌高强混凝土、纤维混凝土时，宜根据实际情况调整搅拌时间。

表 9.3.13 混凝土搅拌的最短时间（s）

项次	混凝土坍落度（mm）	搅拌机机型	$1\text{m}^3 \leq$ 混凝土出料量 $\leq 2\text{m}^3$
1	$\leq 40$	强制式	180
2	$> 40$ ，且 $< 100$	强制式	150

3	≥100	强制式	120
---	------	-----	-----

注：混凝土搅拌时间指从全部材料进入搅拌筒中起、开始卸料止。

5 对混凝土拌合物的检验应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 与《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

#### 9.3.14 混凝土浇筑应符合下列规定：

1 混凝土浇筑前，预埋件及预留钢筋的外露部分宜采取防止污染的保护措施；

2 混凝土放料高度宜小于 600mm，并应均匀摊铺；

3 混凝土浇筑应连续进行，浇筑过程中应观察模具、门窗框、预埋件、连接件等的变形和移位，变形与移位超出本规范规定的允许偏差时应及时采取补强和纠正措施；

4 混凝土从出机到浇筑完毕的延续时间，气温高于 25℃时不宜超过 60min，气温不高于 25℃时不宜超过 90min。

#### 9.3.15 混凝土振捣应符合下列规定：

1 混凝土宜采用机械振捣方式成型。振捣设备应根据混凝土的品种、工作性、预制构件的规格和形状等因素确定，应制定振捣成型操作规程；

2 当采用振捣棒时，混凝土振捣过程中不应碰触钢筋骨架、预埋件和剪力键；

3 混凝土应振捣密实，模具不得漏浆、变形或预埋件移位等现象。

#### 9.3.16 预制构件粗糙面应符合设计要求。当设计无要求时，应符合下列规定：

1 模板面预涂缓凝剂，脱膜后采用高压水冲洗出露骨料；

2 混凝土终凝前叠合面进行拉毛处理制作的粗糙面；

3 凿毛粗糙面。

#### 9.3.17 养护及脱模应符合下列规定：

1 预制构件浇筑完毕后应进行养护，并可根据预制构件特点和生产任务量选择自然养护、自然养护加养护剂或加热养护方式；

2 脱模前的养护应符合下列规定：

1) 混凝土浇筑完毕或压面工序完成后及时覆盖；

2) 涂刷养护剂可在终凝后进行；

3) 加热养护可选择蒸汽加热、电加热或模具加热等方式；

4) 加热养护制度应通过试验确定，宜在常温下预养护 2h~6h，升、降温速度不宜超过 20℃/h，最高温度不宜超过 70℃，预制构件脱模时的表面温度与环境温度的差值不宜超过 25℃。

3 预制构件脱模应符合下列规定：

1) 脱模时，同条件养护的混凝土试件抗压强度应符合设计要求，且不应

小于 15MPa；

2) 脱模顺序应与支模顺序相反进行，应先非承重模具后承重模具，先帮模再侧模和端模、最后底模；

3) 高宽比大于 2.5 的大型预制构件，应边脱模边加支撑避免预制构件倾倒。

4 预制构件脱模时采用的吊具应符合下列规定：

1) 根据预制构件形状、尺寸、重量以及吊装和设计受力特征选择吊具、卡具、索具、托架和支撑等吊装和固定措施；

2) 按现行国家标准的规定进行设计验算或试验检验，经验证合格后方可使用；

3) 构件多吊点起吊时，应保证各个吊点受力均匀；

4) 吊装过程中，吊索水平夹角不宜小于  $60^\circ$  且不应小于  $45^\circ$ ，尺寸较大或形状复杂的预制构件应使用分配梁或分配桁架类吊具，并应保证吊车主钩位置、吊具及预制构件重心在垂直方向重合；

5 预制构件脱模后的养护应符合下列规定：

1) 预制构件脱模后可继续养护，养护可采用水养、洒水、覆盖和涂刷养护剂等一种或几种相结合的方式；

2) 水养和洒水养护的养护用水不应使用回收水。水中养护应避免预制构件与养护池水有过大的温差，预制构件表面洒水养护应覆盖，洒水养护次数以能保持预制构件表面处于润湿状态为度；

3) 当不具备水养、洒水养护条件或当日平均气温低于  $5^\circ\text{C}$  时，可采用涂刷养护剂方式进行养护，养护剂不得影响预制构件与现浇混凝土面的结合强度。

**9.3.18** 管桩产品预制与制作应符合现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476 和行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406 的规定。

## 9.4 钢构件制作

**9.4.1** 钢结构深化设计图应根据设计文件和技术文件要求进行编制，深化设计图应包括设计说明、构件布置图或排板图、安装节点详图、构件加工详图等内容。

**9.4.2** 钢结构加工应按照下料、切割、组装、焊接、除锈和涂装的工序进行，每道工序宜采用机械化作业。

**9.4.3** 钢结构焊接宜采用自动焊接，应按工艺评定的焊接工艺参数执行。焊缝的尺寸偏差、外观质量和内部质量，应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 及《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定进行检验。

**9.4.4** 钢构件连接节点的高强度螺栓孔宜采用数控钻床，也可采用划线钻孔的

方法，采用划线钻孔时，孔中心和周边应打出五梅花冲印，以利钻孔和检验。制孔质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

**9.4.5** 钢构件除锈应在室内进行，除锈等级应按设计文件的规定执行，当设计文件对除锈等级未规定时，宜选用喷砂或抛丸除锈方法，并应达到不低于 Sa2.5 级除锈等级。

**9.4.6** 钢构件防腐涂装应符合下列规定：

1 应在专门的涂装车间进行防腐涂装；

2 防腐涂装应按设计文件的规定执行，当设计文件未规定时，应依据建筑部位不同环境进行防腐涂装系统设计；

3 涂装作业应按现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定执行。

**9.4.7** 现场焊接部位的焊缝坡口及两侧宜在工厂涂装不影响焊接质量的防腐涂料。

**9.4.8** 有特别规定时，钢构件应在出厂前进行预拼装，构件预拼装可采用实体预拼装和数字模拟预拼装方法。数字模拟预拼装宜用于安装时采用焊接连接的结构件。

**9.4.9** 除本规范规定外，钢结构应按现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定进行加工及过程质量控制。

**9.4.10** 钢梁应由具有相应资质的企业制造，并应符合国家现行标准《铁路钢桥制造规范》TB 10212 的有关规定。

**9.4.11** 焊缝的检验应符合《公路桥涵施工技术规范》JTG/TF 50 的相关规定。

**9.4.12** 除本规范规定外，钢结构应按现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定进行加工及过程质量控制。

**9.4.13** 钢梁应由具有相应资质的企业制造，并应符合国家现行标准《铁路钢桥制造规范》TB 10212 的有关规定。

**9.4.14** 异形构件及其组合构件相贯线切割前，宜采用BIM软件进行三维模拟，确保切割断面位置的精确性。

**9.4.15** 剪力钉的焊接应符合下列规定：

1 焊接前应清除剪力钉头部及钢板待焊部位（大于2倍剪力钉直径）的铁锈、氧化皮、油污、水分等有害物，使钢板表面显露出金属光泽。受潮的瓷环使用前应在150℃的烘箱中烘干2h；

2 应在平位施焊剪力钉，在焊缝金属完全凝固前不允许移动焊枪。当环境温度低于0℃，或相对湿度大于80%，或钢板表面潮湿时，不允许焊接剪力钉；

3 每台班开始焊接剪力钉前或更换焊接条件时应按规定的焊接工艺在试板

上试焊两个剪力钉，合格后方可在梁段上焊接。

**9.4.16** 焊缝的检验应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/TF 50 的相关规定。

## **9.5 组合构件预制**

**9.5.1** 组合构件中的钢构件、抗剪连接件制作应符合本规范第 9.4 节的规定；钢筋混凝土构件制作应符合本规范第 9.3 节的规定。

**9.5.2** 钢梁总拼制造时宜采用设置卡具、临时工装、顶推装置等自约束与它约束相结合的措施。

**9.5.3** 钢梁加工应满足下列要求：

- 1 钢梁加工前应制订详细的工艺方案。
- 2 湿接缝连接钢筋的安装应避免与焊钉冲突。
- 3 对开口槽形梁，应预留腹板之间的临时剪刀撑连接板件、临时吊点设施等。

**9.5.4** 预制桥面板组合应符合下列规定：

- 1 根据设计要求，从中间两支撑处开始逐块对称吊装；
- 2 每端预留 3 块未组合桥面板，并且每端最后块板叠加在倒数第二块板上并固定；
- 3 湿接缝浇筑完毕且现浇砼强度达到 80%以上后方可整体横移组合梁至存放台座。

**9.5.5** 节段制作、存放应满足下列要求：

- 1 节段可采用长线法或短线法预制，台座宜选择坚实地基，减小台座顶面沉降，在各种荷载作用下，台座顶面沉降不应大于 2mm；
- 2 台座应设置钢梁起吊安装、微调的设备和装置；
- 3 采用短线法制作时，相邻节段应在同一台座上匹配预制，前一节段的端面直接作为后一节段的端头模板；
- 4 应制订专门的组合梁节段养护方案，宜采用搭设养护棚等适宜的方式进行养护，养护时间不应少于 14d；
- 5 节段脱模后应及时检查验收，其轴线允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ ，节段长度允许偏差应为 $\pm 2\text{mm}$ ；
- 6 节段的存放不宜超过两层，临时支点的位置应符合要求，并应设置橡胶垫等弹性支撑物对支点部位的钢梁进行局部防护；
- 7 节段的存放时间不宜少于 28d。

**9.5.6** 组合构件预制厂厂内组合应符合下列规定：

- 1 组合钢梁整拼完成后进行喷砂除锈、涂装；
- 2 运梁台车将钢梁运至组合台座，就位后，按设计要求调整预拱度；
- 3 桥面板运至组合台座处之后，宜标识桥面板在钢梁上位置。

9.5.7 组合构件中预应力施工应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2、《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64 的规定。

