

# 品质工程桥梁预制构件质量提升 技术和管理指南

交通运输部

(二〇二〇年五月)

征求意见稿

# 前 言

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*。

本指南由交通运输部安全与质量监督管理局提出并归口，起草单位为浙江省、江苏省、江西省、贵州省和交通运输部公路科学研究院。

本指南主要编写人员：

征求意见稿

征求意见稿

# 目 次

1 总则 .....	1
2 基本规定 .....	2
2.1 编制依据（包括但不限于） .....	2
2.2 预制构件基本质量和性能 .....	3
2.3 预制场地及节能环保 .....	3
2.4 预制工艺、设备、材料 .....	3
2.5 信息化管理 .....	5
3 管理要求 .....	6
3.1 预制场地 .....	6
3.2 工装设备 .....	8
3.3 人员管理 .....	9
3.4 深化设计 .....	9
3.5 施工技术准备 .....	10
3.6 原材料、半成品和成品 .....	11
3.7 首件工程认可制度 .....	12
3.8 安全 .....	12
3.9 环保 .....	14
3.10 工人宿舍 .....	14
3.11 物联网 .....	14
4 通用要求 .....	15
4.1 模板工程 .....	15
4.2 钢筋工程 .....	16
4.3 混凝土工程 .....	19
4.4 预应力工程 .....	22
4.5 构件转运和存放 .....	25
5 小箱梁质量提升要点（浙江） .....	27
5.1 模板工程 .....	27
5.2 钢筋工程 .....	27
5.3 混凝土工程 .....	29
5.4 预应力工程 .....	30
5.5 构件的转运和存放 .....	30
6 大箱梁质量提升要点（浙江） .....	32
6.1 模板工程 .....	32
6.2 钢筋工程 .....	33
6.3 混凝土工程 .....	35
6.4 预应力工程 .....	36

6.5	构件的转运和存放 .....	36
7	节段梁质量提升要点(江苏) .....	39
7.1	模板工程 .....	39
7.2	钢筋工程 .....	42
7.3	混凝土工程 .....	44
7.4	构件转运与存放 .....	46
8	T梁质量提升要点(贵州和江西) .....	48
8.1	模板工程质量提升要点 .....	48
8.2	钢筋工程质量提升要点 .....	50
8.3	混凝土工程质量提升要点 .....	52
8.4	预应力工程质量提升要点 .....	53
8.5	构件的转运和存放质量提升要点 .....	54
8.6	其他 .....	55
附录 A	(资料性附录) 钢筋配料单 .....	56
附录 B	(规范性附录) 钢筋定位架验收标准 .....	57
附录 C	(规范性附录) 施工过程中外露钢筋防腐处理要求 .....	58
附录 D	(规范性附录) 混凝土强度稳定性控制措施 .....	59
附录 E	(规范性附录) 桥梁预制构件外观质量分级评定标准 .....	67
附录 F	(规范性附录) 凿毛分级评定 .....	73
附录 G	(规范性附录) 节段梁线性控制措施 .....	74
附录 H	(规范性附录) 智能张拉、压浆设备评定 .....	77

# 品质工程桥梁预制构件质量提升技术和管理指南

## 1 总则

1.0.1 为深入贯彻党中央、国务院“高质量发展”要求，落实交通运输部“品质工程”工作部署，大力推行桥梁预制构件工厂化、标准化、精细化生产和信息化管理，提高质量安全管理水平、优化施工工艺、改善成品稳定性和耐久性，全面提升公路工程建设品质，制定本指南。

1.0.2 本指南适用于公路工程桥梁混凝土预制小箱梁、大箱梁、节段梁和T梁的质量提升管理和过程控制。

1.0.3 桥梁预制构件质量提升要点包括管理程序、模板工程、钢筋工程、混凝土工程、预应力工程以及构件转运和存放等方面。

1.0.4 桥梁预制构件的质量提升技术和管理除应符合本指南的规定外，尚应符合法律、法规、规章、国家和行业现行有关标准的规定。

## 2 基本规定

### 2.1 编制依据（包括但不限于）

GB/T 5223-2014	预应力混凝土用钢丝
GB/T 5224-2014	预应力混凝土用钢绞线
GB/T 20065-2016	预应力混凝土用螺纹钢筋
JTG/T F50-2011	公路桥涵施工技术规范
JTG F80/1-2017	公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JGJ 55-2011	普通混凝土配合比设计规程
交安监发[2016]216号	关于打造公路水运品质工程的指导意见
交办安监[2018]18号	品质工程攻关行动试点方案（2018-2020年）
DB33_T 2154-2018	公路桥梁后张法预应力施工技术规范
浙交监[2018]45号	桥梁预制构件质量提升攻关行动实施方案



## 2.2 预制构件基本质量和性能

2.2.1 应使用质量稳定可靠的原材料，运用先进的工艺、设备，降低混凝土强度和保护层厚度的离散性，提高预制构件外观质量和耐久性。

2.2.2 构件预制应形成全过程记录，佐证资料齐全、真实、完整，实现质量可追溯。可采用质检表单和二维码形式进行记录和过程传递。

## 2.3 预制场地及节能环保

2.3.1 在标段划分时应统筹考虑预制场的投入产出比和规模化、集约化生产要求。

2.3.2 预制场建设前应进行场地布置、功能区、水电网路等专项设计，完成后应组织专项验收，合格后方可投入使用。

2.3.3 应积极采用先进适用的节能环保材料、技术和产品。

## 2.4 预制工艺、设备、材料

2.4.1 桥梁预制构件质量提升宜积极采用安全环保、质量可靠、成熟高效的新工艺、新设备和新材料，淘汰施工难度大、危险性高、易造成质量问题和通病、操作过程中人为因素影响大、环境污染严重、能效低的工艺、设备、材料。

2.4.2 淘汰和限制的预制工艺、设备、材料及其对应替代的工艺、设备、材料可参考表 2.2.2。

表 2.2.2 淘汰和限制的预制工艺、设备、材料

序号	拟淘汰工艺工法、施工设备、工程材料名称	工艺工法、施工设备、工程材料描述（类别、技术性能指标、基本流程等）	禁止或限制类型	淘汰或限制原因	参考的可替代工艺工法、施工设备、工程材料	禁止或限制范围
1	卷扬机钢筋调直工艺	利用卷扬机的牵引力拉直钢筋	禁止	1. 调直质量难以保证； 2. 生产方式存在安全隐患。	钢筋调直机调直钢筋工艺等	/
2	钢筋闪光对焊作业	人工操作闪光对焊机进行钢筋焊接的工艺	限制	1、焊接接头质量受环境、设备及焊工操作水平影响大；2. 现场施工质量常难以保证。	机械连接（套筒冷挤压连接、滚压直螺纹套筒连接等）工艺等	直径大于或等于 22mm 的钢筋连接不得采用人工闪光对焊
3	箱型梁采用气囊内膜工艺	用橡胶充气气囊作为箱型梁的内膜，拆模时打开阀门放气，抽出气囊。	禁止	1. 气囊质量轻，刚度差，易变性，特别在振捣时，箱梁的腹板、顶板等位置，钢筋保护层厚度难保证；2. 气囊抽出时间不易控制，抽早了易造成混凝土塌落漏筋或表面拉伤。	箱型梁预制采用刚性内膜工艺等	/
4	混凝土预制构件人工洒水养护	在预制梁板养护期采用人工洒水养护	限制	1. 人工洒水用工多，喷洒不均匀，不及时，影响工程质量；2. 养护效率低。	自动喷淋，“自动喷淋+人工辅助”养护工艺等	水电条件具备的情况下不得使用
5	自落式混凝土搅拌机	自落式混凝土搅拌机机构简单，工作时拌筒内的物料被叶片提升至一定高度后，借自重下落；重复旋转运动，达到搅拌均匀的效果。	禁止	1. 原材料无法准确称量控制；2. 搅拌机单纯物料自由下落进行搅拌，搅拌不均匀，易造成混凝土离析，工效低，质量不可控；3. 扬尘大，文明施工形象差。	强制式搅拌机等	/
6	现场简易制作的钢筋保护层垫块工艺	在施工现场采用普通砂浆通过切割成型等简易方法制作的钢筋保护层垫块	禁止	工艺落后，质量难把控。	专业化，采用压制设备生产垫块工艺等	/
7	非数控预应力张拉设备	采用人工手动操作张拉油泵，张拉预应力钢筋线；张拉力从压力表读取，伸长量靠卡尺	限制	1. 人工张拉预应力施加的大小、持荷时间以及伸长量受人为因素影响较大；2. 两端张拉	数控（智能）预应力张拉设备等	公路工程预制梁场内不得使用

		测量		时两端的操作进度，力的大小不匹配，导致预应力在管道内的实际大小与计算模式不相符；3. 人工张拉存在一定风险隐患；4. 施工量大，功效低		
8	非数控孔道压浆设备	采用液压泵将拌制好的水泥浆由孔道泵入，待孔道出口流出浓浆后关闭出浆口阀门，继续压入水泥浆至要求的压力	限制	1. 普通压浆设备不稳定，人为因素大，配合不及时，饱满度控制不到位、压力浮动较大；2. 操作工作中配合不到位易造成堵管，爆管等现象；3. 施工准备时间较长，功效低；4. 筑浆压力，筑浆质量不易控制，施工操作人为因素多。	真空辅助压浆设备、数控（智能）压浆设备等	公路工程预制梁场内不得使用
9	预制梁板钢筋无胎架胎模现场绑扎	预制梁板钢筋 现场绑扎，无钢筋辅助定位措施	限制	受工人的熟练程度以及责任心等因素的影响，钢筋的绑扎精度随意性较大	利用胎架胎模进行钢筋的安装	生产总量大于 100 片的预制场不允许使用
10	预应力管道水泥净浆压浆	利用水泥、水、外掺料作为材料进行压浆浆液的拌制	禁止	水泥净浆配合比的随意性、差异大，水泥净浆收缩较大，压浆质量不能有效保证。	专用压浆料 或专用压浆剂配制的浆液	公路工程
11	龙门吊卷盘式电缆	卷盘式电缆进行龙门吊供电	限制	易损坏，安全风险大	滑触线取电	公路工程
12	板岩母材混凝土	采用板岩性质母岩进行砂石料加工	限制	板岩中的碱骨料反应引起混凝土内部自膨胀应力而开裂，混凝土从内部膨胀开裂，失掉强度结构破坏。	石灰岩、白云岩	需进行专题研究，出具专项评价意见，并经专家评审通过后才能使用。
13	集料加工摇摆筛	利用摇摆筛进行砂石料筛分加工砂石料	限制	产量低，各档集料筛分不彻底，窜料较多。	振动筛	二级及以上等级公路不允许使用

注：可替代工艺、设备、材料包括但不限于表格中列出的名称。

## 2.5 信息化管理

2.5.1 人员、设备和材料等方面以及预制全过程宜采用信息化技术进行管理。

2.5.2 工厂化预制宜采用“BIM（建筑信息模型）”、“MES（工厂加工执行系统）”等信息化平台实现预制构件生产过程的信息管理。

2.5.3 成品梁体上应标识基本信息和预制全过程信息。

1 基本信息应包括桥梁名称、梁板编号、浇筑日期、张拉压浆日期、方向标识等，标识应清晰、耐久。

2 预制全过程信息应包括原材料、工序、成品检测和验收结果，应采用二维码或芯片等信息技术在梁体上予以标识，可采用移动终端进行实时查看。

征求意见稿

### 3 管理要求

#### 3.1 预制场地

##### 3.1.1 预制厂选址应满足下列要求：

1 选址应遵循“安全第一、科学规划、因地制宜、永临结合、经济适用、绿色环保”的原则。在满足使用功能的前提下，宜利用红线用地，少占用土地，减少拆迁及复垦。

(1) 应根据规划场地面积合理选址，规划场地面积应满足预制数量、工期、存梁时间等需求。

(2) 应具备原材料、大型设备、预制梁进出场运输条件，采用水路运输宜邻近码头区域。

(3) 厂址应尽量选择在地形、地质较好的地方，地基应满足承载力要求，边坡应稳定，否则应对地基和边坡进行加固。

(4) 应考虑防洪、排涝等要求，不应设在易受自然灾害影响地带；宜避开高压线、危险爆炸物生产区，确保施工安全。

2 工程项目预制厂选址宜根据项目情况及特点进行统一规划，相关要求应写入招标文件。

##### 3.1.2 预制厂应进行专项设计，编制专项建设方案。专项设计应包括但不限于下列内容：

1 总平面布置图：功能区图、给排水线路图、供电线路图、围挡区域图、起重设备布置图等；

2 预制场地平整图：场地整平断面图、场地硬化断面图等；

3 给排水系统图：蓄水池图、供水管路图、排水沟、沉淀池图、收集循环利用系统图等；

4 供电系统图：变压器发电机房图、供电线路图、电缆沟图、二级配电箱图、三级取电电源点设置图、龙门吊滑触线图、照明图等；

5 厂区围挡图：围挡基础图、围挡图、门禁系统图等；

6 台座：台座扩大基础及配筋图、台座及配筋图、钢结构台座图等；

7 起重设备基础：基础布置及配筋图等；

8 工装：钢筋绑扎胎架图、钢筋骨架吊装吊具图、上下行通道图、张拉防护平台图、钢绞线放线架图、浇筑料斗图、浇筑平台或移动小车图、压浆浆体收集工装图、钢筋半成品配送胎架图、梁底预埋钢板调坡器图等；

