ICS 93.040
CCS P.28

团　　体　　标　　准

T/JSCTS X—2022

预制装配桥梁设计与施工技术规程

Technical Specification for Design and Construction of Prefabricated Bridges

（征求意见稿）

2022－XX－XX 发布　　2022－XX－XX 实施

江苏省综合交通运输学会　　发 布

目　　次

前　　言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 2
4 基本规定 3
5 材料 3
5.1 混凝土 3
5.2 钢筋与纲材 3
5.3 灌浆套筒 3
5.4 金属波纹管 5
5.5 其他材料 5
6 设计 7
6.1 一般规定 7
6.2 装配式下部结构选型 8
6.3 墩柱及盖梁设计 10
6.4 预应力混凝土小箱梁设计 12
6.5 钢混组合梁设计 12
6.6 耐久性设计 14
7 预制 14
7.1 一般规定 14
7.2 预制厂要求 15
7.3 墩柱及盖梁预制 16
7.4 预应力混凝土小箱梁预制 16
7.5 钢混组合梁预制 17
7.6 厂内存储 18
8 吊装及运输 18
8.1 吊装 18
8.2 厂外运输 19
9 安装 19
9.1 一般规定 19
9.2 墩柱及盖梁安装 19
9.3 预应力混凝土小箱梁安装 21
9.4 钢混组合梁安装 22
10 质量验收 22
10.1 一般规定 22
10.2 构件预制 23
10.3 现场安装 26

10.4 资料与记录 27
10.5 检验评定 28
附 录 A （资料性） 可通过性评价方法 29
附 录 B （资料性） 桥梁轴载当量的建议取值 31
附 录 C （资料性） 一般道路桥梁情况下的可通过性标准 32

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由江苏省综合交通运输学会提出并归口。

本文件起草单位：南京市公路事业发展中心、华设设计集团股份有限公司、中建安装集团有限公司。

本文件主要起草人：

预制装配桥梁设计与施工技术规程

1 范围

1.1 为适应绿色交通发展的需要，明确预制装配桥梁的设计与施工关键技术要求，推动我省交通基础设施工业化建造的发展，特制定《预制装配桥梁设计与施工技术规程》。

1.2 本文件适用于江苏省平原微丘区预应力混凝土小箱梁（以下简称“小箱梁”）、钢混组合梁、预制装配墩柱与盖梁的设计、施工及验收。

1.3 本文件适用于抗震设防烈度为Ⅷ度及Ⅷ度以下的地区，抗震设防烈度超过Ⅷ度时，应做专项抗震设计。

1.4 预制装配桥梁设计与施工除应符合本文件的规定外，尚应符合有关法律、法规及国家、行业和江苏省现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 10433 电弧螺柱焊用圆柱头焊钉
GB/T 1348 球墨铸铁件
GB/T 14406 通用门式起重机
GB/T 1499.2 钢筋混凝土用钢 第二部分：热轧带肋钢筋
GB/T 20065 预应力混凝土用螺纹钢筋
GB/T 31387 活性粉末混凝土
GB/T 41054 高性能混凝土技术条件
GB/T 50448 水泥基灌浆材料应用技术规范
GB/T 5223 预应力混凝土用钢丝
GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
CJJ 11 城市桥梁设计规范
CJJ 166 城市桥梁抗震设计规范
JGJ 1 装配式混凝土结构技术规程
JGJ 107 钢筋机械连接技术规程
JGJ 276 建筑施工起重吊装工程安全技术规范
JGJ 33 建筑机械使用安全技术规程
JGJ 355 钢筋套筒灌浆连接应用技术规程
JG/T 225 预应力混凝土用金属波纹管
JGJ/T 178 补偿收缩混凝土应用技术规程
JGJ/T 385 高性能混凝土评价标准
JT/T 722 公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件
JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
JTG D60 公路桥涵设计通用规范
JTG D64 公路钢结构桥梁设计规范
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
JTG/T 2231-01 公路桥梁抗震设计规范
JTG/T 3365-05 公路装配式混凝土桥梁设计规范

JTG/T 3650　公路桥涵施工技术规范
JTG/T 3654-2022　公路装配式混凝土桥梁施工技术规范
JTG/T D64-01　公路钢混组合桥梁设计与施工规范

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1
预制装配桥梁 prefabricated bridge
由预制构件或部件通过各种可靠的方式连接组合成整体的桥梁。

3.2
预制构件 precast component
在工厂生产制作的混凝土构件或钢混组合构件。

3.3
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，将一根钢筋中的力传递至另一根钢筋的连接构造。

3.4
灌浆金属波纹管连接 grouted and corrugated metal duct connection
在金属波纹管和钢筋间隙填充入高强无收缩水泥灌浆料，通过灌浆料硬化形成对钢筋的锚固构造。

3.5
承插式连接 socket connection
将预制构件一端插入相接构件的预留孔内，通过浇筑混凝土或灌浆料填实预留孔内间隙，使构件连接成整体的连接构造。

3.6
湿接缝连接 wet joint connection
预制构件之间采用现浇混凝土连成整体的连接构造。

3.7
胶拼缝连接 epoxy joint connection
预制构件之间采用环氧树脂进行构件连接的构造。

3.8
钢筋连接用灌浆套筒 grouted coupler for rebar splicing
采用铸造工艺或机械加工工艺制造，通过水泥基灌浆料的传力作用将钢筋对接连接所用的金属套筒（以下简称“灌浆套筒”）。

3.9
钢筋锚固用灌浆金属波纹管 grouted and corrugated metal duct for rebar anchorage
采用机械加工工艺制造，通过水泥基灌浆料的传力作用，将钢筋锚固连接在混凝土结构中的波浪状金属管材（以下简称“金属波纹管”）。

3.10
高强无收缩水泥灌浆料 high-strength non-shrinkage grouting material
以高强度材料作为骨料，以水泥作为主要粘结剂，辅以高流态、微膨胀、防离析等物质配制而成，用于填充灌浆套筒或金属波纹管和钢筋的间隙。

3.11
垫层砂浆 bedding mortar
填充在不同类型构件拼接缝之间的以砂等为主要材料的高强无收缩胶体。

3.12
调节垫块 adjustment cushion block
设置在不同构件拼接缝之间的砼制品，用于调节构件标高、水平度、垂直度及控制砂浆垫层的厚度。

4 基本规定

4.1 预制装配桥梁应综合考虑设计、预制、运输、拼装、运维等因素，遵循标准化设计原则，采用结构合理、经济美观、运输方便、拼装快捷且后期管养方便的方案。在施工图设计阶段，应注重细部构造设计，满足预制拼装的质量控制和精度要求，确保预制节段之间拼装时的精确匹配和连接可靠。

4.2 预制装配桥梁应根据设计使用年限、项目所在环境条件及国家现行相关规范进行耐久性设计。

4.3 预制装配桥梁各项工序施工前施工单位应熟悉设计文件，领会设计意图，且应由设计单位进行设计交底。

4.4 预制装配桥梁施工前应根据结构的特点及设计要求，结合构件预制、运输及安装条件编制施工组织设计文件和专项施工技术方案。

4.5 预制构件的座浆、灌浆等隐蔽性工程的关键环节应注意全过程视频录制，核验及归档工作。

4.6 预制构件应在工厂内加工，验收合格后方能出厂。出厂前应在表面进行全面标识，包括工程名称、设计单位、施工单位、监理单位、生产日期、构件编号等信息，可采用二维码、预埋芯片等标识。

5 材料

5.1 混凝土

5.1.1 混凝土的原材料及配合比应满足现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。

5.1.2 上部结构及预应力盖梁混凝土强度等级不宜低于C50，墩柱混凝土强度等级不宜低于C40。

5.1.3 湿接缝混凝土宜采用补偿收缩混凝土，可采用高性能无收缩混凝土以提高湿接缝的抗裂性能，材料性能应符合现行《补偿收缩混凝土应用技术规程》（JGJ/T 178）的有关规定。

5.1.4 高性能混凝土应符合现行《高性能混凝土评价标准》（JGJ/T 385）及《高性能混凝土技术条件》（GB/T 41054）的有关规定，超高性能混凝土应符合现行《活性粉末混凝土》（GB/T 31387）的有关规定。

5.2 钢筋与纲材

5.2.1 预制装配桥梁应采用HRB400级及以上热轧钢筋，并应符合现行《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》（GB/T 1499.2）的有关规定。

5.2.2 钢筋表面应洁净、无损伤，钢筋应平直、无局部弯折，预制构件预埋外露钢筋应采取临时防护措施，防止钢筋锈蚀和污染。

5.2.3 预应力钢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，其力学性能应符合现行《预应力混凝土用螺纹钢筋》（GB/T 20065）、《预应力混凝土用钢丝》（GB/T 5223）及《预应力混凝土用钢绞线》（GB/T 5224）的有关规定。

5.2.4 结构钢材宜选择Q355、Q345q及以上等级钢材，钢材性能应符合现行《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64）的有关规定。

5.2.5 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《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》（GB/T 10433）的有关规定。

5.3 灌浆套筒

5.3.1 灌浆套筒宜采用高强球墨铸铁、优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢或合金结构钢制作，性能应符合现行《钢筋机械连接技术规程》（JGJ 107）I级连接头的相关要求。

表1 钢筋Ⅰ级接头极限抗拉强度要求

接头等级	I级接头
极限抗拉强度	1 钢筋拉断（钢指断于钢筋母材、套筒外钢筋丝头和钢筋镦粗过渡段） $f_{mst0}\geqslant f_{stk}$； 2 连接件破坏（指断于套筒、套筒纵向开裂或钢筋从套筒中拔出以及其他连接组件破坏）$f_{mst0}\geqslant 1.10f_{stk}$。
注：f_{mst0}-接头试件实测极限抗拉强度；f_{stk}-钢筋极限抗拉强度标准值。	

5.3.2 采用球墨铸铁铸造的灌浆套筒，材料应符合现行《球墨铸铁件》（GB/T 1348）的有关规定，

其材料性能参数见表 2。采用钢材机械加工的灌浆套筒，材料应符合现行《优质碳素结构钢》（GB/T 699）的有关规定，材料性能参数见表 3。

表 2　球墨铸铁灌浆套筒的性能要求

性能指标	材料	抗拉强度（MPa）	断后伸长率（%）	球化率（%）	硬度（HBW）
性能指标	QT500	≥500	≥7	≥85	180～250
	QT550	≥550	≥5		180～250
	QT600	≥600	≥3		180～250

表 3　钢质机械加工灌浆套筒的性能要求

项目	材料	抗拉强度（MPa）	屈服强度（MPa）	断后伸长率（%）
性能目标	45#圆钢	≥600	≥355	≥16
	45#圆管	≥590	≥335	≥14

5.3.3　灌浆套筒灌浆端最小内径与连接钢筋公称直径差不宜小于 15mm；灌浆套筒中间轴向定位点两侧应预留钢筋安装调整长度，预制端不应小于 10mm，装配端不应小于 20mm；灌浆套筒内、外表面及端面不应有影响接头性能的缺陷。

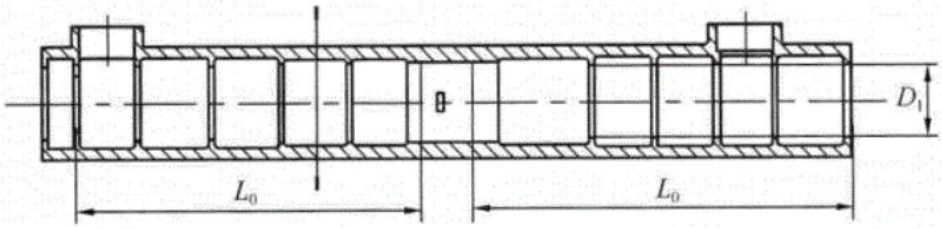
5.3.4　灌浆套筒连接接头应能经受规定的高应力和大变形反复拉压循环检验，且在经历拉压循环后，其变形性能应符合现行《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》（JGJ 355）的有关规定。

表 4　灌浆套筒连接接头的变形性能

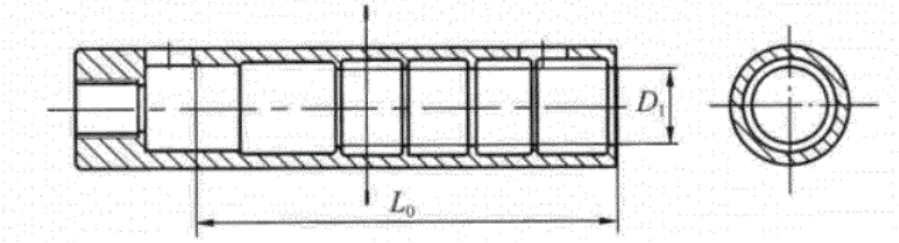
项目		变形性能要求
对中单向拉伸	残余变形（mm）	u_0≤0.10(d≤32) u_0≤0.14(d>32)
	最大力下总伸长率（%）	A_{sgt}≥6.0
高应力反复拉压	残余变形（mm）	u_{20}≤0.3
大变形反复拉压	残余变形（mm）	u_4≤0.3 且 u_8≤0.6

注：d-钢筋直径；u_0-接头试件加载至0.6f_{yk}并卸载后在规定标距内的残余变形；f_{yk}-钢筋屈服强度标准值；A_{sgt}-接头试件的最大力下总伸长率；u_{20}-接头试件按规定加载制度经高应力反复拉压20次后的残余变形；u_4-接头试件按规定加载制度经大变形反复拉压4次后的残余变形；u_8-接头试件按规定加载制度经大变形反复拉压8次后的残余变形。

5.3.5　灌浆连接套筒按钢筋连接方式可制作成整体灌浆连接型或一端灌浆连接一端机械连接型，如图 1 所示。



（a）整体灌浆连接型



（b）一端灌浆连接一端机械连接型

L_0—灌浆端用于钢筋锚固的深度；D_1-锚固段环形突起部分的内径

图 1　灌浆连接套筒型式

5.3.6　整体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深入长度均不应小于 $10d_s$（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 30mm，不宜大于 50mm；套筒制作允许偏差为±2mm。

5.3.7　一端灌浆连接一端机械连接型套筒，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于 $10d_s$（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 30mm；套筒制作允许偏差为±2mm。

5.3.8　套筒供应厂家应提供与灌浆套筒配套的合格附属配件，包括止浆塞、压浆管、出浆管、密封环、密封柱塞等。

5.3.9　灌浆套筒及其附属配件在存储和运输过程中应采取措施防止雨淋、锈蚀、沾污、损伤。

5.3.10　灌浆套筒与灌浆料组合体系性能应经过有资质检测单位试验检测，同一批号、同一类型、统一规格的灌浆套筒，不超过 1000 个为一批，每批随机抽取 3 个灌浆套筒，当 3 个试件均符合标准时，该验收批评为合格，若有 1 个试件不符合上述规定，应再随机抽取 6 个试件进行试验，当复检的试件全部合格时，可评定该验收批为合格，否则该验收批应评为不合格。