## 9.6 质量控制与检验

9.6.1 预制构件模具尺寸允许偏差和检验方法应符合表 9.6.1 的规定。

表 9.6.1 预制构件模具尺寸允许偏差和检验方法

项次	检验项目、内容		允许偏差	检验方法
1	长度	≤6m	1, -2	用钢尺量平行构件高度方向，取其中偏差绝对值最大处
		>6m 且 ≤12m	2, -4	
		>12m	3, -5	
2	宽度、高 (厚)度	墩(柱)、台、 梁	1, -2	用钢尺测量两端或中部，取其中偏差绝对值最大处
3		其他构件	2, -4	
4	底模表面平整度		2	用2m靠尺和塞尺量
5	对角线差		3	用钢尺量纵、横两个方向对角线
6	侧向弯曲		L/1500 且 ≤5	拉线，用钢尺量测侧向弯曲最大处
7	翘曲		L/1500	对角拉线测量交点间距离值的两倍
8	组装缝隙		1	用塞尺量测，取最大值
9	端模与侧模高低差		1	用钢尺量
10	剪力键	中心线位置	±2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，记录其中较大值
		平面高差	±2	钢直尺和塞尺检查

9.6.2 预埋件和留孔洞应定位准确，并固定牢固，其安装允许偏差应符合表 9.6.2 的规定。

表 9.6.2 预埋件、预留孔洞安装允许偏差

项次	检验项目		允许偏差 (mm)	检验方法
1	灌浆套筒及 插筋	灌浆套筒中 心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位 置，记录其中较大值
		插筋中心线 位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线 位置，记录其中较大值
		插筋外露长 度	+5, 0	用尺量测
2	预埋钢板	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线 位置，记录其中较大值
		平面高差	±2	钢直尺和塞尺检查
3	预埋管和垂直方向的中心 线位置偏移、预留孔浆锚 搭接预留孔（或波 纹管）		2	用尺量测纵横两个方向的中心线位 置，记录其中较大值
4	吊环	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线 位置，记录其中较大值
		外露长度	+5, 0	用尺量测
5	预埋螺栓	中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线 位置，记录其中较大值
		外露长度	+5, 0	用尺量测
6	预埋螺母	中心线位置	2	用尺量测纵横两个方向的中心线 位置，记录其中较大值
		平面高差	±1	钢直尺和塞尺检查
7	预留洞模具	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线 位置，记录其中较大值

		尺寸	+3, 0	用尺量测纵横两个方向尺寸, 取其最大值
8	其他预留插筋	中心线位置	3	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 记录其中较大值
		外露长度	+10, 0	用尺量测

9.6.3 预制构件出模后应及时对其外观质量进行全数目测检查。预制构件外观质量缺陷可根据其影响结构性能、安装和使用功能的严重程度按表 9.6.3 规定划分为严重缺陷和一般缺陷。

表 9.6.3 构件外观质量缺陷分类

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	构件内钢筋未被混凝土包裹而外露	纵向受力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋
蜂窝	混凝土表面缺少水泥砂浆而形成石子外露	构件主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度均超过保护层厚度	构件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	构件主要受力部位有夹渣	其他部位有少量夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	构件主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松
裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝	其他部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝
连接部位缺陷	构件连接处混凝土缺陷及连接钢筋、连结件松动, 插筋严重锈蚀、弯曲, 灌浆套筒堵塞、偏位灌浆孔洞堵塞、偏位、破损等缺陷	连接部位有影响结构传力性能的缺陷	连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷

外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平等	清水或具有装饰的混凝土构件内有影响使用功能或装饰效果的外形缺陷	其他混凝土构件有不影响使用功能的外形缺陷
外表缺陷	构件表面麻面、掉皮、起砂、沾污等	具有重要装饰效果的清水混凝土构件有外表缺陷	其他混凝土构件有不影响使用功能的外表缺陷

9.6.4 预制构件外观质量不应有严重缺陷，对已经出现的严重缺陷应按技术处理方案进行处理并重新检验，对出现的一般缺陷应进行修整并达到合格。

9.6.5 预制构件不应有影响结构性能、安装和使用功能的尺寸偏差。对超过尺寸允许偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位应经原设计单位认可，按技术处理方案进行处理，并重新检查验收。

9.6.6 预制构件应符合下列规定：

#### 主控项目

1 预制构件采用钢筋套筒灌浆连接时，应在构件生产前进行钢筋套筒灌浆连接接头的抗拉强度试验。

检查数量：同一批号、同种类型、同一规格的灌浆套筒，不超过 1000 个为一批，每批随机抽取 3 个灌浆套筒制作对中连接接头试件。

检验方法：检查试验报告单、质量证明文件。

2 混凝土强度应符合设计文件及国家现行有关标准的规定。

检查数量：按构件生产批次在混凝土浇筑地点随机抽取标准养护试件，取样频率应符合本标准规定。

检验方法：应符合现行国家标准《公路桥梁施工技术规范标准》JTG/T F50 的有关规定。

3 梁板类简支受弯预制构件应进行结构性能检验，并应符合下列规定：

- 1) 结构性能检验应符合国家现行有关标准的有关规定及设计的要求，检验要求和试验方法应符合现行国家标准《公路工程质量检验评定标准》JTG F80 的有关规定；
- 2) 钢筋混凝土构件和允许出现裂缝的预应力混凝土构件应进行承载力、挠度和裂缝宽度检验；不允许出现裂缝的预应力混凝土构件应进行承载力、挠度和抗裂检验；
- 3) 对大型及有可靠应用经验的构件，可只进行裂缝宽度、抗裂和挠度检验；
- 4) 对使用数量较少的构件，当能提供可靠依据时，可不进行结构性能检验；

4 对其他预制构件，除设计有专门要求外，可不作结构性能检验；

5 当施工单位或监理单位代表驻厂监督生产过程时，除设计有专门要求外可不作结构性能检验；施工单位或监理单位应在产品合格证上确认。

检验数量：同一类型预制构件不超过 1000 个为一批，每批随机抽取 1 个构件进行结构性能检验。

检验方法：检查结构性能检验报告或实体检验报告。

9.6.7 抽取预制构件时，宜从设计荷载最大、受力最不利或生产数量最多的预制构件中抽取。

### 一般项目

9.6.8 除与预制构件粗糙面相关的尺寸允许偏差可适当放宽外，预制构件尺寸偏差及预留孔、预留洞、预埋件、预留插筋、键槽的位置和检验方法应符合表 9.6.8 的规定。

表 9.6.8 预制梁、柱、台构件外形尺寸允许偏差及检验方法

项次	检查项目			允许偏差 (mm)	检验方法
1	规格尺寸	长度	< 6m	±5	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值
			≥6且 <12m	±10	
			≥12m	±20	
2	规格尺寸	宽度		±5	用尺量两端及中间部，取其中偏差绝对值较大值
3		高度		5	用尺量板四角和四边中部位置共 8 处，取其中偏差绝对值较大值
4	表面平整度			4	用 2m 靠尺安放在构件表面上，用楔形塞尺量测靠尺与表面之间的最大缝隙
5	侧向弯曲	梁柱		$L/750$ 且 $\leq 20\text{mm}$	拉线，钢尺量最大弯曲处
6	预埋部件	预埋 钢板	中心线位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，记录其中较大值
			平面高差	0, -5	用尺紧靠在预埋件上，用楔形塞尺量测预埋件平面与混凝土面的最大缝隙
7		预埋 螺栓	中心线位置偏移	2	用尺量测纵横两个方向的中心线位置，记录其中较大值

		外漏长度	+10, -5	用尺量
8	预留孔	中心线位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 记录其中较大值
		孔尺寸	±5	用尺量测纵横两个方向尺寸, 取其最大值
9	预留洞	中心线位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 记录其中较大值
		洞口尺寸、深度	±5	用尺量测纵横两个方向尺寸, 取其最大值
10	预留插筋	中心线位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 记录其中较大值
		外漏长度	±5	用尺量
11	吊环	中心线位置偏移	10	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 记录其中较大值
		留出高度	0, -10	用尺量
12	键槽	中心线位置偏移	5	用尺量测纵横两个方向的中心线位置, 记录其中较大值
		长度、宽度	±5	用尺量
		深度	±5	用尺量

9.6.9 预制构件的预埋件、插筋、预留孔的规格、数量应符合设计要求。

检查数量: 逐件检验。

检验方法: 观察和量测。

9.6.10 预制构件的粗糙面或键槽成型质量应满足设计要求。

检查数量: 逐件检验。

检验方法: 观察和量测。

9.6.11 钢构件质量检验与验收应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的规定。

9.6.12 预制构件检查合格后, 应在构件上设置表面标识, 标识内容宜包括构件编号、制作日期、合格状态、生产单位等信息。

9.6.13 预应力管桩构件应符合下列规定:

#### 主控项目

1 混凝土质量控制应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的规定。

2 混凝土强度等级不应低于C80。

3 预应力钢棒放张时，管桩的混凝土抗压强度不得低于45MPa。产品出厂时，管桩用混凝土抗压强度不得低于其混凝土设计强度。

4 抗弯、抗剪性能指标应符合现行国家标准《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476附录A的要求。

5 管桩预应力钢棒的混凝土保护层厚度不得小于40mm。

#### 一般项目

6 管桩的外观质量应符合表9.6.13-1的规定，管桩的尺寸允许偏差应符合表9.6.13-2的规定。

表9.6.13-1 管桩的外观质量

序号	项目		外观质量要求
1	粘皮和麻面		局部粘皮和麻面累计面积不应大于桩身外表总面积的0.5%，每处粘皮和麻面的深度不得大于5mm，且应修补。
2	桩身合缝漏浆		漏浆深度不得大于5mm，每处漏浆长度不得大于300mm，累计长度不得大于管桩长度的10%，或对称漏浆的搭接长度不得大于100mm，且应修补。
3	混凝土局部磕损		每处面积不得大于5000 mm <sup>2</sup> ，混凝土局部磕损深度不得大于5mm，且应修补。
4	内外表面露筋		不允许
5	表面裂缝		不得出现环向和纵向裂缝，但龟裂、水纹和内壁浮浆层中的收缩裂缝不在此限
6	桩端面平整度		端面混凝土和预应力钢棒镦头不得高出端板平面
7	断筋、脱头		不允许
8	内表面混凝土塌落		不允许
9	桩套箍凹陷		管桩凹陷深度不得大于 10mm，每处面积不大于 25cm <sup>2</sup> ，
10	桩与端板	漏浆	漏浆深度不得大于 5mm，漏浆长度不得大于桩横截面周长的1/6，每处漏浆长度不得大于30mm，且应修补
	结合面	空洞和蜂窝	不允许