9 养护系统图：自动喷淋养护系统图、蒸汽养生大棚图等；

10 仓库及雨棚：钢筋绑扎区大棚图、钢筋加工场大棚图、专用材料库房图等。

##### 3.1.3 预制场地布置应满足下列要求：

1 各项目应根据工程实际情况，严格控制各标段混凝土构件预制场地数量，要求各类构件集中预制，禁止构件（包括小型构件）零星预制。

2 预制场地面积宜根据预制构件数量、工期、存梁时间、架设速度等综合考虑，可参照表 3.1.2 的规定确定。

表 3.1.2 预制场建设规模（推荐）

规模 类别 内容 要求	混凝土箱梁			T 梁
	大箱梁	节段梁	小箱梁	
预制构件数量（片）	≥300	≥500	≥1000	≥1000
场地面积（m <sup>2</sup> ）	≥200000	≥80000	≥45000	≥35000 (山区≥15000)

3 预制场地布置宜考虑制梁台座和存梁台座平面布置，其他功能区宜结合制梁和存梁区进行布置，根据制梁台座和存梁区的位置关系，预制场地布置形式可分为下列三种：

(1) 纵列式预制场地：场地布置较为狭长，适用于山岭地形条件，设备占用少，一般在桥轴线上或平行于桥轴线上布置，此布置形式较为常用。

(2) 横列式预制场地：场地较为方正，适用于中等生产能力的预制厂，移梁、提梁时需加配提梁机进行移梁或装梁，一般建设于主线外。

(3) 组合式预制场地：兼具纵列式和横列式布置的特点，制梁区为纵列式，存梁区为横列式，配置轮胎式或轮轨式搬梁机，适用于较大规模预制能力的预制厂，一般建设于主线外。

4 预制区域严格控制纵、横坡度；场地应硬化；龙门吊两侧轨道顶面标高应一致，纵坡合理。

5 预制场地应采用封闭式管理，设置信息化门禁系统，并宜在预制场门口设置生产信息显示终端大屏。

#### 3.1.4 预制场地功能区建设应满足下列要求：

1 功能区宜包括钢筋加工区、钢筋绑扎区、混凝土拌和区、制梁区、存梁区、出梁区等，各功能区宜按照流水生产线方式布置，功能齐全、科学合理、界限清晰。

2 生产线数量宜根据场地形状、构件类型、台座数量等因素确定。

3 钢筋加工区应采用全封闭钢结构厂房，厂房内应设置原材料堆放、钢筋下料、加工制作、检测、半成品（成品）堆放、废料临时存放等功能区域；钢筋加工区内安全通道应人车分离；钢结构厂房高度应满足加工设备操作空间，不宜小于 7m；钢结构厂房应进行专项设计，并设置避雷、防风保护措施；钢筋加工区面积应根据钢筋（材）加工量、工期等要求设置，宜不低于表 3.1.4 的规定；

表 3.1.4 钢筋加工区面积参考标准（推荐）

规模	加工总量 (t)	面积 (m <sup>2</sup> )
大	>10000	3500
中	[6000, 10000]	2000
小	<6000	1500

注：如受场地限制，可适当调整场地面积大小，但功能分区布局应科学、合理。

4 钢筋绑扎区应设置胎架、钢筋半成品存放和工器具存放等功能区域，并具备必要的防雨措施；胎架数量应满足生产需求。

5 制梁区宜满足下列要求：

(1) 台座数量应与构件的类型、数量、工期相适应，并考虑一定的富余；台座应设置于地质较好的地基上，在不良地段，应先进行地基处理；台座应进行专项设计，满足混凝土浇筑和预应力张拉要求；应定期对台座进行沉降观测，发现不均匀沉降应及时采取加固措施。

(2) 应设置自动养生设备，养生应做到全覆盖、无死角；冬期施工应具备保温、保湿养生条件。

6 存梁区应设置专用检验台座；台座优先选择条形基础或扩大基础，特殊地质情况下选择桩基础；台座数量应根据制梁设备配置状况、制梁工序、制梁周期及架设速度等因素确定。

7 出梁区应合理规划起重设备、运输道路和码头等；运输道路应设置在存梁区附近，宽度应满足运梁要求。

8 混凝土拌和区宜满足下列要求：

(1) 拌和区应根据工程实际情况集中布置，宜采用封闭式管理，四周设置隔离，入口设置门禁系统。拌和区建设应合理划分拌和作业、材料堆放、运输车辆停放、试验、混凝土尾料回收及办公等功能区域，内设洗车池（洗车台）、污水沉淀池和排水系统。

a) 拌和作业区应设置除尘系统。

b) 宜根据地域环境设置拌和用水加热、降温设备。

c) 材料堆放区应设置全封闭式钢结构厂棚，厂棚具备防雨、抗风、保温功能。宜在拌合设备和堆放区之间设置必要的防雨措施。

d) 混凝土尾料回收区应设置尾料回收处理系统。

(2) 拌和区场地面积、搅拌机组配置及产能应满足生产、施工需求和工程进度要求，一般不低于 5000m<sup>2</sup>。

(3) 拌和区各罐体宜联接成整体，安装缆风绳和避雷设施，每一个罐体应喷涂成统一颜色，应绘制高速公路项目名称以及施工单位简称，两者竖向平行绘制，颜色（建议采用白底蓝色）、字体醒目。

(4) 原材料应有足够的储量，每种混凝土原材料储料仓（罐）应不少于 2 个。

### 3.2 工装设备

3.2.1 工装设备应根据生产工艺的流水线要求合理布设，基本生产设备和工艺工装应满足表 3.2.1 的规定。

表 3.2.1 预制厂应具备的生产设备和工艺工装

类别	设备名称	设备要求	备注
生产设备	钢筋加工机械设备	数控设备、焊接机器人、桁车	/
	混凝土搅拌站	不少于 2 台强制式卧轴搅拌机或者强制式行星搅拌机、自动计量配料系统及皮带运输机	法律法规规定的除外
	混凝土浇筑设备	大型整孔箱梁采用布料机，其他梁型浇筑设备应满足施工需求	/
	养护设备	智能喷淋系统及蒸养	/
	张拉设备	智能张拉设备	/
	压浆设备	智能压浆设备	/
	门式起重机	额定起吊能力满足最大使用荷载的需要	/
	提梁/移梁设备	额定起吊能力满足最大使用荷载的需要	采用提梁机时可租赁
工艺工装	发电机	备用发电机，功率应满足停电时继续生产、办公、试验室试验	/
	制梁台座及配套装备	基础牢固，数量满足施工工期的需要	/
	存梁台座	基础牢固，不产生不均匀沉降	/
	模板	底模、侧模、端模、内膜	/
	梁体钢筋绑扎胎架	底、腹板绑扎胎架，顶板绑扎胎架，整体绑扎胎架	/
	吊具	满足吊装需求	/
	混凝土浇筑防雨设施	能满足在雨中浇筑混凝土需要	梁露天生产时
混凝土养护装置	保温设施（蒸养罩、棚、房）	蒸汽养护时	

注：基本生产设备和工艺工装可与上述设备名称不同，但应满足上述设备的功能、性能要求。

3.2.2 可租赁的必备设备和工装，租赁时间须满足生产许可证发证周期的要求。

### 3.3 人员管理

3.3.1 应建立健全相应管理制度，建立并落实人员培训制度、安全交底制度、班前教育制度和领导值班制度等，确保预制梁场的有效运行和管理。

3.3.2 人员上岗时应佩带工作牌，工作牌应具有人员姓名、工号、照片、所在部门、职务等相关信息。

3.3.3 应进行管理交底，建立健全各项考核制度、人才激励机制，推行班组规范化管理。

3.3.4 管理人员应满足下列要求：

1 施工单位应根据招标文件以及工程实际需要，配置施工单位主要负责人、各部室负责人以及其他人员，配置人员、资质、数量应满足国家有关规定和现场施工需要。

2 质检员、试验员、安全员、测量员等技术人员应满足合同要求，并持有相应主管部门核发的证书方可上岗。

3.3.5 作业人员应满足下列要求：

1 作业人员年龄不应小于 16 周岁，男不超过 60 周岁、女不超过 50 周岁，且应身体健康，具备适应相关工作的身体条件。

2 施工单位应通过作业班组规范化管理、岗位技能培训等措施，提升一线作业人员的职业素养和操作技能，并通过制度设置保持一线作业班组的稳定。教育培训情况应当记入个人业绩档案，未经培训或者培训考核不合格的人员，不得上岗作业。特殊工种应持证上岗，实行定岗定人制管理。

3 施工单位应根据工程进度情况，在分项工程开工报告审批后，按工序内容进行班组组建，配备分管技术员、安全员，明确班组长、班组巡查员，并报监理单位审查、建设单位备案。

4 实行班组“6S”管理（整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全）；实行“六步走”班组工作程序（班前提示、班前检查、班中巡查、班后小结、班后交接、班后清理）；开展班组劳动竞赛。

5 建设单位应成立班组作业标准化评比小组，负责班组作业标准化建设的评比工作，并根据监理单位推荐的示范班组每季度组织一次班组作业标准化评比奖励。班组作业标准化评比与立功竞赛、安全生产考核、平安工地考核挂钩。

6 实行班组首件制，班组首件产品合格后才能进行生产，首件三次不合格班组予以清退。

7 施工单位应对所有班组人员进行信息化管理，登记造册，建立流动档案管理。

8 施工单位应设立农民工工资管理账户，为每一位工人单独发放账号，每月实时、足额发放工资。

9 所有班组人员作业时应按照要求佩戴规定的防护用品（如安全帽、水鞋、手套、口罩等）并严格遵守安全操作规程。

### 3.4 深化设计

3.4.1 设计阶段宜推行信息化设计、标准化设计、可施工设计和深化设计，优化调整各项设计参数，并宜符合下列规定：

1 宜采用 BIM 等三维建模技术进行正向化设计，进行数值化三维空间放样，以确保混凝土保护层厚度、预应力线型、钢筋端部弯钩等均满足规范要求，同时对施工过程进行模拟、验证，确保预制构件特殊部位混凝土和钢筋的可施工性，从源头上避免错、漏、碰、缺。

2 同一项目宜采用同一跨径、标准化截面设计，减少梁长变化、避免斜交，降低施工难度。采用模数化设计。

3 优化横隔板（梁）设计，减少横隔板（梁）数量，适当增加横隔板厚度。

4 优化负弯矩区、横向湿接缝等细部设计，减少施工难度、提高工作效率、降低建设成本。

5 钢筋骨架图的设计应考虑模块化施工的需求。

#### 3.4.2 施工阶段应对施工方案进行深化设计，并符合下列规定：

1 预制构件出厂运输及施工场内运转应根据预制构件的受力特点，采取有针对性的运输措施和方案，保证运输过程中预制构件不被损坏。

2 预制构件吊装、安装应进行专项方案设计，根据预制构件的单件质量、形状、安装高度、现场条件来制定具有针对性的吊装施工方案，确保吊装过程的受力安全并严格控制安装时的变形。

3 完善施工过程中预制构件的防排水设计，防止运输、吊装过程中水流进入箱室内部来不及排出，影响构件质量及耐久性。

#### 3.5 施工技术准备

##### 3.5.1 图纸会审应符合下列规定：

1 在设计技术交底与图纸会审之前，项目监理单位、施工单位应事先指定主管该项目的工程技术人员、专业监理工程师应熟悉图纸，进行初步审查，准备审查意见。

2 设计技术交底与图纸会审时，设计单位须派负责该项目的主要设计人，专业负责人或了解设计情况的工地代表出席，交底与会审时间应在该项目开工之前，在施工现场进行。

3 设计单位应对构造复杂的特殊部位进行三维图纸交底。各有关单位必须参加，其中监理单位，施工单位参加施工的技术人员必须亲自参加会议，以便全面了解设计意图并检查其可操作性。

4 对会审中可能出现的设计修改，必须符合已批准的初步设计原则和国家、行业部门所颁发的有关设计标准、规范；当通过协商各方意见仍不能统一时，一般性问题监理单位与施工单位协商后作出决定，重大问题则应报请上级部门批准。

5 对会审中已决定必须进行设计修改的，由原设计单位按设计变更管理程序提出修改设计，经项目监理单位、施工单位核签之后，交施工单位执行。

6 施工图纸会审纪要中应包括设计答疑方面的有关内容和条文，如经会审，对设计没有提出任何问题的工程项目，也应作出会审纪要，以示对该设计的认可。

7 凡涉及设备制造厂家的工程项目施工图，应视情况邀请制造厂商代表到会与设计单位代表一起进行技术交底与图纸会审。

8 图纸会审应有专人作好图纸会审记录，形成《图纸会审、设计变更、洽谈记录汇总表》，由设计单位负责解答。施工单位、监理单位、建设单位、设计单位共同审核并签字。《图纸会审、设计变更、洽谈记录汇总表》存档列入交工技术文件。