5.4　金属波纹管

5.4.1　金属波纹管应采用直缝电焊钢管或无缝钢管加工而成，加工方式应采用机械加工或达到同等要求的制作方法。波纹管宜采用外形为带闭合圆环状波纹的圆钢管，如图 2 所示。

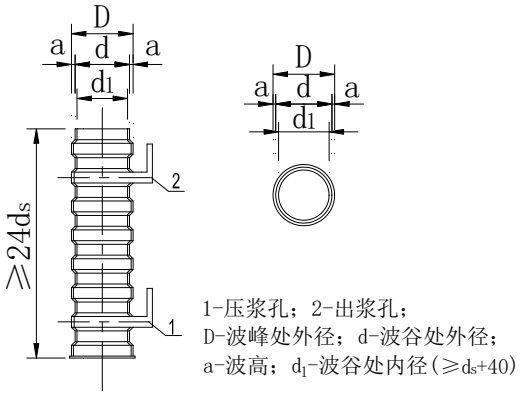


图 2　金属波纹管示意图

5.4.2　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/T 225）的有关规定，全长不应小于 $24d_s$（钢筋直径），且不得拼接；内径不宜小于 d_s+40mm，内径尺寸允许偏差为±0.50mm；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，波纹管肋高不小于 3.10mm。

5.4.3　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由端部出浆；压浆口下缘与端部净距应大于 30mm，不宜大于 50mm。

5.4.4　金属波纹管应厂家应提供与波纹管配套的合格附属配件，包括止浆塞、压浆管、出浆管、钢筋伸入段封盖、封口板等。

5.4.5　金属波纹管及其附属配件在存储和运输过程应采取措施防止雨淋、锈蚀、沾污、损伤。

5.4.6　金属波纹管与灌浆料组合体系性能应经过有资质检测单位试验检测，同一批号、同一类型、统一规格的波纹管，不超过 1000 个为一批，每批随机抽取 3 个灌浆套筒，当 3 个试件均符合标准时，该验收批评为合格，若有 1 个试件不符合上述规定，应再随机抽取 6 个试件进行试验，当复检的试件全部合格时，可评定该验收批为合格，否则该验收批应评为不合格。

5.5　其他材料

5.5.1　套筒灌浆料应选用高强无收缩水泥灌浆料，材料性能应符合现行《钢筋连接用套筒灌浆料》（JG/T 408）的有关规定，性能指标见表 5。

表 5　灌浆套筒高强无收缩水泥灌浆料性能要求

项目		性能指标
流动度（mm）	初始	≥320
	30min	≥260
抗压强度（MPa）	1d	≥35
	3d	≥60
	28d	≥100
竖向自由膨胀率（%）	3h	≥0.02
	24h 和 3h 差值	0.02～0.40
28d 自干燥收缩（%）		≤0.045
氯离子含量（%）		≤0.03
泌水率（%）		0

高强无收缩水泥灌浆料在干燥条件下未开封包装前存放时间不得大于3个月，包装开封后应立即使用，如有剩余应做废弃处理。

5.5.2　金属波纹管灌浆料应选用高强无收缩水泥灌浆料，材料性能应符合现行《装配式混凝土结构技术规程》（JGJ 1）的有关规定，性能指标见表 6。

表 6　金属波纹管高强无收缩水泥灌浆料性能要求

项目		性能指标
流动度（mm）	初始	≥200
	30min	≥150
抗压强度（MPa）	1d	≥35
	3d	≥55
	28d	≥80
竖向自由膨胀率（%）	3h	≥0.02
	24h 和 3h 差值	0.02～0.50
氯离子含量（%）		≤0.06
泌水率（%）		0

5.5.3　承插式连接采用水泥基灌浆料时，其材料性能应符合现行《水泥基灌浆材料应用技术规范》（GB/T 50448）的有关规定，性能指标见表 7。

表 7　承插式连接用水泥灌浆料性能要求

项目		性能指标
最大骨料粒径（mm）		≤4.75
流动度（mm）	初始	≥340
	30min	≥310
抗压强度（MPa）	1d	≥20
	3d	≥40
	28d	≥60
竖向自由膨胀率（%）	3h	≥0.1
	24h 和 3h 差值	0.02～0.50
氯离子含量（%）		≤0.06
泌水率（%）		0

5.5.4　拼接缝之间的砂浆垫层应选用高强无收缩砂浆，1d 抗压强度不应小于 30MPa，28d 抗压强度不应小于 60MPa，且应高出被连接构件强度较高者一个等级，28d 竖向膨胀率不应大于 0.1%。

5.5.5　粘结剂宜选用环氧树脂胶，性能指标应符合表 8 的规定，且应有抗老化、防碳化、防腐蚀性的功能。

表 8　环氧树脂胶主要性能要求

项目			性能指标
物理性能	可施胶时间（min）		≥20
	可粘结时间（min）		≥60，且≤240
	在结构立面上无流挂现象的涂胶层厚度（mm）		≥3
	不挥发物含量（固体含量）（%）		≥99
	吸水率（高限温度条件）（%）		≤0.5
	水中溶解率（高限温度条件）（%）		≤0.1
	伸长率（%）		≥0.6
	压缩弹性模量（MPa）	瞬时	≥8000
		1h	≥6000
	剪切弹性模量（MPa）	瞬时	≥1500
		1h	≥1200
	高限温度条件固化 7 天的热变形温度（℃）	0℃≤适用温度<10℃	45
		10℃≤适用温度<30℃	50
		30℃≤适用温度<60℃	60
力学性能	抗压强度标准值（MPa）	12h	≥40
		24h	≥60
		7d	≥80
	7d 抗剪强度低限温度条件（MPa）		≥12
	钢-钢拉伸抗剪强度标准值（MPa）		≥15
	与混凝土的正拉粘结强度（MPa）		≥3，且为混凝土内聚破坏
化学性能	耐湿热老化性	50℃温度、95%相对湿度环境条件下老化 90d 后，常温条件钢-钢拉伸抗剪强度降低率	≤10%
	耐盐雾性	5%Nacl 溶液、喷雾压力 0.08MPa、（35±2）℃温度下、每 0.5h 喷雾一次、每次 0.5h、作用持续 90d 后，钢-钢拉伸抗剪强度降低率	≤5%，且不得有裂纹或者脱胶
长期使用性能	耐疲劳应力作用能力，200 万次		试件不破坏

5.5.6　预应力孔道灌浆应按照现行《水泥基灌浆材料应用技术规范》（GB/T 50448）采用专用的灌浆材料，应具有良好的流动性、和易性、泌水性和强度。

6　设计

6.1　一般规定

6.1.1　预制装配桥梁设计时除应考虑永久作用、可变作用、偶然作用、地震作用外，尚应考虑施工阶段临时荷载作用，应符合现行《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）的有关规定。

6.1.2　预制装配桥梁的抗震设计设防目标、设防分类及设防标准等应符合现行《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ 166）及《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T 2231-01）的有关规定。

6.1.3　预制装配桥梁设计应符合现行《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）、《公路装配式混凝土桥梁设计规范》（JTG/T 3365-05）、《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 D64-01）的有关规定。

a）　在进行持久状况承载能力极限状态计算时，作用效应采用基本组合，对墩柱、盖梁、小箱梁、组合梁的承载能力及稳定性进行验算，必要时尚应对结构进行抗倾覆和抗滑移验算。

b）　在进行持久状况正常使用极限状态计算时，作用效应采用频遇组合、准永久组合或频遇组合并考虑长期效应的影响，对墩柱、盖梁、小箱梁、组合梁等进行抗裂、裂缝宽度和变形验算。

c） 在进行持久状况构件应力计算时，应计算结构使用阶段混凝土构件的正截面法向压应力、钢筋拉应力和斜截面主压应力，尤其是接缝位置的应力。作用除有特别规定外均采用标准值，汽车荷载应考虑冲击系数。

d） 在进行短暂状况计算时，应计算构件在制作、运输及安装等施工阶段由自重、施工荷载等引起的正截面和斜截面应力，尤其是接缝位置的应力，必要时尚应进行结构的抗倾覆验算。

6.1.4 预制装配桥梁作用效应计算宜采用弹性理论，并满足下列要求：

a） 结构成桥状态构件内力应根据施工方案逐阶段计算累加确定。

b） 结构成桥状态构件的应力应根据施工方案，采用相应的净截面或换算截面逐阶段计算累加确定。

c） 汽车荷载的作用效应计入汽车荷载的偏载效应，偏载效应可采用有限元模型计算。

6.1.5 桥梁预制构件截面尺寸及分块设计应考虑结构整体受力要求和运输安装条件，接缝构造应受力明确、性能可靠，并满足承载力和耐久性等要求。

6.1.6 预制构件宜按产品化理念开展深化设计，考虑模板拆除、起吊、运输、安装的便利性，对局部构造进行优化。

6.1.7 预制构件吊点可采用预埋钢筋吊环、预埋钢绞线吊环等形式，应满足下列要求：

a） 吊点设计除应进行吊件在拉拔、剪切和拉剪耦合三种受力状态下自身强度验算外，尚应对预埋吊件的各种锚固破坏形态进行验算，验算时应考虑各种不利荷载的基本组合，作用分项系数应取 1.0。

b） 预埋钢筋吊环应采用 HPB300 钢筋制作。

c） 预埋钢绞线吊环宜采用高强度低松弛钢绞线。

6.1.8 局部节点工程出现变宽、变高等异型结构难以标准化制作或运输受限的情况可采用现浇模式。

6.2 装配式下部结构选型

6.2.1 装配式下部结构选型应根据上部结构型式、功能需求、经济性、施工便利性等因素综合选取。

6.2.2 对于少支座上部结构，下部结构型式如图 3 所示，下部结构选型可按下列要求选取：

a） 对地面占用空间无要求情况下，宜采用多柱式下部结构。

b） 对于双车道或以下的宽度较小的桥梁，地面占地空间受限情况下，宜采用大断面柱式下部结构，或采用 T 型盖梁下部结构及花瓶式下部结构。

c） 对于三车道或以上的宽度较大的桥梁，可将墩柱间距适当拉大，或采用中空花瓶式下部结构。

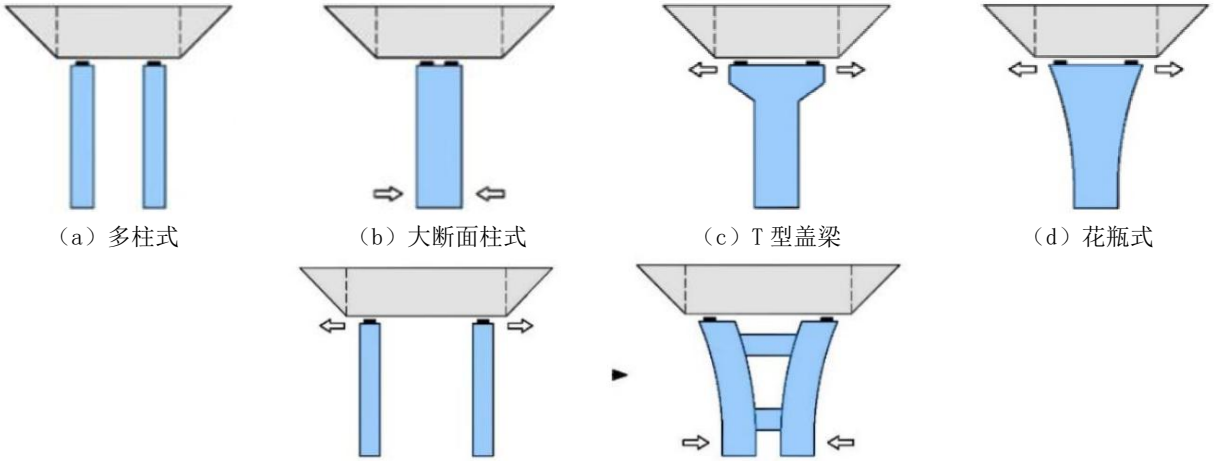


图 3 少支座上部结构下部结构型式

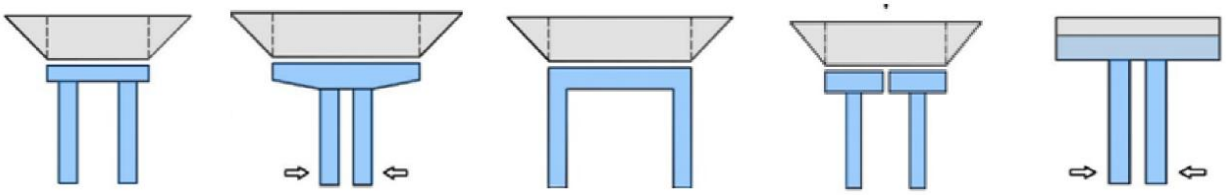
6.2.3 对于多支座上部结构，下部结构型式如图 4 所示，下部结构选型可按下列要求选取：

a） 宜采用墩柱加盖梁下部结构，根据桥下空间功能需求布置墩柱位置。

b） 对于双车道或以下的宽度较小的桥梁，采用双柱支撑，上方设置盖梁，盖梁宽度根据支座布置需求设置；在对地面占用空间有要求时，可将墩柱向中间靠拢，同时增大盖梁尺寸满足受力要求。

c） 对于三车道或以上的宽度较大的桥梁，采用多柱支撑，上方设置盖梁，盖梁宽度根据支座布置需求设置，在对地面占用空间有要求时，可将立柱数量进行减少，同时增大盖梁尺寸满足受力要求，或将盖梁在中间拆分，形成两个 T 型盖梁；或将立柱向外侧移动，形成门式结构。

d） 根据桥下空间功能需求、美观性，结合上部结构型式，可选用倒 T 型盖梁下部结构。



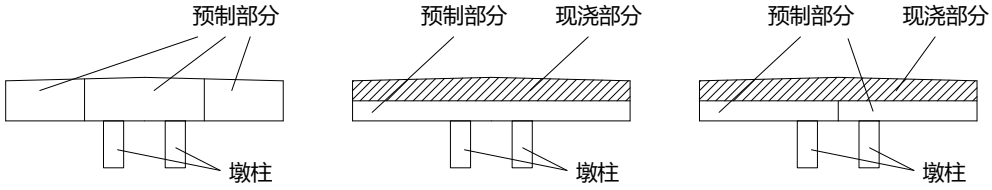
（a）常规布置　（b）居中布置　（c）门式布置　（d）T 型盖梁布置　（e）倒 T 型盖梁

图 4　多支座上部结构下部结构型式

6.2.4　盖梁可采用竖向分缝、水平分缝或混合分缝的方式进行划分，如图 5 所示。

a） 预制盖梁采用竖向分段划分方式时，预制构件的拼接面宜采用剪力键方式.