表 9.6.13-2 管桩的尺寸允许偏差

序号	项目		允许偏差
1	桩长L		$\pm 0.5\%L$
2	端部倾斜		$L \leq 0.2\%d$
3	直径d		+7, -4
4	壁厚t		+20, 0
5	保护层厚度		+5, 0
6	桩身弯曲度	$L \leq 15m$	$L \leq L/1000$
		$15m < L \leq 30m$	$L \leq L/2000$
7	端板	端面平整度	$\leq 0.5$
		外径	0, -2
		内径	0, -2
		厚度	正偏差不限, 0

## 10 运输与安装

### 10.1 一般规定

10.1.1 构件安装前,应根据构件大小、重量、运输车辆和起吊设备的类型,检查、整修沿线道路、桥梁或便道,满足构件及设备的运输要求。

10.1.2 构件水上运输、安装应满足航道、海事等相关部门的规定。

10.1.3 构件吊运时混凝土的强度和后张预应力构件孔道压浆强度应符合设计要求。

10.1.4 构件吊点的位置应满足设计要求,设计无要求时,应经计算确定。

10.1.5 构件安装前应进行下列工作:

- 1 应进行测量放线,设置构件安装定位标识;
- 2 应检查安装构件的外形和尺寸;
- 3 应检查支承结构和预埋件的尺寸、标高及平面位置;支承结构的强度应符合设计要求。

10.1.6 起重吊装作业符合现行行业标准《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276的有关规定。

10.1.7 构件安装就位并经过检查校正后,方可焊接或浇筑混凝土固定。

10.1.8 构件安装采用临时支架时,应对临时支架结构自身在不同受力状态下的强度、刚度和稳定性进行验算。临时支架的地基或基础应有足够承载力。

### 10.2 运输

10.2.1 预制节段陆路运输时,应符合以下规定:

- 1 应根据道路限高、限宽、限载条件及道路的最大纵坡合理选择运输路线;
- 2 应对沿线桥梁的承载力进行复核;
- 3 运输车辆行驶应设置警示标识和警示灯光。

10.2.2 预制节段水路运输时,应符合以下规定:

- 1 应结合水位条件勘查运输线路上的桥孔通航限高条件;
- 2 运输出航前,应根据气象、水文条件确认是否满足船舶出航运输的要求。

10.2.3 运输大型构件,属于超限运输的,应符合相关大件运输的规定。在市区运送大件货物时,要经公安机关和市政工程部门审查并发给准运证,方可运送。

10.2.4 预制构件的运输车辆应满足构件尺寸和载重要求,装卸与运输应参考《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33,并且符合下列规定:

- 1 装卸构件时，应采取保证车体平衡的措施；
- 2 运输构件时，应采取防止构件移动、倾倒、变形等的固定措施；
- 3 运输构件时，应采取防止构件损坏的措施，对构件边角部或链索接触处的混凝土，宜设置保护衬垫。

**10.2.5 桩（墩柱）的运输应符合下列规定：**

- 1 混凝土桩（墩柱）的支点应与吊点上下对准，堆放不宜超过 4 层；
- 2 钢桩（墩柱）的支点应布置合理，防止变形，堆放不得超过 3 层。应采取防止钢管桩（墩柱）滚动的措施。

**10.2.6 梁(板)运输应符合下列规定：**

- 1 构件运输时，梁式构件应竖立放置，并应采取斜撑等防止倾覆的措施；板式构件不得倒置，支承位置应与吊点位置在同一竖直线上；
- 2 使用平板拖车或超长拖车运输大型构件时，车长应能满足支承间的距离要求，支点处应设活动转盘，运输道路应平整；
- 3 构件应按吊运及安装次序顺序堆放。

**10.2.7 构件运输时，应放置在垫木上，吊环向上，标志向外。**

### 10.3 基础安装

**10.3.1 桩基施工场地应平整、坚实，无障碍物。**

**10.3.2 沉桩施工应进行工艺试验和承载力检验。**

**10.3.3 沉桩采用的钢桩应进行防腐处理，并满足设计要求。**

**10.3.4 预制桩的连接应符合下列规定：**

- 1 预制桩宜在工厂制作，现场拼接应符合有关规定；
- 2 桩的连接接头强度不得低于桩截面的总强度。钢桩接桩处纵向弯曲矢高不得大于桩长的 0.2%。

**10.3.5 沉桩设备和施工工艺选择应符合表 10.3.5 规定：**

表 10.3.5 沉桩设备和施工方法

序号	施工方法	适用范围	环境条件	沉桩设备
1	中掘法沉桩	素填土、淤泥、黏土、砂土、强风化、中风化、微风化软质岩及强风化、中风化硬质岩	在城区、居民区等人员密集的场可进行中掘法沉桩施工	随钻跟管钻机
2	静压法沉桩	软黏土（标准贯入度 $N < 20$ ）、淤泥质土	在城区、居民区等人员密集	静力压桩机

			的场所可进行静力压桩施工	
3	植入沉桩	黏土、砂土、碎石土，且河床覆土较厚	邻近建（构）筑物、地下管线可进行预钻孔沉桩	回旋钻机

### 10.3.6 静力压桩应符合下列规定：

- 1 场地地基承载力不应小于压桩机接地压强的 1.2 倍，且场地应平整；
- 2 静力压桩施工的质量控制应符合下列规定：
  - 1) 第一节桩下压时垂直度偏差不应大于 0.5%；
  - 2) 宜将每根桩一次性连续压到底，且最后一节有效桩长不宜小于 5m；
  - 3) 抱压力不应大于桩身允许侧向压力的 1.1 倍。
- 3 终压条件应符合下列规定：
  - 1) 应根据现场试压桩的试验结果确定终压力标准；
  - 2) 终压连续复压次数应根据桩长及地质条件等因素确定。对于入土深度大于或等于 8m 的桩，复压次数可为 2~3 次；对于入土深度小于 8m 的桩，复压次数可为 3~5 次；
  - 3) 稳压压桩力不得小于终压力，稳定压桩的时间宜为 5~10s。

### 10.3.7 预钻孔沉桩应符合下列规定：

当钻孔直径大于桩径或对角线时，沉桩就位后，桩的周围应压注水泥浆；当钻孔直径小于桩径或对角线时，钻孔深度应为柱长的 1/3~1/2，沉桩应按《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 第 10.2.15 条第 6 款规定停锤。

### 10.3.8 预制钢筋混凝土承台安装应符合下列规定：

- 1 预制构件应采取必要的保护措施，防止棱角磕碰；
- 2 承台就位时，应检查垫层标高和轴线及各部尺寸，确认合格后方可固定，并浇筑接头混凝土。

### 10.3.9 墩柱与承台采用灌浆套筒连接时，应符合下列规定：

- 1 承台混凝土浇筑前、后应对预留钢筋、灌浆连接套筒或灌浆金属波纹管定位进行检查，允许偏差为±2mm；
- 2 立柱与承台拼装前应进行匹配拼装，同时应对外露钢筋进行除锈处理；
- 3 墩柱运至施工现场，采用吊机并通过辅助设施进行墩柱翻转施工，翻转应保持墩柱平稳，结构无损坏；
- 4 在拼接缝位置，承台上宜布置调节垫块；
- 5 调节设备宜采用千斤顶等工具；

6 砂浆垫层强度及厚度应符合设计要求且应及时进行养护。

#### 10.3.10 墩柱间节段拼装应符合下列规定：

1 拼装前应对立柱节段拼接缝进行表面处理，确保表面无油、无水及无可见灰粉；

2 拼装前应对立柱阶段拼装接缝表面进行复测，标高允许偏差为 $\pm 2\text{mm}$ ，水平度允许偏差为 $\pm 1\text{mm/m}$ ；

3 环氧粘接剂应均匀涂刷，涂刷时间宜控制在 30min 内，涂刷前、后应采取防雨、尘措施。

#### 10.3.11 墩柱与承台采用后张预应力连接时应符合下列规定：

1 构件安装前应检查预制构件上预留孔，剪力键的规格、位置、数量和深度，当预留孔内有杂物时，应清理干净；

2 钢筋机械连接的施工应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定；

3 预应力工程施工应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 和《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

#### 10.3.12 墩柱与承台采用承插式连接时，应符合下列规定：

1 承台杯口的混凝土强度必须达到设计要求，方可进行预制柱安装；

2 承台杯口在安装前应校核长、宽、高，确认合格。杯口与预制件接触面均应凿毛处理，埋件应除锈并应校核位置，合格后方可安装；

3 预制柱安装就位后应采用硬木楔或钢楔固定，并加斜撑保持柱体稳定，在确保稳定后方可摘去吊钩；

4 安装后应及时浇筑杯口混凝土，待混凝土硬化后拆除硬楔，浇筑二次混凝土，待杯口混凝土达到设计强度 75%后方可拆除斜撑。

### 10.4 混凝土盖梁安装

10.4.1 盖梁间节段拼装前应进行拼接面预处理，清除尘土、油脂等污染物及松散混凝土与浮浆，进行冲洗，进行干燥处理。

10.4.2 盖梁间节段拼装前应进行匹配拼装。

10.4.3 环氧粘结剂应均匀涂刷，覆盖整个匹配面，涂刷时间宜控制在 30min 内。施加临时预应力时，环氧粘结剂应在全断面均匀挤出，同时应对孔道口做好防护，严禁环氧粘结剂进入预应力筋孔道。冬季施工时应应对环氧粘结剂采取保温措施。