9 施工图纸未经图纸会审与交底，不得作为施工文件使用。

##### 3.5.2 专项施工方案编制与评审应符合下列规定：

1 施工单位应在预制厂建设一个月前完成预制厂建设方案和预制构件专项施工方案，经审批后实施。

2 施工单位应严格按批复的专项施工方案组织施工，监理单位负责专项施工方案执行情况的核查工作，核查记录应及时存档；建设单位负责对监理单位的方案执行情况核查工作进行监督。

3 批复后的方案若涉及结构变化的重大调整需要重新报批，涉及局部工艺优化等调整以施工单位报告单的形式经监理单位审批，建设单位备案。

##### 3.5.3 作业指导书编制应符合下列规定：

1 首件施工前，应对模板工程、钢筋工程、混凝土工程、预应力工程和构件的移运等分别编制施工作业指导书；首件总结后，应对作业指导书进行修订。



2 作业指导书应交待作业程序、方法及注意事项,落实各级验收规范和标准,指导现场施工作业、严格控制工程质量,确保施工安全,满足节能环保要求等。

3 作业指导书应按照标准化管理理念,将先进成熟的工艺工法、科学合理的生产组织与建设标准、质量目标、安全要求以及现场施工条件结合起来进行编制,做到图文并茂,简明易懂,可操作性强。

4 施工作业指导书不得与验标、补充验收标准、暂行技术条件和施工指南发生矛盾。

#### 3.5.4 技术交底

1 严格执行“三级交底”制度。项目总工对部门负责人进行一级交底、部门负责人对管理人员和班组长进行二级交底、管理人员和班组长对作业人员进行三级交底。

2 强化管理人员和班组长对作业人员的三级交底,交底内容应图文并茂、通俗易懂,在施工现场按施工工序逐一进行。

3 交底内容应强调现场施工特点、图纸设计要求、施工工艺、和质量验收规范要求。交底过程资料应归档备查。

4 部门负责人应不定期在现场核查技术交底执行情况,当发现班组未按照交底要求进行作业时,应立即停工,重新交底。

### 3.6 原材料、半成品和成品

#### 3.6.1 原材料的管理应符合下列规定:

1 应结合工程规模和施工安排确定仓库储存数量,选择多方供应商和生产商进行多次材料比对试验选择适合工程需要的材料,并从各个环节中落实材料管理。

2 应根据实际情况制定材料供应商质量考核评价标准,定期对其进行考核。对考核不达标的供应商,应作清退处理或报行业主管部门备案。

3 应加强材料进场质量检验,且施工单位应建立工程材料管理台账,记录生产厂家、出厂日期、进场日期、数量、规格、批号及使用部位。应在指定地点、按规定方式进行储存或堆放。

4 应严格控制材料料源和其生产工艺,所使用材料、半成品、成品应在自检和监理工程师抽检合格后方可使用。应建立试验台账记录取样送检日期、代表数量、检测单位、检测结果、报告日期及不合格材料的处理情况等内容。

5 各种原材料、半成品和成品应按其检验状态与结果、使用部位等进行标识,标识牌采用镀锌铁皮制作,白底红框黑字,用油漆喷涂而成,彩笔填写,标识牌应用铁架吊挂安置于醒目处。

#### 3.6.2 半成品和成品管理应符合下列规定:

1 应建立健全各项管理规章制度,落实“自检、互检、交接检”三检制和分级管理责任制;分级管理责任制应符合下列规定:

(1) 施工单位按照施工项目管理区域制定半成品、成品保护责任制。

(2) 工区负责人对施工区域半成品、成品的防护负责。

(3) 班组对工序半成品、成品的防护负责。

(4) 质检员负责检查监督各项半成品、成品防护。

2 钢筋半成品管理应符合下列规定:

(1) 钢筋应采用货架式存放和转运,实行“超市化”管理,货架上应设置对应的二维码信息。

(2) 钢筋半成品要分部、分层、分段并按构件名称、号码顺序堆放,挂标识牌,筑明构件名称、部位、钢筋型号、尺寸、直径、根数。

(3) 转运时钢筋半成品应小心装卸,不应随意抛掷,避免钢筋变形。成型钢筋、钢筋网片应按指定地点架空堆放,并采取相应措施防止压弯变形。

(4) 浇筑砼过程中, 安排专职钢筋工值班, 发现钢筋位移和变形后及时修复, 保证钢筋间距、位置、保护层符合设计及规范要求。

3 预制构件管理应符合下列规定:

- (1) 预制梁混凝土施工完毕, 必须加强养护。
- (2) 预制完成的梁体在移至存梁场后, 需采取支撑措施防止倾覆。
- (3) 预制梁场的移梁和架梁过程中, 钢丝绳与梁间应采取软接触, 防止损坏梁体。
- (4) 外露预留、预埋钢筋应采取防腐措施。
- (5) 预制梁上不应堆放杂物, 应采取防污染措施。

### 3.7 首件工程认可制度

3.7.1 构件预制应采用首件认可制, 应按照“首件施工方案→首件开工报告→首件实施→首件验收→首件总结→首件提升”程序完成。

3.7.2 建设单位宜根据预制构件特点和质量要求, 制定预制构件首件管理及验收办法; 监理单位应督促施工单位编制首件施工方案, 审核通过后报建设单位。

3.7.3 首件施工方案应包括预制构件标准化工序工艺流程、质量安全提升要求和质量安全验收要求。

3.7.4 首件实施过程中, 应重点验证下列内容:

- 1 施工组织设计资源配置的合理性。
- 2 施工图设计的可实施性。
- 3 各项工序工艺的可操作性。
- 4 安全保证、环保保证、质量保证措施的合理性及完备性。
- 5 新技术、新工艺、新设备、新材料的适用性。

3.7.5 宜对构件重点部位混凝土取样进行质量检验, 宜包括: 锚下部位、齿块部位、吊点部位。

3.7.6 宜对竖曲线、平曲线等复杂区段同时制作等比例试件, 通过切割试件的方式验证预应力张拉、压浆质量; 试件长度宜设定为 8~10m, 断面尺寸宜根据管道线型设定。

3.7.7 对于大体积箱型梁, 可考虑选取特征节段进行首件, 特征节段宜包括: 梁端、跨中、含预应力齿块节段, 节段长度宜设定为 3~4m。

3.7.8 首件验收应包含分项工程的人员、材料、机具、设备、工艺及安全、环保条件等。

3.7.9 首件完成后, 应对首件工程的施工技术、施工工艺、质量指标、外部影响因素等进行总结评估。

3.7.10 建设单位应督促施工单位和监理单位制定首件典型施工实施细则进行推广, 如发生首件没有达到预期的目的, 单件难以比较或者频率不够时, 应重新调整首件方案, 重新启动首件工作。

3.7.11 凡未经首件工程认可的分项工程, 一律不得批量生产。

### 3.8 安全

3.8.1 预制厂通道设置应符合下列规定:

- 1 预制厂出入口应设置门禁系统, 配备专职安保人员规范门禁管理。
- 2 场内通道应统一硬化处理, 预设排水坡度、排水沟, 做到雨天不积水、晴天不扬尘, 保障道路畅通、整洁和夜间照明, 结合实际设置限速标牌和广角镜、减速带等必要安全设施。
- 3 主干道应实行人车分流, 标线、标识应醒目, 必要时采用设施隔离。
- 4 人员上下应采用定型化、装配式通道, 严格执行“通道验收制”, 通道入口悬挂通道验收牌, 通道经项目部、监理办安全人员签字验收通过方可使用。

3.8.2 高处作业场所临边和水池等危险区域周边应进行临边防护, 并应符合下列规定:

1 应设置安全防护栏杆，护栏颜色应以红、黄警示色为主，应做到颜色统一、规格一致、方便实用。

2 护栏上杆高度应不低于 1.2m，下杆高度应不高于 0.6m，立杆间距应不大于 2m，护栏水平承载能力应不小于 1KN/m。

3 护栏下方有人员、车辆通行或作业的，应在下部设置高度不小于 0.18m 的挡脚板，必要时应挂设密目式安全网封闭。

4 护栏两侧挂设相应安全警示标牌，严禁人员、重物依靠护栏。

### 3.8.3 机械设备的安全管理应符合下列规定：

1 机械设备应悬挂安全操作规程和设备标示牌，特种设备还应悬挂检验合格证和使用登记证等。

2 宜推行“机器换人、自动化减人”促进本质安全，积极选用全自动数控钢筋加工、焊接机器人等自动化、智能化程度高的机械设备，建立健全机械设备“验收准入、退场签认”机制。

3 机械设备选型应充分考虑设备已使用年限、使用环境、起吊重量等因素，确保技术性能满足要求、人机证件齐全有效、安全装置和防护设施可靠，必要时进行结构无损探伤和整体安全评估，特种设备、大型设备严格按照“一机一档”原则建档管理，并安排专业人员加强设备的日常使用检查和维护保养。

4 门式起重机等大型机械设备应至少安装 2 套独立的防风锚固系统、电动夹轨器、安全监控预警系统，确保机械设备应专人操作并严格遵守操作规程，做到切割作业区、传动部分应防护到位，安全应急装置应齐全，防脱钩装置、限位器、缓冲器、钢丝绳等易损件应完好。

### 3.8.4 临时用电管理应符合下列规定：

1 临时用电应采用总配电箱、分配电箱、开关箱的三级配电系统和三相五线制的低压电力系统，实行 TN-S 接零保护系统和二级漏电保护系统，临时用电设备和线路的安装、巡检、维修或拆除应由专业电工完成。

2 应采用埋地或架空方式减少地面明线，地下埋设电缆应设防护管，架空铺设电缆应沿墙或电杆做绝缘固定。

3 配电箱、开关箱应选用专业厂家定型、合格产品，进行统一编号并明确责任人、联系方式，推荐使用插拔式配电箱和遥控式用电设备，开关箱必须做到“一机、一箱、一闸、一漏”，有门、有锁和防雨、防尘。

4 宜使用直流电焊机、等离子切割机，使用交流电焊机时应作接零或接地保护，进出线处应设置防护罩，并设置二次降压保护器。现场使用的电焊机，应设有防雨、防潮、防晒的机棚。

5 宜引入“智慧用电”系统，对二级配电箱线路中可能产生的漏电、电弧、过载、短路、线缆温度异常等电气安全隐患进行自动监测报警；工人宿舍宜统一采用 USB 供电系统，设专门充电间以保证工人临时使用大功率电器等需求。预制场变压器选型时应充分考虑冬季养生大功率用电设备的需求。龙门吊应采取滑触线取电方式，滑触线支撑架设置规范可靠。

### 3.8.5 消防安全应按现行国家标准《建设工程施工现场消防安全技术规范》（GB 50720-2011）的规定执行，并满足以下要求：

1 建筑面积每 100m<sup>2</sup> 宜至少配置 1 具 4kg 手提式干粉灭火器或依据火灾类别设置相应的灭火器。

2 人员相对集中的位置，宜配置消防水泵一台及不小于 20m<sup>3</sup> 消防水池一个，2m<sup>3</sup> 的消防砂池一个。

### 3.8.6 危险品管理应符合下列规定：

1 气瓶、油料、涂料等危险品存放、使用区域应配备足够针对性消防器材，集中存放区应远离人员密集区、建（构）筑物集中区，严禁易燃易爆物品混放，严禁暴晒和靠近热源、明火，悬挂醒目消防警示标牌。

2 氧气、乙炔瓶室外临时存放必须放置在专用的防护棚内，防护棚间安全距离不小于 20m，每间防护棚存放量不宜超过 10 瓶。

3 氧气瓶、乙炔瓶压力表完好，搬运时应轻拿轻放避免撞击，气瓶放置间隔应不少于 5m，与明火间距应不少于 10m，严禁气瓶集中同时使用，乙炔瓶还应安装回火阀，应积极使用标准化气瓶小推车和吊篮。

4 油罐与明火距离应不小于 15m，并设防静电、防雷接地装置及加油车接地装置，接地电阻不得大于  $10\Omega$ 。

### 3.9 环保

3.9.1 施工前，施工单位应制定专项环保方案，报监理单位审批，建设单位备案。

3.9.2 应专人定期进行场地的清理和打扫，保持场内卫生。每次作业完成后，及时清洗机具，清理现场，做到场地整洁，机具摆放整齐。

3.9.3 临近居民区施工产生的噪声应符合现行的《建筑施工现场界环境噪声排放标准》的规定。

3.9.4 应根据需要设置机动车辆、设备冲洗设施、排水沟及沉淀池，施工现场用水蓄水池、给排水网络、沉淀池应形成循环系统，杜绝施工污水外排。

3.9.5 砂石料场底部、上料台、上料输送带下部废料应经常性清理并保持清洁，严禁装载机铲料时铲底。上料通道应采取降尘措施。

3.9.6 水泥、粉煤灰等材料进料时，应保证材料罐顶的密封性能，预留通气孔应设有降尘措施；当粉尘较大时，应暂时停止上料，待处理完后方可继续。

3.9.7 现场液态、固态等各类废弃物，应按照规定进行处理，严禁擅自掩埋、焚烧或排放。

3.9.8 应设置混凝土尾料回收系统，将混凝土集料分离，粉料集中回收处理。

3.9.9 预制场处路基边坡开挖完成后应尽快施作坡面防护及绿化。

3.9.10 预制场宜配备检测仪器，用于检测场区内有毒有害气体、大气粉尘和噪声。

### 3.10 工人宿舍

3.10.1 宿舍应实行封闭式分级管理，即：项目部、工区、班组、宿舍四级管理模式。

3.10.2 宿舍区与作业区应分离，每间宿舍人均居住面积宜  $\geq 5\text{m}^2$ ，宿舍应由项目进行统一分配，制定宿舍管理制度，落实专人管理。

3.10.3 宿舍区应设置集体食堂、开水间、浴室、洗漱晾晒区、电瓶车充电区等生活设施。宿舍内宜统一配置床上用品以及空调、储物柜、桌椅等生活用品，统一采用 USB 接口供电。