b） 预制盖梁采用上下分层划分方式时，下层预制构件与上层现浇之间可不使用剪力键。



（a）竖向分缝　（b）水平分缝　（c）混合分缝

图 5　盖梁划分方式示意

6.2.5　预制墩柱宜按整段预制，最大长度宜按 12m 控制。

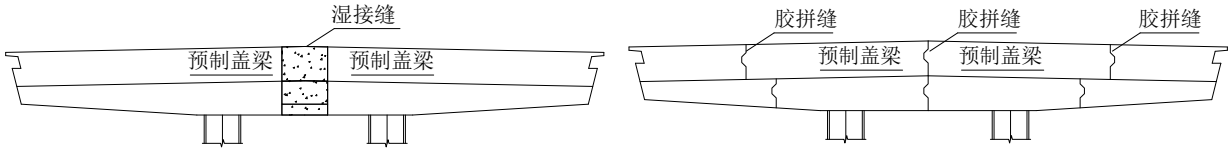
6.2.6　预制构件之间接缝与连接构造应综合受力性能、施工便利性、质量可靠性以及经济性原则进行选取，新型连接构造须经过结构试验验证，并通过专家评审及设计单位认可后，方可在实际工程中应用。

a） 盖梁节段之间宜采用湿接缝或胶拼缝连接，并布置预应力。

b） 墩柱与盖梁之间宜采用金属波纹管、灌浆套筒或 UHPC 湿接缝连接。

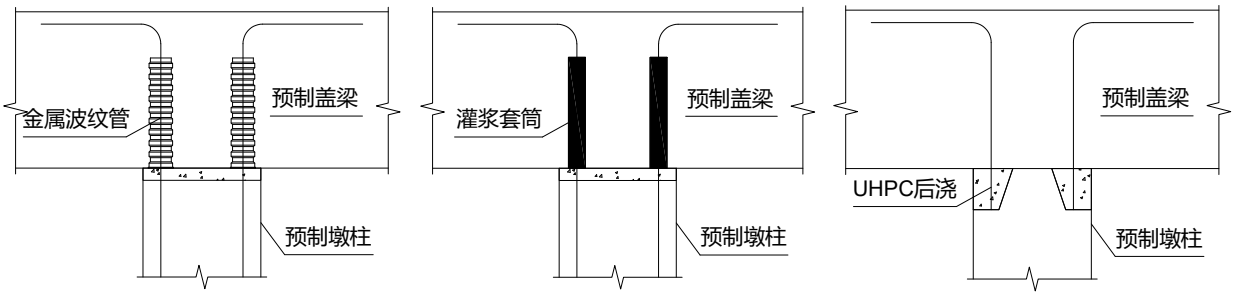
c） 墩柱节段之间宜采用灌浆套筒连接。

d） 墩柱与承台之间宜采用承插式、灌浆套筒或 UHPC 湿接缝连接。



（a）湿接缝连接　（b）胶拼缝连接

图 6　盖梁节段连接构造示意



（a）金属波纹管连接　　（b）灌浆套筒连接　　（c）UHPC 湿接缝连接

图 7　墩柱与盖梁连接构造示意

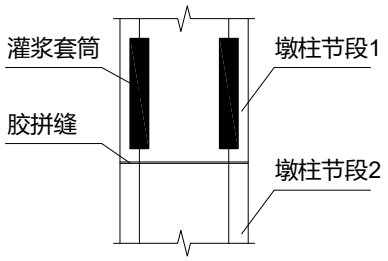
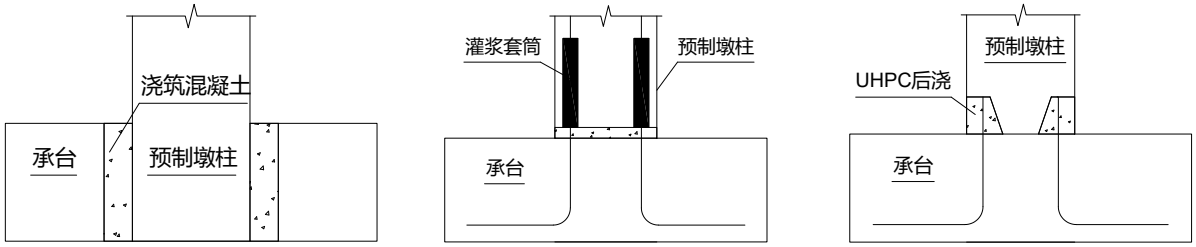


图 8　墩柱节段连接构造示意



（a）承插式连接　　（b）灌浆套筒连接　　（c）UHPC 湿接缝连接

图 9　墩柱与承台连接构造示意

6.3　墩柱及盖梁设计

6.3.1　装配式下部结构设计应满足下列要求：

a）　装配式下部结构总体计算模型应包含盖梁、墩柱以及基础，桩基础宜按照 m 法设置边界条件。

b）　灌浆套筒布置在预制墩柱内时，宜考虑套筒及相关构造对墩柱刚度的影响，可通过结构试验或精细化有限元分析予以考虑。

c）　连接构造应按总体计算模型提取的作用效应进行局部分析，可采用实体有限元或实用精细化分析模型进行计算。

6.3.2　宽幅盖梁宜按照 A 类预应力混凝土构件设计。

6.3.3　倒 T 型盖梁应验算冲切影响下的牛腿局部承载力。

6.3.4　采用横向分段预制拼装的盖梁，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；分段安装时，盖梁节段间压应力应不小于 0.3MPa。

6.3.5　预制墩柱分节段安装时，墩柱节段压应力不应小于 0.15MPa。

6.3.6　预制装配墩柱及盖梁设计中应考虑预应力筋管道、钢筋、灌浆套筒或金属波纹管相互之间的合理布置，并在设计图中予以说明。

6.3.7　灌浆套筒及金属波纹管应注明下端为注浆口，上端为出浆口，并提醒施工单位做显著标识。

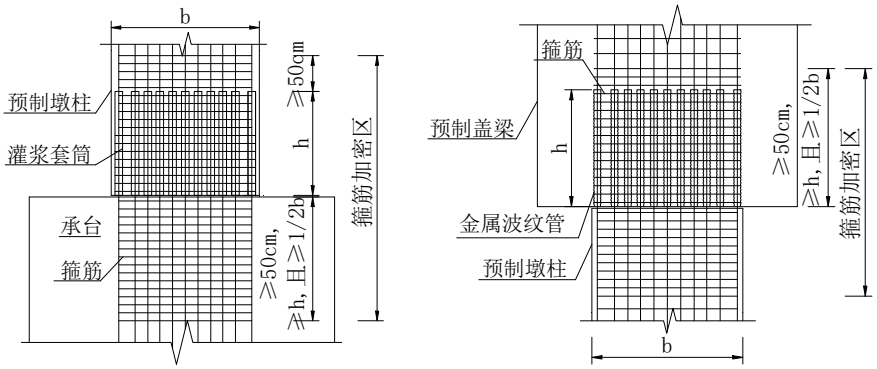
6.3.8　墩柱塑性铰区不应使用一端灌浆连接一端机械连接型套筒。

6.3.9　当采用灌浆套筒连接时，应满足下列要求：

a) 墩柱纵向钢筋宜采用大直径钢筋且对称布置，纵向钢筋之间的中心距不宜超过 200mm，且至少每隔一根宜用箍筋或拉筋固定。
b) 灌浆套筒的混凝土保护层厚度不宜小于 36mm。
c) 灌浆套筒间净距不宜小于下面三个条件中的大值：25mm、被连接纵向钢筋的直径以及骨料最大粒径的 1.4 倍。
d) 灌浆套筒压浆口下缘处应设一道箍筋。

6.3.10 当采用金属波纹管连接时，应满足下列要求：
a) 金属波纹管净距不应小于 50mm，且不应小于管道直径的 1 倍，金属波纹管的外缘至混凝土表面的距离，不应小于其管道直径的 1/2。
b) 金属波纹管注浆管设计弯折次数不宜超过 2 次，以避免现场产生堵塞的情况。

6.3.11 对于设防烈度Ⅶ度地区，灌浆套筒或金属波纹管设置在墩身且位于潜在塑性铰区域内时，箍筋配置应符合下列要求：
a) 箍筋加密区的长度不应小于灌浆套筒的高度加 50cm 范围，灌浆套筒高度加 50cm 范围外的箍筋应逐渐减少。
b) 预制墩柱塑性铰加密区域配置的箍筋应延伸到盖梁和承台内，延伸到预制承台或盖梁的距离不应小于墩柱长边尺寸的 1/2、50cm 及灌浆套筒或金属波纹管高度的最大值。



（a）预制墩柱与承台的连接　　（b）预制墩柱与预制盖梁的连接

图 10　箍筋加密区示意图

6.3.12 当预制墩柱与承台采用承插式连接时，应满足下列要求：
a) 预制墩柱插入承台的深度可通过结构试验或精细化有限元分析得到，插入段纵向钢筋应满足最小锚固长度要求，宜适当加密连接钢筋。
b) 预制墩柱插入段表面与承插孔壁表面应均匀设置键槽，预制墩柱与承插孔壁的最小间隙宽度不宜小于 50mm，其间可采用小石子混凝土或高强灌浆料填充密实，宜掺入适量膨胀剂。填充材料强度应高于墩柱及承台一个等级。

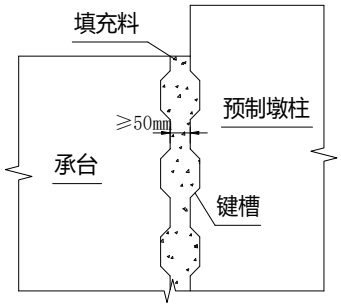


图 11　承插式连接示意

6.3.13 墩柱的纵向钢筋应延伸至盖梁和承台内，纵向钢筋的锚固长度应在现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362）要求的基础上增加 $10d_s$(钢筋直径)。

6.3.14 预制盖梁节段间采用湿接缝连接时，湿接缝的宽度宜为 1～2m，应避开构件最大受力截面。

湿接头纵向受力钢筋宜采用机械连接、焊接等方式，接头位置应按国家现行规范要求错开布置。

6.3.15 预制装配桥墩中墩柱与承台或墩柱与盖梁拼接缝间的砂浆垫层，应采用高强低收缩砂浆，厚度宜为10mm～30mm，同类型构件之间的环氧接缝厚度宜为1mm～3mm。

6.4 预应力混凝土小箱梁设计

6.4.1 小箱梁宜按A类预应力混凝土构件设计。

6.4.2 小箱梁的适用跨径宜为25～40m。

6.4.3 小箱梁可采用先简支后结构连续、结构简支桥面连续等形式。

6.4.4 小箱梁采用结构简支桥面连续形式时，桥面连续构造宜使用纤维增强混凝土或超高性能混凝土。对于未经工程应用的新型桥面连续构造，应结合结构试验进行验证。

6.4.5 对于桥梁宽度或跨径变化时，小箱梁宜通过以下方式进行调整：

a) 对于桥宽变化，宜调整主梁片数和湿接缝宽度，主梁间距宜取2.8m～3.4m，湿接缝宽度宜取0.4m～1m。

b) 对于跨径变化，基于标准跨径，当梁长变化在±150mm范围内时，可调整现浇段长度，预制梁长不变；当梁长变化在±500mm范围内时，预制梁采用变梁长，现浇段长度不变；若梁长变化超过±500mm，应根据各桥具体情况确定设计方案，并进行结构验算。

6.4.6 小箱梁顶板宜设置横坡，底板按平坡设计，桥梁横坡可由调平层和盖梁横坡综合调整形成。当桥面超高在0%～4%范围内，顶板横坡宜采用固定横坡值，由盖梁横坡和调平层调整超高；超高超出0%～4%范围时，可结合整体旋转调整超高，且整体旋转不应超过2%。

6.4.7 小箱梁应设置支点横梁，支点横梁可采用后浇筑的形式。可根据需要设置跨中横梁。当不设跨中横梁时，宜加强支点横梁的构造及配筋，以及桥面调平层的横向配筋。

6.4.8 小箱梁桥面板湿接缝构造宜满足下列要求：

a) 桥面板湿接缝宽度不宜小于400mm，且湿接段厚度宜与桥面板等厚。

b) 湿接缝混凝土宜比主体结构高一个强度等级，并掺加纤维或采用高效减水剂等措施提高抗裂性能。

c) 湿接缝宜设置U型钢筋交错圈接，间距不应大于200mm，相邻两片主梁的U型钢筋顺桥向应均匀交错，横桥向重叠长度不应小于外伸钢筋直径的12倍。

d) U型钢筋重叠区域内应设置顺桥向贯通钢筋，直径不宜小于12mm。

6.4.9 小箱梁调平层厚度不宜小于80mm，设计时调平层不宜参与结构受力计算。

6.5 钢混组合梁设计

6.5.1 钢混组合梁设计宜采用标准化、通用化、模数化的结构单元和构件，构造与连接应便于制作、安装、检查和维护。

6.5.2 钢混组合梁应根据联合截面形成过程对应的各工况及结构体系进行计算。

6.5.3 钢混组合梁设计应满足下列要求：

a) 施工期间组合梁应有足够的侧向刚度和侧向约束保证钢梁的整体稳定性。

b) 钢梁及连接件应进行疲劳验算。

c) 剪力连接件应能承担钢梁和混凝土桥面板间的纵横向剪力，同时应能抵抗混凝土板与钢梁的掀起作用。

d) 混凝土桥面板应进行纵向抗剪验算。

6.5.4 钢混组合板梁的适用跨径不宜小于30m，钢混组合箱梁的适用跨径不宜小于45m。对于连续组合梁桥，边中跨比例宜取为0.6～1.0。

6.5.5 钢混组合梁宜采用预制桥面板，局部变宽、超高变化段可采用现浇桥面板，条件合适时亦可采用下层预制，上层现浇的组合型桥面板。

6.5.6 在跨径不大的多梁式结构中，在吊装及运输能力允许的情况下，宜优先采用桥面板和钢梁先结合再吊装的结构型式。

6.5.7 钢混组合梁桥的钢梁高度应根据结构形式和跨径确定，钢梁高跨比宜按表9进行取值。

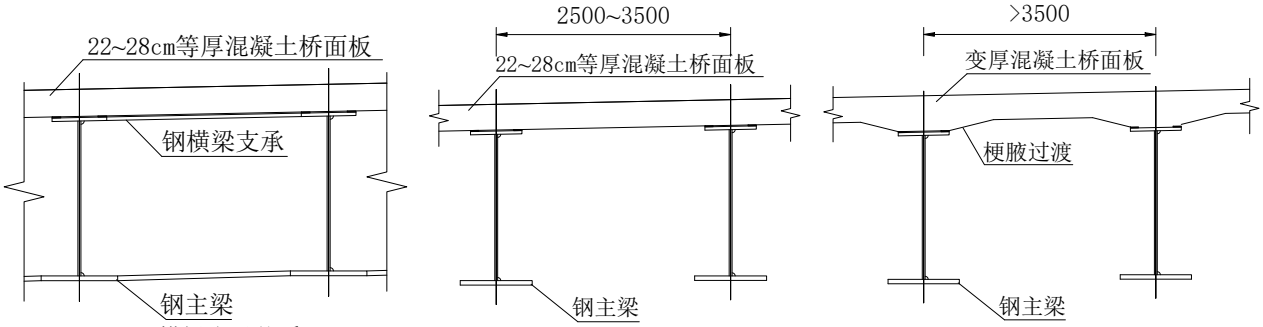
表 9　钢混组合梁高跨比合理取值范围

截面形式	简支梁	连续梁		
		等高梁	变高梁跨中	变高梁支点
钢混组合板梁	1/24～1/18	1/28～1/20	1/36～1/22	1/22～1/15
钢混组合箱梁	1/26～1/20	1/30～1/22	1/48～1/30	1/24～1/15

