

UDC

中华人民共和国行业标准



P

CJJ/T 281-2018

备案号 J 2531-2018

桥梁悬臂浇筑施工技术标准

Technical standard for cast-in-place
cantilever method of bridge

2018-04-10 发布

2018-10-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

桥梁悬臂浇筑施工技术标准

Technical standard for cast-in-place
cantilever method of bridge

CJJ/T 281 - 2018

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2 0 1 8 年 1 0 月 1 日

2018 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

2018 第 48 号

住房和城乡建设部关于发布行业标准 《桥梁悬臂浇筑施工技术标准》的公告

现批准《桥梁悬臂浇筑施工技术标准》为行业标准，编号为 CJJ/T 281-2018，自 2018 年 10 月 1 日起实施。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2018 年 4 月 10 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2014〕189号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 挂篮设计与构造；5. 挂篮制作、安装与拆除；6. 挂篮使用；7. 主梁施工；8. 施工监控；9. 质量验收；10. 安全与环境保护。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由上海建工四建集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送上海建工四建集团有限公司（地址：上海市桂林路928号，邮政编码：201103）。

本标准主编单位：上海建工四建集团有限公司
龙元建设集团股份有限公司

本标准参编单位：湖南中铁五新钢模有限责任公司
浙江兴土桥梁专用装备制造有限公司
山东博远重工有限公司
上海市基础工程集团有限公司
同济大学
上海城建市政工程（集团）有限公司
山东临沂市政工程有限公司
重庆建工第九建设有限公司
上海市建设安全协会
上海市建设机械检测中心有限公司

上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司

中南大学

本标准主要起草人员：张 铭 邱锡宏 向海静 曹文根
谢 亮 曹淑亮 金仁兴 罗玲丽
叶 敏 柳 民 李申杰 罗永福
阮 欣 王洪新 庞玉坤 严 训
张 敏 郭春强 吴水根 陈立生
于海祥 韩兵康 姚 军 汤坤林
严 浩 蒋国根 戴 彬 朱 敏
李 映 马军伟 胡仕成 成克锦
陈建江

本标准主要审查人员：钱寅泉 周朝阳 王美华 叶国强
胡震敏 李传习 王春生 雷 波
蔡新宁 白唐瀛 静国锋

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	4
4	挂篮设计与构造	5
4.1	一般规定	5
4.2	荷载及组合	6
4.3	材料要求	7
4.4	承重系统	8
4.5	锚固及悬吊系统	8
4.6	行走系统	9
4.7	模板及作业平台系统	9
5	挂篮制作、安装与拆除	11
5.1	一般规定	11
5.2	挂篮制作	11
5.3	挂篮改制	13
5.4	挂篮预拼装	14
5.5	挂篮安装	14
5.6	挂篮拆除	16
6	挂篮使用	17
6.1	一般规定	17
6.2	挂篮检验	17
6.3	挂篮预压	17
6.4	挂篮前移	18

6.5	挂篮就位	19
6.6	挂篮维护	19
7	主梁施工	21
7.1	一般规定	21
7.2	混凝土工程	21
7.3	墩顶梁段施工	23
7.4	悬臂节段施工	24
7.5	边跨现浇段施工	24
7.6	合龙	25
8	施工监控	26
8.1	一般规定	26
8.2	实施	26
8.3	控制精度	27
9	质量验收	28
10	安全与环境保护	30
	本标准用词说明	31
	引用标准名录	32
	附：条文说明	33

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	4
4	Movable Suspended Scaffolding Design and Details	5
4.1	General Requirements	5
4.2	Loads and Load Combinations	6
4.3	Material Requirements	7
4.4	Bearing System	8
4.5	Anchor and Suspension System	8
4.6	Walking System	9
4.7	Formwork and Operation Platform System	9
5	Movable Suspended Scaffolding Production, Installation and Disassembly	11
5.1	General Requirements	11
5.2	Movable Suspended Scaffolding Production	11
5.3	Reformed Movable Suspended Scaffolding Operation	13
5.4	Movable Suspended Scaffolding Test Assembling	14
5.5	Movable Suspended Scaffolding Installation	14
5.6	Movable Suspended Scaffolding Disassembly	16
6	Movable Suspended Scaffolding Operation	17
6.1	General Requirements	17
6.2	Movable Suspended Scaffolding Inspection	17
6.3	Movable Suspended Scaffolding Preloading	17

6.4	Movable Suspended Scaffolding Launching	18
6.5	Movable Suspended Scaffolding Locking	19
6.6	Movable Suspended Scaffolding Maintenance	19
7	Girder Construction	21
7.1	General Requirements	21
7.2	Concrete Work	21
7.3	Pier Top Girder Construction	23
7.4	Cantilever Segment Construction	24
7.5	Side Span Cast-in-place Segment Construction	24
7.6	Closure Construction	25
8	Construction Monitoring and Control	26
8.1	General Requirements	26
8.2	Operation	26
8.3	Control Accuracy	27
9	Quality Acceptance	28
10	Safety and Environment Protection	30
	Explanation of Wording in This Standard	31
	List of Quoted Standards	32
	Addition: Explanation of Provisions	33

1 总 则

1.0.1 为规范桥梁的悬臂浇筑施工，做到生产安全、技术先进、方便适用，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于连续梁桥和连续刚构桥的悬臂浇筑施工。

1.0.3 桥梁悬臂浇筑施工除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 悬臂浇筑法 cast-in-place cantilever method

在以桥墩为中心的顺桥向两侧，采用专用设备对称平衡地逐段向跨中浇筑混凝土梁体，并逐段施加预应力的施工方法。

2.1.2 挂篮 movable suspended scaffolding

悬臂法浇筑混凝土梁体时，用于承受梁体自重及施工荷载，能逐段向前移动、经特殊设计的专用设备。主要组成部分有承重系统、锚固系统、悬吊系统、行走系统、模板及作业平台系统。

2.1.3 承重系统 bearing system

挂篮的主要受力构件，一般由主桁架、底篮、销轴、竖向平联桁架、前上横梁等部分组成。

2.1.4 锚固系统 anchor system

承重系统的自锚平衡装置，一般由后锚压梁、后锚调整梁、后锚压杆等部分组成。

2.1.5 悬吊系统 suspension system

主要用于悬吊底篮、模板系统的装置，一般由吊杆、吊杆垫梁、内外滑梁、吊具等部分组成。

2.1.6 行走系统 moving system

控制挂篮移动的装置，一般由行走轨道、驱动装置、前支座、反扣装置、轨道压梁等部分组成。

2.1.7 托架 corbel

墩顶梁段及邻近梁段施工时，利用墩身预埋件与钢构件拼制连接而成的承载支撑结构。

2.1.8 挂篮预压 movable suspended scaffolding preloading

为检验挂篮承载力以及消除挂篮制作和安装时残留的非弹性

变形量，在挂篮拼装后对其进行的加载试验。

2.1.9 临时固结 temporary consolidation

悬臂浇筑施工时，为使悬臂结构保持稳定，将主梁与桥墩进行锁定的临时性措施。

2.2 符 号

2.2.1 作用与作用效应

- f_{pd} —— 精轧螺纹钢筋抗拉强度设计值；
- $M_{bk,i}$ —— 使挂篮稳定的力矩标准值；
- $M_{bl,i}$ —— 使自锚固系统稳定作用的力矩标准值；
- $M_{sk,i}$ —— 使挂篮倾覆的力矩标准值；
- $M_{sl,i}$ —— 使自锚固系统失效的力矩标准值；
- $S_{sk,i}$ —— 使精轧螺纹钢筋轴向受拉的作用基本组合的效应设计值。

2.2.2 系数

- k_{tb} —— 抗拉拔失效系数；
- k_{qf} —— 抗倾覆稳定性系数。

2.2.3 几何参数

- h —— 弹性变形量；
- h_n —— 非弹性变形量；
- H_0 —— 预压前，测点的初始标高观测值；
- H_n —— 卸载后，测点的末次标高观测值；
- H_{n+1} —— 加载完毕稳定后，测点的标高观测值。

3 基本规定

- 3.0.1 悬臂浇筑前，施工单位应编制专项施工方案，并应进行现场技术交底。
- 3.0.2 挂篮结构设计时，构件应按最不利施工工况进行强度、刚度和稳定性验算。
- 3.0.3 托架、支架等应经过设计计算，应具有足够的强度、刚度和稳定性，其长度和宽度等应满足模板安装和施工操作要求。
- 3.0.4 挂篮、托架、支架使用前，应对其制作及安装质量进行全面检查，并应进行预压试验，合格后方可使用。
- 3.0.5 连续梁桥悬臂浇筑施工前，应完成临时固结。
- 3.0.6 挂篮应在完成节段纵向预应力筋张拉后前移。
- 3.0.7 悬臂浇筑施工应对称、平衡地进行，两端悬臂上荷载的实际不平衡偏差不得超过设计规定值；当设计未规定时，不宜超过梁段重量的 1/4。
- 3.0.8 对主跨跨径大于或等于 100m 的悬臂浇筑梁桥，应进行施工监控。

4 挂篮设计与构造

4.1 一般规定

4.1.1 挂篮结构设计应符合国家现行标准《钢结构设计标准》GB 50017、《钢结构工程施工规范》GB 50755、《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 和《钢结构焊接规范》GB 50661 的规定。