### 3.11 物联网

3.11.1 运用物联网技术对混凝土拌合、预应力张拉和压浆、附着式振捣、养护等数据进行自动采集，运用互联网技术将采集的数据自动发送至项目动态管理系统（PC 或手机 APP），通过实时分析实现远程监控。

3.11.2 拌合站、钢筋作业区、混凝土浇筑区、预应力作业区等重点区域应设置视频监控系统；拌合站还需具备承重计量自动采集系统、混凝土温度自动监控系统、分级预警系统等。

3.11.3 预应力张拉和压浆应采用智能张拉、压浆设备，实现数据实时上传。

3.11.4 混凝土附着式振捣应采用智能高频振捣系统。

3.11.5 混凝土养护应采用智能喷淋系统。

## 4 通用要求

### 4.1 模板工程

4.1.1 模板制作、安装与拆除的工艺流程宜包括模板设计、验算、制作、安装及验收、拆模。

4.1.2 模板设计、验算应符合下列规定：

- 1 模板设计应考虑结构尺寸、结构形式、模块划分、连接方式、材质选型、安装调整系统等。
- 2 应对模板强度、刚度和稳定性进行验算论证。
- 3 模板设计应包括小块模板的设计内容，并进行专项方案评审。
- 4 模板应优先采用不锈钢或复合不锈钢模板，鼓励采用较为先进的整体式液压模板。
- 5 模板设计应考虑特殊部位安拆需求，局部应进行相对圆润的设计，防止拆模时混凝土破坏。

4.1.3 模板制作应由专业制造厂家完成，几何尺寸、面板平整度、焊接质量等指标除应满足设计要求外，还应满足下列要求：

1 施工单位应派专人驻厂监督制造。

2 制作完成后应进行试拼装，并按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50-2011)规定检查模板安装质量。

3 模板出厂前应对模板进行验收，经施工单位和监理单位验收合格后方可出厂，验收内容宜包括模板的材料、尺寸、重量、数量等是否满足要求以及出厂合格证明是否齐全。

4.1.4 模板的安装及验收应符合下列规定：

1 模板进场后应进行拼装验收，检查整体线形及结构尺寸。

2 模板安装前应采用机械打磨抛光、高压水冲洗等方式进行清理，并检查验收。

3 应对专用脱模剂效果进行验证优选，模板表面擦拭干燥并处于清洁状态方可涂刷脱模剂。

4 模板接缝处应采用有效的止浆措施。

5 模板安装完成后应由监理单位、施工单位按《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50-2011)进行验收。

4.1.5 模板的拆除时机和拆除顺序等应严格按施工图设计的要求进行，拆模时应保证构件表面及棱角不损坏；设计未要求时，拆模时机应根据结构物特点、模板部位和混凝土所应达到的强度要求确定。

4.1.6 模板工程质量通病的防治措施可按表 4.1.6 中的规定执行。

表4.1.6 模板工程质量通病及防治措施

序号	质量通病	防治措施
1	模板材质不合格	委托专业机构对模板钢材进行力学性能检测，清退使用不合格钢材制作的模板。
2	模板液压系统设计不合理	在使用过程中不断优化，适当调整，配合丝杆使用。
3	模板变形	要求模板厂家对模板进行复核与验算，出具强度计算书，确保模板各部分强度满足使用要求。
4	模板出厂前未进行试拼装	订购模板后安排专人到模板厂跟踪模板制作情况，模板试拼时到模板厂驻场监督，试拼后模板尺寸、表面平整度、拼缝错台等满足施工要求方可进行验收。
5	模板出厂精度达不到规范要求	订购模板后安排专人到模板厂跟踪模板制作情况并驻场验收，推荐使用原平板。
6	模板在运输和使用过程中变形	要求模板厂家安排专业人员进行模板运输；施工前对工人进行详细的技术交底，模板安装过程中应避免磕碰，混凝土振捣时应避免振捣器触碰模板，模板拆除时严禁生拉硬撬、暴力拆卸。
7	拼缝错台	优化模板结构设计，保证模板强度及内膜展开后合模紧密；加强模板验收，着重检查各紧固件的固定和支撑机构是否牢靠，及时更换损坏的紧固件。
8	胀模	加强模板验收，着重检查各紧固件的固定和支撑机构是否牢靠，及时更换损坏的紧固件。
9	封锚端外观质量差	单独对端头模板进行设计，安装时钢筋预留孔周围封堵严密，确保不漏浆。
10	模板维护不当	模板拆除后及时清理表面的浮浆残渣，表面不平整处可用磨光机抛光，生锈处用钢丝刷除锈，并均匀涂抹好脱模剂、分类堆放整齐以备。

## 4.2 钢筋工程

### 4.2.1 钢筋制作、安装的工艺流程应符合下列规定：

- 1 钢筋半成品制作流程包括材料进场检验、材料堆放、钢筋下料、钢筋弯曲、钢筋车丝或焊接、验收。
- 2 钢筋半成品配送包括编号、打包、存放、运输。
- 3 钢筋模块制作宜包括模块划分、模块胎架制作、焊接设备选型、钢筋模块焊接。
- 4 钢筋骨架制作宜包括胎架制作、钢筋半成品及模块的定位和连接、预埋件安装、保护层垫块安装、钢筋骨架验收。
- 5 钢筋骨架吊装应包括吊具制作、骨架吊运、入模后验收。

4.2.2 钢筋到场后，应组织核查出厂质量证明书、试验报告单等质保资料是否完备齐全，并按相关规范对钢筋外观、质量、型号、标志、数量、批号等进行核查和检验。

### 4.2.3 应在钢筋端头位置对已检合格的钢筋进行颜色标识。

### 4.2.4 钢筋堆放应符合下列规定：

- 1 钢筋进场后应存放于厂房内，不允许露天堆放，堆放时间不宜超过 6 个月，逾期存放需重新检验，合格后方可使用。
- 2 直条钢筋进场后应分类放置在存放架上，离地高度不宜小于 30cm，存放架宜采用型钢焊接制作，钢筋堆放高度不应高于 2.0m 且不超出存放架。
- 3 盘条钢筋进场后应分类放置在专用存放架上，离地高度不宜小于 30cm，采用竖向放置，堆放不应超过 2 层；存放架宜采用型钢焊接成长方形框架结构，宽度和长度应按照盘条外径、实际存放量确定。
- 4 存放架应进行编号并设置标识牌，标明钢筋型号、批次、进场时间、数量、检验状态等相关信息。
- 5 存放架之间应设置不小于 60cm 的人行通道。

### 4.2.5 钢筋下料应符合下列规定：

- 1 钢筋的表面应洁净、无损伤，使用前应将表面油渍、漆皮、鳞锈等清除干净，带有颗粒状或片状老锈的钢筋不得使用。【一般要求】
- 2 钢筋表面浮锈可采用人工除锈或机械除锈，禁止采用化学除锈剂除锈。【一般要求】
- 3 专业钢筋工应按照设计图纸确定钢筋规格、尺寸、下料长度制作配料单，由现场技术管理人员复核确认后下发，鼓励使用 BIM 先进技术进行钢筋配料单制作。（钢筋配料单格式见附录 A）。
- 4 应对钢筋较复杂、较密集处应通过实地放样和绑扎，明确钢筋间的空间位置关系，确定钢筋加工尺寸，保证加工准确。
- 5 钢筋应平直、无局部弯折，盘条钢筋应调直使用。【一般要求】

### 4.2.6 钢筋半成品和模块制作应符合下列规定：

- 1 应采用数控设备进行钢筋切割、车丝、打磨、弯曲等工作。钢筋的弯制和端部弯钩应符合设计要求，设计未要求时应满足现行《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）的相关要求；应制作标准件作为快速对比验收依据；利用数控弯曲设备进行弯曲的钢筋半成品和模块，每工班开始时均应与标准件进行对比验收。
- 2 钢筋的切割车丝宜采用钢筋切割车丝打磨一体机完成；钢筋切割应保证切口端面与钢筋轴线垂直。
- 3 钢筋车丝、打磨完成后可采用下列方法进行快速检测：距钢筋直螺纹接头  $L_{mm}$  位置处画测线，连接后两测线间距  $\leq (2L+3)$  mm 即为合格。

4.2.7 宜设置半成品钢筋标准件检验台，加工完成的半成品钢筋采用与标准件对比的方式检查验收；验收组批、频率应符合现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）中相关规定。

#### 4.2.8 半成品打包和存放应符合下列规定：

1 半成品验收完成后应分类进行捆绑打包、编号，放置于对应的存货架上；捆绑时应整齐有序，同类钢筋存在长度级差时应按级差顺序进行堆放打捆。

2 捆绑的圆形箍筋和钢筋笼，其叠放层数不应大于2层。

3 宜对打包好的半成品制作二维码等标识牌，便于查验相关信息。

4 存储场地应充分考虑施工协调性、便利性，建议实行超市化货架管理。

#### 4.2.9 半成品运输应符合下列规定：

1 半成品出库应有出库登记制度，制作钢筋半成品出场登记表，对钢筋出场编号进行登记；可借助物联网等先进信息管理技术进行收发料的管理。

2 配送宜以单榀梁钢筋量为单位进行配送，鼓励采用物联网信息化系统对配送收发料进行管理，便于核销工作开展。

3 箍筋、剪力筋等小尺寸钢筋半成品在配送时可放在铁皮箱中，配送时铁皮箱不可放的过满避免配送过程中钢筋半成品洒落。

4 大尺寸的钢筋半成品可使用钢筋加工场内的桁车起重机吊装至平板车上进行运输，平板车两侧应加装护栏避免钢筋半成品掉落，出场过程中应保证半成品不发生碰撞、挤压、变形等问题。

#### 4.2.10 钢筋模块加工应符合下列规定：

1 构件钢筋应依据图纸，科学合理地进行模块化设计，采用机器人焊接。

2 小箱梁的顶板箍筋和桥面剪力筋，腹板和底板钢筋，负弯矩钢筋，梁顶护栏预埋筋宜采用模块化施工。

3 大箱梁的齿块钢筋，波纹管定位钢筋宜采用模块化施工。

4 节段梁的底板和腹板钢筋，钢齿坎孔定位钢筋宜采用模块化施工。

5 T梁的顶板箍筋和桥面剪力筋，腹板架立筋、马蹄筋、波纹管定位筋，负弯矩齿块钢筋宜采用模块化施工。

6 机器人焊接模块胎架应根据模块的钢筋组合和焊接机器人型号，由机器人厂家设计制作；胎架的强度、稳定性、精度应满足使用要求；机器人安装到位后应先进行试焊，确定相关焊接参数，焊接质量经检测符合设计和规范要求后方可正式生产。

#### 4.2.11 胎架制作应符合下列规定：

1 钢筋胎架应进行专项设计，设计内容宜包括：

(1) 绘制总体框架设计图、钢筋定位卡槽布置图、预埋件定位图、细部结构详图、安全防护设置图、临时用电布置图等。

(2) 根据预制构件配筋图和施工条件确定胎架荷载，对胎架做力学验算。

(3) 制定胎架的周转使用方式与计划。

(4) 编写钢筋工程胎架法施工说明书及验收标准。

2 为确保钢筋定位精度，定位卡槽尺寸应根据钢筋直径、吊装需求、钢筋间距允许误差等确定。

3 胎架上宜采取在角钢上开槽和划线的方式控制钢筋间距，保证钢筋对位准确、操作方便。

4 根据需要宜在钢筋胎架上标记预埋件位置和类型或设置定位工装。

5 钢筋胎架制作完成后应按照专项设计图纸组织验收，验收合格后方可投入使用；首件钢筋骨架成型后应对尺寸、精度进行检验，以验证胎架是否满足使用要求。

6 胎架制作完成后应进行涂装防腐。

7 施工过程中应按附录B定期对胎架尺寸、变形等进行检测。

4.2.12 钢筋半成品和模块的焊接宜采用CO<sub>2</sub>气体保护焊；应制作焊接工况标准件，用于现场比对检验；在波纹管定位筋焊接时应采取防护措施，防止烧伤波纹管。

#### 4.2.13 预埋件（筋）安装应符合下列规定：

1 应对各类预制构件编制预埋件专用清单和专用图册，并制作预埋专用定位工装，宜配置专人管

理。

2 预应力管道安装宜采用“井”字型钢筋定位，“井”字型钢筋尽量模块化施工，厂内提前制作。“井”字型钢筋在钢筋胎架上制作时，胎架上每隔一段距离应标识清楚各类孔道的坐标值。