6.5.8　钢混组合梁应根据桥面宽度、跨径、运输条件、架设工法等因素，选择适当的截面布置，包括主梁间距与数量、桥面板总体布置等。

a)　对于少主梁结构，腹板间距不小于 6m，桥面板需要布置横向预应力；对于多主梁结构，腹板间距 2.5～4.5m，悬臂长度≤2m，桥面板横向无需布置预应力，按照钢筋混凝土构件设计。

b)　有钢横梁支承的桥面板通常采用等厚布置，板厚一般为 22～28cm；无横梁支撑的桥面板，板厚需根据横向受力确定。腹板间距 2.5～3.5m，桥面板通常采用 22～28cm 等厚布置；腹板间距>3.5m，桥面板横向需要变厚，悬臂端和两个主梁横向中间区域最薄，板厚一般为 20～25cm，钢主梁上方最厚，厚度一般为 35～45cm，厚度通过梗腋过渡。



（a）横梁支承体系　（b）桥面板间距在 2.5～3.5m　（c）桥面板间距>3.5m

图 12　桥面板横向布置示意（单位：mm）

6.5.9　预制桥面板纵、横向划分应综合考虑模块化施工要求、运输和吊装能力。

a)　预制板横桥向不宜跨越超过 2 片钢梁，且应避免悬臂端单独分块，纵桥向宽度一般在 2～4m。

b)　对于预制厂在桥址附近的工程，桥面板预制尺寸可根据现场运输和吊装设备适当放大。

6.5.10　预制桥面板混凝土湿接缝宽度应考虑钢筋传力锚固长度和施工便利性的要求。当采用超高性能混凝土（UHPC）作为湿接缝材料时，湿接缝宽度可比常规混凝土湿接缝减小约 15～20d_s（钢筋直径）。

6.5.11　剪力槽、湿接缝宜采用微膨胀混凝土，其配合比应进行专门设计。

6.5.12　对组合连续梁桥负弯矩区桥面板，应采取强配筋法、调整预制板吊装顺序、钢梁顶升法以及采用高性能混凝土材料等方法提高桥面板的抗裂性能。

6.5.13　预制桥面板与钢梁之间的连接宜采用集簇式焊钉连接，焊钉连接件的构造应符合下列要求：

a)　焊钉连接件剪力作用方向上的间距不宜小于焊钉直径的 5 倍，且不得小于 100mm；剪力作用垂直方向的间距不宜小于焊钉直径的 2.5 倍，且不得小于 50mm。

b)　焊钉连接件的外侧外缘与钢板边缘的距离不应小于 25mm。

c)　焊钉连接件长度不应小于 4 倍焊钉直径。

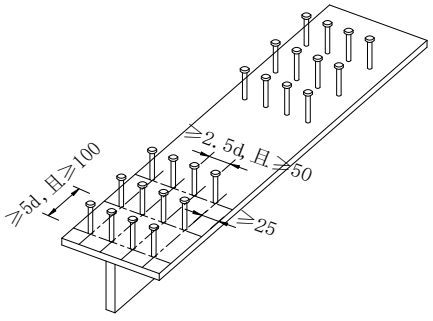


图 13　集簇式焊钉连接件示意图（单位：mm）

6.5.14 钢梁及其联结系在工地现场拼接时，宜采用高强螺栓连接。

6.6 耐久性设计

6.6.1 预制装配桥梁耐久性设计应包含混凝土构件耐久性设计、钢梁耐久性设计、灌浆料耐久性设计以及拼接缝耐久性设计。

6.6.2 混凝土构件耐久性设计应符合下列要求：

a) 混凝土构件应根据设计使用年限和所处环境条件进行耐久性设计。

b) 混凝土材料耐久性设计指标应包括：强度等级、配合比（水胶比、胶凝材料和矿物掺合料用量）、氯离子含量（抗氯离子渗透性能、游离氯离子含量）、碱含量和硫酸盐含量。

c) 灌浆套筒、金属波纹管的混凝土最小保护层厚度应满足本文件的要求。

d) 在满足结构受力要求的前提下，应注意防水、排水构造设计，同时注意后期检修和维护的可到达与操作空间。

6.6.3 钢梁耐久性设计应符合下列要求：

a) 钢梁应根据设计使用年限和所处环境条件进行耐久性设计。

b) 钢梁应重视防腐涂装设计，钢梁结构的表面清理、涂层质量、施工工艺等必须严格按照《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722）的技术要求，钢梁与混凝土接触面及剪力钉的防腐涂装应满足设计要求。

c) 钢梁耐久性保证措施还可以采用耐候钢、电化学防腐、封闭环境设置除湿系统等方式。

d) 钢梁应采用有利于减轻环境作用的结构形式和构造措施。

6.6.4 预制混凝土构件的灌浆料应具有流动性好、微膨胀、填充性好、不离析、不泌水、硬化快、早期强度高、质量稳定性好等性能。

6.6.5 预制装配桥梁拼接缝的耐久性设计应符合下列规定：

a) 在作用准永久组合时，拼接缝处正截面受拉边缘不允许出现拉应力；在作用频遇组合时，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以及预制构件材料的允许设计拉应力。

b) 应避免将拼接缝设在结构受力关键部位及易开裂部位。

c) 应避免将拼接缝设在干湿交替等腐蚀作用较为集中的区域，且在腐蚀性介质较多的环境中不应使用干接缝。

d) 拼接缝施工完成后应及时清除接缝连接界面上的水泥砂浆基体，且不应对表面混凝土造成损伤。

e) 采用环氧胶接缝时，应在接缝表面采取附加的耐久性措施，如环氧接缝涂装封闭等。

7 预制

7.1 一般规定

7.1.1 预制厂规划和设计应遵循“安全第一、因地制宜、永临结合、经济适用、绿色环保”的原则，建设前应编制平面规划图、设计计算书并组织专家评审，使用过程中建立验收资料、检查、维护保养等管理档案及台账清单。

7.1.2 预制工厂应建立健全构件生产质量保证体系，明确预制生产过程中的质量责任，加强质量管理。

7.1.3 预制生产应执行首件试制制度，对首件进行全面总结与检验，合格后方可进行批量化生产。

7.1.4 预制生产各环节均应按现行国家标准和行业规范开展质量检验，由监理方驻厂监管，有完整的质量验收记录。

7.1.5 预制生产前宜根据构件的生产技术特点选择技术标准，细化作业指导，采用 BIM 手段开展技术交底与技术培训工作。

7.1.6 宜建立信息化管理平台，通过信息化技术对人员、设备、材料、生产计划、质量、安全、环保、物流、仓储、构件出厂等方面实行全过程有效管理。

7.1.7 构件预制用钢筋骨架胎架、钢筋主筋和套筒定位板、预制台座、模板、吊具等设备应根据具体预制工艺和精度要求进行专项设计，预制构件定位板与承台预留筋定位板宜为同一车床加工，精度控制在 1.0mm 以内。

7.1.8 构件钢筋笼加工、灌浆连接套筒或金属波纹管安装定位、预埋件埋设、台座标高等精度控制应满足本文件规定要求，验收合格后方可使用。

7.1.9 构件模板宜采用钢模板，模板系统应满足刚度、承载能力、稳定性的要求，应能承受施工过程中所产生的各种荷载，同时应满足构件生产工艺、组装拆卸、周转次数的要求，以及预制构件预留孔洞、预埋件的安装定位要求。

7.1.10 模板的板面应平整，接缝处应严密且不漏浆，相邻模板需设置定位销控制拼缝错台小于 2mm；模板与混凝土的接触面应涂刷隔离剂，但不得采用废机油等油料，且不得污染钢筋及混凝土的施工缝。

7.1.11 钢筋宜采用数控化机械设备在专用厂房集中下料和加工，其形状、尺寸应符合设计的规定，加工后的钢筋不应有削弱钢筋截面的伤痕。

7.1.12 混凝土入模温度不应低于 5℃，且不高于 35℃。当日平均气温达到 30℃以上时应按高温施工要求采取措施。

7.1.13 预制构件脱模时间应符合设计规定，设计未规定时，承重模板宜在混凝土抗压强度达到设计强度的 75%后拆模，起吊时混凝土抗压强度不应低于设计强度的 80%，并考虑吊点锚固力的计算。

7.1.14 应根据混凝土性能制定具体养护方案，养护时间应不小于 7d，当气温低于 5℃时，应采用保温养护措施，不得向混凝土表面洒水。

7.1.15 预制构件出厂前应按《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）的要求进行质量检验，并附产品合格证明文件。

7.2 预制厂要求

7.2.1 选址应做到合法用地、安全避让、节约资源，应满足下列要求：

a) 选址应避开自然保护区、基本农田保护区、水资源保护区、国家森林公园、一级林地保护区、历史文物遗址保护区、军事保护区或其他国家法律法规不允许建设的区域。
b) 选址应避开崩塌、滑坡、危岩体、泥石流、采空区、地面沉降等地质灾害的危害及影响区域，合理避让特殊地貌或软土、松散填土、湿陷性黄土等分布区域，无法避让时应采取可行的处理措施。
c) 应远离学校、医院、居民区等场所，若因条件影响需在上述区域内时，必须保障满足噪音及污染防治基本要求。
d) 应结合指导性施工组织方案、便道设计、地形条件及临建标准化建设要求开展选址工作。

7.2.2 临时预制厂建设前，施工单位应编制建设与拆除总体方案，并经施工企业及监理单位审批，相关技术负责人及监理工程师审核签字同意后方可实施。针对危险性较大工程应编制专项施工方案，并组织专家进行论证审查。

7.2.3 临建设施结构的设计使用年限不宜超过 5 年，其安全等级不宜低于二级，地基基础设计等级宜为乙级；当施工期限较长或有永临结合需求时，应进行专门设计。

7.2.4 预制厂建设宜满足以下条件：

a) 宜根据场地地貌和排水系统（排水沟、雨水管等）合理设置坡度，场地坡度宜为 0.5%～1%，保证雨天不积水、不泥泞，晴天不扬尘。
b) 宜选用自动化程度高、先进、低能耗、适用的机械设备。
c) 电力线路应满足安全生产要求，使用低能耗光源照明。
d) 养护区应设置三级沉淀池和废水循环利用系统，生活区应设置隔油池和生活污水处理站。
e) 高噪声设备应采取厂房隔声、安装基础减振和加装消声器等降噪措施。
f) 固体废物应采取分类收集和处理措施。

7.2.5 预制厂场地规划和布置应进行专项设计，总体平面规划图中应包含排水系统、临时用电、消防设施、安全通道。预制厂功能区主要包括生活区、办公区、钢筋加工厂、预制厂，具备条件可按“两区三厂”配置增加混凝土拌和厂，具体功能划分如下：

a) 生活区、办公区应包含办公室、会议室、食堂、宿舍及卫浴间等相关内容，宜设置活动室。

b） 钢筋加工厂应包含原材料存放区、加工区、半成品存放区及成品存放区等。
c） 拌和厂应包含原材料存放区、拌和区、试验室及车辆停放区等。
d） 预制厂应包含预制区、养护区和存储区等。

7.2.6 预制厂地基处理应充分考虑预制台座、存放台座、机械设备和其他生产工具的荷载大小，应有足够的承载力，预制台座及存放台座不应有不均匀沉降。

7.2.7 构件台座的设置应满足下列要求：
a） 台座的数量应根据预制构件的类型、大小、数量以及生产规模等综合确定。
b） 构件台座应具有足够的强度、刚度和稳定性，应能满足各阶段施工荷载和施工工艺的要求。
c） 台座的间距应能满足施工作业的要求。

7.2.8 模具、胎架、吊具等工装设备应定期进行检修。

7.3 墩柱及盖梁预制

7.3.1 墩柱及盖梁钢筋制作应满足下列要求：
a） 钢筋应在专用胎架上制作成型，胎架应有足够的强度和刚度，且支撑定位体系应保证主要受力钢筋不变形，预留预埋钢筋及灌浆套筒等制作允许偏差为±2mm。
b） 钢筋骨架应提前安装构件后续施工所需的各类预埋件，包括吊装运输、空间姿态调整、预应力张拉，以及支座、防雷接地等预埋件。
c） 灌浆套筒、金属波纹管与箍筋的连接应采用绑扎形式，不得采用焊接连接，且应采取加固措施，保证其吊装及混凝土浇筑时不发生变形或移位。灌浆套筒压浆口下缘应设一道箍筋，距离套筒端部不应大于 50mm。

7.3.2 预制墩柱的底座应满足构件重量、密封性的要求，以及钢筋骨架及模板的翻转要求。

7.3.3 盖梁混凝土宜一次性浇筑完成，浇筑时宜先行浇筑灌浆套筒或金属波纹管、预应力装置范围内的混凝土。

7.3.4 墩柱应竖向预制，墩柱混凝土宜一次性浇筑完成，浇筑时宜先行浇筑灌浆套筒范围内的混凝土。

7.3.5 预制构件拼接面采用剪力键时，相邻构件宜采用匹配浇筑。

7.3.6 应根据混凝土的品种、工作性及预制构件的规格形状等因素，制定合理的振捣成型工艺，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。

7.3.7 灌浆套筒、金属波纹管厂内安装应符合下列要求：
a） 灌浆套筒安装前应按厂家提供的检验报告及产品说明书检查套筒外观质量、尺寸和配件。
b） 灌浆套筒现场拼接端应安装在装有定位销的定位板上，定位板固定在底模上，连同底模一同固定在钢筋胎架一端（墩柱或盖梁），以此为基准安装主筋和其他钢筋，灌浆套筒应垂直于底模。
c） 金属波纹管应采用内衬钢管等措施保证预制过程中不变形。
d） 灌浆套筒、金属波纹管压浆口和出浆口的方向应安装正确，压浆管、出浆管和对应的压浆口和出浆口连接应密封牢固，压浆管、出浆管的长度应根据承台、墩柱或盖梁预留准确，并用止浆塞塞紧。
e） 构件拆模后，应及时检查灌浆套筒、金属波纹管内腔是否干净通畅，确保无水泥浆等杂物，如有漏浆或杂物，应及时清理内腔。

7.3.8 拼接缝处的构件表面在浇筑完成后应及时处理。
a） 对于砂浆拼接缝处的构件表面应及时进行粗糙处理，脱模后可采用高压水枪冲洗或凿毛处理露出混凝土粗骨料。
b） 采用环氧拼接缝的构件应在浇筑完成后清除脱模剂，保证接封面干燥、洁净，并使混凝土表面尽量平整。