10.4.4 临时预应力钢筋和永久预应力钢筋的布置、预应力钢筋类型、张拉顺序、张拉力应按专项设计要求执行。

- 10.4.5 盖梁与立柱拼装时，在拼接缝位置，立柱上应布置调节垫块。
- 10.4.6 预制盖梁安装时，应对接头混凝土面凿毛处理，预埋件应除锈。
- 10.4.7 在墩台柱上安装预制盖梁时，应对墩台柱进行固定和支撑，确保稳定。
- 10.4.8 盖梁就位时，应检查轴线和各部尺寸，确认合格后方可固定，并浇筑接头混凝土。接头混凝土达到设计强度后，方可卸除临时固定设施。
- 10.4.9 节段拼装预应力混凝土盖梁结构，其临时固定设施应在节段拼装完成，进行永久预应力张拉并在灌浆强度达到设计要求的强度后才能卸除。

## 10.5 混凝土梁安装

### 10.5.1 装配式梁(板)安装应符合下列规定：

- 1 简支梁的架设应符合下列规定：
  - 1) 施工现场内运输通道应畅通，吊装场地席平整、坚实，在电力架空线路附近作业时，必须采取相应的安全技术措施。风力6级(含)以上时，不得进行吊装作业；
  - 2) 起重机架梁应符合下列规定：
    - ① 起重机工作半径和高度的范围内不得有障碍物；
    - ② 严禁起重机斜拉斜吊，严禁轮胎起重机吊重物行驶；
    - ③ 使用双机抬吊同一构件时，吊车臂杆应保持一定距离，必须设专人指挥，每一单机必须按降效25%作业。
- 2 门式吊梁车架梁应符合下列规定：
  - 1) 吊梁车吊重能力应大于1/2梁重，轮距应为主梁间距的2倍；
  - 2) 导梁长度不得小于桥梁跨径的2倍另加5~10m引梁，导梁高度宜小于主梁高度，在墩顶设垫块使导梁顶面与主梁顶面保持水平；
  - 3) 构件堆放场或预制场宜设在桥头引道上；
  - 4) 吊梁车起吊或落梁时应保持前后吊点升降速度一致，吊梁车负载时应慢速行驶，保持平稳，在导梁上行驶速度不宜大于5m/min。
- 3 跨墩龙门吊架梁应符合下列规定：
  - 1) 跨墩龙门架应根据梁的质量、跨度、高度专门设计拼装；
  - 2) 门架应跨越桥墩及运梁便线(或预制梁堆场)，应高出桥墩顶面4m以上；
  - 3) 运梁便线应设在桥墩一侧，跨过桥墩及便线沿桥两侧铺设龙门吊轨道；
  - 4) 两台龙门吊抬梁起落速度、高度及横向移梁速度应保持一致，不得出现梁体倾斜、偏转和斜拉、斜吊现象。
- 4 架桥机架梁应符合下列规定：
  - 1) 架桥机宜在桥头引道上拼装导梁及龙门架，经检验、试运转，试吊后

推移进入架梁桥孔；

- 2) 架桥机就位后，前、中、后支腿及左右两根导梁应校平、支垫牢固；
- 3) 桥梁构件堆放场或预制场宜设在桥头引道上，沿引道运梁下桥；
- 4) 龙门架吊梁在导梁上纵移时，起重小车应停在龙门架跨中。

#### 10.5.2 节段拼装梁安装应符合下列规定：

- 1 墩两侧应对称拼装，保持平衡。平衡偏差应满足设计要求。
- 2 架走行及拼装施工时的抗倾覆稳定系数不得小于 1.5。
- 3 拼装应对吊装设备进行全面检查，并按设计荷载的 130%进行试吊。
- 4 拼装施工前应绘制主梁安装挠度变化曲线。
- 5 拼装施工应按锚固设计要求将墩顶梁段与桥墩临时锚固，或在桥墩两侧设立临时支撑。

6 墩顶梁段与悬拼第 1 段之间应设 10cm~15cm 宽的湿接缝，并应符合下列规定：

- 1) 湿接缝的端面应凿毛清洗；
- 2) 波纹管伸入两梁段长度不得小于 5cm，并应进行密封；
- 3) 湿接缝混凝土强度宜高于梁段混凝土一个等级，待接缝混凝土达到设计强度后方可拆模、张拉预应力束。

7 梁段接缝采用胶拼时应符合下列规定：

- 1) 胶拼前，应清除胶拼面上浮浆、杂质、隔离剂，并保持干燥。
- 2) 胶拼前应先预拼，检测并调整其高程、中线，确认符合设计要求。涂胶应均匀，厚度宜为 1mm~1.5mm。涂胶时，混凝土表面温度不宜低于 15℃；
- 3) 环氧树脂胶浆应根据环境温度、固化时间和强度要求选定配方。固化时间应根据操作需要确定，不宜少于 10h，在 36h 内达到梁体设计强度。
- 4) 梁段正式定位后，应按设计要求张拉定位束，设计无规定时，应张拉部分预应力束，预压胶接缝，使接缝处保持 0.2MPa 以上压应力，并及时清理接触面周围及孔道中挤出的胶浆。待环氧树脂胶浆固化、强度符合设计要求后，再张拉其余预应力束。

5) 在设计要求的预应力束张拉完毕后，起重机方可松钩。

#### 10.5.3 顶推安装应符合下列规定：

1 临时墩应有足够的强度、刚度及稳定性，临时墩应按顶推过程可能出现的最不利工况设计。设计时应同时计入土压力、水压力、风荷载及施工荷载，并应考虑施工阶段水流冲刷影响；

2 主梁前端应设置导梁。导梁宜采用钢结构，其长度宜为 0.6~0.8 倍顶推跨径，其刚度(根部)宜取主梁刚度的 1/9~1/15。导梁与主梁连接可采用埋入法固

结或铰接，连接必须牢固，导梁前端应设牛腿梁；

3 顶推方式的选择应符合下列规定：

1) 单点顶推：限用于直线桥、顶推梁段长度较短、桥墩可承受较大水平荷载、后座能提供足够的水平反力时。多数在箱梁两侧安设顶推千斤顶或拉杆牛腿；

2) 多点顶推：可用于直桥、弯梁桥及设竖曲线的坡桥，梁段长度可达到500m或更长。桥墩承受水平荷载不大，可用于柔性墩顶推。顶推拉杆可设在箱梁两侧，亦可设在梁底桥架轴线上。

4 梁段顶推应符合下列规定：

1) 检查顶推千斤顶的安装位置，校核梁段的轴线及高程，检测桥段(包括临时墩)、临时支墩上的滑座轴线及高程，确认符合要求，方可顶推；

2) 顶推千斤顶用油泵必须配套同步控制系统，两侧顶推时，必须左右同步，多点顶推时各墩千斤顶纵横向均应同步运行；

3) 顶推过程中导梁接近前面桥墩时，应及时顶升牛腿引梁，将导梁引上墩顶滑块，方可正常顶进；

4) 顶进过程中应随时检测桥梁轴线和高程，做好导向、纠偏等工作。梁段中线偏移大于20mm时应采用千斤顶纠偏复位。滑块受力不均匀、变形过大或滑块插入困难时，应停止顶推，用竖向千斤顶将梁托起校正。竖向千斤顶顶升高度不得大于10mm；

5) 顶推过程中应随时检测桥墩墩顶变位，其纵横向位移均不得超过设计要求；

5 当桥梁顶推完毕，拆除滑动装置时，顶梁或落梁应均匀对称，升降高差各墩台间不得大于10mm，同一墩台两侧不得大于1mm。

**10.5.4 混凝土结合梁安装应符合下列规定：**

1 结合梁安装过程，应随时监测主梁和施工支架的变形及稳定，确认符合设计要求；当发现异常应立即停止施工并采取措施。

2 预制混凝土主梁与现浇混凝土龄期差不得大于3个月。

3 预制主梁吊装前，应对主梁预留剪力键进行凿毛、清洗、清除浮浆；应对预留传剪钢筋除锈、清除灰浆。

4 预制主梁架设就位后，应设横向连系或支撑临时固定，防止施工过程中失稳。

5 浇筑混凝土前应对主梁强度、安装位置、预留传剪钢筋进行检验，确认符合设计要求。

6 混凝土桥面结构应全断面连续浇筑，浇筑顺序，顺桥向可自一端开始浇筑；

横桥向应由中间开始向两侧扩展。

## 10.6 钢梁安装

10.6.1 钢梁现场安装前应做充分的准备工作，并应符合下列规定：

1 除临时支架应满足本规范10.1.8的要求外，同时尚应对支承、吊车等临时结构和钢梁结构本身在不同受力状态下的强度、刚度和稳定性进行验算；

2 安装前应按构件明细表核对进场的杆件和零件，查验产品出厂合格证、钢材质量证明书；

3 对杆件进行全面质量检查，对装运过程中产生缺陷和变形的杆件，应进行矫正；

4 安装前应对桥台、墩顶面高程、中线及各孔跨径进行复测，误差在允许偏差内方可安装；

5 安装前应根据跨径大小、河流情况、起吊能力选择安装方法。

10.6.2 钢梁安装应符合下列规定：

1 钢梁安装前应清除杆件上的附着物，摩擦面应保持干燥、清洁。安装中应采取措施防止杆件产生变形；

2 在满布支架上安装钢梁时，冲钉和粗制螺栓总数不得少于孔眼总数的1/3，其中冲钉不得多于2/3。孔眼较少的部位，冲钉和粗制螺栓不得少于6个或将全部孔眼插入冲钉和粗制螺栓；

3 用悬臂和半悬臂法安装钢梁时，连接处所需冲钉数量应按所承受荷载计算确定，且不得少于孔眼总数的1/2，其余孔眼布置精制螺栓。冲钉和精制螺栓应均匀安放；

4 高强度螺栓合梁安装时，冲钉数量应符合上述规定，其余孔眼布置高强度螺栓；

5 安装用的冲钉直径宜小于设计孔径0.3mm，冲钉圆柱部分的长度应大于板束厚度，安装用的精制螺栓直径宜小于设计孔径0.4mm；安装用的粗制螺栓直径宜小于设计孔径1.0mm。冲钉和螺栓宜进用Q345碳素结构钢制造；

6 吊装杆件时，必须等杆件完全固定后方可摘除吊钩；

7 安装过程中，每完成一个节间应测量其位置、高程和预拱度，不符合要求应及时校正。

10.6.3 高强度螺栓连接应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2第14.2.3、14.2.4条规定。