3 对于护栏预埋筋、剪力筋等，应采用有效措施进行定位，确保线型、高度、间距准确。

4 支座预埋钢板应进行热浸镀锌防锈处理，宜在钢筋绑扎前采用树脂等材料粘贴在底模上，防止在混凝土浇筑时上浮、移位。

5 预埋钢筋或预留钢筋外露时间较长且环境腐蚀性较强时，宜按照附录 C 要求进行临时性防腐。

#### 4.2.14 保护层垫块安装应符合下列规定：

1 混凝土保护层垫块应采用不低于本体混凝土强度的高强砂浆或混凝土制作，尺寸应能保证设计保护层厚度要求，不宜出现负偏差。

2 垫块呈梅花形布置，并尽量靠近钢筋交叉点处，数量应不少于 4 个/m<sup>2</sup>，重要部位宜适当加密。

3 垫块绑扎时宜采用十字交叉绑扎方式扎紧绑线，绑扎牢固，绑扎丝头不得朝向外露面。

4 保护层垫块应在钢筋骨架加工制作时同步安装，绑扎完成后应进行专项验收。

#### 4.2.15 钢筋骨架吊运应符合下列规定：

1 制定钢筋骨架的吊运方案、安全措施等。

2 钢筋骨架起吊应进行专项设计，采用专用吊具，吊应具有足够的刚度，并能防止钢筋骨架在吊运中产生变形。

3 应对吊点附近的钢筋绑扎点进行加强，如点焊连结、增加绑线根数并加入短钢筋等。

4 钢筋骨架起吊前应仔细调整各吊点钢丝绳长度使其松紧程度一致，钢筋骨架吊离胎架 100mm 时再次检查并调整使各吊点使其受力均匀。

#### 4.2.16 钢筋骨架安装应符合下列规定：

1 吊装就位前应先在钢筋骨架上标注纵向中心线，同时在模板内标注梁端线及纵向中心线，据此控制钢筋骨架的安装位置。

2 入模前应检查保护层垫块，检查无误后将钢筋骨架下放到位。

3 钢筋骨架应匀速下放，避免上下震动造成钢筋骨架变形。

4 安装后应检查骨架标注线和模板标注线，确保重合。

5 钢筋骨架入模后应再次检查各处保护层垫块，及时扶正倾斜的垫块，更换破坏的垫块。

6 钢筋骨架安装后应对安装质量进行检查验收。

#### 4.2.17 钢筋工程质量通病及防治措施可按表 4.2.17 规定执行。

表 4.2.17 钢筋工程质量通病及防治

序号	质量通病	防治措施
1	不合格的钢筋原材料进场	加强钢筋原材料进场验收管理，提高原材料抽检频率，落实好原材料进场报验制度。
2	钢筋原材料堆放混乱、钢筋原材料生锈	对原材料堆放场地进行规划，不同规格的钢筋分类堆放，设置标识牌注明规格信息；堆放时进行支垫，离地 20cm 以上，支垫底部固定，两边焊接工字钢或槽钢确保原材不滑落，场地内保持干燥，防止雨水淋湿。
3	钢筋骨架吊运时变形、掉落	优化吊点位置，防止应力集中，并且使吊钩与钢筋骨架重心处于同一直线。
4	钢筋配料错误、下料尺寸误差大	对配料单进行审核、签字并留存检查记录；采用数控自动化钢筋剪切生产线，减少钢筋下料的尺寸误差。
5	钢筋半成品几何形状尺寸误差大	制作标准件供生产的半成品进行比对，采用数控自动化钢筋弯曲中心，减少钢筋半成品几何形状尺寸误差。
6	钢筋加工设备磨损、精度未定期校核	加强对工人的交底，开工前检查钢筋加工设备部件损耗及运行情况，安排专人定期对机械设备进行维护和校准，及时更换磨损的部件。
7	钢筋半成品配送错误	使用标识牌注明钢筋的编号、长度、规格等信息防止错用，领用时使用领取确认单。



8	钢筋骨架间距不符合设计要求	根据图纸设计和制作钢筋胎架，使用胎架上的定位装置辅助进行钢筋骨架绑扎，确保钢筋间距符合设计及规范要求。
9	钢筋胎架刚度、强度、稳定性不足，尺寸误差大	设计钢筋胎架时进行刚度、强度、稳定性验算，合格后方可进行制作；钢筋胎架按照设计图纸和钢筋构造图进行验收，严格控制定位装置的尺寸误差。
10	螺旋筋定位不准确、主筋外露长度不统一	螺旋筋安装时紧贴锚垫板，并使用定位钢筋进行固定，避免在后续施工中产生移位；主筋下料时采用数控自动化钢筋剪切生产线，减小下料的尺寸误差，安装时对外露长度进行调整，确保外露长度统一。
11	钢筋焊接存在咬边、气孔、裂纹，焊接定位钢筋时烧伤波纹管	焊接时先进行试焊，选择合适的电流，控制电弧长度和焊接速度，并采取预热、防风等措施，或采用CO <sub>2</sub> 气体保护焊防止产生咬边、气孔、裂纹等问题；焊接定位钢筋前在波纹管上垫防护材料，并采用CO <sub>2</sub> 气体保护焊，优化定位钢筋形状，使焊点尽量远离波纹管，如将波纹管上方的定位钢筋设置成“井”形。
12	钢筋组合方式不当、模块单元安装困难	对图纸进行研究，选择最佳的钢筋半成品模块单元组合，可使用焊接机器人提升钢筋半成品模块生产质量。
13	钢筋保护层垫块种类选用错误、固定不牢固	钢筋骨架验收时加强对保护层垫块的检查，制作钢筋保护层垫块安装标准件供工人参考。
14	钢筋骨架变形、骨架脱离胎架困难、骨架入模对位困难	优化钢筋胎架设计，避免钢筋骨架应力集中导致钢筋骨架变形，对吊具进行刚度、强度验算，优化吊点设计，吊装时筑意控制起吊、下方和平移速度，避免钢筋骨架变形导致入模困难。
15	钢筋骨架安装精度误差大	根据不同梁长在底模上做好标记，钢筋骨架安装时根据标记入模，确保安装精度符合设计及规范要求。
16	预埋件安装精度误差大。	针对设计图纸编制预埋件图册供施工时参考，对预埋件位置进行复核减少测量误差。

### 4.3 混凝土工程

4.3.1 混凝土施工工艺流程应包括料源比选、配合比设计及验证、原材料进场检验、堆放储存、混凝土拌和及运输、现场性能检验、浇筑、养生、凿毛、成品质量检验。

4.3.2 原材料除应满足现行规范《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）规定外，尚应符合下列规定：

1 应对周边材料情况进行调查，试验室进行取样试验，项目部对材料的质量、运距、价格、供应商信用情况等进行综合考虑，应择优选择原材料。

2 每批次进场材料宜首先与样品材料进行外观对比，以控制材料来源稳定性。

3 集料加工宜采用三级及以上的破碎工艺，粗集料应进行整形；机制砂宜采用洁净的碎石或卵石进行加工，加工工艺应满足环保要求。

4.3.3 配合比设计及验证应符合下列规定：

1 混凝土的配合比参数宜以质量或质量比表示，应按照现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）进行计算并通过试配、调整确定，应每半年验证一次。若料源发生变化，应重新验证配合比。

2 混凝土进行试配、调整时应采用与工程中相同原材料，通过试配、调整后的新拌混凝土性能应满足施工工艺要求（和易性良好、凝结时间符合施工需要、无泌水、不离析、坍落度损失较小等）；硬化混凝土性能应符合强度、弹性模量、耐久性（抗冻、抗渗、抗侵蚀）等要求，尚应考虑经济合理性。

3 通过试配、调整确定的混凝土设计配合比应报监理单位审批、建设单位备案；混凝土拌制前应将设计配合比换算为施工配合比。

4 施工配合比应充分考虑实际施工温度、砼罐车搅拌带来的坍落度损失等动态优化调整，控制浇筑时混凝土工作性能。

4.3.4 原材料进场检验应符合下列规定：

1 原材料进场后，宜使用信息化系统（手机 APP 或 PC）进行材料报验，记录报验全过程，保证原材料的可追溯性。

2 应对水泥、掺合料、外加剂等材料进行留样，并制作对应的二维码留样标识。

3 粗集料、细集料应分别进行碱集料反应、氯离子含量检测；工地试验室应配备氯离子含量快速检测仪，宜每批次检测。

#### 4.3.5 原材料堆放应符合下列规定：

1 现场堆放的原材料应设置材料标示牌，内容宜包括材料名称、生产厂家(产地)、进场及检验日期、规格、数量、检验状态等，并制作对应的二维码、样品展示箱。

2 水泥宜使用散装水泥，采用专用水泥罐存储；不同品种、强度等级的水泥应分别存储。

3 粗细集料应按不同品种、规格分别存放，料仓应设置起铲线和堆料线。

4 混凝土掺合料存储时应有明显材料标示牌，不同掺合料应分别堆放，应防潮防雨，并符合有关环境保护的规定。

5 粉状外加剂应防止受潮结块；液态外加剂应存储在密封容器内，防晒防冻，配备循环系统防止沉淀等异常现象，检验合格后方可使用。

#### 4.3.6 混凝土拌和应符合下列规定：

1 混凝土搅拌站应采用自动计量系统，并定期进行标定。

2 混凝土搅拌时间不应少于 120s，当搅拌高强混凝土时，搅拌时间宜适当延长 30~60s。

3 搅拌机出料口宜设置温度传感器，监控出料温度，实时上传监控系统。

4 设置配合比标示牌（屏），内容包括使用部位、设计强度、配合比参数、试验监理、质检及试验负责人等；每次开盘由试验室提供配合比开盘通知单，操作人员按配合比通知单要求拌制混凝土。

5 宜采用信息化系统进行混凝土拌和全过程监测。

6 高温施工尚应符合下列规定：

(1) 可适当调整外加剂组分保持混凝土工作性能，适应高温施工及长距运输。

(2) 温度高、湿度大的季节里进行长距离运输时，混凝土运输车应具备隔热措施并持续搅拌。

(3) 宜在夜间进行混凝土的施工。

7 冬期施工尚应符合下列规定：

(1) 混凝土拌和时间适当延长，不宜少于 180s；

(2) 混凝土拌和前，应确定水和骨料的预热温度；骨料使用温度应高于 0℃，不得带有冰雪和冻结团块；当混凝土出现坍落度减小或发生速凝现象时，应调整拌和料加热温度。

(3) 初次投料前，应先用热水冲洗搅拌机，投料搅拌顺序为骨料→水→搅拌→胶材→搅拌；

(4) 搅拌站应搭设防风雪棚，对进料斗和输送带防风保温，采用保温材料包裹拌和水输送管道。

#### 4.3.7 混凝土运输应符合下列规定：

1 在运输过程中，应控制混凝土不离析、不分层，性能应满足施工要求。

2 当采用搅拌罐车运送混凝土拌合物时，搅拌罐在冬期应有保温措施。

3 当采用泵送混凝土时，混凝土运输应满足混凝土连续泵送，并应符合现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》（JGJ/T10）的有关规定。

#### 4.3.8 混凝土现场性能检验应符合下列规定：

1 混凝土拌合物的坍落度，应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检测，每一工作班或每一单元结构物不应少于两次。评定时应以浇筑地点的测值为准。

2 混凝土拌合物从搅拌机出料起至浇筑入模的时间不超过 15min 时，其坍落度可在搅拌地点取样检测。

3 检测坍落度时，还应观察、检查混凝土拌合物的均匀性、粘聚性和保水性。

#### 4.3.9 混凝土浇筑应符合下列规定：

1 浇筑过程中宜采用浇筑作业平台。

- 2 宜采用遮阳棚，并配置相应布料设备。
- 3 宜采用附着式智能高频振动器加插入式振动器配合振捣。
- 4 宜针对不同梁型，采用相应的技术措施提高提浆、收浆、拉毛质量。
- 5 宜安排专人对模板变形、接缝漏浆、胀模等异常情况进行检查。