7.4 预应力混凝土小箱梁预制

7.4.1 预制梁台座的强度应满足预应力张拉要求，反拱度的设置应满足设计要求。

7.4.2 小箱梁模板预设反拱及预留压缩量应根据设计要求、计算张拉力、弹性模量等综合确定。

7.4.3 小箱梁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。

7.4.4 小箱梁预制时所需预埋件包括预应力管道、橡胶抽拔管、预应力锚夹具、吊钩及转向器等，应保证所有预埋件及预留孔洞不会在钢筋骨架吊装、混凝土浇筑过程中发生位移。

7.4.5 小箱梁混凝土应连续浇筑成型，每片梁浇筑总时间不宜超过 6h，混凝土浇筑过程中对箱梁倒角、支座上方、锚垫板附近等局部重点位置应优先放料，同时加强振捣。

7.4.6 预应力筋施工应满足设计要求，并应符合下列规定：

a) 混凝土强度和弹性模量达到设计值的 90%后，方可张拉预应力钢束。

b) 预应力筋张拉锚固后，孔道应尽早压浆，且应在 48h 内完成。

7.4.7 当边梁连带防撞护拦一并预制时，应采用临时支撑措施，防止边梁失稳倾覆。

7.4.8 小箱梁采用蒸汽养护时，蒸汽养护应符合下列规定：

a) 蒸汽养护分静停、升温、恒温、降温四个阶段。

b) 静停阶段应保持棚温不低于 5℃，时间不应小于 2h，且不宜多于 6h；升温应加热均匀，升温速度不应大于 10℃/h；恒温阶段蒸汽养护温度宜控制在 55～65℃之间，相对湿度应控制在 90%～100%之间，恒温养护时间应结合构件拆模强度、混凝土配合比及环境条件等确定；降温应均匀，降温速度不应大于 10℃/h。

c) 构件在养护过程中，应进行温度测量。拆除养护设施时，外界与构件表面温差不应大于 15℃。

7.4.9 为避免影响湿接缝横向钢筋连接，同一跨各片主梁的混凝土浇筑龄期差、终张拉时混凝土龄期不宜超过 10d。

7.5 钢混组合梁预制

7.5.1 钢梁应委托具有相应资质的制造厂加工制造，制造厂应对设计图纸进行工艺性审查，确定制造工艺，当设计方案需要修改时，应取得设计单位的同意，并签订变更文件。

7.5.2 钢梁加工应满足下列要求：

a) 钢梁的分段应满足设计要求，避免内力（应力）较大区域。

b) 制造商应根据设计图纸的内容和要求，结合钢结构的焊缝形式，进行焊接工艺评定试验，并根据评定报告制定焊接工艺规程。

c) 钢梁整体组装工作应在专用胎架上进行，胎架应有足够的刚度，胎架基础应有足够的承载能力以保证生产过程中不发生沉降。

d) 钢梁各单元都必须进行全面质量管理，下料、零件制作、组装、焊接、矫正、探伤、涂装等必须记录在案，并得到监理工程师认可。

e) 钢梁出厂前应试拼装，并应按照设计要求和相关技术规范进行验收。

7.5.3 焊钉连接件施工应满足下列要求：

a) 焊钉宜在工厂内成型和焊接，焊钉施工前应对平面位置进行准确测量和放样，钢梁表面应平整，无裂缝、毛刺、凹坑、变形等缺陷。

b) 连接件与钢梁焊接前，应进行焊接工艺评定试验，合格后方可正式实施。

c) 宜采取先内排后外排的焊接次序逐排焊接剪力钉，同一排剪力钉焊接时，应间隔进行。

7.5.4 混凝土桥面板预制应符合下列要求：

a) 桥面板应按设计要求设置吊点，设计未要求时按本文件第 6.1.7 条设置钢筋吊环。

b) 桥面板底模、侧模宜采用钢模，确保接缝平顺，板面平整，转角光滑；模板安装后应对模板的安装质量进行检查，重点检查尺寸、拼缝及预留孔洞位置，侧模上应开有钢筋定位槽口。

c) 应在底模标识桥面板钢筋位置，确保剪力钉与钢筋不冲突。

d) 桥面板预制混凝土达到 2.5MPa 时，板顶面及四周应进行凿毛处理，确保粗骨料外露，且凿毛深度不宜小于 5mm。

e) 对梳形板、预留孔洞、拼接缝等易漏浆部位，应采取有效的堵浆措施，宜使用强力胶条等进行止浆，严禁使用布条、海绵等止浆。

f) 相邻预制板外伸钢筋布置应满足本文件第 6.4.8 的有关规定。

7.5.5 混凝土拌制、浇筑及养护应符合下列要求：

a) 单块预制板应一次浇筑完成，不设施工缝。

b） 桥面板横向宜从较厚的梗肋处开始向两端浇筑。
c） 混凝土桥面板的各个部分应振捣充分、均匀，尤其对钢筋密集部位，应振捣密实。

7.6 厂内存储

7.6.1 堆放场地应平整、坚实，并保持排水良好，构件与地面之间应留有一定空隙，堆放构件时应用木方或垫块垫实，不得直接堆放于地面上。
7.6.2 厂内运输应具备合理的运输组织方案，包括运输时间、次序、运输路线、固定要求、堆放支垫及成品保护措施，应减少二次倒运与现场堆放。
7.6.3 预制构件厂内堆放应满足下列要求：
a） 小箱梁堆叠层数不宜超过 2 层。
b） 桥面板堆叠层数不宜超过 6 层，且叠放高度不宜超过 2m，存储区承载力需经验算处理论证，构件叠放时每层构件的支点应在同一投影位置。
c） 盖梁宜单层存放，构件间距应不小于 60cm，构件存放支点应参考构件重心对称设置。
d） 墩柱宜竖直堆放，且应验算其在最不利荷载下的稳定性，抗倾覆安全系数应不小于 2；若不满足要求，应采取必要的支护措施。墩柱构件宜两排为一个存储单位，各存储单位需设置构件吊运通道，通道宽度控制不小于 L+1.0m（L 为预制墩柱横断面最大尺寸）。
7.6.4 墩柱、盖梁应满足设计要求的存放时间，当设计无要求时，不应少于 28d，且混凝土强度及弹性模量应达到 100%。
7.6.5 为了防止小箱梁上拱过大，以及预制梁与整体化层由于龄期差别而产生过大收缩差，小箱梁厂内存放不宜超过 90d；若超过 90d 应及时观测结构变形，结构预拱度超过设计要求时，需采取加载措施。
7.6.6 预制板安装前，厂内存放不宜少于 3 个月。
7.6.7 预制构件涉及的预留预埋部位应采取防锈、防污染、防碰损措施，落实成品保护。
7.6.8 预制构件出厂前应全数检查并清理灌浆套筒、金属波纹管内腔及进出浆口。

8 吊装及运输

8.1 吊装

8.1.1 预制构件吊装前应按照现行《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》（JGJ 276）及《建筑机械使用安全技术规程》（JGJ 33）的要求编制吊装运输方案并报送相关单位，方案批复后方能施工作业。
8.1.2 吊装设备应符合使用要求，使用前应检查机具的维修、使用、检验合格记录。
8.1.3 预制厂起重吊装设备的行走基础设计需提供验算书，大型设备安拆应组织评审。
8.1.4 各类钢筋骨架、构件的吊装方案应进行专项设计，构件起吊前应进行试吊，对起吊系统的安全性进行确认。
8.1.5 构件吊点应满足设计要求，设计无要求时，应按本文件第 6.1.7 的要求设置，并附验算书。
8.1.6 起吊时，混凝土强度应满足吊点和构件的受力安全，构件翻身时应采取措施防止构件出现裂缝。
8.1.7 吊机起吊、降落时应缓慢、均匀，运行时应平稳，禁止紧急制动，防止损伤构件。
8.1.8 起重机工作级别及额定起重量应符合《通用门式起重机》（GB/T 14406）的有关规定，吊钩起升高度 H 宜为构件高度 h_1+锁具长度 h_2+构件吊运离地间距 h_3（宜为 50cm～100cm）+构件施工平台高度 h_4（与吊钩计算起升高度参考面的相对值）。
8.1.9 采用起重机吊装构件时，应满足下列要求：
a） 采用一台起重机起吊，吊载荷不超过允许载荷的 80%，吊绳与起吊构件的交角小于 60° 时，应设置吊架或起吊扁担，使吊环垂直受力。

b) 采用两台起重机抬吊宜选用起重性能相似的起重机，抬吊时统一指挥，动作配合协调，载荷分配合理（吊点设置按构件重心对称布置），起吊重量不超过两台起重机在该工况下允许起重量总和的 75%。
c) 起重机带载行走时，起重量不超过相应工况额定起重量的 70%。

8.2 厂外运输

8.2.1 构件运输过程中应符合当地关于环境保护的相关要求，控制噪声与扬尘。
8.2.2 运输方案应符合道路交通管理部门的相关要求，超限构件运输应符合《超限运输车辆行驶公路管理规定》，并编制专项构件运输方案报交通管理部门评审，审批通过后方可运输。
8.2.3 构件出厂运输前应对路线实地勘察并优选运输路线，并应根据构件大小、重量、运输车辆和起吊设备的类型，检查、整修沿线构造物，保证沿线道路、桥梁具有足够的承载力。
a) 道路纵横向坡度应满足车辆行驶和制动的安全需求，纵向坡度不应大于 3%，横向坡度不应大于 2%。
b) 道路最小曲率半径应不小于运输车辆的允许转弯半径。
c) 运输车辆通过的界限内不得有任何障碍物。
8.2.4 构件运输前应编制详细的运输方案和专项保护方案，应包含构件放置方向、支承点设置、吊点设置、构件翻身处理、外露钢筋保护等内容。
8.2.5 运输车辆起步和运行应缓慢、平稳前进，严禁突然加速或紧急制动。
8.2.6 构件运输时，不得使其在装卸及运输过程中产生任何形式的损伤和变形。
8.2.7 预制构件长度（及重量）应满足运输路线上道路转弯及桥梁承载的限制要求，可通过性的评定可按附录 A 执行，轴重当量限制参考附录 B 执行，或参照附录 C 查表选用。

9 安装

9.1 一般规定

9.1.1 施工单位应根据预制构件大小、重量以及现场施工工况合理选择吊装设备，编制构件专项安装方案应符合设计文件、现行国家标准及行业规范的要求，方案经相关单位批复后方能实施。
9.1.2 人员的配备应满足安装的需要，安装前应对设备与施工机具进行调试，对不同品种、规格及用途的材料分别妥善存放。
9.1.3 构件运输进场时，应核验产品合格证明文件，交接验收记录。
9.1.4 拼装前，施工、监理单位应对拼装方案中的材料、设备到场情况、吊装区域临时支架及地基处理情况进行严格复查。
9.1.5 安装现场应加强安装精度与接缝质量控制，提出质量保证措施，制定防范技术对策。
9.1.6 现场装配前应由勘测设计单位对控制性桩点进行现场交桩，并应在复测原控制网的基础上，根据施工需要适当加密、优化，并建立满足拼装精度要求的施工测量控制网。
9.1.7 构件安装前应进行测量放线，设置构件安装定位标识，应检查安装构件的外形和尺寸、预埋件的尺寸、标高及平面位置，合格后方可进行起吊安装。
9.1.8 施工区域有管线及地下构筑物时，必须与权属单位协商制定保护方案和加固措施，必要时采取监测控制。

9.2 墩柱及盖梁安装

9.2.1 预制拼装通过控制各拼接面浆液厚度确保桥面标高满足设计要求，墩柱预制时，墩柱高度应考虑拼接面浆液总厚度。
9.2.2 拼装前应对拼接缝进行表面处理，清除尘土、油污及松散混凝土与浮浆，确保表面无油污、无水且可见灰粉。
9.2.3 预制墩柱、盖梁构件拼接面采用座浆料连接，构件安装前应进行构件预拼装，同时应对构件外露钢筋进行除锈处理，准备工作就绪后再进行座浆料布料。

9.2.4 承台混凝土强度达到85%后，方可吊装墩柱进行拼装。

9.2.5 应选择风力较小期间进行墩柱的现场拼接，应采取安全可靠的临时支撑装置并留有接缝操作空间，确保定位后，后方可解除起重吊钩。

9.2.6 灌浆套筒、金属锚固波纹管压浆1天后，或灌浆料强度≥35MPa后方可进行下一道工序施工。

9.2.7 预制墩柱、盖梁应根据设计要求和施工工艺确定施工流程。

a) 墩柱与承台采用灌浆套筒或金属波纹管现场连接工艺流程：拼接面清理→拼接缝测量→铺设挡浆模板→调节垫块找平→墩柱构件预拼装→调节设备安放→充分湿润拼接缝表面→铺设砂浆垫层→立柱吊装就位→调节设备安放→垂直度、标高测量→调节立柱垂直度→灌浆套筒连接或金属波纹管连接。

b) 墩柱与承台采用承插式连接现场连接工艺流程：承台钢筋笼绑扎→预制墩吊装、定位→调节垫块找平→调节墩柱垂直度及空间坐标→墩柱固定→浇筑承台。

c) 墩柱节段之间采用灌浆套筒连接现场连接工艺流程：表面处理并充分干燥→拼接缝测量→涂刷环氧粘结剂→立柱节段拼装→安放调节设备→垂直度、标高测量→调节立柱垂直度→灌浆套筒连接。

d) 盖梁与墩柱采用灌浆套筒或金属波纹管现场连接工艺流程：拼接面清理→拼接缝测量→铺设挡浆模板→调节垫块找平（涉及临时支撑需安装复核格构柱）→盖梁构件预拼装→拼接缝表面充分湿润→铺设砂浆垫层→盖梁吊装就位→调节盖梁空间坐标→灌浆套筒连接或金属波纹管连接。

e) 盖梁节段之间采用胶拼缝现场连接工艺流程：拼接面清理并充分干燥→节段盖梁现场试拼装→涂刷环氧树脂胶→节段盖梁拼装→安装临时固定措施装置→盖梁轴线、标高测量→节盖梁段调整→永久预应力钢束施工→拆除临时固定措施装置。

f) 盖梁节段之间采用湿接缝现场连接工艺流程：节段盖梁与墩柱连接施工→湿接缝处连接盖梁钢筋并安装预应力波纹管及箍筋→搭设湿接缝模板并浇筑混凝土→分批张拉盖梁预应力钢束形成整体。

9.2.8 预制墩柱、盖梁构件安装，应于构件纵、横轴线各架设一台全站仪同时进行观测，以调整构件垂直度及轴线位置，调节设备宜采用小型千斤顶。

9.2.9 墩柱拼装就位后应设置临时支承措施防止倾覆。

9.2.10 预制构件拼接缝采用砂浆垫层时，砂浆拌制及灌注应符合下列要求：

a) 构件拼装前，应将拼接面充分润湿但不积水，承台或墩柱顶面应设置调节垫块，垫块控制标高、垂直度和垫层厚度，垫层厚度应大于调节垫块高度，调节垫块的材质和强度应符合设计要求。

b) 座浆施工之前应在墩柱、承台顶面设置挡浆板，挡浆板与墩柱之间应保证接缝密实、不漏浆。

c) 拌制砂浆垫层时，每一批次砂浆应取不少于3组试件，标准条件养护后进行抗压强度试验。

d) 拼接过程中，砂浆垫层的拼接面应一次完成座浆，且应确保浆液饱满，座浆后不得调整构件姿态。

e) 砂浆初凝后方可拆除挡浆板，将周边多余接缝砂浆切除、修整平齐。

9.2.11 灌浆连接应按以下工艺流程：灌浆料倒入搅拌设备→计算水量并精确称重→专用设备高速搅拌→浆料倒入储浆装置→浆料倒入灌浆设备并连接压浆口压浆→出浆口出浆或端部出浆→持续出浆后停止压浆并塞人止浆塞→下一个套筒或金属波纹管压浆。