4.1.2 挂篮的最大变形不应大于 20mm。

4.1.3 挂篮设计计算时，各构件挠度值应符合下列规定：

1 对结构表面外露的模板，挠度不应大于模板构件跨度的 1/400；

2 对结构表面隐蔽的模板，挠度不应大于模板构件跨度的 1/250；

3 对受载后挠曲的杆件，其承载状态弹性挠度不应大于相应结构跨度的 1/400；

4 对受载后挠曲的杆件，其空载状态弹性挠度不应大于相应结构跨度的 1/250。

4.1.4 挂篮在浇筑混凝土状态和行走状态时，应符合下列规定：

1 挂篮抗倾覆验算应符合下式要求：

$$\frac{\sum M_{bk,i}}{\sum M_{sk,i}} \geq k_{qf} \quad (4.1.4-1)$$

式中： k_{qf} ——抗倾覆稳定性系数，取 2.0；

$\sum M_{bk,i}$ ——稳定力系的总力矩标准值（kN·m）；

$\sum M_{sk,i}$ ——倾覆力系的总力矩标准值（kN·m）。

2 挂篮自锚固系统应符合下式要求：

$$\frac{\sum M_{bt,i}}{\sum M_{st,i}} \geq k_{tb} \quad (4.1.4-2)$$

式中： k_{lb} ——抗拉拔失效系数，取 2.0；

$\Sigma M_{lx,i}$ ——使自锚固系统稳定的总力矩标准值（kN·m）；

$\Sigma M_{sx,i}$ ——使自锚固系统失效的总力矩标准值（kN·m）。

4.1.5 挂篮自重与最重悬臂梁段的结构自重比宜为 0.3~0.5，且挂篮的总重量应控制在桥梁设计规定的限重之内。

4.1.6 挂篮几何尺寸应根据施工现场的空间确定，并应满足梁段现场施工作业的需要。顺桥向宜满足在墩顶梁上设置两台挂篮的需要。

4.2 荷载及组合

4.2.1 作用于挂篮的荷载可分为永久荷载和可变荷载。永久荷载的分项系数应取 1.2，可变荷载的分项系数应取 1.4。

4.2.2 挂篮的永久荷载应包括下列内容：

- 1 新浇筑混凝土（含钢筋）自重（ G_1 ）；
- 2 模板自重（ G_2 ）；
- 3 挂篮承重、锚固及悬吊系统自重（ G_3 ）；
- 4 栏杆、挡脚板、安全网等组成挂篮作业平台的各部分自重（ G_4 ）。

4.2.3 挂篮的可变荷载应包括下列内容：

- 1 施工人员及设备机具荷载（ Q_1 ）；
- 2 振捣混凝土产生的振动荷载（ Q_2 ）；
- 3 新浇筑混凝土对模板侧面的压力（ Q_3 ）；
- 4 混凝土入模时产生的水平方向冲击荷载（ Q_4 ）；
- 5 风荷载（ Q_5 ）；
- 6 其他荷载（ Q_6 ）。

4.2.4 新浇筑混凝土、钢筋的自重标准值可按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定进行选取，对特殊混凝土应根据实际情况确定。

4.2.5 挂篮、模板及作业平台的自重标准值应根据所采用的材料类型按实际情况确定。

4.2.6 施工人员及机具的荷载标准值应按实际情况确定，且不应小于 2.5kN/m^2 。

4.2.7 浇筑和振捣混凝土时产生的荷载标准值可按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定取值。

4.2.8 风荷载标准值应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定取值。

4.2.9 挂篮设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，对强度、稳定性按承载能力极限状态进行验算，并应取基本组合进行设计；对刚度应按正常使用极限状态进行验算，并应取标准组合进行设计，其计算荷载效应组合应符合表 4.2.9 的规定。

表 4.2.9 挂篮设计计算荷载效应组合

计算项目		强度、稳定性	刚度
挂篮承重、锚固及悬吊系统		$G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + Q_1 + Q_2 + Q_5 + Q_6$	$G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + Q_5 + Q_6$
模板及作业平台系统	作业平台	$G_1 + Q_1 + Q_5 + Q_6$	$G_1 + Q_1 + Q_5 + Q_6$
	侧模板	$Q_3 + Q_4$	$Q_3 + Q_4$
底篮		$G_1 + G_2 + Q_1 + Q_2$	$G_1 + G_2$
行走系统		$1.3(G_2 + G_3 + G_4) + Q_5 + Q_6$	$G_2 + G_3 + G_4 + Q_5 + Q_6$

注：表中的“+”仅表示各项荷载参与组合，而不表示代数相加。

4.3 材料要求

4.3.1 挂篮各构件钢材宜选用 Q235、Q345、Q390 和 Q420 钢，其性能应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699、《碳素结构钢》GB/T 700 和《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 的规定。当采用其他牌号钢材时，应符合国家现行相关标准的规定。

4.3.2 钢材选用应根据挂篮工作环境温度对钢材性能的影响确定，并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规

定。挂篮设计时，常用材料的强度设计值应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定；精轧螺纹钢强度设计值应按表 4.3.2 取值。

表 4.3.2 精轧螺纹钢基本性能

钢材牌号/级别	抗拉强度 (MPa)
PSB785	670
PSB830	705
PSB930	790

4.4 承重系统

- 4.4.1 挂篮承重系统主桁架结构形式宜采用菱形、三角形等。
- 4.4.2 当采用联体挂篮施工首节悬臂梁段时，应对挂篮联体结构强度、刚度及稳定性进行设计计算。
- 4.4.3 挂篮主桁架前支点与主桁架间、主桁架各杆件间宜采用销轴连接，销孔与销轴间隙不宜大于 2mm，销轴端部应有防脱落机构。
- 4.4.4 在施工承载状态下，挂篮主桁架前支点设计位置应位于梁体腹板上方，挂篮主桁架前支点中心距离梁端不宜小于 500mm。
- 4.4.5 底篮横梁上吊点位置宜设置为可调节形式。

4.5 锚固及悬吊系统

- 4.5.1 挂篮主要承重吊杆宜采用 Q345 钢吊带，钢吊带间应采用夹板方式进行连接，且连接件应具有防松脱措施。
- 4.5.2 当采用精轧螺纹钢做吊杆或锚杆时，应符合下列规定：
 - 1 其质量应符合现行国家标准《预应力混凝土用螺纹钢筋》GB/T 20065 和《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370 的规定。
 - 2 吊杆或锚杆应按只承受轴向荷载进行设计，并应符合下

式要求：

$$\sum S_{sk,i} \leq 0.4f_{pd} \quad (4.5.2)$$

式中： f_{pd} ——精轧螺纹钢筋抗拉强度设计值（MPa）；

$S_{sk,i}$ ——使精轧螺纹钢筋轴向受拉的作用基本组合的效应设计值。

3 吊杆或锚杆应全部配置锚垫板、套双螺母。

4.5.3 锚固于斜面或曲面上的吊杆或锚杆应设置钢制斜垫块或采用销轴方式连接。

4.6 行走系统

4.6.1 挂篮行走轨道宜采用整体式轨道。

4.6.2 当位于弯道上的连续梁采用挂篮施工时，其挂篮行走系统设计应满足桥面纵横坡调整的要求。

4.6.3 行走轨道的锚固应符合下列规定：

1 挂篮行走轨道可采用接长梁体竖向预应力筋的方式进行临时锚固；当不能利用竖向预应力筋进行锚固时，宜采用预埋件进行轨道临时锚固；

2 挂篮行走时，反扣装置的前后均应设置轨道锚固点，相邻两锚点间距不得大于 1m。

4.6.4 挂篮行走轨道前进方向的前端应设置限位保险装置。

4.6.5 前滑座与轨道接触部位宜采用滚轮结构，并应设置滚轮止动装置。

4.6.6 反扣装置与轨道接触部位宜采用滚轮结构，各个滚轮应均衡承载。

4.6.7 挂篮行走时，应设置防倾覆保险、底篮防坠落保险及防滑移保险。

4.7 模板及作业平台系统

4.7.1 挂篮模板宜采用钢模板，外侧模和底模应减少分块。

4.7.2 模板结构应经过设计计算，应具有足够强度、刚度及稳

定性，同时应便于制作、运输、安装及维护。

4.7.3 模板结构形式和几何尺寸应能满足各梁段长度及梁体截面形状变化需要。

4.7.4 模板与已浇筑梁段混凝土间应搭接紧密，搭接长度不宜小于 100mm。

4.7.5 端模与侧模间宜采用侧模夹端模的连接形式。

4.7.6 外侧模加强背架宜采用桁架结构形式，其分节位置与模板分节位置不宜设置在同一断面上。

4.7.7 作业平台步行板宽度不应小于 600mm，护栏净高度不应小于 1100mm。

4.7.8 各作业平台间宜设置专用爬梯或通道进行连通。

5 挂篮制作、安装与拆除

5.1 一般规定

5.1.1 挂篮制作和安装应符合现行国家标准《钢结构工程施工规范》GB 50755 的规定。

5.1.2 挂篮结构设计中，对全熔透的对接和角接焊缝质量应满足二级焊缝的要求，其他构件焊接质量应满足三级焊缝的要求。焊缝质量的检测应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205、《钢结构焊接规范》GB 50661 和《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》GB/T 11345 的规定。