10.6.4 焊缝连接应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ2第14.2.5、14.2.6、14.2.7、14.2.8、14.2.9条规定。

10.6.5 现场涂装应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ2第14.2.10条规定。

10.6.6 落梁就位应符合下列规定：

- 1 钢梁就位前应清理支座垫石，其标高及平面位置应符合设计要求；
- 2 固定支座与活动支座的精确位置应按设计图并考虑安装温度、施工误差等确定；
- 3 落梁前后应检查其建筑拱度和平面尺寸、校正支座位置；
- 4 连续梁落梁步骤应符合设计要求。

## 10.7 钢混组合梁安装

10.7.1 钢梁安装除应符合本规范第10.6节的有关规定外，尚应符合《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64的相关规定。

10.7.2 钢主梁架设和混凝土浇筑前，应按设计或施工要求设施工支架。施工支架除应考虑钢梁拼接荷载外，应同时计入混凝土结构和施工荷载。

10.7.3 混凝土浇筑前，应对钢主梁的安装位置、高程、纵横向连接及临时支架进行检验，各项均应达到设计或施工要求。钢梁顶面传剪器焊接经检验合格后，方可浇筑混凝土。

10.7.4 混凝土桥面结构应全断面连续浇筑，浇筑顺序，顺桥向应自跨中开始向支点处交汇，或由一端开始浇筑；横桥向应先由中间开始向两侧扩展。

10.7.5 设置施工支架时，必须待混凝土强度达到设计要求，且预应力张拉完成后，方可卸落施工支架。

## 10.8 附属设施安装

10.8.1 预制防护设施的安装应符合下列规定：

- 1 混凝土预制防护设施安装时，混凝土（或砂浆）强度应符合设计要求；
- 2 预制混凝土栏杆采用榫槽连接时，安装就位后应用硬塞块固定，灌浆固结。塞块拆除时，灌浆材料强度不得低于设计强度的75%。采用金属栏杆时，焊接必须牢固，毛刺应打磨平整，并及时除锈防腐。

10.8.2 防撞栏挂板的安装应符合下列规定：

- 1 挂板安装应编制专项施工方案。正式安装前应根据施工方案进行样板段试安装，经试安装检验并验收合格后方可进行正式安装；
- 2 挂板安装应按顺序分段吊装，三维控制线就位。就位固定后应对连接节点进行检查验收，隐藏在防撞墙内的连接节点须在施工中及时做好隐检记录；

3 板与板之间的缝隙宜采用玻璃胶密封处理。当遇到桥梁伸缩缝位置，不够一块挂板宽度时，可利用切割机按实际需要宽度切割挂板再行安装；

4 挂板防撞墙内的预埋件应按设计要求制作、埋设，并应满足现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 等有关规定；

5 挂板防撞墙现浇部分宜采用塌落度较小的干硬性混凝土，其性能应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 等的相关规定；

6 挂板防撞墙现浇部分的内侧模板宜使用钢模，并宜在其底部设置一道对拉螺杆。模板及其支撑的设计、制作应符合现行国家或行业标准的有关规定。

#### 10.8.3 人行道桥面板的铺设应符合下列规定：

1 预制人行道桥面板块料进场后，应经检验合格后方可使用；

2 砌筑砂浆中采用的水泥、砂、水应分别符合国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175、《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》GB 1344、《建设用砂》GB/T 14684、《混凝土用水标准》JGJ 63 中规定；

3 铺砌应采用干硬性水泥砂浆，虚铺系数应经试验确定；

4 铺砌控制基线的设置距离，直线段宜为 5~10m，曲线段应视情况适度加密；

5 铺砌中砂浆应饱满，且表面应平整、稳定、缝隙均匀。与检查井等构筑物相接时，应平整、美观。不得反坡。不得用在料石下填塞砂浆或支垫方法找平；

6 铺砌面层完成后，必须封闭交通，并应湿润养护，当水泥砂浆达到设计强度后方可开放交通。

#### 10.8.4 排水设施的安装应符合下列规定：

1 泄水口顶面高程应低于桥面铺装层 10mm~15mm。

2 泄水管下端至少应伸出构筑物底面 100mm~150mm。泄水管的竖向管道应采用抱箍、卡环、定位卡等预埋件固定在结构物上。

### 10.9 构件连接

#### 10.9.1 采用钢筋套筒灌浆连接、钢筋浆锚搭接连接时，应符合下列规定：

1 套筒应采用工厂生产的成品件，并符合产品技术；

2 钢筋浆锚搭接连接的预制构件就位前，应检查下列内容：

1) 套筒、预留孔的规格、位置、数量和深度；

2) 被连接钢筋的规格、数量、位置和长度；

3) 当套筒、预留孔内有杂物时，应清理干净；当连接钢筋倾斜时，应进行校直。连接钢筋偏离套筒或孔洞中心线不宜超过 5mm。

3 灌浆料拌合物应符合现行国家标准《水泥基灌浆材料应用技术规范》GB 50448 的有关规定；

4 钢筋套筒连接应符合现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 的规定；

5 灌浆套筒连接后应按现行行业标准《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355 规定进行检验。

10.9.2 钢筋机械连接应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

10.9.3 灌浆金属波纹管连接应符合下列规定：

1 金属波纹管应采用工厂生产的成品件，并符合产品技术；

2 金属波纹管应符合《预应力混凝土用金属波纹管》JG 225 的规定。

10.9.4 焊接或螺栓连接的施工应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755 和行业标准《钢筋焊接及验收规范》JGJ 18 的规定。

10.9.5 采用焊接时，应采取避免损伤已施工完成的结构、预制构件及配件的措施。

10.9.6 预应力工程施工应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666、《预应力混凝土结构设计规范》JGJ 369 和《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92 的有关规定。

10.9.7 胶接缝的施工应符合现行国家行业标准《预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工技术规程》CJJ/T 111 和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的有关规定。

10.9.8 后浇混凝土的施工应符合国家现行标准《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231 的有关规定。

## 10.10 质量控制与检验

10.10.1 沉入桩质量检验应符合下列规定：

### 主控项目

1 沉入桩的入土深度、最终贯入度或停打标准应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、测量、检查沉桩记录。

### 一般项目

2 沉桩允许偏差应符合表 10.10.1-1 的规定。

表 10.10.1-1 沉桩允许偏差

项目		允许偏差(mm)	检验频率		检查方法
			范围	点数	
桩位	群桩	中间桩	$\leq d/2$ , 且不大于 250		用经纬仪测量
		外缘桩	d/4		
	排架桩	顺桥方向	40		
		垂直桥方向	50		
桩间高程		不高于设计高程	每根桩	全数	用水准仪测量
斜桩倾斜度		$\pm 15\% \tan \theta$			用垂线和钢尺量尚未沉入部分
直桩垂直度		1%			

注：1 d为桩的直径或短边尺寸(mm)；

2  $\theta$ 为斜桩设计纵轴线与铅垂线间夹角(°)。

3 接桩焊缝外观质量应符合表10.10.1-2的规定。

表 10.10.1-2接桩外观允许偏差

项目		允许偏差(mm)	检验频率		检查方法
			范围	点数	
咬边深度(焊缝)		0.5	每条焊缝	1	用焊缝量规、钢尺量
加强层高度(焊缝)		+3, 0			
加强层宽度(焊缝)					
钢管桩上	公称直径 $\geq 700$ mm	3			用钢板尺和塞尺量
下错台	公称直径 $< 700$ mm	2			

4 沉入桩质量检验除应符合上述规定外还须符合《公路工程质量检验评定标准》JTG F80的相关规定。

10.10.2 承台安装的质量检验应符合下列规定：

#### 主控项目

1 承台与基础连接处必须接触严密，焊接牢固，混凝土灌注密实，混凝土强度符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查施工记录、用焊缝量规量测，检查试件试验报告。

#### 一般项目

2 预制承台安装允许偏差应符合表10.10.2规定。

表 10.10.2 预制承台安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检查方法
		范围	点数	
平面位置	10	每个柱	2	用经纬仪测量, 纵、横向各1点
埋入基础深度	不小于设计要求		1	用钢尺量
相邻间距	±10		1	用钢尺量
垂直度	≤0.5%H且不大于20		2	用经纬仪测量或用垂线和钢尺量, 纵横向各1点
承台顶高程	±10		1	用水准仪测量

3 混凝土承台表面应无孔洞、露筋、蜂窝、麻面和缺棱掉角现象。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察。

### 10.10.3 墩柱的质量检验应符合下列规定:

1 预制混凝土柱质量检验应符合下列规定:

#### 主控项目

1) 柱与基础连接处必须接触严密, 焊接牢固, 混凝土灌注密实, 混凝土强度符合设计要求。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 检查施工记录、用焊缝量规量测, 检查试件试验报告。

#### 一般项目

2) 预制柱安装允许偏差应符合表10.10.3-1规定。

表 10.10.3-1 预制柱安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检查方法
		范围	点数	
平面位置	10	每个柱	2	用经纬仪测量, 纵、横向各 1点
埋入基础深度	不小于设计要求		1	用钢尺量
相邻间距	±10		1	用钢尺量
垂直度	≤0.5%H 且不大于 20		2	用经纬仪测量或用垂线和钢尺量, 纵横向各 1 点
墩、柱顶高程	±10		1	用水准仪测量
节段间错台	3		4	用钢板尺和塞尺量

注: H为柱高(mm)。

3) 混凝土柱表面应无孔洞、露筋、蜂窝、麻面和缺棱掉角现象。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

2 钢墩柱质量检验应符合下列规定：

**主控项目**

1) 钢墩柱的焊接质量检验应符合本规范第10.6.4条的规定。

**一般项目**

2) 钢墩柱安装允许偏差应符合表10.10.3-2的规定。

表 10.10.3-2 钢墩柱安装允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检查方法
		范围	点数	
钢柱轴线对行、列定位轴线的偏位	5	每件	2	用经纬仪测量
柱基标高	+10, -5			用水准仪测量
挠曲矢高	$\leq H/1000$ 且不大于 10			沿全长拉线, 用钢尺量
钢柱轴线的垂直度	H $\leq$ 10m			10
	H $>$ 10m	$\leq H/100$ , 且不大于 25		