9.2.12 钢筋灌浆套筒连接或钢筋锚固金属波纹管连接时，灌浆料拌制及灌注应满足下列要求：

a) 灌浆料应根据设计要求和试验测试结果，精确控制配合比，应采用专用的设备进行搅拌和灌浆，并严格控制搅拌、灌浆工艺参数。

b) 灌浆料宜在拼装前进行流动度测试及1d龄期强度测试，且应满足第5.5.1条规定后方可用于施工。

c) 灌浆时，出浆口高度应高于套筒顶部10cm以上，且应连续冒浆时方可停止注浆，并能成功封堵和保压，冒浆及封堵检验覆盖率应为100%，且应做好灌浆全过程的施工记录。

d) 浆液自拌制完成至压入孔道的延续时间不超过 40min，灌浆完成后应及时清理残留在构件上的多余浆体。
e) 当施工气温低于 5℃时，应对灌浆料进行保温，温度应在 10～40℃之间，同时应对拌合用水进行加热，温度应在 30～65℃之间，拌合灌浆料成品工作温度不应小于 5℃。
f) 灌浆施工应保持连续，如在压浆过程中遇停电等突发状况时，现场应配备应急发电设备或高压水枪等清理措施。

9.2.13 当墩柱与承台采用承插式连接时，应满足下列要求：
a) 承台槽口的混凝土强度必须达到设计要求，方可进行预制墩柱安装。
b) 墩柱拼装前应清理槽口，连接面混凝土应进行严格凿毛处理，并清理干净，浇筑前应采用淡水充分湿润并涂刷界面剂，在承台槽口内设置 2cm 砂浆垫层，砂浆的厚度应均匀，且应一次性浇筑完成。
c) 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，同时采取调位装置对其进行三维调节，精确定位后及时锁定。
d) 混凝土宜在一天中温度相对较抵的时段浇筑，待槽口混凝土达到设计强度 75%后方可拆除临时支撑，且混凝土浇筑后养护时间不应少于 14d。

9.2.14 节段拼装预应力混凝土盖梁结构，其临时固定措施应在节段拼装完成，永久预应力张拉并在灌浆强度达到设计要求后才能卸除。

9.2.15 当盖梁节段采用胶接缝施工时，应满足下列要求：
a) 结构胶的涂抹厚度不宜超过 3mm，不应小于 2mm。
b) 拌制完成的结构胶应在 45min 之内涂抹完毕，并在 90min 之内完成节段盖梁拼装。
c) 施加临时预应力时，结构胶应在盖梁全断面挤出。
d) 应对预应力孔道做好防护，防止结构胶进入孔道，每个节段拼装完成后，应适时通孔。

9.2.16 预制盖梁采用湿接缝连接时，应满足下列要求：
a) 钢筋宜在工厂制作成半成品运输至现场安装，纵向钢筋采用焊接连接。
b) 湿接缝宜采用吊模法施工，吊模采用定型钢模，根据湿接缝形状及混凝土重量设计，便于模板多次周转使用。
c) 模板钢筋、支架和预埋件进行检查经检查签证符合要求后方可浇筑混凝土。
d) 现场浇筑应控制混凝土浇筑速度，尽量减少间歇时间，提高混凝土的抗裂强度，防止出现裂缝。
e) 湿接缝混凝土宜采用覆盖土工布洒水养护，养护时间不少 7 天。

9.2.17 现场浇筑支座垫石时需保证垫石位置和高程准确，垫石顶表面必须保持平整。可通过实测数据微调墩顶支座垫石的垫层厚度，确保支座高程及中心位置的精度要求。

9.3 预应力混凝土小箱梁安装

9.3.1 采用架桥机安装小箱梁时，其抗倾覆系数不应小于 1.3。架桥机过孔时，应将起重小车置于稳定的位置，抗倾覆系数不应小于 1.5；不得采用将小箱梁挂在架桥机后部配重的方式进行过孔作业。

9.3.2 小箱梁安装期间及架桥机移动过孔时，严禁行人或车辆在作业区域的桥下通行。

9.3.3 采用缆索吊机安装小箱梁时，应事先对缆索吊机进行 1.2 倍最大设计荷载的静力试验和设计荷载下的试运行，全面验收合格后方可使用。

9.3.4 小箱梁宜采用设吊孔穿束兜托梁底的吊装方法，吊点位置、预留孔等应满足设计要求。

9.3.5 小箱梁架设安装时，梁体应保持平稳起落，落梁时梁体两端应同步缓慢起落，不得冲击支座，梁体就位时，应设置用于调整空间位置的装置。

9.3.6 小箱梁翼缘环形钢筋、端部横向连接钢筋应采用定位辅助措施准确定位。

9.3.7 对于简支小箱梁，现浇跨中横梁应在一孔主梁全部安装完成后进行施工；对于连续小箱梁，现浇跨中横梁宜在一联主梁全部安装完成后进行施工。

9.3.8 湿接缝混凝土宜在一天中气温最低且温度场均匀稳定的时候浇筑，养护时间不应少于 14 天。

9.3.9 小箱梁湿接缝新老混凝土连接处及顶板表层混凝土应在出厂前凿去 5～10mm，在浇筑混凝土时湿润表面，以保证新老混凝土的良好结合。

9.3.10 湿接缝混凝土应采用平板振动器振捣。混凝土振捣浇筑完成后，梁顶采用木抹子抹光，初凝之前再进行二次收浆并拉毛处理。

9.3.11 先简支后结构连续的小箱梁施工应满足下列要求：

a) 永久支座应在设置湿接缝底模之前安装，湿接缝的模板应具有足够的强度和刚度，与梁体的接触面应密贴并具有一定的搭接长度，各接缝应严密不漏浆。

b) 负弯矩区预留相互对接的预应力孔道，中心应在同一轴线上，偏差不应大于 4mm。

c) 负弯矩区预应力管道内浆体达到规定强度后，应及时拆除临时支座并按设计要求完成体系转换。

d) 同一片梁的临时支座应同时拆除。

9.4 钢混组合梁安装

9.4.1 钢梁现场安装应满足下列要求：

a) 对容易变形的杆件应采取临时加固措施。

b) 钢梁现场安装过程中，不得在现场对结构杆件进行未经批准的临时性焊接和切割作业。

c) 钢梁应合理设置吊点位置，避免钢梁发生扭转、翘曲和侧倾。

d) 钢梁安装时，应进行过程控制，确保其内力、变形、线性及高程符合设计要求。

9.4.2 钢梁的高强螺栓及焊缝连接应符合下列要求：

a) 梁段间的焊缝应在梁段就位后并经检查合格后方可施焊。

b) 当钢梁为焊接和高强螺栓结合时，高强螺栓应在焊缝检查合格后再终拧。

9.4.3 钢混组合梁预制桥面板的形状、尺寸、预留孔位置等应经检验符合设计要求后方可安装，预制桥面板安装顺序、接缝方法、与钢梁的连接形式等应符合设计要求。

9.4.4 预制桥面板安装前，应将钢梁与桥面板结合面及剪力钉连接件表面彻底除锈，并清除结合面的上油污等妨碍钢与混凝土结合的物质。

9.4.5 桥面板起吊和存放时，吊点不应少于 4 个，并配置相应的吊具，防止桥面板受力不均产生裂纹，桥面板吊装时混凝土强度不应低于设计要求，设计未规定时，不应小于设计强度的 85%。

9.4.6 预制板安装后应检查橡胶条四周是否压紧、密贴、鼓包，避免浇筑湿接缝时混凝土出现漏浆。

9.4.7 预制桥面板安装时，剪力槽和湿接缝施工要求应符合下列规定：

a) 剪力槽、湿接缝的浇筑时机和浇筑顺序应符合设计和施工的相关要求。

b) 剪力槽、湿接缝在浇筑混凝土之前，应对在安装过中变形的连接钢筋和剪力钉予以校正和调直，对损坏的连接件应进行修复，并应按设计要求进行连接钢筋的绑扎或焊接。

c) 混凝土浇筑过程中应保证连接件周围混凝土的密实性，在保证振捣效果的前提下，避免触碰焊钉造成损坏。

d) 湿接缝混凝土的顶面宜比预制安装桥面板略高出 2～3mm；浇筑完成后，应对混凝土的顶面进行拉毛或采取其他增加粗糙度的处理。

e) 剪力槽、湿接缝浇筑完成后，应及时进行覆盖养护膜、涂刷养护剂或其他保湿养护措施，养护期不应少于 14 天；对于裂缝控制要求较高的部位，宜同时采用覆盖保温被等保温养护措施。

9.4.8 湿接缝混凝土的强度在未达到设计强度等级的 85%之前，不得在桥面上通行、堆放材料或进行其他施工作业。

9.4.9 对于钢混组合连续梁，宜采用先跨中后支点的施工流程进行预制桥面板安装，湿接缝浇筑顺序由跨中向墩顶方向合拢，以改善中墩顶板弯矩区混凝土桥面板的受力。

9.4.10 钢混组合梁桥面板采用现浇时应符合下列要求：

a) 混凝土浇筑前，应确认钢梁的位置、高程、连接构造以及临时支架等达到设计和施工要求。

b) 混凝土浇筑应全断面连续浇筑，纵桥向应由跨中向支点浇筑，横桥向应由中间向两测浇筑。

10 质量验收

10.1 一般规定

10.1.1　预制装配桥梁施工质量的验收除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

10.1.2　本文件未涉及的新技术、新工艺、新设备、新材料的使用，其施工质量的验收应符合设计要求和相关标准的规定。

10.1.3　质量验收的组织和程序应符合现行《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）和有关文件的规定。

10.1.4　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个级别。

10.1.5　预制装配桥梁工程的分部工程和分项工程及检验批的划分明细如表 10 所示。

表 10　预制装配桥梁工程的分部工程和分项工程及检验批划分

分部工程	子分部工程	分项工程	检验批
基础及下部结构预制和安装	承台（墩柱预制）	钢筋加工及安装（定位装置安装）	每个承台
	预制墩柱	预制：模板、钢筋加工及安装（定位装置安装）、灌浆套筒安装、墩柱预制； 安装：墩柱座浆、墩柱安装、灌浆套筒压浆；	预制：每个墩柱 安装：每个墩柱
	预制盖梁	预制：模板、钢筋加工及安装（定位装置安装）、灌浆套筒或波纹管安装、盖梁预制； 安装：盖梁座浆、盖梁安装、灌浆套筒或波纹管压浆、湿接缝（模板、钢筋加工及安装、预应力加工和张拉、预应力管道压浆）	预制：每个盖梁 安装：每个盖梁以及现浇段
上部结构预制和安装	小箱梁	模板、钢筋加工及安装、预应力加工和张拉、预应力管道压浆、小箱梁安装	工厂每片梁、现场每片主梁
	钢梁	钢梁加工制造	
	桥面板	模板、钢筋加工及安装、桥面板预制	

10.1.6　分项工程应按照实测项目、外观质量和质量保证资料等检验项目分别检查。

10.1.7　预制装配桥梁施工应进行全过程质量控制，在上一道施工工序质量检验合格后方能进入下一道施工工序。

10.2　构件预制

10.2.1　钢筋工程实测项目应符合表 11 的规定。

表 11　钢筋工程实测项目

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
受力钢筋间距（mm）（Δ）		±5	尺量：每构件测 3 个断面
箍筋、构造钢筋、螺旋筋间距（mm）		±10	尺量：每构件测 10 个间距
钢筋骨架尺寸（mm）	长	±5	尺量：按骨架总数 30%抽测
	宽、高或直径	±5	
弯起钢筋位置（mm）		±20	尺量：每骨架抽查 30%
定位板孔中心位置、灌浆套筒与金属波纹管中心位置及间距、定位板孔间距（mm）（Δ）		±2	尺量：检查 100%
预应力波纹管坐标（mm）	梁长方向	±30	尺量：每构件抽查 30%管道，每个曲线测 3 点
	梁宽方向	±10	
	梁高方向	±10	
预应力波纹管间距（mm）	同排	±10	尺量：每构件抽查 30%管道，测 2 个断面
	上下层	±10	
混凝土保护层垫块		4 块/m^2	每个构件每个面抽查 50%面积
保护层厚度（mm）（Δ）		±5	尺量：每构件各立模板每 3m^2检查 1 处，且每侧面不少于 5 处
注：表中“Δ”表示关键检查项目。			

10.2.2　墩柱及盖梁预制实测项目应符合表 12～表 13 的规定。

表 12　墩柱预制实测项目

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
混凝土强度（MPa）（Δ）		≥设计值	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
断面尺寸（mm）		±5	钢尺量：每个构件两侧各 1 个断面，宽、厚各 2 点，共 4 个点
高度（mm）		-5，0	钢尺量：每个构件两侧各 1 个点，共 2 个点
平整度（mm）		≤3	2m 靠尺和塞尺量：每侧面测 2 个点
侧向弯曲（mm）		≤H/2000，且不大于 5	沿构件全高拉线，钢尺量：每个构件
支座垫石（mm）	位置	≤5	尺量：每个垫石测 2 个点
	尺寸	±5	
	预锚孔位置	±10	
灌浆套筒中心位置（mm）（Δ）		≤2	尺量：每个连接面抽查 4 个角点
立柱外露钢筋（mm）（Δ）	中心线位置	≤2	尺量：每根
	外露长度	-2，0	
注：表中“Δ”表示关键检查项目。			

表 13　盖梁预制实测项目

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
混凝土强度（MPa）（Δ）		≥设计值	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
断面尺寸（mm）		±5	钢尺量：每个构件两侧各 1 个断面，宽、厚各 2 点，共 4 个点
长度（mm）		±5	钢尺量：每个构件两侧各 1 个点，共 2 个点
平整度（mm）		≤3	2 m 靠尺和塞尺量：每侧面测 2 个点
侧向弯曲（mm）		≤L/1500，且不大于 10	沿构件全长拉线，钢尺量：每个构件
支座垫石（mm）	位置	≤5	尺量：每个垫石测 2 个点
	尺寸	±5	
	预锚孔位置	±10	
灌浆套筒、金属波纹管中心位置（mm）（Δ）		≤2	尺量：每个连接面抽查 4 个角点
预埋件中心位置（mm）（Δ）		±10	尺量：每件
注：表中“Δ”表示关键检查项目。			