5.1.3 挂篮安装与拆除作业应对称进行。

5.1.4 当遇雷雨、大雾或 6 级以上大风等恶劣天气时，严禁进行挂篮安装与拆除作业。

5.1.5 挂篮安装与拆除前应编制专项施工方案，并应对作业人员进行交底，操作过程中应遵守安全操作规程。

5.2 挂篮制作

5.2.1 挂篮宜在厂内进行加工制作。预拼装前应对单个构件进行检查，合格后出厂。

5.2.2 挂篮承重系统各构件原材料不宜进行拼接，下列构件严禁进行对焊拼接：

- 1 主桁架斜拉杆或斜拉钢带；
- 2 悬吊系统钢吊带；
- 3 其他承受拉伸荷载的重要构件。

5.2.3 承重钢吊带下料时，其承载方向应与板材轧制方向一致。

5.2.4 当承重钢吊带采用热切割方式下料时，单边应预留不小于 1.5mm 余量进行光顺处理。

- 5.2.5 构件加工时不宜采用手工气割。
- 5.2.6 所有孔眼均应采用机加工方式成孔，不得气割成孔，孔壁及销轴表面粗糙度应满足设计要求；当设计无要求时，孔壁及销轴表面粗糙度不应大于 $12.5\mu\text{m}$ 。
- 5.2.7 孔的同轴度和位置、尺寸应符合设计要求，各杆件、节点宜对装后整体钻孔或镗孔成型。
- 5.2.8 当加工螺栓群连接孔时，宜制作标准样板进行配钻或采用数控机床加工。
- 5.2.9 对具有转动特征的装配组件，装配后应进行检查，转动应顺畅；对有润滑要求的组件应加注润滑剂。
- 5.2.10 承重系统主桁架的尺寸允许偏差及测量方法应符合表 5.2.10 的要求。

表 5.2.10 承重系统主桁架的尺寸允许偏差及测量方法

项 目		允许偏差 (mm)	测量方法
杆件孔中心距		± 3.0	用钢卷尺测量
孔径	直径	$0\sim 2.0$	用游标卡尺测量
	圆度	$0\sim 2.0$	用游标卡尺测量
杆件全长 L		± 10.0	用钢卷尺测量
杆件截面对角线		≤ 5.0	用钢直尺测量
杆件焊接后直线度		$\leq L/1000$	用拉线和钢直尺检查
弯曲变形		$\leq L/1000$	用拉线和钢直尺检查

- 5.2.11 行走系统主要结构件的尺寸允许偏差及测量方法应符合表 5.2.11 的要求。

表 5.2.11 行走系统主要结构件的尺寸允许偏差及测量方法

构件名称	项 目	允许偏差 (mm)	测量方法
前支座	连接法兰的孔中心距	± 1.0	用钢直尺测量
反扣装置	反扣轮轮壳之间间距	± 2.0	用钢卷尺测量

续表 5.2.11

构件名称	项 目	允许偏差 (mm)	测量方法
行走轨道	截面宽度	± 3.0	钢卷尺测量两端、中部宽度
	截面高度	± 2.0	钢卷尺测量两端、中部宽度
	腹板中心偏移	2.0	每 1.5m 测一次
	弯曲矢高	$L/1000$	每 1.5m 测一次
	翼缘板垂直度 (Δ)	$b/100$, 且不应大于 3.0	每 1.5m 测一次
	扭曲	$h/250$, 且不应大于 5.0	测量两端、中部

注： b 为截面宽度； h 为截面高度。

5.2.12 模板制作的尺寸允许偏差及测量方法应符合表 5.2.12 的要求。

表 5.2.12 模板制作的尺寸允许偏差与测量方法

项 目	允许偏差 (mm)	测量方法
模板高度	± 3.0	钢卷尺测量
模板长度	$-2.0 \sim 10.0$	钢卷尺测量
模板板面对角线差	≤ 3.0	钢卷尺测量
板面平整度 (1m 范围)	± 2.0	钢直尺及塞尺测量
相邻面板拼缝高低差	≤ 1.0	平尺及塞尺测量
相邻面板拼缝间隙	≤ 1.0	塞尺测量

5.2.13 构件出厂前，构件表面应进行防腐涂装处理。

5.3 挂篮改制

5.3.1 挂篮改制前应对承重主桁架进行承载能力检验，主要承重构件应进行全面外观检查，对缺陷部位和焊缝应进行安全评价。

5.3.2 挂篮进行改制时，应有完整的图纸和设计计算书。当主桁架材质不明时，应按 Q235 取值计算。

5.3.3 当焊缝金属或母材的缺陷超过相应的质量验收标准时，应按下列规定进行修复：

1 焊缝焊瘤、凸起或余高过大，应采用砂轮或碳弧气刨清除过量的焊缝金属；

2 焊缝凹陷、弧坑、咬边或焊缝尺寸不足等缺陷应进行补焊；

3 焊缝未熔合、焊缝气孔或夹渣等，在完全清理缺陷后应进行补焊；

4 焊缝或母材上裂纹应采用磁粉、渗透或其他无损检测方法确定裂纹的范围及深度。确认后，应在焊缝或母材裂纹两端各50mm长度采用砂轮打磨或碳弧气刨清除裂纹，再重新进行补焊。

5.3.4 同一部位缺陷的焊接返修次数不宜超过2次，结构受拉部位的返修不得超过2次。

5.3.5 当作业环境温度低于 -10°C 或焊接作业区的相对湿度大于90%时，严禁现场进行焊接作业。

5.3.6 当作业环境温度低于 0°C 时，应采取加热或防护措施。对焊接接头和焊接表面各方向大于或等于钢板厚度2倍且不小于100mm范围内的母材，应加热到规定的最低预热温度，且不应低于 20°C 后再施焊。

5.3.7 当承重构件需通过焊接的方式加强或加长时，焊接前应进行焊接工艺评定。

5.3.8 对改制挂篮各构件，应清理干净，重新进行防腐涂装。

5.4 挂篮预拼装

5.4.1 挂篮构件在制作完成后，应对主桁架进行预拼装检验。

5.4.2 构件应在自由状态下进行预拼装，对拼装合格的构件应进行标识。

5.4.3 在工厂制作的挂篮可采用计算机模拟方法辅助预拼装。

5.5 挂篮安装

5.5.1 挂篮安装前应具备下列条件：

- 1 墩顶节段纵向预应力管道压浆完毕；
 - 2 墩顶节段空间尺寸满足挂篮拼装设计需要；
 - 3 墩顶节段上挂篮安装所需预留孔、预埋件已设置正确；
 - 4 到场挂篮各构件种类和数量与设计相符；
 - 5 现场吊装设备满足挂篮各构件、组件吊装需要；
 - 6 挂篮安装所需设计图纸资料已准备齐全；
 - 7 挂篮安装所需其他器具已准备齐全。
- 5.5.2 挂篮应先安装桥面上部构件，再安装桥面下部构件；当安装桥面下部构件时，桥面上部构件应已锚固稳定。
- 5.5.3 挂篮各构件宜在地面安装成组拼构件后，再吊装至墩顶进行拼装。
- 5.5.4 当整体吊装挂篮组拼构件时，各吊点升降应同步。
- 5.5.5 挂篮各构件安装过程中，螺栓群的拧紧顺序应符合现行行业标准《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ 82 的相关规定。
- 5.5.6 挂篮承重系统安装应符合下列规定：
- 1 各片主桁架纵向应平齐，前后误差不应大于 10mm；
 - 2 后锚点应受力均匀、锚固牢靠；
 - 3 前支点和前吊点应支垫稳固；
 - 4 相邻主桁架与前上横梁搁置点顶面高差不得大于 10mm；
 - 5 前支点的工作平台、安全通道等构件间应紧固牢靠；
 - 6 防护结构应安装牢固。
- 5.5.7 挂篮锚固及悬吊系统安装应符合下列规定：
- 1 底篮前后吊点应受力均匀，锚固牢靠；
 - 2 内外滑梁的吊挂锚固应牢靠；
 - 3 底篮纵梁应稳定牢固；
 - 4 吊杆伸出锚固螺母长度应大于 50mm；
 - 5 当精轧螺纹钢作为吊杆或锚杆时，应采用塑料套管或其他绝缘材料对精轧螺纹钢进行包裹；
 - 6 精轧螺纹钢的接长应使用专用连接器；

7 锚杆、吊杆安装完成后应进行预紧，各锚杆、吊杆受力应均衡。

5.5.8 挂篮行走轨道安装前应对桥面安装位置进行找平。轨道梁安装应顺直，主桁架下同截面处相邻轨道顶面高差应小于5mm，轨间距误差应小于5mm。

5.5.9 挂篮模板及作业平台系统安装应符合下列规定：

- 1 内外模板与梁体的外观尺寸应符合设计要求；
- 2 模板拼接平整度偏差应小于1mm；
- 3 模板支架应支撑牢固；
- 4 内模背楞、对拉螺杆等应锚固牢靠；
- 5 底篮人行安全通道各构件应紧固牢靠。

5.6 挂篮拆除

5.6.1 构件拆除前，应确认已无荷载作用在挂篮上。

5.6.2 挂篮在最后施工节段位置原地拆除时，应按下列步骤进行：

- 1 拆除挂篮外模、内模及其承托系统；
- 2 采用整体下放或分步拆除的方式拆除底篮；
- 3 拆除承重系统主桁架；
- 4 拆除行走系统。

5.6.3 挂篮从最后浇筑节段位置后退至预定位置进行拆除前，应确定挂篮在已浇筑节段混凝土上的锚固装置已全部拆除。挂篮后退过程中不得与其他结构相碰。

5.6.4 挂篮各构件拆除过程中，应采取防止构件失稳的临时稳固措施。

5.6.5 挂篮各构件拆除过程中，当出现卡滞或其他无法正常拆解的情况时，严禁强行拆解，应分析原因后采取措施妥善处理。

5.6.6 当有多个构件连接时，应分步进行拆除，并应在拆除过程中观察构件的稳定状态，严禁同步拆除同一构件的所有连接。

6 挂篮使用

6.1 一般规定

- 6.1.1 挂篮使用前，应检查相关材质证明书、质检报告和挂篮设计计算书。安装完毕后，应全面检查安装质量，并应对挂篮进行预压。
- 6.1.2 严禁在挂篮斜拉带、各类吊杆上进行电焊作业。
- 6.1.3 挂篮的各类设备应完好，严禁超负荷工作。
- 6.1.4 同一 T 构两套挂篮应对称同步推进，推进距离相差不得超过 1m。