注：H为墩柱高度 (mm)

10.10.4 预制混凝土盖梁质量检验应符合下列规定：

**主控项目**

1 混凝土盖梁不得出现超过设计规定的受力裂缝。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

**一般项目**

2 现浇混凝土盖梁允许偏差应符合表 10.10.4 的规定。

表 10.10.4 盖梁节段拼装质量验收标准

项目	规定值或允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
相邻节段间顶面接缝高差	3	每条接缝	2	用直尺量
节段拼装立缝宽度	$\gt; 3$	每条接缝	2	用尺量
梁长	-10, +10	每个	2	用尺量

支座轴线偏位	3	每个支座	2	用尺量
--------	---	------	---	-----

**10.10.5 混凝土梁质量检验应符合下列规定：**

**1 预制安装梁(板)质量检验应符合下列规定：**

**主控项目**

1) 结构表面不得出现超过设计规定的受力裂缝。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察或用读数放大镜观测。

2) 安装时结构强度及预应力孔道砂浆强度必须符合设计要求，设计未要求时，必须达到设计强度的75%。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查试验强度试验报告。

**一般项目**

3) 梁、板安装允许偏差应符合表10.10.5-1的规定。

**表 10.10.5-1 梁、板安装允许偏差**

项目		允许偏差(mm)	检验频率		检查方法
			范围	点数	
平面位置	顺桥纵轴线方向	10	每个构件	1	用经纬仪测量
	垂直桥纵轴线方向	5		1	
焊接横隔梁相对位置		10	每处	1	用钢尺量
湿接横隔梁相对位置		20		1	
伸缩缝宽度		+10, -5	每个构件	1	
支座板	每块位置	5		2	
	每块边缘高差	1		2	用钢尺亮, 纵、横各1点
焊缝长度		不小于设计要求	每处	1	抽查焊缝的10%
相邻两构件支点处顶面高差		10	每个构件	2	用钢尺量
块体拼装立缝宽度		+10, -5		1	
垂直度		1.2%	每孔2片梁	2	用垂线和钢尺量

注：L为构件长度(mm)。

**2 节段拼装预应力混凝土梁质量检验应符合下列规定：**

**主控项目**

1) 节段拼装必须对称进行，桥墩两侧平衡偏差不得大于设计规定，轴线挠度必须在设计规定范围内。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查监控量测记录。

2) 节段合龙时，两侧梁体高必须在设计规定允许范围内。

检查数量：全数检查。

检验方法：用水准仪测量，检查测量记录。

#### 一般项目

3) 节段拼装预应力混凝土梁允许偏差应符合表10.10.5-2的规定。

表 10.10.5-2 节段拼装预应力混凝土梁允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检查方法
			范围	点数	
轴线偏移	$L \leq 100\text{m}$	10	节段	2	用全站仪/经纬仪测量
	$L > 100\text{m}$	$L/10000$			
顶面高程	$L \leq 100\text{m}$	20	节段	2	用水准仪测量
	$L > 100\text{m}$	$L/5000$			
相邻节段高差		10	节段	3~5	用钢尺量
合龙后同跨对称点高程差	$L \leq 100\text{m}$	20	每跨	5~7	用水准仪测量
	$L > 100\text{m}$	$L/5000$			

注：L 为桥梁跨度(mm)。

4) 梁体线形平顺，相邻梁段接缝处无明显折弯和错台，预制梁表面无孔洞，露筋、蜂窝、麻面和宽度超过 0.15mm 的收缩裂缝。

检查数量：全数检查，

检验方法：观察、用读数放大镜观测。

3 顶推施工预应力混凝土梁质量检验应符合下列规定：

#### 一般项目

1) 顶推施工梁允许偏差应符合表 10.10.5-3 的规定。

表 10.10.5-3 顶推施工梁允许偏差

项目	允许偏差	检验频率		检查方法
		范围	点数	
轴线方向	10	每段	2次	用经纬仪测量
落梁反力	不大于 1.1 设计反力			用千斤顶油压计算
支座顶面高程	$\pm 5$		全数	

支 座	相邻纵向支 点	5 或设计要求			
高 程	古墩两侧支 点	2 或设计要求			

2) 梁体线形平顺, 相邻梁段接缝处无明显折弯和错台, 梁表面无孔洞、露筋、蜂窝、麻面和宽度超过 0.15mm 的收缩裂缝。

检查数量: 全数检查。

检验方法: 观察、用读数放大镜观测。

#### 10.10.6 钢梁安装的质量检验应符合下列规定:

##### 主控项目

1 高强度螺栓连接副等紧固件及其连接应符合国家现行标准规定和设计要求。

全数检查出厂合格证和厂方提供的性能试验报告, 并按出厂批每批抽取 8 副做扭矩系数复验。

2 高强螺栓的栓接板面(摩擦面)除锈处理后的抗滑移系数应符合设计要求。

全数检查出厂检验报告, 并对厂方每出厂批提供的 3 组试件进行复验。

3 高强螺栓扭矩偏差不得超过 $\pm 10\%$ 。

检查数量: 抽查 5%, 且不少于 2 个。

检查方法: 用测力扳手。

4 焊缝探伤检验应符合设计要求。

焊接完毕, 所有焊缝必须进行外观检查。外观检查合格后, 应在 24h 后按规定进行无损检验, 确认合格。

采用超声波探伤检验时, 其内部质量分级和焊缝超声波探伤范围和检验等级应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 第 14.2.8 条的相关规定。

5 当采用射线探伤检验时, 其数量不得少于焊缝总数的 10%, 且不得少于 1 条焊缝。探伤范围应为焊缝两端 250~300mm; 当焊缝长度大于 1200mm 时, 中部应加探 250~300mm; 焊缝的射线探伤应符合现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 的规定, 射线照相质量等级应为 B 级; 焊缝内部质量应为 II 级。

##### 一般项目

6 钢梁安装允许偏差应符合表 10.10.6 的规定。

表 10.10.6 钢梁安装允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
轴线偏位	钢梁中线	10	每件或每个安装段	2	用经纬仪测量
	两孔相邻横梁中线相对偏差	5			
梁底标高	墩台处梁底	±10		4	用水准仪测量
	两孔相邻横梁相对高差	5			

7 焊缝外观质量应符合国家现行标准《钢结构焊接规范》GB 50661、《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢筋焊接及验收规范》JGJ18 的规定

检查数量：同类部件抽查 10%，且不少于 3 件；被抽查的部件中，每一类型焊缝按条数抽查 5%，且不少于 1 条；每条检查 1 处，总抽查数应不少于 5 处。

检验方法：观察，用卡尺或焊缝量规检查。

10.10.7 钢混组合梁安装的质量检验应符合下列规定：

- 1 钢主梁安装质量检验应符合本规范第 10.10.6 条有关规定。
- 2 混凝土主梁安装质量检验应符合本规范第 10.10.5 条规定。

10.10.8 附属设施安装质量检验应符合下列规定：

#### 主控项目

- 1 混凝土栏杆、防撞护栏、防撞墩、隔离墩的强度应符合设计要求，安装必须牢固、稳定。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察、检查混凝土试件强度试验报告。

- 2 金属栏杆、防护网的品种、规格应符合设计要求，安装必须牢固。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察、用钢尺量、检查产品合格证、检查进场检验记录、用焊缝量规检查。

#### 一般项目

- 3 预制混凝土栏杆安装允许偏差应符合表 10.10.8-1 的规定。

表 10.10.8-1 栏杆安装允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
直顺度	扶手	4	每跨侧	1	用 10m 线和钢尺量
垂直度	栏杆柱	3	每柱 (抽查10%)	2	用垂线和钢尺量，顺、横桥轴方向各1点

栏杆间距		±3	每柱(抽查10%)	用钢尺量
相邻栏杆	有柱	4	每柱(抽查10%)	
扶手高差	无柱	2		
栏杆平面偏位		4	每30m	用经纬仪和钢尺量

注：现场浇筑的栏杆、扶手和钢结构栏杆、扶手的允许偏差可按本款执行。

4 防撞护栏、防撞墩、隔离墩允许偏差应符合表 10.10.8-2 的规定。

表 10.10.8-2 防撞护栏、防撞墩、隔离墩允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
直顺度	5	每20m	1	用20m线和钢尺量
平面偏位	4	每20m	1	经纬仪放线，用钢尺量
预埋件位置	5	每件	2	经纬仪放线，用钢尺量
断面尺寸	±5	每20m	1	用钢尺量
相邻高差	3	抽查20%	1	用钢板尺和钢尺量
顶面高程	±10	每20m	1	用水准仪测量

10.10.9 人行道桥面板铺砌人行道(含盲道)质量检验应符合下列规定：

#### 主控项目

1 人行道桥面板预制砌块(含盲道砌块)强度应符合设计规定。

检查数量：同一品种、规格、每检验批 1 组。

检验方法：查抗压强度试验报告。

2 砂浆平均抗压强度等级应符合设计规定，任一组试件抗压强度最低值不应低于设计强度的 85%。

检查数量：同一配合比，每 1000m<sup>2</sup> 1 组(6 块)，不足 1000m<sup>2</sup> 取 1 组。

检验方法：查试验报告。

3 盲道铺砌应正确。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

#### 一般项目

4 铺砌应稳固、无翘动，表面平整、缝线直顺、缝宽均匀、灌缝饱满，无翘边、翘角、反坡、积水现象。

5 预制砌块铺砌允许偏差应符合表 10.10.9 的规定。

表 10.10.9 预制砌块铺砌允许偏差

项目	允许偏差	检查频率		检查方法
		范围	点数	
平整度(mm)	≤5	20m	1	用 3m 直尺和塞尺连续量取两尺，取最大值
坡度(%)	±3%且不反坡	20m	1	用水准仪测量
井框与路面高差(mm)	≤4	每座	1	十字法，用直尺和塞尺量，取最大值
相邻块高差(mm)	≤3	20m	1	用钢板量3点
纵缝直顺度(mm)	≤10	40m	1	用 20m 线和钢尺量
横缝直顺度(mm)	≤10	20m	1	沿路宽用线和钢尺量
缝宽(mm)	+3, -2	20m	1	用钢尺量3点