10.2.3　小箱梁预制实测项目应符合表 14 的规定。

表 14　小箱梁预制实测项目

检查项目			规定值或允许偏差	检查方法和频率
混凝土强度（MPa）（Δ）			≥设计值	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
长度（mm）			+5，-10	尺量：每梁顶面中线、底面两侧
高度（mm）			0，-5	尺量：每梁测 3 个断面，
断面尺寸（mm）（Δ）	宽度	顶宽	±20	尺量：每梁测 3 个断面
		底宽	±10	
	厚度	顶板	+5，0	
		底板	+5，0	
		腹板	+5，0	
		横隔板	+5，0	尺量：每件
平整度（mm）			≤5	2m 直尺：沿梁长方向每侧面每 10m 梁长测 1 处×2 尺
横系梁及预埋件位置（mm）			≤5	尺量：每件
横坡（%）			±0.15	水准仪：每梁测 3 个断面
注：表中“Δ”表示关键检查项目。				

10.2.4　钢混组合梁预制实测项目应符合表 15～表 16 的规定。

表 15　组合梁钢板实测项目

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
梁高（mm）	主梁≤2m	±2	钢尺：测量两端腹板处高度
	主梁>2m	±4	
	横梁	±1.5	
	纵梁	±1.0	
梁长（mm）	全长	±15	钢尺：测量两端长度
	横梁	±1.5	
	纵梁	+0.5，-1.5	
纵横梁旁弯值（mm）		≤3	梁立置时在腹板一侧距主焊缝100mm处拉线测量，测中部、四分点3处
拱度（mm）	主梁（不设预拱度）	+3，0	梁卧置时在下盖板外侧拉线测量：测中部、四分点3处
	主梁（设预拱度）	+10，-3	
	两片主梁拱度差	≤4	分别测2片主梁拱度，求差值
平面度（mm）	主梁腹板	≤h/350，且≤8	2 m直尺：沿梁长方向每侧面每10m梁长测1处×2尺
	横梁腹板	≤h/350，且≤5	平尺及塞尺：测3处
焊缝尺寸		满足设计要求	量规：检查全部，每条焊缝检查3处
焊缝探伤（Δ）			超声法：检查全部 射线法:按照设计要求,设计未要求时按10%抽查，且不少于3条
高强螺栓扭矩（Δ）		±10%	扭矩扳手：检查5%，且不少于2个
注：表中“Δ”表示关键检查项目。			

表16　组合梁预制板实测项目

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
混凝土强度（MPa）（Δ）	≥设计值	按JTG F80/1-2017附录D检查
长度（mm）	±3	尺量：每块板测顶面、底面两侧
宽度（mm）	±3	尺量：每块板测顶面、底面两侧
厚度（mm）	+5，0	尺量：每块板测2个断面
平整度（mm）	≤5	2 m直尺：沿梁长方向每侧面每10 m梁长测1处×2尺
预埋件位置（mm）	≤5	尺量：每件
横坡（%）	±0.15	水准仪：每块板测2个断面
注：表中“Δ”表示关键检查项目。		

10.2.5　预制构件外观质量不应有严重缺陷，且不宜有一般缺陷，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。

10.2.6　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。

10.2.7　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17的规定划分为严重缺陷和一般缺陷。

表17　预制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	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
空洞	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	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、飞出凸肋等装饰面砖粘结不牢、表面不平、砖缝不顺直等	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

10.3 现场安装

10.3.1 墩柱及盖梁现场安装实测项目应符合表 18～表 19 的规定。

表 18 墩柱安装实测项目

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
轴线位置（mm）（Δ）	≤5	经纬仪及尺量：每个墩柱纵横向各 1 点，共 2 点
顶面高程（mm）	±5	水准仪测量：测 5 处
相邻立柱顶面中心距（mm）	±5	钢尺量：每个墩柱 1 点
相邻立柱顶面高程差值（mm）	±5	水准仪测量：每个墩柱 1 个点
相邻立柱顺桥向中心错位（mm）	±5	经纬仪及尺量：每个墩柱 1 点
垂直度（mm）	≤0.1%H，且不大于 10	经纬仪测量或垂线、尺量：每个墩柱纵横向各 1 点，共 2 点
承台与立柱间接缝厚度（mm）	0，+5	尺量：每个接头，共 2 点
砂浆垫层强度（MPa）（Δ）	≥设计值	按《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80）附录 F 检查
灌浆料抗压强度（MPa）（Δ）	≥设计值	按《钢筋连接套筒灌浆料》（JG/T408）要求进行检验
注：表中“Δ”表示关键检查项目。		

表 19 盖梁安装实测项目

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
轴线位置（mm）（Δ）		≤5	经纬仪及尺量：每个盖梁纵横向各 2 点，共 4 点
顶面高程（mm）		±5	水准仪测量：每个盖梁两端及中间各 1 点，共 3 点
垂直度（mm）		≤0.3%H，且不大于 5	经纬仪测量或垂线、尺量：每个盖梁纵横向各 1 点，共 2 点
支座垫石预留中心线位置（Δ）		10	尺量：每处纵横向各 2 点，共 4 点
盖梁与立柱间接缝厚度（mm）		0，+5	尺量：每个接头，共 2 点
砂浆垫层强度（MPa）（Δ）		≥设计值	按《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80）附录 F 检查
灌浆料抗压强度（MPa）（Δ）		≥设计值	按《钢筋连接套筒灌浆料》（JG/T408）要求进行检验
节段间错台（mm）		≤5	尺量：测每节每侧面
湿接头混凝土强度（MPa）（Δ）		≥设计值	按 JTG F80 附录 D 检查
钢筋连接（Δ）	焊缝尺寸	≥设计值	钢尺量：每个构件检查 30%接头
	机械连接扭矩	≥设计值	扭力扳手校核：每个构件检查 20%接头
接头区域内的箍筋、横向水平钢筋间距（mm）		±10	钢尺量：每个构件检查 30%接头连接处各测 2 个点
注：表中“Δ”表示关键检查项目。			

10.3.2 小箱梁现场安装实测项目应符合表 20 的规定。

表 20　小箱梁安装实测项目

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
支承中心偏位（mm）	≤5	尺量：每跨测 6 个支承处，不足 6 个时全测
顶面高程（mm）	±10	水准仪：每跨测 5 处，跨中、桥墩（台）处应布置测点
相邻梁顶面高差（mm）	≤10	尺量：测每相邻梁高差最大处
湿接缝混凝土强度（MPa）（Δ）	≥设计值	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
注：表中“Δ”表示关键检查项目。		

10.3.3　钢混组合梁现场安装实测项目应符合表 21～表 22 的规定。

表 21　组合梁钢梁安装实测项目

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
轴线偏位（mm）	钢梁中线	≤10	水准仪：每跨测 3 处
	两孔相邻钢梁中线相对偏差	≤5	
梁底标高（mm）	墩台处梁底	±10	水准仪：每跨测 3 处
	两孔相邻钢梁中线相对高差	≤5	
支座安装（mm）	固定支座支承中心偏差（简支）	≤10	全站仪：每个支座
	固定支座支承中心偏差（连续）	≤20	
	支座四角相对高差	≤2	
连接构造	焊缝尺寸	满足设计及规范要求	量规：检查全部，每条焊缝检查 3 处
	焊缝探伤（Δ）		超声法：检查全部 射线法:按照设计要求,设计未要求时按 10%抽查，且不少于 3 条
	高强螺栓扭矩（Δ）	±10%	扭矩扳手：检查 5%，且不少于 2 个
注：表中“Δ”表示关键检查项目。			

表 22　组合梁桥面板安装实测项目

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
顶面高程（mm）	±10	水准仪：每跨测 5 处，跨中、桥墩（台）处应布置测点
相邻预制板间高差（mm）	≤3	尺量：测每相邻板高差最大处
湿接缝混凝土强度（MPa）（Δ）	≥设计值	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
注：表中“Δ”表示关键检查项目。		

10.3.4　安装完成后，构件表面应平整、光洁，无明显色差，棱角线顺直，表面无孔洞、露筋、蜂窝、麻面和缺棱角现象。外观质量的限制性缺陷指标及检查项目应符合现行《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1）和有关文件的规定。

10.4　资料与记录

10.4.1　预制装配桥梁质量验收时，应按现行国家标准的要求提供文件和记录，主要提供下列文件和记录：

a)　工程设计文件、预制构件制作和安装的深化设计图；
b)　预制构件、主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录、抽样复验报告；
c)　预制构件安装施工记录；
d)　预制构件的安装验收记录；
e)　预应力筋用锚具、连接器的质量证明文件和抽样检验报告；
f)　预应力筋安装、张拉的检验记录；
g)　钢筋接头的试验报告；
h)　灌浆连接接头试验报告；

i） 套筒灌浆连接及预应力孔道灌浆施工记录；
j） 预拌混凝土的质量证明文件；
k） 混凝土、灌浆料、砂浆垫层材料强度检测报告；
l） 预制拼装结构分项工程质量验收文件；
m） 预制拼装工程的重大质量问题的处理方案和验收记录；
n） 隐蔽工程验收记录；
o） 分项工程验收记录；
p） 结构实体检验记录；
q） 设计要求或合同约定的其它文件。

10.4.2 预制拼装桥梁分部工程施工质量验收合格后，应按有关规定将验收文件存档备案。

10.5 检验评定

10.5.1 工程质量评定应分为合格与不合格。

10.5.2 工程质量验收评定应在施工单位自检合格的基础上进行。

10.5.3 检验批的质量验收应符合下列规定：
a） 关键项目的质量应经抽样检验合格，关键项目的合格率不应低于 95%。
b） 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。
c） 具有完整的施工原始记录和质量检查记录。

10.5.4 分项工程的质量验收应符合下列规定：
a） 分项工程所含检验批均应符合合格质量的规定。
b） 分项工程所含检验批的质量验收记录应完整。

10.5.5 分部工程的质量验收应符合下列规定：
a） 分部工程所含分项工程的质量均应验收合格。
b） 质量控制资料应完整。
c） 涉及结构安全和使用功能的质量应按规定验收合格。
d） 外观质量验收应符合要求。

10.5.6 评定为不合格的分项工程、分部工程，经返工、加固、补强或者调测，满足设计要求后，可重新进行检验评定。

附 录 A
（资料性）
可通过性评价方法

A.1 评定步骤

a） 根据运输路线的净空构建净空限制条件；
b） 判断预制构件是否满足所述净空限制条件，若满足，执行下一步，否则调整预制构件的尺寸直至满足所述净空限制条件；
c） 计算车辆运载长度限制 L_{max}；
d） 计算轴载当量限制 G_{max}；
e） 根据车辆运载长度限制 $Lmax$ 和轴载当量限制 G_{max} 计算预制构件分段长度限制 C_{max}；
f） 以所述预制构件分段长度限制 C_{max} 进行预制构件分段。

A.2 净空评定

净空限制条件包括宽度方向的尺寸限制B_{max}以及高度方向的尺寸限制H_{max}。

针对方形预制构件，根据构件截面尺寸的宽度B和高度H，判断是否满足净空限制条件，即$B \leqslant B_{max}$，$H \leqslant H_{max}$；针对圆形预制构件，根据构件的直径D，判断是否满足净空限制条件，即$D \leqslant B_{max}$，$D \leqslant H_{max}$。

A.3 道路转弯及桥梁载重评定

首先，针对运输路线上的每个转弯路径，计算该转弯路径对应的车辆运载长度限制L_l；选取最小的L_l作为最终的车辆运载长度限制L_{max}。

计算转弯路径 对应的车辆运载长度限制L_l，所用公式为：

$$L_l = 2\sqrt{\left(2R + B'\right)\left(D' - B'\right)} \quad \text{(A.1)}$$

式中：R为转弯路径l的转弯半径，D'为车道宽度，B'为预制构件的宽度，针对方形预制构件，$B'=B$，针对圆形预制构件，$B'=D$。

其次，针对运输路线上的每座桥梁b，计算该桥梁b对应的轴载当量限制G_b；选取最小的G_b作为最终的轴载当量限制G_{max}。

利用影响线法获取轴载当量限制G_b与运载车辆重轴数量N的关系（参考附录B取用，在N大于8且桥梁技术条件为公路Ⅰ级设计荷载时，G_b的取值为160kN～240kN，桥梁技术条件为公路Ⅱ级设计荷载时，Gb的取值为120kN～180kN）。

根据车辆运载长度限制$Lmax$和轴载当量限制G_{max}计算预制构件分段长度限制C_{max}（以运输路线上的桥梁轴载当量限值18t为例，计算C_{max}见附录C）：

$$L_a + C_{\max} \leq L_{\max} \quad \text{(A.2)}$$

$$L_{\mathrm{f}} + L_{\mathrm{G}} + L_{\mathrm{b}} \leq L_{\max} \quad \text{(A.3)}$$

$$N = \operatorname{int}\left(\frac{AC\gamma}{G_{\max} - G_0} + 0.5\right) \quad \text{(A.4)}$$

$$L_{\mathrm{G}} = \left(N - 1\right) l_v \quad \text{(A.5)}$$

式中：L_a为运载车辆的车头长度；L_f为运载车辆的车头至第一个重轴的距离；L_G为运载车辆的第一个重轴至最后一个重轴的距离；L_b为运载车辆的最后一个重轴距离车尾的距离；N为运载车辆的重轴数量；A为预制构件截面面积，针对方形预制构件，$A=BH$，针对圆形预制构件，$A=\pi D^2/4$，针对内部挖空的预制构件，A取实际截面面积；γ为混凝土重度；G_0为空载状态下重轴的轴载当量；l_v为重轴间距。

图A.1中R_s为内径，对于交叉口为内侧路缘石半径。对于运输车辆，可考虑车头着地与车头悬空两种模式，见图A.2。对于车头着地情况，应带入实际的L_f计算分段长度限制，对于车头悬空情况，应将L_f取0带入计算。

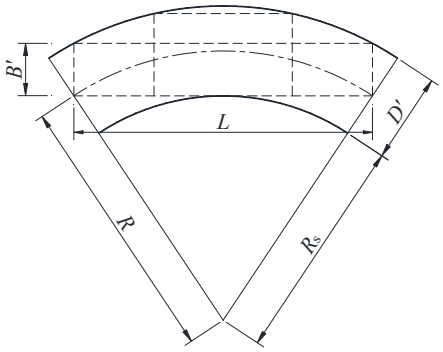
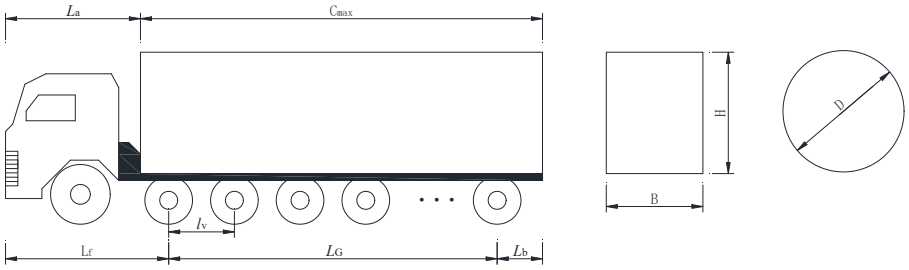
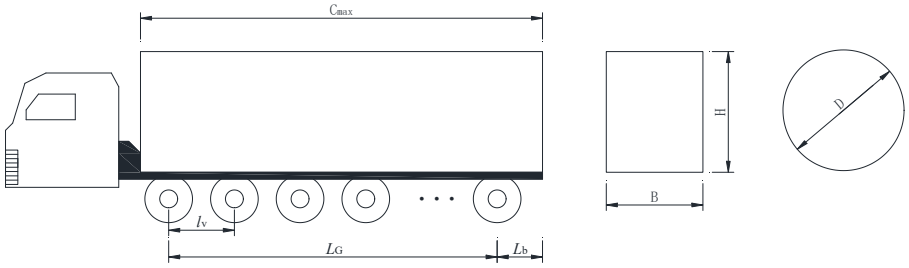