6.2 挂篮检验

- 6.2.1 挂篮安装完成后，应对挂篮后锚固装置、支点和吊杆等进行检验，各构件安装及受力应符合设计要求，不得漏装、错装。
- 6.2.2 当挂篮构件间采用高强度螺栓连接时，螺栓预紧力应满足设计要求。
- 6.2.3 当挂篮构件间采用现场焊接方式进行连接时，焊缝质量应满足设计要求，不得出现假焊、漏焊等焊接缺陷。

6.3 挂篮预压

- 6.3.1 挂篮预压的荷载值应取悬臂浇筑最大节段重量的 1.2 倍。重物应对称加载，荷载分布宜与节段自重一致，不得集中堆载。
- 6.3.2 挂篮加载及卸载应分级进行。加载分级宜为悬臂浇筑最大节段重量的 10%、50%、100%、120%。卸载分级宜为悬臂浇筑最大节段重量的 100%、50%、10%、空载。
- 6.3.3 挂篮预压过程中应同步测量挂篮变形，并应记录加载时

间、荷重及位置。每套挂篮测量断面不应少于3个，并应合理设置测点。未经观测不得进行下一级加载。

6.3.4 预压试验测量及变形值计算应符合下列规定：

1 挂篮安装时、调整后、预压前，应对各测点进行初始值观测；

2 每级预压完成后6h，应对所有测点进行观测，并应记录变形数据，确定变形结果；

3 最终荷载预压完成12h后，应进行观测，确定标高值；24h内无变化应视为稳定，可进行卸载；

4 卸载完成后，应及时对测点进行末次观测，并应记录标高值；

5 非弹性变形的计算应符合下式要求：

$$h_n = H_0 - H_{n+1} \quad (6.3.4-1)$$

6 弹性变形的计算应符合下式要求：

$$h = H_{n+1} - H_n \quad (6.3.4-2)$$

式中： h ——弹性变形量（mm）；

h_n ——非弹性变形量（mm）；

H_0 ——预压前，测点的初始标高观测值（m）；

H_n ——卸载后，测点的末次标高观测值（m）；

H_{n+1} ——加载完毕稳定后，测点的标高观测值（m）。

6.3.5 预压过程中应对挂篮进行检查，发现异常情况应立即停止加载，并应分析原因，采取相应措施。

6.3.6 每级卸载完成后，应进行观测和记录，完成后方可进行卸载至下一级。

6.3.7 测量完成后应及时整理挂篮变形数据，应绘制挂篮各测点在不同荷载下的变形曲线，分析变形情况。

6.4 挂篮前移

6.4.1 挂篮前移可采用顶推或牵引方式，前移速度宜控制在每分钟50mm~100mm。

6.4.2 挂篮前移应先拆除模板支撑或拉杆，同步放松前后吊杆锚固，使挂篮模板脱离梁体，确保挂篮与梁体之间的约束完全解除。

6.4.3 挂篮在每次行走之前应对其主要构件进行检查，并应符合下列规定：

- 1 挂篮后锚孔和吊杆孔的位置和尺寸应准确；
- 2 挂篮行走千斤顶和手拉葫芦等设备的技术性能应良好；
- 3 各类保险装置设置应完善；
- 4 挂篮与箱梁之间的约束应全部解除。

6.4.4 不同轨道梁上的挂篮主桁架前移应保持同步。

6.4.5 挂篮前移时，测量人员应跟踪观测，应及时调整挂篮行走轴线偏差。

6.4.6 当挂篮前移完成，前后吊杆调整完毕后，应将荷载转移至支座上，不得由千斤顶长期承受施工荷载。

6.5 挂篮就位

6.5.1 挂篮前移就位后，应立即将后锚固点锁定。

6.5.2 挂篮纵向定位误差应小于 20mm。

6.5.3 挂篮就位后应同步均衡收紧吊杆，应测量并调整模板位置及标高，并应核准中心位置及高程，校正中线。挂篮模板体系轴线偏差不应大于 10mm。

6.5.4 挂篮施工应控制横向偏载，偏载值不宜超过挂篮设计规定的允许值。

6.5.5 挂篮就位后，应对挂篮进行检查，并应符合下列规定：

- 1 后锚设备应连接牢固；
- 2 前后吊杆及横梁应受力正常；
- 3 各螺栓应拧紧。

6.6 挂篮维护

6.6.1 挂篮使用期间应加强维护，其技术性能应良好。应对下

列构件进行检查：

- 1 挂篮移动用的千斤顶、手拉葫芦和钢丝绳；
- 2 挂篮各关键部位设置的保险装置、各销轴的保险销；
- 3 挂篮构件及其焊缝情况；
- 4 挂篮各部位的锚杆、吊杆。

6.6.2 当锚杆或吊杆发生螺纹受损、杆件弯曲等情况时，应及时进行调换。

6.6.3 高强度拉杆在使用过程中，应采取防火、防热及防腐蚀措施，并应避免电火花、电焊等触及。

6.6.4 每一节段浇筑完后，应及时清除散落在挂篮上的混凝土废料。带螺纹的杆件应采取保护措施，避免混凝土散落到螺纹上凝结硬化后影响使用。

6.6.5 挂篮应采取防腐和防锈蚀措施。

7 主梁施工

7.1 一般规定

7.1.1 主梁施工应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的相关要求。

7.1.2 墩顶梁段施工前，应对临时固结措施的合理性、安全性及解除时间进行理论计算与分析，确定合理的施工工序和参数。施工期间应对临时固结情况进行检查，发现异常应及时处理。

7.1.3 悬臂浇筑过程中，当发现梁体线形超出允许偏差时，应及时进行调整。

7.1.4 合龙应按设计规定的顺序进行，并应满足设计要求的受力状态和梁体线形。

7.2 混凝土工程

7.2.1 钢筋制作及安装应符合下列规定：

1 在进行腹板和底板钢筋安装时，应将底板与腹板的钢筋连接牢固，连接方式宜采用焊接；

2 底板上下两层钢筋网应采用两端带弯钩的拉筋固定成一个整体；

3 顶板底层横向钢筋宜采用通长钢筋；

4 当钢筋与管道相碰时，不得切断钢筋；

5 纵向钢筋接头应相互错开。

7.2.2 当采用预制钢筋网片或骨架时，应符合下列规定：

1 底板和顶板的钢筋应分上下层制成网片；

2 腹板钢筋应制成骨架；

3 钢筋网片或骨架应有足够的连接强度和刚度，在吊运过

程中不得松脱和变形。

7.2.3 内外模位置应按梁体结构尺寸、高程和施工预拱度要求进行安装。

7.2.4 模板安装精度应高于梁体要求精度。模板间支撑和拉结紧固件应按模板及支架结构设计要求安装，混凝土浇捣过程中模板不得出现移位、变形、松动等现象。模板与施工操作平台应分开设置。

7.2.5 锚头垫板安装时，端面应与螺旋钢筋的中轴线和预留管道垂直，锚头垫板宜采用螺钉固定在端模板上。

7.2.6 箱梁底板浇筑的下料口宜设置在腹板与底板交接处。

7.2.7 梁段混凝土的浇筑宜采用泵送，坍落度宜控制在 90mm~180mm，并应随温度变化及运输和浇筑速度进行调整。

7.2.8 梁段混凝土宜采用一次浇筑，混凝土浇筑方法应符合设计要求。当设计无要求时，应从悬臂端开始向桥墩方向浇筑，并按所有梁段全部平面面积等高水平分层，纵横向应对称连续浇筑。

7.2.9 相邻标准梁段混凝土浇筑，其龄期差宜控制在 14d 之内。

7.2.10 梁体混凝土拆模时间应根据养护方式的不同、季节不同及环境变化情况确定。拆模时混凝土强度应符合设计要求；当设计无要求时，非承重模板拆模时强度不应小于 2.5MPa，承重结构及悬臂梁拆模时应达到 100%设计强度。

7.2.11 主梁预应力施工除应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 的规定外，尚应符合下列规定：

1 预应力管道的安装定位应准确，备用管道和长束管道应采取措施保证其在使用时的有效性；

2 纵向预应力筋应两端同步且左右对称张拉，最大不平衡束不得超过 1 束；

3 竖向预应力筋应左右对称单端张拉，并宜从已施工端顺序进行；

4 竖向预应力筋宜采用两次张拉方式；

5 对竖向预应力孔道，压浆时应从下端的压浆孔压入，压力宜为 0.3MPa~0.4MPa，且压入的速度不宜过快；

6 预应力筋宜采用智能张拉。

7.3 墩顶梁段施工

7.3.1 墩顶梁临时固结稳定力矩与倾覆力矩之比应符合设计要求；当设计无要求时，固结稳定力矩与倾覆力矩之比不应小于 2。

7.3.2 当墩身较高或水较深时，可在墩身上部设置预埋件，通过安装在预埋件上的构架来形成临时固结。

7.3.3 当墩顶梁临时固结采用精轧螺纹钢时，应在墩顶梁段达到设计强度后及时张拉，张拉力应经设计验算。

7.3.4 永久支座应在墩顶梁段底模施工前安装，并应符合下列规定：

1 支座的安装位置和方向应符合设计要求；

2 支座安装前应进行检查，确认规格、类型和外观质量。

7.3.5 桥墩与主梁间宜在永久支座两侧的箱梁腹板处设置临时支座。临时支座应符合下列规定：

1 临时支座应具有足够的承载能力和稳定性，并应易于拆除；

2 临时支座的数量、承载能力及结构尺寸，应经设计计算确定；

3 临时支座应在墩顶梁段底模安装前完成；

4 临时支座拆除顺序应符合设计要求。

7.3.6 墩顶梁段可采用落地支架或托架施工。混凝土浇筑过程中应对支架的变形进行监控，发现异常时应采取应急措施。

7.3.7 墩顶梁段宜全断面一次浇筑完成；当梁段过高一次浇筑完成难以保证质量时，可沿高度方向分两次浇筑，但宜将两次浇筑混凝土的龄期差控制在 7d 以内。

7.4 悬臂节段施工

7.4.1 在悬臂节段浇筑施工过程中，应跟踪监测高程变化情况，并应与理论计算值进行比较分析，确定下一施工梁段的立模高程。

7.4.2 当已施工梁段前端高程偏差较大时，应分次逐步调整待施工梁段前端模板高程。

7.4.3 当腹板厚度较小，钢筋、管道密集且纵横重叠时，混凝土宜分层入模、振捣。

7.4.4 悬臂节段端部混凝土应进行糙化处理。

7.4.5 悬臂节段混凝土预应力筋张拉时，混凝土强度应满足设计要求；当设计无要求时，混凝土龄期不应低于 7d，强度不应低于设计强度的 90%。

7.4.6 悬臂节段预应力筋的张拉除应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 的规定外，尚应符合下列规定：