#### 4.3.10 混凝土构件养生应符合下列规定：

1 混凝土养生除应符合现行规范要求外，宜采用智能养护系统，根据环境温、湿度调控养护参数。

2 夏季养生宜采用智能喷淋系统，鼓励搭设固定或移动大棚进行保温保湿，养护记录及温湿度记录实时展示或数据上传。

3 冬期养生宜采用蒸汽发生器或锅炉等加热养生用水，并应设置固定或可移动式大棚进行保温保湿，养护记录及温湿度记录实时展示或数据上传。

4 在梁体附近养生棚内应设置同条件养生试块随梁体同步养生，试块不得随意放置，设置专用同条件养生试块架，为张拉条件确定提供依据。

#### 4.3.11 混凝土构件凿毛应符合下列规定：

1 根据构件不同部位选择合适的凿毛方法，宜采用手持式电动凿毛机。

2 凿毛前宜采用弹线法标出凿毛范围，距离凿毛断面边缘小范围内（宜不大于 2cm）可不作凿毛处理，确保断面边缘不致破损。

3 凿毛部位的混凝土表皮应全部清除形成毛面，并采用洁净水冲洗干净。

4 凿毛质量应按附录 F 的规定进行判定。

#### 4.3.12 预制构件的结构尺寸可采用“三维激光扫描技术”进行全方位检测。

#### 4.3.13 混凝土工程质量通病及防治措施可按表 4.3.13 规定执行。

表 4.3.13 混凝土工程质量通病及防治

序号	质量通病	防治措施
1	集料、掺合料等原材料质量差	优化加工工艺；选择先进的加工设备；控制料源，选择合格的母材；严格按照规范，加大检测频率，优选掺合料类型。
2	混凝土性能不稳定	根据集料含水率情况及时调整施工配合比；选择合适的拌合机械，大修或新安装的拌合设备及时进行标定；对拌合工艺及施工工序中筑意的问题进行技术交底。
3	混凝土浇筑作业造成污染	在预制梁模板两侧设置混凝土施工操作平台；根据现场实际情况进行防护。
4	振捣点布置随意，振捣出现过振或振捣时间不足	加强现场管理，加强作业人员教育，严格落实技术交底要求；控制振捣工艺；固化振捣人员。
5	锚下混凝土振捣不密实，混凝土振捣不到位，砼漏浆严重	对作业人员加强教育，严格落实技术交底要求；建议优化混凝土配合比；止浆措施得当；通过预留振捣孔插入小型振捣棒加强振捣；优化锚下钢筋设计，锚下钢筋搭接位置放于两边，并且错开布置，确保钢筋间距足够下放振动棒，使振捣密实。
6	底板翻浆	严控混凝土坍落度、采用压浆板；改进浇筑工艺。
7	收面高低不平、表面拉毛不顺直，深浅不一	对作业人员加强教育，严格落实技术交底要求；建议改进收浆工艺，采用设备自动化，即采购提浆整平机、坐式收浆机和自动拉毛机等。
8	梁边角易损坏	综合分析考虑各种因素，确定合适的拆模时间；及时进行技术交底，明确拆模要点；与设计沟通，优化设计，如边角圆弧形。
9	特殊位置钢筋保护层厚度不满足要求	加强钢筋构件制作安装精度控制；严格三检制度，重点检查特殊部位的钢筋保护层情况。
10	收缩裂缝	优化施工配合比；加强养护质量控制；加强收面、拉毛等工序控制。

## 4.4 预应力工程

4.4.1 预应力施工工艺流程应包括材料进场检验、材料堆放、预应力设备进场及标定、预应力工艺试验、张拉、压浆、封锚。

4.4.2 预应力材料进场检验应符合下列规定：

- 1 预应力施工所采用的材料（水除外）和设备均应有检验合格证书。
- 2 压浆材料宜采用专业厂家生产的符合标准要求且检验合格的预应力孔道压浆料。
- 3 预应力筋除应按 JTG/T F50-2011 规定的要求检查外，还应检查外形尺寸和每米质量，试验方法和允许偏差应符合 GB/T 5223-2014、GB/T 5224-2014 和 GB/T 20065-2016 的规定。
- 4 锚具宜有清晰的、永久性的生产厂家标识及批号。
- 5 锚具最外侧锥孔大口外边缘到锚具外边缘最小尺寸宜符合表 4.4.2 的要求。

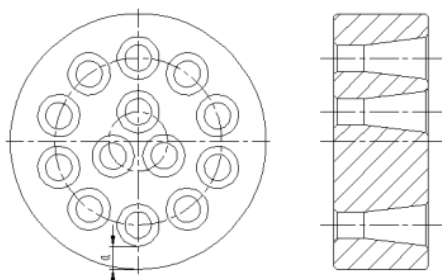


表 4.4.2 锚具最外侧锥孔大口外边缘到锚具外边缘最小尺寸

锚具的孔数	锚具最外侧锥孔大口外边缘到锚具外边缘最小尺寸 a (mm)
1~5	11.0
6~12	13.0
13~17	15.0
18~21	17.0
22~27	20.0
>27	23.0

4.4.3 预应力材料堆放应符合下列规定：

- 1 预应力筋进场后宜存放在仓库内，存放要求参照本指南 4.2.4 中钢筋堆放要求，存放时间不宜超过 6 个月（从生产日期起算），超过 6 个月的应重新检验合格后方可使用。
- 2 压浆料包装应完好无损，应存放于仓库，仓库的环境条件应符合产品说明书的要求。存放时间不宜超过 3 个月（从生产日期起算），超过 3 个月的应重新检验合格后方可使用。
- 3 金属波纹管应有防潮措施、塑料波纹管应有防晒措施。

4.4.4 预应力设备应符合下列规定：

- 1 预应力张拉和压浆应分别采用智能化张拉系统和智能化压浆系统。
- 2 智能化张拉系统应包括张拉设备、数据管理系统和自动记录系统等。
- 3 智能化压浆系统应包括压浆设备、数据管理系统、自动计量设备和自动记录系统等。
- 4 数据管理系统应具有数据导出和网络上传(包括实时上传、每月上报、汇总上传)等功能。
- 5 智能化张拉压浆系统应成套校正、检验和标定，传感器应每年至少标定 1 次，合格后方可使用。
- 6 预应力张拉自动记录系统应能实时自动记录张拉油压或油缸顶压力、张拉伸长值、时间等数据；其技术参数精度应满足表 4.4.4-1 的规定。

表 4.4.4-1 智能化张拉设备自动记录系统技术参数精度要求

项目	精度要求
张拉油压或油缸顶压强 (MPa)	≤0.1
张拉伸长值 (mm)	≤0.1
时间 (s)	≤1

7 预应力压浆自动记录系统应能显示配合比、压浆日期、搅拌时间；自动记录压浆量、压浆压力、时间等数据，采用真空辅助压浆时还应包括真空度；其技术参数应满足表 4.4.4-2 的规定

表 4.4.4-2 智能化压浆设备自动记录系统技术参数精度要求

项目	精度要求
压浆量 (L)	≤0.5
压浆压强 (MPa)	≤0.01
时间 (s)	≤1
真空度 (MPa)	≤0.01

8 预应力张拉压浆作业时，应制作专用的张拉压浆作业支架平台，尺寸应满足沿预应力张拉方向长度不小于 2m、横向边缘距最外侧预应力束不小于 1m，应通过结构计算、稳定验算，并经监理审批；作业平台应设置上下扶梯，作业平台和张拉压浆设备应安装牢固。

4.4.5 预应力工艺试验应符合下列规定：

- 1 钢绞线的实际截面积、弹性模量在工艺试验之前应进行抽检验证。
- 2 钢绞线的长度应考虑构件的孔道长度和工作长度。
- 3 宜通过工艺试验确定预应力孔道摩阻系数，检验张拉和压浆设备的可靠性，验证制浆工艺，确定浆液的最佳配合比。

4.4.6 预应力孔道应符合下列规定：

- 1 预应力管道的规格、尺寸应符合设计规定，且其内横截面积应不小于预应力筋净截面积的 2 倍。
- 2 孔道接长接头宜采用热缩管接头形式，塑料波纹管也可采用热熔接头形式。
- 3 管道安装应平顺，其端部的中心线应与锚垫板垂直；应采用定位筋（架）固定，定位筋（架）间距在直线段不应大于 80cm，曲线段和扁平波纹管不应大于 50cm，且在施工期间不应产生位移。安装完成后，应对管道的完整性、定位和连接进行检查。

4 后张法预应力构件在混凝土浇筑前不宜穿束，应在管道内穿芯棒或硬塑料管，确保孔道成形质量。芯棒或硬塑料管的直径宜小于管道内径 1cm。端部负弯矩预应力波纹管预留长度宜为 5~10cm，不得过长或过短，并包裹保护，以便吊装后进行连接。

5 混凝土养生前，应采用专用止水塞封堵管道出入口和压浆孔。

4.4.7 预应力张拉应符合下列规定：

- 1 预应力筋穿束前，应吹干管道。
- 2 应对预应力筋单根和整束进行编号，预应力筋两端的编号应相同，与锚具各孔的编号应一致。
- 3 预应力筋的张拉顺序应符合设计规定；设计未规定时，可采取分批、分阶段的方式两端对称同步张拉；两端对称同步张拉时两端千斤顶升降压、画线、测伸长等工作应基本一致。
- 4 预应力筋在实施张拉或放张作业时，应有放张方案和记录。应采取有效的安全防护措施，预应力筋两端的正面不应站人和穿越。

4.4.8 预应力压浆应符合下列规定：

- 1 预应力压浆宜采用真空辅助压浆工艺或循环压浆工艺，应进行工艺试验验证压浆工艺和浆体质量。
- 2 预应力压浆设备可设置在预制区外固定位置。若设置在预制区内，需采取隔离措施，防止废弃

浆液溢流。

- 3 对锚下空洞等压浆不密实区域应进行补压浆。
- 4 压浆过程中应制作浆液试块判断浆液性能。
- 5 锚垫板安装时，注浆孔应置于孔道口上方。
- 6 压浆泵与预应力孔道压浆口之间的压浆管管路应采用承压管，管路连接应采用定型金属连接件。
- 7 压浆宜从低处注浆孔压入；压浆过程中，应实时记录灌入每个孔道的浆液总量和排出孔道的浆液总量。实际压浆量应不小于理论用量；否则，应立即查明原因，改进工艺后进行补浆处理。
- 8 安装在压浆端及出浆端的控制阀应在压浆料失去流动性后再行拆除。

#### 4.4.9 预应力封锚应符合下列规定：

1 压浆后，切割端头的预应力筋，切割时宜采用砂轮锯，不应采用电弧进行切割，同时不得损伤锚具；切割后预应力筋的外露长度不应小于 30mm，且不应小于 1.5 倍预应力筋直径；应及时对外露的预应力筋和锚具进行防腐和防锈处理，宜采用混凝土完全包裹外露的预应力筋和锚具，并浇筑成规整形状。

2 应按设计要求设置钢筋网并浇筑封端混凝土，封锚混凝土应采用与结构或构件相同强度等级的微膨胀混凝土。

#### 4.4.10 预应力施工质量检验应符合下列规定：

1 施工单位宜在张拉完毕后 24 小时内进行锚下有效预应力的自检，自检构件数量宜不少于构件总数的 1%，且不少于 3 个，检验前不得对预应力筋进行切割；锚下有效预应力和设计张拉控制应力两者的相对偏差不得超过±5%，且同一断面中的预应力束其有效预应力的不均匀度应不超过±2%；锚下有效预应力不满足上述规定的，对于有效预应力不足的预应力筋应进行补张拉，对于超张拉的预应力束应更换预应力筋进行重新张拉，仍无法满足规定的应报废处理。

2 施工单位宜对压浆密实性进行自检，自检压浆孔道数量宜不少于总孔道数的 3%，且不少于 3 个。压浆率按公式（4.4.9）计算；压浆密实性测点间距宜为 10cm~20cm，压浆率应不小于 90%，且单个缺陷长度不得超过 20cm，否则应进行补浆处理，补浆后应重新评价，评价后仍小于 90%的，应报废处理。

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \beta_i \times 100 \quad (4.4.9)$$

式中：

$D$ —压浆率计算值（%）。

$N$ —定位测点的点数。

$\beta$ —测点的压浆状态，无缺陷的，取 1；有缺陷时应根据表 4.4.9 确定。

表 4.4.9 不同缺陷压浆状态取值

管道类型	测试方向	等效波速	管壁反射	缺陷长度	$\beta$
金属波纹管	侧向	降低 5%~10%	-	$\leq 0.4$	0.5
		降低 10%以上		-	0
	上下	降低 10~15%		$\leq 0.4$	0.5
		降低 15%以上		$> 0.4$	0
塑料波纹管	侧向	降低 5%~10%	无明显反射	$\leq 0.4$	0.5
			有一定反射	-	0

	上下	降低 10%以上	-	-	0
		降低 10%~15%	无明显反射	≤0.4	0.5
		降低 15%以上		>0.4	0
		降低 15%以上	有一定反射	-	0

4.4.11 预应力工程质量通病及防治措施可按表 4.4.10 规定执行

表 4.4.10 预应力工程质量通病及防治

序号	质量通病	防治措施
1	伸长量偏差过大	做好预应力工艺试验；采用智能张拉设备并定期做好标定；孔道质量控制（波纹管定位、管道清理等）。
2	限位板与锚具不配套	根据锚夹具特点，定制相应限位板。
3	梁端负弯矩孔道连接不严密	波纹管统一伸出 5~10cm。
4	波纹管进浆或挤压变形	浇筑前使用塑料撑管穿波纹管。
5	波纹管采用胶带缠绕现象较普遍	做好技术交底，加强现场现场施工管控。
6	焊接烧伤波纹管	焊接时，采用隔离波纹管措施。
7	穿束后外露钢绞线锈蚀	外露钢绞线采取包裹塑料布等防锈措施。
8	夹片生锈	加强预应力材料存储保护，杜绝使用生锈夹片。
9	负弯矩处钢束无法进行张拉	预留槽口位置混凝土不浇筑，待负弯矩张拉完毕后再行浇筑。
10	配件疲劳受损，未及时更换	定期检查张拉作业相关配件，及时更换有隐患的配件。
11	夹片安装错牙	夹片进场后进行外观检查，试验室及时进行委托试验。确保产品质量。
12	张拉端口周围钢筋间距过小，无法用千斤顶进行张拉	优化设计，采取类似引伸张拉的措施，预制锚架与张拉端口的锚垫板贴合密实，在锚架外侧进行张拉。
13	预应力孔道积水	孔道端部使用防水活塞等封堵。
14	安全防护不到位	进行安全交底；建议加强现场管理，做好张拉作业前验收工作，不达要求，禁止作业。
15	压浆不饱满	选择合格压浆料；孔道清理；浆液性能质量控制；进行交底，严格压浆过程管控。
16	孔道漏气、未配备抽真空设备	压浆前使用抽真空设备检查孔道，压浆过程中抽真空辅助压浆。
17	未做压浆工艺试验	在正式实施前，做好孔道压浆工艺试验，确定各项工艺参数。
18	压浆料材料不合格	及时按规范要求的频率及操作规程试验；超过规定时间的应及时进行复检；建议材料根据现场施工需要，按计划进场，材料存放区域应保持干燥。
19	孔道压浆过程中未对浆液性能进行检查	每次压浆过程中，对浆液性能进行检查，并留样。
20	混凝土孔道附近与孔道平行方向出现裂缝	压浆工作宜在构件混凝土温度 48h 内不低于 5℃ 的环境下进行。
21	作业人员熟练程度不足，流动性大	加强教育培训，做好班组管理工作，改善作业人员作业环境。
22	封锚质量差	制定预应力封锚标准，采用真空压浆帽封锚。