10.10.10 排水设施的质量检验应符合下列规定：

#### 主控项目

- 1 桥面排水设施的设置应符合设计要求，泄水管应畅通无阻。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

#### 一般项目

- 2 桥面泄水口应低于桥面铺装层 10mm~15mm。

检查数量：全数检查。

检验方法 观察。

- 3 泄水管安装应牢固可靠，与铺装层及防水层之间应结合密实 无渗漏现象；金属泄水管应进行防腐处理。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

- 4 桥面泄水口位置允许偏差应符合表 10.10.10 的规定。

表 10.10.10 桥面泄水口位置允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
		范围	点数	
高程	0, -10	每孔	1	用水准仪测量
间距	±100		1	用钢尺量

10.10.11 钢筋连接的质量检验应符合下列规定：

- 1 钢筋采用机械连接时，其接头质量检验应符合现行行业标准《钢筋机械

连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

检查数量：应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 的有关规定。

检验方法：检查钢筋机械连接施工记录及平行试件的强度试验报告。

2 钢筋采用焊接连接时，其焊缝的接头质量应满足设计要求，并应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

检查数量：应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

检验方法：检查钢筋焊接接头检验批质量验收记录。

**10.10.12 灌浆套筒连接的质量检验应符合下列规定：**

1 钢筋套筒灌浆连接及浆锚搭接连接用的灌浆料拌合物强度应符合国家现行有关标准的规定及设计要求。

检查数量：按批检验，以每部位为一检验批；每工作班应制作 1 组且每部位不应少于 3 组 40mm×40mm×160mm 的长方体试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。

检验方法：检查灌浆料拌合物强度试验报告及评定记录。

2 钢筋采用套筒灌浆连接、浆锚搭接连接时，灌浆应饱满、密实，所有出口均应出浆。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查灌浆施工质量检查记录、有关检验报告。

3 浆锚搭接灌浆质量可采用 X 射线法结合局部破损法检测，检测应符合相关规定。

4 预制构件底部接缝灌浆质量检测应满足设计要求。

检测数量：每类预制构件不应少于 2 个；

检测方法：宜采用超声法检测，且应符合下列规定：

- 1) 检测部位应避开管线，检测时的灌浆龄期不应少于 7 天；
- 2) 超声法所用换能器的辐射端直径不应超过 20mm，工作频率不应低于 250kHz；
- 3) 宜选用对测方法，初次测量时测点间距宜选择 100mm，对有怀疑的点可在附近加密测点。

5 预制构件底部接缝座浆强度应满足设计要求。

检查数量：按批检验，以每层为一检验批；每工作班同一配合比应制作 1 组且每层不应少于 3 组边长为 70.7mm 的立方体试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。

检验方法：检查座浆材料强度试验报告及评定记录。

#### 10.10.13 螺栓、铆钉连接的质量检验应符合下列规定：

1 预制构件采用螺栓连接时，螺栓的材质、规格、拧紧力矩应符合设计要求及现行国家标准《钢结构用高强度大六角头螺栓》GB/T 1228、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度大六角螺母》GB/T 1229、《钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》GB/T 1231 及《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》GB/T 3632 的规定，也可以参考《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：应符合现行国家标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 的有关规定。

2 预制构件采用铆钉连接时，铆钉连接检测的方法宜采用观察、锤击检查等方法，必要时可截取试样进行材料力学性能检验。

检查数量：

1) 对于常规性检测，抽检比例不应少于相同节点总数的 10%，且不应少于 3 个节点；

2) 对于有损伤的节点和指定要检测的节点，应 100%检测；

3) 抽查位置应为结构的大部分区域以及不同连接形式的区域。

检验内容：包括铆钉断裂、松动、脱落、滑移变形、连接板钉孔挤压破坏和锈蚀程度，以及铆钉连接部分铆钉的规格、数量和布置形式。

3 当出现下列情况时，铆钉栓连接应判定为失效：

1) 部分铆钉出现断裂、松动、脱落、滑移等现象；

2) 铆钉头发生锈蚀，致使不足以防止铆钉脱落；

3) 连接板出现翘曲或连接板上部分钉孔产生挤压破坏；

4) 铆钉间距严重不符合规范，影响正常使用安全。

#### 10.10.14 焊接连接的质量检验应符合下列规定：

预制构件采用型钢焊接连接时，型钢焊缝的接头质量应满足设计要求，并应符合现行国家标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 的有关规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：应符合现行国家标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 的有关规定。

#### 10.10.15 现浇连接的质量检验应符合下列规定：

1 采用后浇混凝土连接时，构件连接处后浇混凝土的强度应符合设计要求。

检查数量：按批检验。

检验方法：应符合现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107的有关规定。

2 现浇部分尺寸偏差检测应包括外露钢筋尺寸偏差、现浇结合面的粗糙度和平整度等内容。

检查数量：全数检查。

检验方法：外露钢筋尺寸偏差可用钢尺或卷尺量测，现浇结合面的平整度可用靠尺和塞尺量测。

**10.10.16** 预应力连接的质量检验应符合现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2的有关规定。

# 11 验收

## 11.1 一般规定

11.1.1 开工前，建设单位应组织施工、监理单位将工程划分为单位、分部、分项工程和检验批，作为施工质量检查、验收的基础。

11.1.2 建设单位招标文件确定的每一个独立合同应为一个单位工程。当合同文件包含的工程内容较多，或工程规模较大、或由若干独立设计组成时，宜按工程部位或工程量、每一独立设计将单位工程分成若干子单位工程。

11.1.3 工程质量验收分为检验批质量验收、分项（含隐蔽）工程质量验收、分部工程质量验收、单位工程质量验收、工程竣工质量验收等五种。

11.1.4 各种验收的组织及参加人员应符合下列规定：

1 检验批及分项工程应由专业监理工程师组织施工单位项目技术负责人等进行验收。关键分项工程及重要部位应由建设单位项目负责人组织总监理工程师、施工单位项目负责人和技术负责人、设计单位项目设计人员等进行验收；

2 分部工程应由总监理工程师（未委托监理的项目由建设单位项目负责人，下同）组织施工单位项目负责人和技术负责人、专业监理工程师等进行验收；

3 单位工程质量验收由建设单位项目负责人组织建设（含代建）单位有关人员、项目设计负责人、总监理工程师和专业监理工程师、施工单位项目负责人等进行验收，尚应通知设施运行管理单位派员参加验收；

4 工程竣工质量验收，应由建设单位组织验收组进行。验收组应由建设（含代建）、勘察、设计、施工、监理、设施管理（市或区）等单位的有关负责人组成，亦可邀请有关方面专家参加，验收组组长由建设单位担任。

## 11.2 分部分项工程验收

11.2.1 分部工程、分项工程和检验批的划分应按表 11.2.1 的规定执行。本导则未规定时，施工单位应在开工前会同建设单位、监理单位共同研究确定。

表 11.2.1 分部（子分部）工程与相应的分项工程、检验批

序号	分部工程	子分部工程	分项工程	检验批
1	地基与基础	扩大基础	基坑开挖、地基、土方回填、现浇混凝土（模板和支架、钢筋、混凝土）、砌体	每个基坑

		沉入桩	预制桩（模板、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、钢管桩、沉桩	每根桩
		灌注桩	机械成孔、人工挖孔、钢筋笼制作与安装、混凝土灌注	每根桩
		承台	模板与支架、钢筋、混凝土	每个承台
2	墩台	预制混凝土墩台	预制墩台（模板、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、安装	每个砌筑段、浇筑段、施工段或每个墩台、每个安装段（件）
		预制混凝土柱	预制柱（模板、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、安装	
3	盖梁		模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土、制作安装	每个盖梁
4	支座		垫石混凝土、制作安装、挡块混凝土	每个支座
5	桥跨承重结构	装配式钢筋混凝土梁（板）	预制梁（板）（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、安装梁（板）	每片梁
		悬臂拼装预应力混凝土梁	零号块（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、梁段预制（模板与支架、钢筋、混凝土、混凝土）、拼装梁段、施加预应力	每个拼装段
		顶推混凝土梁	台座系统、导梁、梁段预制（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、顶推梁段、施加预应力	每节段
		钢梁	现场安装	每制作段、孔、联
		结合梁	钢梁安装、预应力混凝土预制梁（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）、预制梁安装、混凝土结构浇筑（模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土）	每段、孔
6	顶进箱涵		工作坑、滑板、箱涵预制（模板与支架、钢筋、混凝土）、箱涵顶进	每坑、每制作节、顶进节
7	桥面系		排水设施、防水层、桥面铺装层（沥青混合料铺装、混凝土铺装—模板、	每个施工段、每孔

		钢筋、混凝土)、伸缩装置、地袱和缘石与挂板、防护设施、人行道	
8	附属结构	隔声与防眩装置、梯道(砌体、混凝土-模板与支架、钢筋、混凝土、钢结构)、桥头搭板(模板、钢筋、混凝土)、防冲刷结构、照明、挡土墙	每砌筑段、浇筑段、安装段、每座构筑物
9	装饰与装修	水泥砂浆抹面、饰面板、饰面砖和涂装	每跨、侧、饰面

**11.2.2 检验批的质量验收应符合下列规定:**

- 1 主控项目的质量应经抽样检验合格;
- 2 一般项目的质量应经抽样检验合格;当采用计数检验时,除有专门要求外,一般项目的合格点率应达到 80%及以上,且不合格点的最大偏差值不得大于规定允许偏差值的 1.5 倍;
- 3 具有完整的施工原始记录和质量检查记录。

**11.2.3 分项工程的质量验收应符合下列规定:**

- 1 分项工程所含检验批均应符合合格质量的规定;
- 2 分项工程所含检验批的质量验收记录应完整。

**11.2.4 分部工程的质量验收应符合下列规定:**

- 1 分部工程所含分项工程的质量均应验收合格;
- 2 质量控制资料应完整;
- 3 涉及结构安全和使用功能的质量应按规定验收合格;
- 4 外观质量验收应符合要求。