1 竖向和横向预应力筋张拉滞后纵向预应力筋不宜大于 3 个悬臂节段；

2 横向预应力筋应在梁体两侧交替单端张拉，并宜从已施工端顺序进行。每一节段悬臂端的最后 1 根横向预应力筋，应在下一节段横向预应力筋张拉时进行张拉。

7.5 边跨现浇段施工

7.5.1 边跨现浇宜采用支架法施工。支架应经过设计计算，且应具有足够的强度、刚度和稳定性。支架基础类型、面积和厚度应根据支架结构形式、受力情况、地基承载力等条件确定。支架基础应具有足够的承载力。

7.5.2 底模安装完成后应对支架进行预压，预压荷载应符合设计要求。预压加载部位及顺序应与支架实际受力状况匹配。

7.5.3 支架拆除时间，应在边跨合龙施工完毕后，根据设计要求的混凝土强度等级、混凝土养护情况、环境温度等因素决定。

7.6 合 龙

- 7.6.1 合龙的顺序应符合设计规定。
- 7.6.2 合龙施工前应对两端悬臂梁段的轴线、高程和梁长受温度影响的偏移值进行观测，并应根据实际观测值进行合龙的施工计算，确定准确的合龙温度、合龙时间及合龙程序。
- 7.6.3 合龙时宜采取措施将合龙口两侧的悬臂端进行临时刚性连接，再浇筑合龙段混凝土。合龙段混凝土宜在一天中气温最低且稳定的时段内浇筑，浇筑后应及时覆盖洒水养护。
- 7.6.4 合龙时在桥面上设置的全部临时施工荷载应符合施工控制的要求。对预应力混凝土连续梁，合龙后应在规定时间内尽快拆除墩梁临时固结装置，应按设计规定的程序完成体系转换和支座反力调整。
- 7.6.5 合龙段预应力管道灌浆应在临时固结装置拆除后进行。
- 7.6.6 合龙段应采取换重施工。换重重量及加载位置应计算确定，压重可采用水箱等方法。
- 7.6.7 施加压重时应对称加载，换重卸载应根据混凝土浇筑速度分级对称进行。
- 7.6.8 临时固结解除过程中应观测各梁段的高程变化，如有异常情况，应立即停止作业，找出原因。
- 7.6.9 临时固结解除过程中不应损坏墩身、支座垫石及箱梁混凝土。

8 施工监控

8.1 一般规定

- 8.1.1 桥梁施工监控应包括监控计算、施工监测和数据分析与反馈控制。
- 8.1.2 桥梁施工监控应采用自适应控制的方法。
- 8.1.3 桥梁应通过施工监控，使线形和内力在施工完成后符合设计要求，并应接近设计成桥状态。
- 8.1.4 桥梁目标线形应根据施工和使用过程中各种变形影响的结果确定。

8.2 实施

- 8.2.1 监控方案应包括下列内容：
- 1 施工监控总体技术路线；
 - 2 施工主要流程和步骤；
 - 3 成桥目标线形；
 - 4 施工监控的内容；
 - 5 监控断面、测点布置及量测频率；
 - 6 监控指令传递方式；
 - 7 施工预期目标；
 - 8 偏差分析和调控措施。
- 8.2.2 施工监控应以施工图设计为基础，根据实际施工方案，进行施工过程模拟分析，形成施工全过程的控制目标。
- 8.2.3 施工控制应以控制主梁线形为主，以对悬臂节段的立模标高进行控制来实现。
- 8.2.4 立模阶段应测量当前节段的梁底标高，并应建立梁底标高与对应梁顶测点的关系。梁顶测点应设置在腹板范围，并应在

后续施工过程中采取保护措施。

8.2.5 每次悬臂浇筑循环中，在挂篮移动且节段浇筑后应对当前及相邻两个已浇筑节段的主梁高程进行量测；预应力施加后、挂篮移动前应对全部已浇筑节段的主梁高程进行量测。

8.2.6 每4个悬臂节段宜进行一次主梁轴线测量和各T构之间的高程联测，并应在合龙前进行一次高程联测。

8.2.7 墩台沉降观测可选取上部结构荷载变化显著的工况进行，两次观测的时间间隔不宜大于一个月。

8.2.8 当施工过程中线形实测值与理论值的偏差超过允许偏差时，应及时查找原因并调整。

8.2.9 施工中应对悬臂节段的标高数据进行收集，并应对混凝土弹性模量、混凝土自重、预应力效应等进行参数识别，及时调整监控理论目标。

8.2.10 施工现场应根据日照温差对主梁线形的影响进行监测，掌握温度影响规律，用以修正温度的影响。

8.2.11 成桥后应编制施工监控成果报告，报告应包含施工过程中的监测数据理论值及实测值。

8.3 控制精度

8.3.1 桥梁在成桥时的最终误差应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50和《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》JTG F80/1的要求。

8.3.2 主梁施工节段挂篮空载立模高程与预设值允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ ，且不宜低于预设值。

9 质量验收

9.0.1 悬臂浇筑结构的钢筋、模板及支架、混凝土、预应力等的验收应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的要求。

9.0.2 悬臂浇筑混凝土梁施工质量的主控项目应符合下列规定：

1 悬臂浇筑应对称进行，桥墩两侧平衡偏差不得大于设计规定，轴线挠度应在设计规定范围内。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查监控测量记录。

2 梁体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。

3 悬臂合龙时，两侧梁体的高差应在设计允许范围内。

检查数量：全数检查。

检验方法：用水准仪测量，检查测量记录。

9.0.3 悬臂浇筑混凝土梁施工质量的一般项目应符合下列规定：

1 悬臂浇筑预应力混凝土梁允许偏差应符合表 9.0.3 的规定。

表 9.0.3 悬臂浇筑预应力混凝土梁允许偏差

检查项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
轴线偏位	$L \leq 100\text{m}$	10	节段	2	用全站仪测量
	$L > 100\text{m}$	$L/10000$			
顶面高程	$L \leq 100\text{m}$	± 20	节段	2	用水准仪测量
	$L > 100\text{m}$	$\pm L/5000$			
	相邻节段 高差	10		3~5	用钢尺量

续表 9.0.3

检查项目		允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
断面尺寸	高度	+5 -10	节段	一个断面	用钢尺量
	顶宽	±30			
	底宽	±20			
	顶、底、腹 板厚	+10 0			
同跨对称 点高差	$L \leq 100\text{m}$	20	每跨	5~7	用水准仪测量
	$L > 100\text{m}$	$L/5000$			
横坡 (%)		±0.15	节段	1~2	用水准仪测量
平整度 (mm)		8	检查竖直、水平 两个方向,每侧 面每 10m 梁长	1	用 2m 直尺、 塞尺量

注: L 为跨径 (mm)

2 梁体线形应平顺, 相邻梁段接缝处应无明显弯折和错台, 梁体表面应无孔洞、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 安全与环境保护

10.0.1 桥梁悬臂浇筑施工安全应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 和《建筑机械使用安全技术规程》JGJ 33 等的规定。

10.0.2 挂篮操作前应制定操作规程，并应对相关人员进行安全技术交底，明确操作岗位和监护人员。挂篮应在其设备经检查签字验收后方可开始操作。

10.0.3 挂篮安装作业过程中应遵守相关操作规范，并应安排专人指挥调度。

10.0.4 挂篮安装过程中钢丝绳、倒链葫芦等吊装器具的使用应符合国家现行相关标准的规定。

10.0.5 前后吊带在挂篮调节到位后应采用扳手将螺母拧紧，各组吊带应均匀受力。

10.0.6 挂篮推进全过程应设专业监护人监督挂篮操作安全。

10.0.7 挂篮应设置防止人员坠落的栏杆和围挡，操作平台宜采用全封闭形式。防护栏杆外缘及挂篮底部应设置安全网。挂篮及已浇筑桥体上放置的设备、机具应有临时固定措施，且宜与临空边缘保持一定距离。施工前应加强对作业人员的培训，严禁在高空向下投掷物品。

10.0.8 当跨越既有铁路、航道、高速公路等线路时，应根据国家相关规定采取保护措施，确保通行安全。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对执行标准严格程度的用词说明如下：

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”；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 条文中指定按其他有关标准的规定执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》 GB 50009
- 2 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 3 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 4 《钢结构焊接规范》 GB 50661
- 5 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 6 《钢结构工程施工规范》 GB 50755
- 7 《优质碳素结构钢》 GB/T 699
- 8 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 9 《低合金高强度结构钢》 GB/T 1591
- 10 《焊缝无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》
GB/T 11345
- 11 《预应力筋用锚具、夹具和连接器》 GB/T 14370
- 12 《预应力混凝土用螺纹钢筋》 GB/T 20065
- 13 《城市桥梁工程施工与质量验收规范》 CJJ 2
- 14 《建筑机械使用安全技术规程》 JGJ 33
- 15 《施工现场临时用电安全技术规范》 JGJ 46
- 16 《建筑施工高处作业安全技术规范》 JGJ 80
- 17 《钢结构高强度螺栓连接技术规程》 JGJ 82
- 18 《公路桥涵施工技术规范》 JTG/T F50
- 19 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》
JTG F80/1