## 4.5 构件转运和存放

4.5.1 构件转运和存放的工艺流程应包括运转方式及设备选型、运转过程控制要求、堆放方式、防护要求、堆放时间要求。

4.5.2 运转方式及设备选型应符合下列规定：

1 预制构件场内运转方式分轮胎式和轨道式两种，转运设备包括：通用门式起重机（俗称“龙门吊”）、搬运机、履带起重机、汽车吊、运梁炮车。

2 设备选型应遵循“安全性、便利性、经济性”原则，充分考虑预制厂场地面积、运输路线、气象条件和预制构件的重量、数量、结构形式、尺寸大小等因素，起吊设备宜具备安全监控功能，严禁使用无有效出厂合格证、检验合格证的设备。

3 宜结合实际引入设备专项安全顾问服务，充分发挥社会专业力量参与设备选型和日常安全管理。

#### 4.5.3 运转过程应符合下列规定：

1 应构件转运的吊点位置，吊点位置应符合设计规定，设计未规定时，应根据计算确定。当设置吊环时，吊环必须采用未经冷拉的 HPB235 钢筋制作且顺直。吊绳与起吊构件的交角小于  $60^\circ$  时，应设置吊架或起吊扁担，使吊环垂直受力。

2 预制构件运转前应详细调查运输路线（平整度、车流量、转弯半径、限高限宽）和存放、使用区域可能存在的影响因素，提出相应的防控措施；原则上按照构件预制先后顺序依次运转。

3 转运过程中应提前在各接触点做好柔性保护，起吊、运输、放置过程中应严格控制速度、保证平稳，运输过程中应至少采取两种锚固措施，避免发生磨损、碰撞、倾覆，必要时安排专车开道或交通管制避免交通拥堵。

4 梁的运输应按高度方向竖立放置，并应有防止倾倒的固定措施；装卸梁时，必须在支撑稳妥后，方可卸除吊钩。

5 采用平板拖车或超长拖车运输大型梁板时，车长应能满足支点间的距离要求，支点处应设活动转盘防止搓伤构件混凝土；运输道路应平整，如有坑洼而高低不平时，应事先处理平整。

6 对后张预应力混凝土梁、板，在施加预应力后可将其从预制台座吊移至场内的存放台座上后再进行孔道压浆，但必须满足下列条件：

1) 从预制台座上移出梁、板仅限一次，不得在孔道压浆前多次倒运。

2) 吊移的范围必须限制在预制场内的存放区域，不得移往他处。

3) 吊移过程中不得对梁、板产生任何冲击和碰撞。

7 后张预应力混凝土梁、板在孔道压浆后进行移运的，其压浆浆体强度应不低于设计强度的 80%。

#### 4.5.4 预制构件堆放应符合下列规定：

1 梁体在预制场内存放时，梁端容许悬出长度应满足设计要求。

2 存梁时，构件堆放应采用刚性支撑，支点上宜放置硬橡胶垫，厚度不小于 50mm。

3 箱梁存放时，宜采用四点支撑。

4 构件堆放区域应坚固稳定、排水畅通，并应做好沉降观测。

5 构件堆放时应考虑使用先后顺序摆放，保证使用方便。

6 构件堆放应充分考虑构件自重、堆放时长和基础承载力，堆放整齐。

7 构件堆放原则上不宜超过 2 层，否则应对构件自身和基础承载力进行验算。

#### 4.5.5 预制构件防护应符合下列规定：

1 预制构件吊装时应使用专用吊具，必要时应对吊具进行结构探伤检测并定期检查、检测，做好维护保养，吊装过程中可结合实际采用缆风绳牵引增强构件稳定性；吊装时钢丝绳与梁体不得直接接触，必须采用软隔离措施。

2 梁段落在运梁车上时，梁底与运梁车支承点应垫放硬木或橡胶块，以防止梁滑动；运梁时，运梁车宜保持平稳运行，转弯时小心操作，防止梁从车上滑落。

3 不得在混凝土的表面或棱角上用锤敲打。严禁在施工过程中把重物直接从空中丢到梁板上。

4 定期对已完成的梁板进行检查，若发现损伤或污染，应及时修复。

4.5.6 预制构件堆放时间应严格控制，符合设计规定，不得过长或过短；当设计未规定时，应满足下列要求：

1 预应力混凝土箱型梁、T 梁，存放时间不宜超过 3 个月，特殊情况下不应超过 5 个月。

2 节段梁存放时间不宜少于 3 个月。

#### 4.5.7 对未达养护时间的构件，应在存放时继续养护。



## 5 小箱梁质量提升要点（浙江）

### 5.1 模板工程

5.1.1 模板工程提升要点包括下列方面：

- 1 提高施工便利性；
- 2 防止浇筑过程中内模上浮；
- 3 防止浇筑过程中梁体端部漏浆；
- 4 提高外露钢筋及预埋件定位精度；
- 5 提升预制构件混凝土外观质量。

5.1.2 模板设计应符合下列规定：

- 1 模板应进行专项设计，设计要求参照《组合钢模板技术规范》（GB/T 50214），面板厚度不宜小于 5mm。
- 2 底模台座宜采用工字钢制作，便于设置反拱及布设养护管线。
- 3 侧模翼缘板位置应设计梳齿板，背面应预留附着式振捣器安装位、防止内模上浮的压杠固定钩、上下对拉螺杆安装孔，底部预留千斤顶支撑位。
- 4 内模应采用抽拉式设计，内部采用铰链和弦杆连接，采用插销固定。
- 5 端模宜分成顶板端模、两侧腹板端模和底板端模四个部分，正面外露钢筋预留孔与钢筋之间的间隙应按 3mm 设计，波纹管预留孔与外露波纹管之间的间隙应按 1mm 设计；对于斜交小箱梁，顶板、底板端模应根据斜交角度设计成折线形以满足施工需求。

5.1.3 模板制作应符合下列规定：

- 1 除应符合《公路桥梁施工技术规范》（JTG/T F50）的相关规定外，外模及底模面板平整度不宜大于 3mm。
- 2 端模外露钢筋及波纹管预留孔位置偏差均不应大于 2mm。

5.1.4 模板安装和拆除应符合下列规定：

- 1 模板边角处应粘贴止浆条，侧模梳齿板处的止浆条宜使用采取固定措施固定牢固。
- 2 模板安装完成后应按照《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T F50）进行检查。
- 3 顶板钢筋骨架入模后，翼缘板外露钢筋可采用“纵向压杠”等措施进行固定，内模可采用“横向压杠”等措施进行固定，防止混凝土浇筑时上浮。



图 5.1.4-1 纵向压杠



图 5.1.4-2 横向压杠

内模拆除时在梁端底板外侧应设置支垫，防止内模直接落在外露钢筋上。

## 5.2 钢筋工程

### 5.2.1 钢筋工程提升要点包括下列方面：

- 1 提升钢筋加工质量。
- 2 提升钢筋定位精度。
- 3 提升钢筋保护层厚度控制。

### 5.2.2 胎架的制作与安装应符合下列规定：

- 1 钢筋定位胎架专项设计应综合考虑胎架精度和施工便利性。
- 2 底腹板钢筋定位胎架应采用型钢桁架结构，主体结构应具备足够的刚度，其材料选用不宜低于下列要求：

- (1) 主体结构选用 [10 槽钢焊接而成
- (2) 腹板箍筋定位型钢选用  $\angle 80 \times 80 \times 8\text{mm}$  角钢
- (3) 腹板箍筋底部限位型钢选用  $\angle 80 \times 80 \times 8\text{mm}$  角钢
- (4) 腹板纵向水平筋定位齿耙选用  $\phi 16$  圆钢
- (5) 底板横向、纵向定位梳齿板选用 6mm 厚钢板

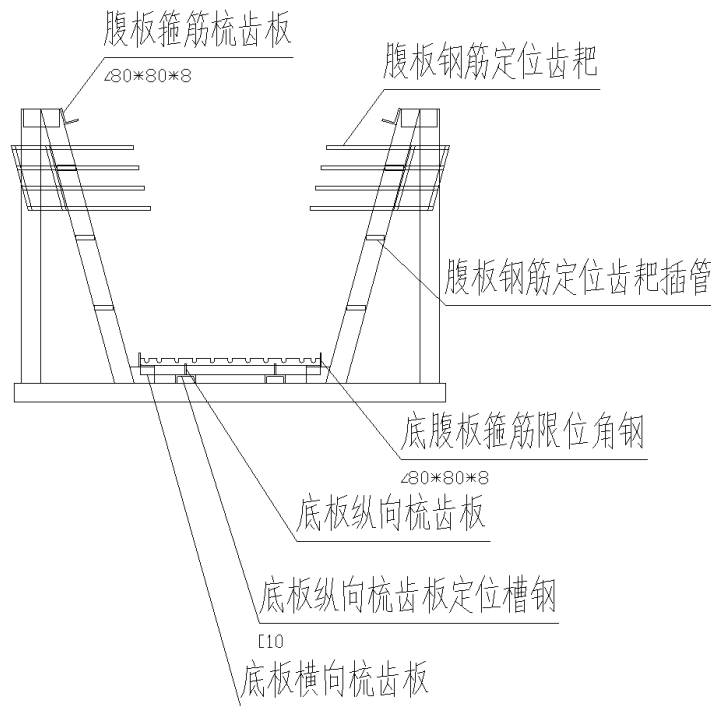


图 5.2.2-1 底腹板钢筋胎架

- 3 顶板钢筋定位胎架应采用型钢框架结构，主体结构应具备足够的强度和刚度，其材料选用宜不低于下列标准：主体结构选用 [10 槽钢焊接而成；顶板面筋定位梳齿板选用 6mm 厚钢板。

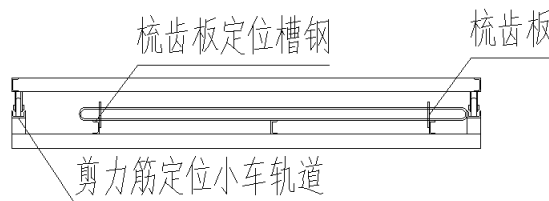


图 5.2.2-2 顶板钢筋定位胎架

4 底腹板和顶板钢筋定位齿槽宽度应按（钢筋直径+3）mm 设计，位置偏差不超过 2mm；腹板纵向水平筋定位齿耙插管内径应按（齿耙直径+3）mm 设计，位置偏差不超过 2mm。

#### 5.2.3 钢筋安装应符合下列规定：

1 钢筋安装施工前，应根据设计图纸制作每片小箱梁的预埋件清单，清单应包含预埋件部位、类型及数量等内容。

2 护栏预埋钢筋模块应采用定位装置进行定位。

3 底腹板、顶板钢筋骨架宜分别进行绑扎。

4 钢筋工前保护层允许偏差应满足设计及规范要求，工后保护层合格率不宜小于 90%。

5 腹板位置宜选用圆形保护层垫块，其余位置宜选用梅花形保护层垫块。

#### 5.2.4 钢筋骨架吊装应符合下列规定：

1 底腹板、顶板钢筋骨架宜分别吊装；顶板钢筋骨架宜在内模安装完成后吊装就位。

2 顶板钢筋骨架与腹板钢筋骨架连接处的顶板纵向筋与腹板箍筋宜采用点焊进行加固，点焊间距不应大于 1m。

3 钢筋骨架吊具应进行专项设计，由纵梁及弦杆组成。纵梁材料选用不宜低于 18×12 方管，弦杆材料选用不宜低于 [8 槽钢。

4 吊点对称布设，顺梁长方向布置间距不应大于 1m。

5 吊耳应采用“8”字形安全钩、自动复位式开合机构和自锁插销进行连接。

6 针对负弯矩槽口对应位置的吊点应适当加长吊绳，保证所有吊点受力均衡。

#### 5.2.5 钢筋骨架入模应符合下列规定：

1 吊装就位前应先 在钢筋骨架上标注纵向中心线，同时在模板上标注梁端线及纵向中心线，据此控制钢筋骨架的入模。

2 吊装时应检查骨架标注线与模板标注线，并实时调整确保重合。

### 5.3 混凝土工程

#### 5.3.1 混凝土工程提升要点包括下列方面：

1 提升混凝土工作性。

2 减小混凝土强度离散性。

3 提升混凝土外观质量。

5.3.2 应根据拌合地点与预制场的距离、钢筋布置情况、振捣方式等因素确定合适的混凝土坍落度。混凝土入模坍落度宜控制在 120~180mm，底板及腹板宜采用上限值，防止底板空洞现象；顶板宜采用下限值，防止骨料下沉、浮浆过厚、顶板表面开裂等问题。