**11.2.5 单位工程质量验收合格应符合下列条件:**

- 1 单位工程所含分部工程的质量均应验收合格;
- 2 质量控制资料应完整;
- 3 单位工程所含分部工程中有关安全和功能的控制资料应完整;
- 4 影响桥梁安全使用和周围环境的参数指标应符合规定;
- 5 外观质量验收应符合要求。

**11.2.6 施工过程质量控制、过程检验和验收应符合下列规定:**

1 工程采用的主要材料、半成品、成品、构配件、器具和设备应按相关专业质量标准进行进场检验和使用前复验。现场检查验收和复验结果应经监理工程师检查认可;

2 各分项工程应按本规范进行质量控制,各分项工程完成后均应在施工单位进行自检、交接检验评定合格并形成文件,经监理工程师检查确认后,方可进

行下个分项工程的施工；

- 3 工程施工质量应符合本规范和相关专业验收规范的规定；
- 4 工程施工应符合工程勘察、设计文件的要求；
- 5 隐蔽工程在隐蔽前，应由施工单位通知监理工程师和有关单位人员进行隐蔽工程验收，确认合格，并形成隐蔽工程验收文件；
- 6 监理工程师应按规定对涉及结构安全的试块、试件和现场检测项目，进行平行检测、见证取样检测并确认合格；
- 7 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行检查；
- 8 对涉及结构安全和使用功能的分部工程应进行抽样检测；
- 9 承担复验或检测的质量检测单位应具有国家规定的检测资质，且必须由建设单位委托；
- 10 工程外观质量应由验收人员通过现场检查共同确认。

### 11.3 工程质量检查与验收

11.3.1 工程竣工质量验收应具备下列条件：

- 1 完成工程设计文件和施工合同约定的各项内容；
- 2 施工单位在工程完工后对工程质量进行了检查，确认工程质量符合有关法律、法规和工程建设强制性标准，符合设计文件及合同要求，并提出工程竣工报告，工程竣工报告应经项目负责人和施工单位有关负责人审核签字；
- 3 监理单位对工程质量评估合格，具有完整的监理资料，并提出工程质量评估报告。工程质量评估报告应经总监理工程师和监理单位有关负责人审核签字；
- 4 勘察、设计单位对勘察、设计文件及施工过程中由设计单位签署的设计变更通知书进行了检查，并提出质量检查报告。质量检查报告经该项目勘察、设计负责人和勘察、设计单位有关负责人审核签字；
- 5 有完整的技术档案和施工管理资料。竣工质量验收前，应提交各分项、分部、单位工程质量验收合格的资料和完整工程竣工资料；
- 6 有工程使用的主要建筑材料、建筑构配件的进场试验报告；
- 7 有施工单位签署的工程质量保修书；
- 8 有检测机构出具的功能性检测资料（桥梁荷载试验报告等）和工程实体质量检测资料。

11.3.2 工程竣工质量验收的程序应符合下列规定：

- 1 工程完工后，施工单位向建设单位提交工程竣工报告，申请工程竣工质量验收；
- 2 建设单位收到工程竣工报告后，对满足本规范 11.3.1 条规定的工程，

按照规定成立验收组，制定验收方案；

3 建设单位应当在工程竣工质量验收 7 个工作日前将验收的时间、地点及验收组名单和竣工质量验收方案通知质量监督机构；

4 建设单位应当按照下列程序组织工程竣工质量验收：

- 1) 建设、勘察、设计、施工、监理单位分别汇报工程合同履约情况和在工程建设各个环节执行法律、法规和工程建设强制性标准的情况；
- 2) 审阅建设、勘察、设计、施工、监理单位的工程档案资料；
- 3) 审阅检测机构提供的功能性检测资料（桥梁荷载试验报告等）和工程实体质量检测资料，并实地查验各单位工程实体外观质量；
- 4) 对工程设计、施工和各管理环节等方面做出全面评价，形成经验收组人员签署的工程竣工质量验收报告；
- 5) 当参加验收各方对工程质量验收意见不一致时，应由政府行政主管部门协调解决。

11.3.3 工程竣工验收内容除应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2的有关规定外，还应符合下列规定：

#### 主控项目

1 桥下净空不得小于设计要求。

检查数量：全数检查；

检查方法：用水准仪测量或用钢尺量。

2 单位工程所含分部工程有关安全和功能的检测资料应完整。

检查数量：全数检查；

检查方法：检查工程组卷资料，按规定进行工程实体抽查或对相关资料抽查。

#### 一般项目

3 桥梁实体检测允许偏差应符合表11.3.3的规定。

表 11.3.3 桥梁实体检测允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
桥梁轴线位移		10	每座、每 跨或每孔	3	用经纬仪或全站仪检测
桥宽	车行道	±10		3	用钢尺量每孔3处
	人行道				
长度		+200, -100		2	用测距仪
引导中心与桥梁中线		±20		2	用经纬仪或全站仪检测

偏差				
桥头高程衔接	±3		2	用水准仪测量

注：1 项目3长度为桥梁总体检测长度；受桥梁形式、环境温度、伸缩缝位置等因素的影响，实际检测中通常检测两条伸缩缝之间的长度，或多条伸缩缝之间的累加长度；

2 连续梁、结合梁两条伸缩缝之间长度允许偏差为±15mm。

#### 11.3.4 桥梁实体外形检查应符合下列规定：

- 1 墩台混凝土表面应平整，色泽均匀，无明显错台、蜂窝麻面，外形轮廓清晰；
- 2 砌筑墩台表面应平整，砌缝应无明显缺陷，勾缝应密实坚固、无脱落，线角应顺直；
- 3 桥台与挡墙、护坡或锥坡衔接应平顺，应无明显错台；沉降缝、泄水孔设置正确；
- 4 混凝土梁体(框架桥体)表面应平整、色泽均匀、轮廓清晰、无明显缺陷；全桥整体线形平顺、梁缝基本均匀；
- 5 钢梁安装线形应平顺，防护涂装色泽应均匀、无漏涂、无划伤、无起皮，涂膜无裂纹；
- 6 桥梁附属结构应稳固，线形应直顺，应无明显错台、无缺棱掉角。

检查数量：全数检查。

检查方法：观察。

11.3.5 工程竣工质量验收合格后，建设单位应按规定将工程竣工质量验收报告和有关文件，报政府行政主管部门。

## 本导则用词说明

1 为便于在执行本导则时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的；

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的；

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的；

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 导则中指明应按其他有关标准执行的写法为“应按.....执行”或“应符合.....的规定”。

## 引用标准名录

- 《混凝土结构设计规范》 GB 50010  
《钢结构设计标准》 GB 50017  
《工业建筑防腐蚀设计规范》 GB 50046  
《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107  
《内河通航标准》 GB 50139  
《混凝土质量控制标准》 GB 50164  
《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205  
《建筑结构加固工程施工质量验收规范》 GB 50550  
《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476  
《钢结构焊接规范》 GB 50661  
《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666  
《城市道路交通设施设计规范》 GB 50688  
《工程结构加固材料安全性鉴定技术规范》 GB 50728  
《钢结构工程施工规范》 GB 50755  
《钢-混凝土组合桥梁设计规范》 GB 50917  
《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥》 GB 1344  
《通用硅酸盐水泥》 GB 175  
《多组分胶粘剂可操作时间的测定》 GB/T 7123.1  
《胶粘剂拉伸剪切强度的测定》 GB/T 7124  
《建筑胶粘剂通用试验方法》 GB/T 12954  
《先张法预应力混凝土管桩》 GB 13476  
《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》 GB/T17671  
《混凝土外加剂匀质性试验方法》 GB/T 8077  
《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》 GB/T 25823  
《树脂浇注体性能试验方法》 GB/T 2567  
《胶粘剂不挥发物含量的测定》 GB/T 2793  
《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》 GB/T 10433  
《活性粉末混凝土》 GB/T 31387133  
《建设用砂》 GB/T 14684  
《工程结构可靠性设计统一标准》 GB 50153  
《金属熔化焊焊接接头射线照相》 GB/T 3323  
《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080

《水泥基灌浆材料应用技术规程》GB/T 50448  
《水泥胶砂强度检验方法（ISO）》GB/T 17671  
《建筑施工机械与设备混凝土搅拌站（楼）》GB/T 10171  
《先张法预应力混凝土管桩制作规程》GBJ 08-302  
《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223  
《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370  
《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231  
《声屏障结构技术标准》GB/T 51335  
《预制混凝土构件质量检验评定标准》GBJ 321  
《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2  
《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166  
《城市桥梁设计规范》CJJ 11  
《城镇桥梁钢结构防腐涂装工程技术规程》CJJ/T 235  
《城市人行天桥与人行地道技术规范》CJJ 69  
《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18  
《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107  
《钢筋连接用灌浆套筒》JGT 398  
《钢筋连接用套筒灌浆料》JG/T 408  
《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》JGJ 355  
《钢纤维混凝土》JG/T 472  
《公路桥梁施工技术规范标准》JTG/T F50  
《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》JTJ 074  
《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01  
《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64  
《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362  
《公路交通安全设施设计规范》JTG D81  
《公路路基设计规范》JTG D30  
《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63  
《公路桥涵设计通用规范》JTG D60  
《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50  
《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》JT/T 722  
《公路桥梁抗震设计细则》JTG/T B02-1  
《公路工程抗震规范》JTG B02  
《环氧涂层预应力钢绞线》JG/T 387

《混凝土用水标准》 JGJ 63  
《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》 JGJ 276  
《建筑桩基技术规范》 JGJ 94  
《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33  
《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55  
《随钻跟管桩技术规程》 JGJ/T 344  
《通航海轮桥梁通航标准》 JTJ 311  
《无粘结预应力混凝土结构技术规程》 JGJ 92  
《静压桩施工技术规程》 JGJ/T 394  
《预应力混凝土管桩技术标准》 JGJ/T 406  
《预应力混凝土结构设计规范》 JGJ 369  
《预应力混凝土空心方桩》 JG 197  
《预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工技术规程》 CJJ/T 111  
《预应力混凝土用金属波纹管》 JG 225  
《预制钢筋混凝土方桩》 JC 934  
《预制高强混凝土薄壁钢管桩》 JG/T 272  
《装配式混凝土结构技术规程》 JGJ 1  
《铁路钢桥制造规范》 TB 10212