中华人民共和国行业标准

桥梁悬臂浇筑施工技术标准

CJJ/T 281 - 2018

条文说明

编制说明

《桥梁悬臂浇筑施工技术标准》CJJ/T 281-2018，经住房和城乡建设部 2018 年 4 月 10 日以 2018 第 48 号公告批准、发布。

本标准制定过程中，编制组进行了广泛和深入的调查研究，总结了我国桥梁悬臂浇筑施工技术的实践经验，同时参考相关标准，通过对挂篮受力性能等试验取得了一系列重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《桥梁悬臂浇筑施工技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

2	术语和符号	37
2.1	术语	37
3	基本规定	39
4	挂篮设计与构造	40
4.1	一般规定	40
4.2	荷载及组合	40
4.4	承重系统	41
4.5	锚固及悬吊系统	41
4.6	行走系统	41
4.7	模板及作业平台系统	41
5	挂篮制作、安装与拆除	43
5.1	一般规定	43
5.2	挂篮制作	43
5.3	挂篮改制	43
5.4	挂篮预拼装	43
5.5	挂篮安装	44
5.6	挂篮拆除	44
6	挂篮使用	45
6.1	一般规定	45
6.3	挂篮预压	45
6.4	挂篮前移	45
6.5	挂篮就位	46
6.6	挂篮维护	46
7	主梁施工	47
7.1	一般规定	47

7.2	混凝土工程	47
7.3	墩顶梁段施工	48
7.4	悬臂节段施工	49
7.5	边跨现浇段施工	49
7.6	合龙	50
8	施工监控	52
8.1	一般规定	52
8.2	实施	52
8.3	控制精度	53
9	质量验收	54

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.2 挂篮一般由承重、锚固、悬吊、行走、模板及作业平台等几大系统组成，其主要系统如图 1 所示。

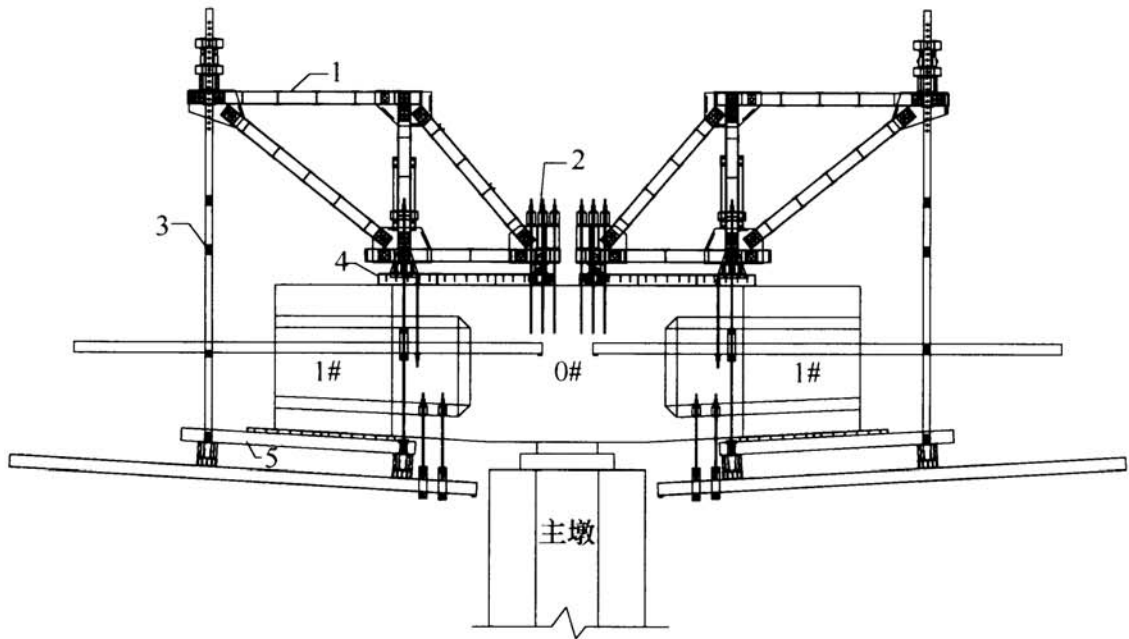


图 1 挂篮系统

1—承重系统；2—锚固系统；3—悬吊系统；4—行走系统；
5—底篮及模板

2.1.4 挂篮锚固系统及部分行走系统见图 2。

2.1.5 挂篮悬吊系统组成如图 3 所示。

2.1.6 挂篮行走系统组成如图 4 所示。

2.1.7 一般情况下，在墩顶梁段施工时，可搭设托架进行支撑。如果墩顶梁段的长度较小，无法放置两台挂篮，则一种方式是采用联体挂篮，另一种方式是在条件允许情况下，利用托架完成 1 号块的施工后再进行挂篮的安装。

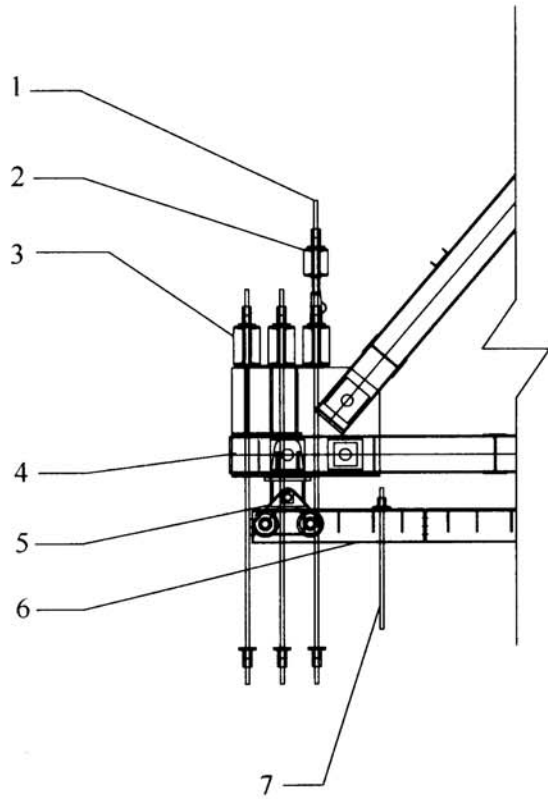


图2 挂篮锚固系统

1—后锚压杆；2—后锚调整梁；3—后锚压梁；4—主桁下弦杆；5—反扣装置；6—行走轨道；7—轨道锚固筋

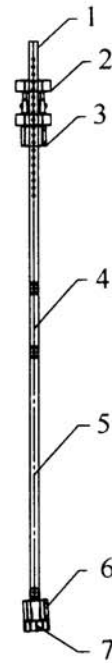


图3 挂篮悬吊系统

1—上吊杆；2—调节扁担梁；3—前上横梁；4—中吊杆；5—下吊杆；6—前下横梁；7—下吊架

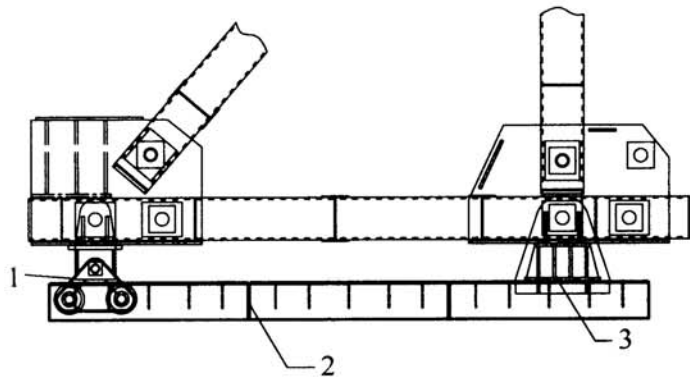


图4 挂篮行走系统

1—反扣装置；2—轨道；3—滑移支座

2.1.8 本条所说的非弹性变形量是指挂篮经过预压荷载作用，卸载后不可恢复的变形值。

3 基本规定

3.0.1 悬臂浇筑专项施工方案一般可根据招投标文件、施工合同、设计文件、相关技术标准等的要求以及全桥施工组织设计，结合各个墩台的高度及周围地形、地质、水文、交通等条件进行编制。专项施工方案经施工单位技术负责人、总监理工程师审批通过后，由施工单位进行现场的技术交底。

3.0.4 进行预压试验的目的是消除挂篮在加载状态的非弹性变形并测量挂篮的弹性变形值，合理设置悬臂浇筑梁段的立模高程。

3.0.8 本条对悬臂浇筑梁桥应进行施工监控的范围进行了规定。对于连续梁桥、连续刚构桥随着跨径的增大，施工过程中的安全风险和技术难度随之增大，当主跨跨径大于 100m（含 100m），根据相关标准应进行施工监控；对于主跨跨径在 60m 至 100m 范围内的悬臂浇筑梁桥建议进行施工监控，并且施工监控以线形控制为主；主跨跨径小于 60m 的则可根据实际情况，确定是否需要开展施工监控工作。

4 挂篮设计与构造

4.1 一般规定

4.1.1 挂篮的设计目前一般是参照钢结构相关标准进行，并且建议由专业单位进行设计。

4.1.2 该条所说的变形值，是指在施工过程中挂篮产生的最大变形，包括了吊带变形的总和。

4.1.3 本条是参考了现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 中关于模板变形值的规定。在本标准中，结构表面隐蔽的模板指挂篮内模及内模导梁等构件；承载后挠曲的杆件承载状态指混凝土浇筑状态，空载状态指仅考虑挂篮各构件自重时的状态。