图 A.1 道路转弯半径与车辆尺寸关系



（a）车头着地，考虑车头占用空间情况



（b）车头悬空，不考虑占用空间情况

图 A.2 车辆尺寸的示意

附 录 B
（资料性）
桥梁轴载当量的建议取值

B.1 本附录适用于可通过性评定方法轴载当量限制 G_{max} 的取值，主要对单幅两车道、三车道宽度的桥梁进行加载分析，桥宽更小的桥梁不建议进行大件运输。

B.2 表 B.1、表 B.2 采用公路 I 级（JTG D60）计算得到，公路Ⅱ级可按照 0.75 倍折算取用；表中取值未扣除轴自重。

表 B.1 公路I级（JTG D60）轴载当量限制（单幅双车道桥宽 8.5m）

结构型式	跨径	拖车重轴轴数对应的轴载当量限制/kN				
		四轴	五轴	六轴	七轴	八轴
空心板	8	245.1	230.0	230.0	230.0	230.0
	10	242.4	212.2	204.1	202.4	202.4
	13	236.7	205.7	188.5	176.7	172.5
	16	248.3	212.8	188.2	171.9	162.1
	20	260.7	217.2	192.1	175.0	161.9
T 梁	25	313.2	256.1	222.0	198.8	183.0
	30	344.1	278.0	236.5	208.6	189.7
小箱梁	25	283.0	240.3	214.3	194.1	180.8
	30	305.0	256.3	226.2	202.8	187.4
	40	353.8	293.6	255.3	226.3	206.0

表 B.2 公路I级（JTG D60）轴载当量限制（单幅双车道桥宽 12.5m）

结构型式	跨径	拖车重轴轴数对应的轴载当量限制/kN				
		四轴	五轴	六轴	七轴	八轴
空心板	8	256.7	239.8	239.8	239.8	239.8
	10	253.5	222.3	213.2	211.3	211.3
	13	246.1	215.9	197.2	183.4	178.7
	16	254.2	216.0	193.4	177.3	166.7
	20	257.4	218.6	193.5	175.8	164.2
T 梁	25	382.9	301.6	266.0	240.1	220.9
	30	431.4	336.2	277.8	250.0	228.1
小箱梁	25	335.6	285.0	253.5	229.7	214.0
	30	362.4	304.6	268.1	240.5	221.8
	40	421.1	349.5	303.4	268.9	244.7

附 录 C
（资料性）
一般道路桥梁情况下的可通过性标准

C.1 本附录提供一种简化可查询的长度计算表格，表中 R_s 为内径，对于交叉口为内侧路缘石半径。本表适用于运输路线上桥梁的轴载当量限值为 18t 的情况，且空载轴重取 4t；表中模式一（车头着地）计入车头长度 3.5m，模式二（车头悬空）不计入车头长度。对于其他参数，可按附录 A 的计算方法进行计算。

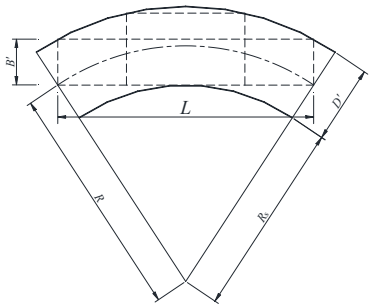


图 C.1 道路计算参数示意图

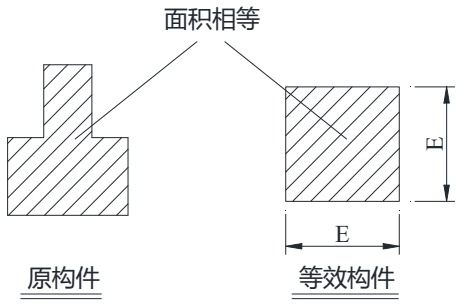


图 C.2 等效宽度换算示意图

C.2 多轴同步转向

表 C.1 多轴同步转向（模式一，方形截面）

车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5m	15	8.08	5.17	3.59	2.64	2.02
	20	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
	30	12.12	7.75	5.38	3.96	3.03
	40	13.46	8.62	5.98	4.40	3.37
	60	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	80	20.19	12.92	8.97	6.59	5.05
	100	22.88	14.65	10.17	7.47	5.72
车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
5.0m	15	13.46	8.62	5.98	4.40	3.37
	20	16.15	10.34	7.18	5.27	4.04
	30	20.19	12.92	8.97	6.59	5.05
	40	22.88	14.65	10.17	7.47	5.72
	60	29.62	18.95	13.16	9.67	7.40
	80	33.65	21.54	14.96	10.99	8.41
	100	37.69	24.12	16.75	12.31	9.42
车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
7.5m	15	18.85	12.06	8.38	6.15	4.71
	20	22.88	14.65	10.17	7.47	5.72
	30	28.27	18.09	12.56	9.23	7.07
	40	32.31	20.68	14.36	10.55	8.08
	60	39.04	24.98	17.35	12.75	9.76
	80	45.77	29.29	20.34	14.95	11.44
	100	51.15	32.74	22.74	16.70	12.79

表 C.2 多轴同步转向（模式二，方形截面）

车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5m	15	10.77	6.89	4.79	3.52	2.69
	20	12.12	7.75	5.38	3.96	3.03
	30	14.81	9.48	6.58	4.84	3.70
	40	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	60	20.19	12.92	8.97	6.59	5.05
	80	22.88	14.65	10.17	7.47	5.72
	100	25.58	16.37	11.37	8.35	6.39
车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
5.0m	15	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	20	18.85	12.06	8.38	6.15	4.71
	30	22.88	14.65	10.17	7.47	5.72
	40	26.92	17.23	11.97	8.79	6.73
	60	32.31	20.68	14.36	10.55	8.08
	80	36.35	23.26	16.15	11.87	9.09
	100	41.73	26.71	18.55	13.63	10.43
车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
7.5m	15	22.88	14.65	10.17	7.47	5.72
	20	25.58	16.37	11.37	8.35	6.39
	30	30.96	19.82	13.76	10.11	7.74
	40	35.00	22.40	15.56	11.43	8.75
	60	43.08	27.57	19.15	14.07	10.77
	80	49.81	31.88	22.14	16.26	12.45
	100	55.19	35.32	24.53	18.02	13.80

表 C.3 多轴同步转向（模式一，圆形截面）

车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5m	15	10.28	6.58	4.57	3.36	2.57
	20	12.00	7.68	5.33	3.92	3.00
	30	15.43	9.87	6.86	5.04	3.86
	40	17.14	10.97	7.62	5.60	4.28
	60	22.28	14.26	9.90	7.28	5.57
	80	25.71	16.45	11.43	8.40	6.43
	100	29.14	18.65	12.95	9.51	7.28
车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
5.0m	15	17.14	10.97	7.62	5.60	4.28
	20	20.57	13.16	9.14	6.72	5.14
	30	25.71	16.45	11.43	8.40	6.43
	40	29.14	18.65	12.95	9.51	7.28
	60	37.71	24.13	16.76	12.31	9.43
	80	42.85	27.42	19.04	13.99	10.71
	100	47.99	30.71	21.33	15.67	12.00
车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
7.5m	15	24.00	15.36	10.66	7.84	6.00
	20	29.14	18.65	12.95	9.51	7.28

车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
	30	35.99	23.04	16.00	11.75	9.00
	40	41.14	26.33	18.28	13.43	10.28
	60	49.71	31.81	22.09	16.23	12.43
	80	58.28	37.30	25.90	19.03	14.57
	100	65.13	41.68	28.95	21.27	16.28

表 C.4 多轴同步转向（模式二，圆形截面）

车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5m	15	13.71	8.78	6.09	4.48	3.43
	20	15.43	9.87	6.86	5.04	3.86
	30	18.85	12.07	8.38	6.16	4.71
	40	22.28	14.26	9.90	7.28	5.57
	60	25.71	16.45	11.43	8.40	6.43
	80	29.14	18.65	12.95	9.51	7.28
	100	32.57	20.84	14.47	10.63	8.14
车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
5.0m	15	22.28	14.26	9.90	7.28	5.57
	20	24.00	15.36	10.66	7.84	6.00
	30	29.14	18.65	12.95	9.51	7.28
	40	34.28	21.94	15.24	11.19	8.57
	60	41.14	26.33	18.28	13.43	10.28
	80	46.28	29.62	20.57	15.11	11.57
	100	53.13	34.01	23.62	17.35	13.28
车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
7.5m	15	29.14	18.65	12.95	9.51	7.28
	20	32.57	20.84	14.47	10.63	8.14
	30	39.42	25.23	17.52	12.87	9.86
	40	44.56	28.52	19.81	14.55	11.14
	60	54.85	35.10	24.38	17.91	13.71
	80	63.42	40.59	28.19	20.71	15.85
	100	70.27	44.98	31.23	22.95	17.57

C.3　正常行驶转向

表 C.5 正常行驶转向（模式一，方形截面）

车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5m	15	1.35	0.86	0.60	0.44	0.34
	20	2.69	1.72	1.20	0.88	0.67
	30	2.69	1.72	1.20	0.88	0.67
	40	4.04	2.58	1.79	1.32	1.01
	60	5.38	3.45	2.39	1.76	1.35
	80	5.38	3.45	2.39	1.76	1.35
	100	6.73	4.31	2.99	2.20	1.68
车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
5.0m	15	5.38	3.45	2.39	1.76	1.35
	20	6.73	4.31	2.99	2.20	1.68

车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
	30	8.08	5.17	3.59	2.64	2.02
	40	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
	60	12.12	7.75	5.38	3.96	3.03
	80	14.81	9.48	6.58	4.84	3.70
	100	16.15	10.34	7.18	5.27	4.04
车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
7.5m	15	8.08	5.17	3.59	2.64	2.02
	20	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
	30	12.12	7.75	5.38	3.96	3.03
	40	14.81	9.48	6.58	4.84	3.70
	60	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	80	21.54	13.78	9.57	7.03	5.38
	100	24.23	15.51	10.77	7.91	6.06

表 C.6 正常行驶转向（模式二，方形截面）

车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5m	15	5.38	3.45	2.39	1.76	1.35
	20	5.38	3.45	2.39	1.76	1.35
	30	6.73	4.31	2.99	2.20	1.68
	40	6.73	4.31	2.99	2.20	1.68
	60	8.08	5.17	3.59	2.64	2.02
	80	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
	100	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
5.0m	15	8.08	5.17	3.59	2.64	2.02
	20	9.42	6.03	4.19	3.08	2.36
	30	10.77	6.89	4.79	3.52	2.69
	40	12.12	7.75	5.38	3.96	3.03
	60	14.81	9.48	6.58	4.84	3.70
	80	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	100	18.85	12.06	8.38	6.15	4.71
车道宽度	Rs/m	E/m				
		2	2.5	3	3.5	4
7.5m	15	12.12	7.75	5.38	3.96	3.03
	20	13.46	8.62	5.98	4.40	3.37
	30	16.15	10.34	7.18	5.27	4.04
	40	17.50	11.20	7.78	5.71	4.38
	60	21.54	13.78	9.57	7.03	5.38
	80	24.23	15.51	10.77	7.91	6.06
	100	26.92	17.23	11.97	8.79	6.73

表 C.7 正常行驶转向（模式一，圆形截面）

车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5m	15	1.71	1.10	0.76	0.56	0.43
	20	3.43	2.19	1.52	1.12	0.86
	30	3.43	2.19	1.52	1.12	0.86

车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
	40	5.14	3.29	2.29	1.68	1.29
	60	6.86	4.39	3.05	2.24	1.71
	80	6.86	4.39	3.05	2.24	1.71
	100	8.57	5.48	3.81	2.80	2.14
车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
5.0m	15	6.86	4.39	3.05	2.24	1.71
	20	8.57	5.48	3.81	2.80	2.14
	30	10.28	6.58	4.57	3.36	2.57
	40	12.00	7.68	5.33	3.92	3.00
	60	15.43	9.87	6.86	5.04	3.86
	80	18.85	12.07	8.38	6.16	4.71
	100	20.57	13.16	9.14	6.72	5.14
车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
7.5m	15	10.28	6.58	4.57	3.36	2.57
	20	12.00	7.68	5.33	3.92	3.00
	30	15.43	9.87	6.86	5.04	3.86
	40	18.85	12.07	8.38	6.16	4.71
	60	22.28	14.26	9.90	7.28	5.57
	80	27.42	17.55	12.19	8.95	6.86
	100	30.85	19.75	13.71	10.07	7.71

表 C.8 正常行驶转向（模式二，圆形截面）

车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
3.5m	15	6.86	4.39	3.05	2.24	1.71
	20	6.86	4.39	3.05	2.24	1.71
	30	8.57	5.48	3.81	2.80	2.14
	40	8.57	5.48	3.81	2.80	2.14
	60	10.28	6.58	4.57	3.36	2.57
	80	12.00	7.68	5.33	3.92	3.00
	100	12.00	7.68	5.33	3.92	3.00
车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
5.0m	15	10.28	6.58	4.57	3.36	2.57
	20	12.00	7.68	5.33	3.92	3.00
	30	13.71	8.78	6.09	4.48	3.43
	40	15.43	9.87	6.86	5.04	3.86
	60	18.85	12.07	8.38	6.16	4.71
	80	22.28	14.26	9.90	7.28	5.57
	100	24.00	15.36	10.66	7.84	6.00
车道宽度	Rs/m	D/m				
		2	2.5	3	3.5	4
7.5m	15	15.43	9.87	6.86	5.04	3.86
	20	17.14	10.97	7.62	5.60	4.28
	30	20.57	13.16	9.14	6.72	5.14
	40	22.28	14.26	9.90	7.28	5.57
	60	27.42	17.55	12.19	8.95	6.86
	80	30.85	19.75	13.71	10.07	7.71
	100	34.28	21.94	15.24	11.19	8.57

本文件用词用语说明

1 为便于在执行本文件条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样作不可的：

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”，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 引用标准的用语采用下列写法：

1）在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本文件的规定外，尚应符合有关法律、法规及国家、行业和江苏省现行有关标准的规定”。

2)在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合现行《××××××》（××××）的有关规定”。