4.1.5 挂篮总重量应包含挂篮自重、模板及作用于挂篮上的其他辅助设施重量。一般情况下最重悬臂梁出现在 1 号块，但有时后续悬臂节段由于设计分块的长度大，也可能成为最重悬臂梁段。本条中所规定的比值下限 0.3，是为了避免挂篮系统设计过轻导致变形较大而设定的。

4.1.6 当墩顶梁上无法放置两台挂篮时，可采用联体挂篮。

4.2 荷载及组合

4.2.9 挂篮设计中实际选取的计算假定和分析模型应尽可能与实际结构受力特点一致。计算采用极限状态法对挂篮的强度、刚度和稳定性进行计算。挂篮强度、稳定性计算采用荷载基本组合；刚度验算采用荷载标准组合，即不考虑分项系数。表 4.2.9 中仅表示的是参与计算的各类荷载组合，不代表代数相加。实际计算时应根据计算内容选择相应分项系数进行组合。对于行走系统的强度和稳定性计算，尚应考虑 1.3 的行走冲击系数。

4.4 承重系统

4.4.2 联体挂篮是因墩顶梁段长度较小，挂篮无法按正常结构拼装时，将两台挂篮主桁通过附加杆件联为一体。

4.4.3 挂篮主桁架前支点与主桁架间、主桁架各杆件间如采用焊接连接方式，不便于现场对焊接质量的检查与验收，挂篮使用的风险较大，故本标准中推荐采用销轴连接方式。

4.5 锚固及悬吊系统

4.5.1 挂篮的承重吊杆可采用多种材质，如钢带、精轧螺纹钢等，而钢吊带的性能更为可靠，所以建议采用钢吊带。防松脱措施一般是采用销轴连接，开口销锁住。

4.5.3 本条规定的目的是确保锚固于斜面或曲面上的吊杆或锚杆锚固端垂直受力。

4.6 行走系统

4.6.3 挂篮行走时，反扣装置前、后轨道锚固点间距一般根据轨道刚度和强度确定，并且要考虑锚杆均衡承载。

4.6.4 轨道前进方向的前端设置限位保险装置的目的是为了防止挂篮行走时滑出轨道。

4.6.5 前支座与轨道之间的相对运动有滑动与滚轮两种形式，钢与钢之间的滑动系数为 0.1~0.12（无润滑）、0.05~0.1（有润滑），而滚动摩擦系数不大于 0.01，当桥梁纵坡大于 1%，挂篮采用滚轮结构的前支座与反扣装置，会有自行滑动的趋势，设计时需充分考虑，并设置防滑机构。

4.7 模板及作业平台系统

4.7.1 采用钢模板且减少模板分块有利于保证梁体混凝土外观质量。

4.7.4 模板与已浇梁段混凝土间搭接长度一般在 100mm~

250mm 之间，搭接长度过小或过大都易导致搭接处贴合不严产生漏浆现象。

4.7.7 作业平台步行板宽度不应小于 600mm，是根据“人体工程学尺寸对照表”工作通道 600mm~900mm 确定；根据现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 要求，栏杆高度不小于 1.10m；根据现行国家标准《民用建筑设计通则》GB 50352 要求，临空高度在 24m 以下时，栏杆高度不应小于 1.05m，临空高度在 24m 及 24m 以上（包括中高层住宅）时，栏杆高度不应小于 1.10m，本标准采用栏杆高度不应小于 1.10m。

5 挂篮制作、安装与拆除

5.1 一般规定

5.1.3 挂篮安装和拆除时应对称进行，这是为了防止出现两端不平衡而发生倾覆事故。

5.2 挂篮制作

5.2.1 挂篮一般建议由专业单位进行加工制作，因为在专业单位的工厂内进行加工能够对构件的加工精度和加工质量有所保证。

5.2.4 本条规定的目的是为了消除热影响区域。

5.3 挂篮改制

5.3.3 主要受力焊缝的安全检查应进行磁粉或渗透检查，确认焊缝质量，避免因受力或疲劳产生焊缝裂纹。修复方案一般可采用砂轮打磨、碳弧气刨、铲凿或机械等方法彻底清除。采用焊接修复前，应清洁修复区域的表面。

5.3.5、5.3.6 这两条不仅是对改制挂篮的要求，其他焊接施工也应遵守。低温会造成钢材脆化，使得焊接过程的冷却速度加快，易于产生淬硬组织，对于碳当量相对较高的钢材焊接是不利的，尤其是对于厚板和接头约束度大的结构影响更大。本条对低温环境施焊作出了具体规定。

5.4 挂篮预拼装

5.4.1 挂篮预拼装一般可根据场地条件、起重设备等因素，选择合适的主桁架几何形态进行。预拼装完毕确认合格后出厂。

5.5 挂篮安装

5.5.4 由于此时挂篮主要构件已在地面进行了组拼，但构件整体刚度不足，如果提升时各吊点的升降不同步，极易造成构件的变形或节点的破坏。

5.5.7 采用塑料套管或其他绝缘材料包裹精轧螺纹钢的目的，一是为了防止精轧螺纹钢在使用过程中因电焊等原因造成损伤；二是采用绝缘材料进行保护，可以避免吊杆或锚杆在过电后造成力学性能下降而影响使用。

5.5.8 本条对于轨道顶面、轨间距的要求都是为了确保挂篮移动的顺畅。

5.6 挂篮拆除

5.6.3 挂篮需要后退时，梁体断面内应无吊杆或锚杆，且应确定梁体翼缘板上的附加结构对挂篮后退无影响。

6 挂篮使用

6.1 一般规定

6.1.1 质检报告中应包含单件验收记录和预拼装验收记录等。挂篮预压可采用水箱加压法、砂袋法、反拉模拟加载法等。

6.1.2 本条规定的目的是为了为了保护斜拉带、钢板吊带、精轧螺纹钢吊杆等挂篮的主要受力杆不受损伤、烧伤。

6.1.4 同一 T 构两套挂篮推进距离不得相差 1m 以上，此举的目的是为了确保结构安全。

6.3 挂篮预压

6.3.3 测量一般以挂篮初始位置作为基准状态，确定测量基点和初始值；每套挂篮纵向宜设置不少于 3 个观测断面，并应根据结构截面形式设置测点。观测内容一般包括挂篮主桁架各杆件应力、后锚杆应力、吊带应力、竖向弹性变形。

6.3.6 卸载完成后进行的测量应包括对挂篮变形恢复情况的相关数据记录。

6.3.7 通过模拟荷载试验，可认为挂篮的非弹性变形已经消除。施工时应根据挂篮弹性变形值调整底模标高，以使挂篮变形后梁体线型满足设计要求。

6.4 挂篮前移

6.4.4 挂篮行走应对称进行，行走时两侧主桁架行程应保持一致，轴向正确。

6.4.5 挂篮行走时，应确保吊杆、模板等与挂篮分离，并派专人观察确保行走正常，挂篮、模板与箱梁或其他物品应避免发生摩擦、牵挂，发现行走异常应立即停止，查明原因调整后再开始

行走。挂篮的调整可通过在挂篮承重主桁架与桥面间用手拉葫芦予以调整。

6.5 挂篮就位

6.5.1 后锚固点的锁定是为了防止挂篮倾覆。

6.5.2、6.5.3 挂篮纵向定位宜利用行走装置调整，模板就位应利用吊杆和模板系统精确调整，误差应符合设计和相关规范要求。

6.5.5 挂篮就位检查应填写检查报告，如发现问题应及时解决，重要情况及时汇报。

6.6 挂篮维护

6.6.1 加强挂篮使用期间的维护，能够提高挂篮在移动过程中和节段混凝土浇筑时的安全性，所以在挂篮每次移动前和每个节段混凝土浇筑前应对其进行检查。中间过程若发现问题或者隐患，可进行针对性检查，及时解决问题或排除隐患。

7 主梁施工

7.1 一般规定

7.1.2 临时固结宜与桥梁结构一同设计。临时固结形式应根据桥梁施工环境、承台尺寸、墩顶梁段形式综合确定，并应具有承重能力强、稳定性好和易拆除的特点。

7.1.4 多跨合龙时，应同时均衡对称地合龙。边跨合龙后，中跨合龙前，应拆除墩、梁临时固结约束措施。

7.2 混凝土工程

7.2.1 若挂篮下限位器、下锚带、斜拉杆等部位影响下一步操作需切断钢筋时，应待该工序完工后，将割断的钢筋重新连接。

7.2.3 确定施工预拱度时应考虑下列因素：

- 1 设计预拱度；
- 2 在荷载作用下已施工梁段的变形；
- 3 挂篮在荷载作用下的弹性变形；
- 4 由混凝土预施应力和收缩、徐变引起的挠度；
- 5 由施工时温度变化引起的挠度。

7.2.4 悬臂浇筑侧模宜采用大块定型模板，底模宜选用胶合板或可拆卸的定型钢模，内模可采用胶合板及木模。内侧模的安装宜在底板、腹板及横隔板钢筋绑扎完毕后进行。模板铺装后应根据监测数据调整模板标高。内模与底模间宜设置拉杆进行定位，防止浇捣混凝土时内模下移或上浮。

7.2.6 下腋角位置往往是混凝土浇捣的薄弱区域，所以在该位置附近设下料口，保证混凝土的填充量，提高混凝土的密实度。

7.2.8 梁段混凝土宜采用一次浇筑，当采用多次浇筑混凝土时，应符合下列规定：

1 相邻两次浇筑混凝土的龄期差宜控制在 7d 以内；

2 水平施工缝处内模宜按混凝土满模浇筑高度立模，以方便施工缝凿毛和清理；底板浇筑时，混凝土应在底板和腹板交接处下料；

3 第二次安装内模时，应保持第一次所立模板紧贴混凝土不松动，以防止第二次浇筑混凝土下溢影响混凝土表面质量；第二次所立模板与既有模板应板面平齐、接缝严密；

4 施工缝应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 相关要求。

7.2.9 此条规定的目的是为了保证相邻标准梁段的混凝土龄期不要相差过大。如果龄期相差过大，由于混凝土不同龄期下的收缩和徐变不同，差异过大，将会导致成桥后的内力和线形与设计不符，需要重新进行计算。所以建议相邻标准段龄期不超过 14d 时间。

7.2.11 对纵向预应力长钢束的张拉，宜通过试验确定其张拉程序和各项参数，张拉持荷时间宜增加 1 倍；当钢束的伸长值不能满足要求时，可采取补张拉或反复张拉的措施，但张拉应力不得超过设计规定的最大控制应力。横向预应力筋采用一端张拉时，其张拉端宜在梁两侧交错设置。竖向预应力筋宜采取反复张拉的方式进行，反复张拉的次数应以钢束的伸长值是否达到要求且是否可靠锚固而定。

7.3 墩顶梁段施工

7.3.1 倾覆力矩应按单侧无挂篮和合龙等不利工况进行计算。不利工况可能发生在下列情况下：

1 单侧无挂篮的最不利工况是当两侧挂篮行走最远端时，对一侧挂篮先进行了拆除；

2 合龙的不平衡力包括：合龙段质量的一半；合龙吊架质

量的一半和施工临时荷载等。

7.3.6 支架或托架的形式一般可根据桥墩高度和断面大小，基础情况及梁体悬臂长度，墩底地形、地质、水文和交通情况，上部结构荷载情况等因素经综合比选后确定使用。

7.4 悬臂节段施工

7.4.1 监测可分六种工况，即挂篮行走前后、混凝土浇筑前后和预应力筋张拉前后。对各工况下已施工及正在施工梁段的高程变化情况，与理论计算值进行比较分析，合理调整后确定下一施工梁段的施工立模高程。调整立模高程主要是调整待施工梁段前端模板高程，模板后端应与已施工梁段连接牢固。

7.4.2 分次逐步调整待施工梁段前端模板高程的目的是为了保持梁体顶面及底面平顺，无明显凹凸变化。

7.4.5 本条所确定的混凝土龄期和强度均参考现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50。

7.5 边跨现浇段施工

7.5.1 边跨现浇一般采用支架法，当无法架设支架时，可采用临时墩、贝雷梁或钢便梁等方式。为防止支架在连续梁施工过程中产生不均匀沉降、倾斜，宜对支架安装范围的地基进行换填处理，对桥址处原地面进行清理、整平和碾压，经地基检测符合要求后，采用小型夯实机械分层填筑并压实，使其承载力满足施工要求。地基基础应做好排水处理，基础不得浸水。邻近边跨合龙段侧的底模及支架设计应考虑后期合龙时底模与已完成梁段的搭接。

7.5.2 支架预压的目的是检验支架及地基的承载力和稳定性，消除支架的非弹性变形和地基的沉降变形，测量出支架的弹性变形。支架预压可采用砂袋加重或水箱加重等方法进行加载。

预压加载可按照预压总荷载的 60%、100%、110% 分三次加载。每级加载完毕 1h 后进行支架的变形观测，测点布置在边

跨段的两端、 $\frac{L}{4}$ 、 $\frac{L}{2}$ 、 $\frac{3L}{4}$ 处 (L 为跨长), 横桥向根据截面的结构形式, 宜将测点布置在边跨截面的底、顶板中间位置和腹板中间位置。支架预压荷载全部加载完毕后, 宜每 6h 测量一次各测点的变形值。

支架预压过程中, 应对支架及基础进行沉降量观测。支架预压荷载全部加载完毕后, 最后两次沉降量观测平均值之差不大于 2mm 时, 即可终止预压。预压荷载卸除时, 应按照预压加载时的分级逐步卸载, 并在过程中进行沉降量的观测和记录。

7.6 合 龙

7.6.2 合龙段混凝土浇筑应尽量选择温度变化较小的时段进行, 宜从每日凌晨 (一天中最低气温时) 开始, 使整个混凝土初凝过程处于升温状态, 保证混凝土早期强度较低时不承受拉应力。

7.6.3 合龙段宜采取临时刚性连接, 临时刚性连接构造可在每个合龙段顶板、底板预埋刚性连接钢构, 待合龙前将钢构连接。预埋构件时要考虑避免与竖向预应力筋产生冲突。合龙段临时刚性连接应提前完成一端的焊接工作, 并应在一天中最低温度时进行另外一端的焊接以完成锁定。

合龙时应特别注意临时刚性连接的焊接、合龙段临时束的张拉及混凝土浇筑的先后顺序及紧凑性。

临时刚性连接的锁定是连续梁桥合龙段施工中的重要环节, 是结构体系转换的标志。特别在边跨合龙段, 由于现浇段是在支架上完成, 其相对较为稳定, 而悬臂端由于温度变化的影响会产生下挠或上翘并伴有轴向变形, 在混凝土早期强度不高未进行张拉前, 这些变形容容易导致合龙段混凝土开裂, 故需在合龙口设置刚性连接。

为防止合龙段混凝土出现裂缝可将合龙段的混凝土强度等级提高一级, 也可采用早强、高强、低收缩或微膨胀的水泥拌制的

混凝土。

7.6.4 预应力混凝土连续梁在悬臂浇筑施工时，是静定结构体系，梁与墩是临时固结；合龙后转换为超静定结构体系。因此在转换体系时，应将临时固结尽快解除，将梁落于永久支座上，并按高程调整支座高度和反力。这些工作均应按设计的规定进行。

滑动支座和现浇段的约束应及时解除，保证现浇段能随主梁温度变化自由伸缩。解除临时固结后，应采取措施保证活动支座的结构稳定，限制单悬臂梁发生过大的纵向水平位移。

7.6.6 压重可采用水箱、砂袋等方法，但需要将桥梁纵坡坡度的因素考虑在内，大纵坡段宜采用砂袋进行预压。

8 施工监控

8.1 一般规定

8.1.1 监控计算包括设计符合性计算、事前仿真计算和实时仿真计算；施工监测包括应力（内力）监测、线形监测、温度监测和必要的环境影响因素监测。

8.1.2 本条所说的施工监控是针对桥梁设计目标，通过施工过程模拟分析、现场监测以及误差识别与预测，对桥梁施工过程中的结构进行反馈控制，为实现设计要求的成桥结构受力与线形状态提供技术支撑的全部工作总称。

自适应施工方法是指根据前几个节段施工实施的情况，与计算结果进行比较，通过参数识别调整计算参数，使得理论计算参数与实际参数相吻合，从而使理论计算结果与现场实际情况相吻合。

8.1.4 桥梁的目标线形，是在设计线形的基础上，综合考虑施工变形和使用过程中的活载、收缩徐变变形等多种因素后确定的。合理的目标线形应当满足设计对结构状态的需要，因此需要与设计沟通确认。

8.2 实 施

8.2.1 监控方案应根据设计图纸、变更资料、施工组织设计和专项方案进行编制。在施工前收集的设计图纸中应包含完整的设计资料，如有设计变更应包含设计变更资料。本条说的施工预期目标是指通过施工监控，达到桥梁的合理成桥线形和内力要求。合理成桥线形是设计线形与预拱度叠加后的线形。

8.2.2 施工监控开始前要根据设计施工流程及成桥目标，将施工过程拆分成具体步骤，进行模拟计算，从而得到每个施工工况

应达到的线形及内力目标。施工监控分析的施工步骤应得到设计和施工方的确认。

8.2.5 桥梁悬臂浇筑施工的标准流程为：挂篮前移→绑扎钢筋→浇筑混凝土→张拉对应预应力。现场施工时，通过对浇筑后和预应力张拉完成后高程测量，判断结构的实际变形响应是否与理论计算一致，作为当前节段浇筑质量验收依据和后续节段浇筑时高程控制参考。

8.2.10 温度是影响主梁挠度的主要因素之一，温度变化包括季节温差和日照温差两个部分。其中，季节温差对主梁挠度的影响比较简单，由于其变化的均匀性，既不会使主梁发生挠曲，也不会使墩发生偏转，而是通过使墩身产生轴向伸缩对主梁的挠度产生影响；日照温差变形比较复杂，日照作用引起主梁顶、底板的温度差，使主梁发生挠曲，同时，也会引起墩身两侧的温度差，使墩身产生偏移。施工过程中，现场情况复杂，通过实时观测来加以修正能够比较准确地考虑温度的影响。

8.2.11 监控成果报告包含桥梁的设计理论数据和施工过程中的监测数据，是桥梁运营过程中长期监测的起点。

8.3 控制精度

8.3.1 悬浇梁桥主梁的成桥线形在施工过程中逐节段形成的，一旦形成就没有其他的调节方法，因此，各个施工阶段均应严格控制其与设计线形的误差，总体线形应略高于设计线形以保证长期变形后不低于设计线形，相邻节段过大高差可能导致桥面铺装的增厚，间接增加恒载内力，对长期性能不利。

8.3.2 立模标高是对最终成桥线形控制最为关键的指标，目前提出的指标参考了多年实践的经验和相关施工规范的要求。

9 质量验收

9.0.2 本条主要是根据现行行业标准《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定进行扩展。

9.0.3 本条主要是根据现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50 及《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2 的规定进行扩展，重点补充了检验频率和方法。