#### 5.3.3 混凝土浇筑应符合下列规定：

1 混凝土布料宜在距梁端 4~5m 处开始，防止水泥浆聚集到梁端造成梁体强度不均匀。宜按照底板→腹板→顶板的顺序浇筑混凝土。

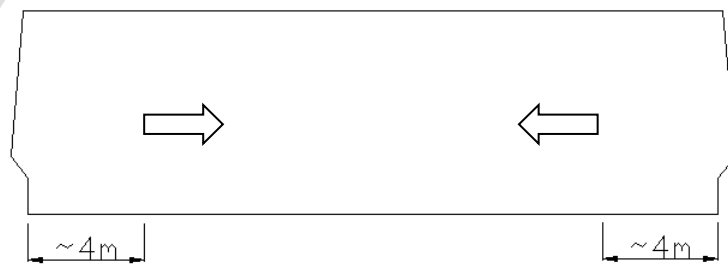


图 5.3.3-1 混凝土浇筑侧面图

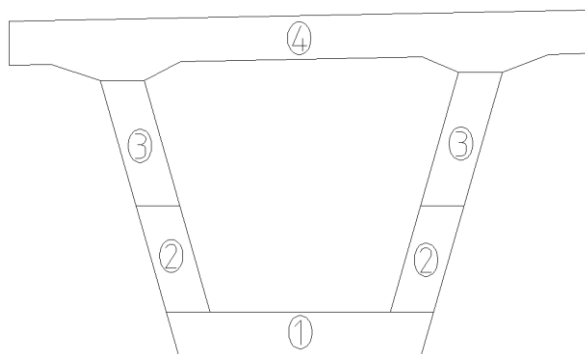


图 5.3.3-2 混凝土浇筑立面图

2 混凝土振捣应符合下列规定：

(1) 腹板应采用附着式振捣器为主、插入式振捣器为辅的方式进行振捣。附着式振捣器宜按 1.5m 间距布置在两侧的侧模上，振捣和间断时间宜根据工艺试验确定。

(2) 顶板应采用插入式振捣器振捣，不得使用附着式振捣器。

(3) 张拉槽口、横隔板等钢筋密集处应采用插入式振捣器振捣，型号宜选择 30 型或 50 型。

3 混凝土浇筑宜连续进行，总浇筑时间宜控制在 2~4h。

5.3.4 顶面平整度控制应符合下列规定：

1 顶面收面宜采用一次提浆、两次抹面，并应符合下列规定：

(1) 顶面提浆宜采用手持式提浆机，覆盖梁顶全范围。

(2) 提浆后应立即采用抹刀进行第一次抹面，平整度宜 $\leq 5\text{mm}$ ；初凝前定浆后，应使用抹刀进行第二次收面。

2 拉毛时机和工艺应通过工艺试验确定；拉毛宜使用钢丝刷等硬刷，拉毛深度 1~2mm，纹理宽度 2~3mm。

5.3.5 混凝土养护应符合下列规定：

1 养护施工宜采用自动养生设备，养护用水宜循环使用，确保全覆盖、无死角。

2 常温下养护时间应不少于 7 天。

3 冬期养护应采用保温棚全覆盖蒸汽养生。

5.4 预应力工程

5.4.1 预应力工程提升要点包括下列方面：

1 预应力管道定位精度。

2 预应力张拉质量。

3 预应力压浆质量。

5.4.2 管道定位筋宜采用整体式定位胎架焊接，根据设计图纸分类加工，加工完成后应进行编号，在钢筋胎架上放样并做好定位筋编号标识，根据标识对号安装定位筋，确保预应力管道定位准确。

5.4.3 腹板预应力束应对称张拉，压浆及封锚应参照本指南“4.4 章节”的要求。

5.5 构件的转运和存放

5.5.1 构件的转运和存放提升要点包括防止梁体损伤和保证梁体存放稳定性。

5.5.2 构件的转运应符合下列规定：

1 预应力管道压浆强度达到规定值后方可进行转运；场内转运宜采用门式起重机，采用双机抬吊的起吊设备合计额定起吊重量不宜小于最大梁重的 1.5 倍。

2 起吊应注意吊点位置的选择，一般设置在梁体支座的对应位置。

5.5.3 构件的存放应符合下列规定：

- 1 存梁台座宜高出地面 200mm 以上，支点位置应符合设计规定。
- 2 异型小箱梁应根据结构形式增加侧面支撑。
- 3 存放层数应符合下列规定：
  - (1) 不同类型的小箱梁（异形梁、非等长梁）宜分类存放，防止尺寸差异造成支点处受力不均。同类型的小箱梁可叠加存放，叠放层数不宜超过两层，顶层为边梁时应加设临时支撑。
  - (2) 小箱梁与台座之间宜采用橡胶垫，梁与梁之间可采用钢枕加橡胶垫。
- 4 小箱梁存放时间应满足设计要求，设计未要求时，不应超过 3 个月。

征求意见稿

## 6 大箱梁质量提升要点（浙江）

### 6.1 模板工程

#### 6.1.1 模板工程提升要点包括下列方面：

- 1 提高模板安拆便捷性。
- 2 减小模板变形。
- 3 提高外观质量。

#### 6.1.2 模板设计应符合下列规定：

1 台座基础应进行专项设计。为避免不均匀沉降、确保梁体线形，台座基础宜选用桩基础，顶部按要求设置反拱度。

2 应合理布置台座，每片箱梁自外模、侧模、端模的调整就位、钢筋骨架吊装入模、内模安装、混凝土浇筑养护、预应力张拉、压浆及箱梁提梁移出台座，整个预制周期不宜大于 10 天。

3 箱梁模板应按照“自动化、快捷化、标准化”原则进行设计，内外模和底模应按梁长整体化设计，与制梁台座一一对应匹配；模板结构应按无拉杆形式设计。

4 箱梁模板主要分为外侧模、内模、底模和端模四个部分，为适应梁体长度的微小变化，宜采用外模包端模的形式。

5 箱梁内模应设计为全自动液压结构，即采用液压油缸调整内模缩、张，沿滑移轨道滑移实现安拆。

6 为提高模板使用率、降低施工成本，相同梁型、两个相邻制梁台座宜共用一套箱梁内模。

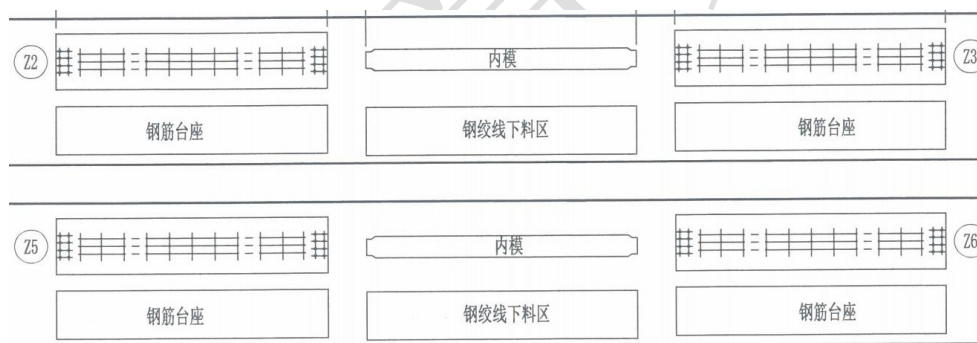


图 6-1 台座布置示意图

7 端模预埋筋的预留孔尺寸与钢筋之间间隙宜按 5mm 设计。

8 端模、底模和侧模的模板容许挠度值不大于  $L/400$  ( $L$  为模板构件计算跨度)，钢模板的面板容许变形不大于 1.0mm。

9 端模与底、侧模之间空隙应设计为密封条，保证梁体棱角分明，密封条宜采用有压缩性的止水橡胶结构。

10 为保证成桥梁体线形，箱梁支座预埋板在预制时应设置与桥梁纵坡一致的坡度。支座预埋板处设置一活动底模，活动底模通过固定在台座上的调整螺栓形成预定坡度，其与箱梁底模之间空隙通过砂浆等物质进行堵塞，谨防漏浆。

#### 6.1.3 模板制作应符合下列规定：

- 1 模板外模及底模面板平整度不宜大于 3mm。
- 2 箱梁端模预留孔尺寸制作偏差不宜大于 1mm，孔位之间相对偏差不宜大于 2mm。

#### 6.1.4 模板安装和拆除应符合下列规定：

- 1 模板组拼拼缝之间的错台不宜大于 1mm。
- 2 箱梁内模宜比箱梁端面长出 350mm，满足曲线梁调整及止浆的要求；内模应采用不小于 5t 卷扬机进行整体平移脱模。
- 3 端模拆除时，宜采用千斤顶同步顶推整体脱模。

## 6.2 钢筋工程

### 6.2.1 钢筋工程提升要点包括下列方面：

- 1 提高钢筋绑扎的精度。
- 2 减小钢筋骨架吊装过程中的变形。
- 3 提高钢筋保护层的合格率。

6.2.2 大箱梁钢筋骨架应在钢筋定位胎架上进行定位绑扎，定位胎架宜为整体式胎架或底腹板、顶板分离式胎架；钢筋骨架绑扎完成后，宜选用两台龙门吊机整体抬吊，两台龙门吊机起重能力不宜小于骨架重量的 1.25 倍。

### 6.2.3 胎架的制作与安装应符合下列规定：

1 箱梁钢筋定位胎架应选用型钢桁架结构形式，其组成包括但不限于底胎具、侧胎具、内胎具结构，内胎具宜设置为活动式桁架结构。胎架结构应满足刚度要求，其材料选型应不低于下列要求：

- (1) 侧胎具支撑架选用 [14，定位角钢选用 2∠63×63×6。
- (2) 内胎具支撑架选用  $\Phi 48 \times 3.5$  钢管或 2∠63×63×6 角钢，定位角钢选用 2∠63×63×6，内胎具支撑架底部宜设置“可调节螺杆+滚轮底座”。
- (3) 腹板内侧钢筋选用梳形定位卡具，卡具材料选用圆管。

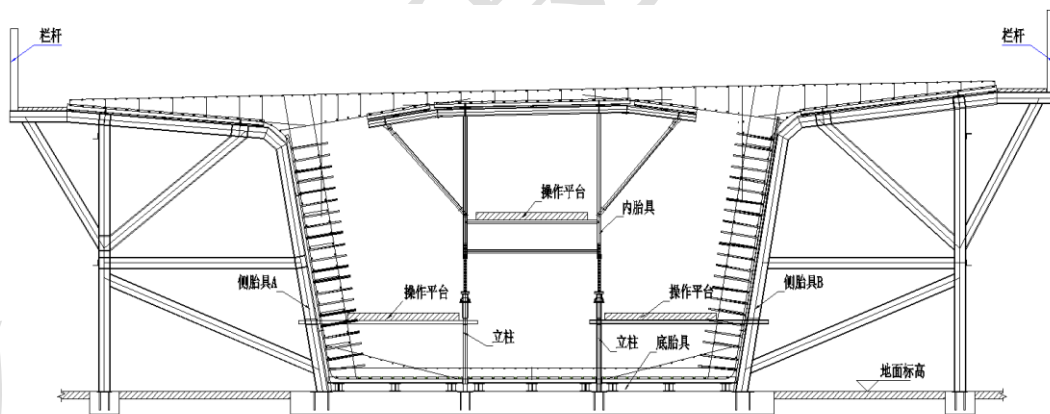


图 6-2 胎具布置样图

- 2 定位角钢应设置为横向和纵向，钢筋应在定位角钢上设置定位卡槽，槽口可为梯形或矩形，槽底尺寸宜比钢筋直径大 3mm。
- 3 定位胎架的纵向定位角钢宜每隔 4~6m 设置 1 个 5-10mm 的伸缩口，避免昼夜温差引起变形。
- 4 顶板、腹板和底板限位与钢筋安装理论位置误差  $\leq 2\text{mm}$ ，同一截面纵向钢筋卡槽平面偏差  $\leq 2\text{mm}$ 。

### 6.2.4 钢筋安装应符合下列规定：

- 1 箱梁施工前，应充分分析钢筋设计图纸，选取预应力齿块或其他单元进行模块化设计，通过工艺试验模拟模块化施工的可行性。
- 2 箱梁施工前，应根据设计图纸制作每片箱梁上的预埋件(筋)清单，并在现场设置一梁一清单，

清单包括（不限于）“部位、类型及数量”等内容，不得出现遗漏预埋件（筋）。另根据施工情况，在征得设计单位同意的情况下，可设置施工临时预留孔。单片箱梁主体预埋件（筋）包括支座预埋钢板、通风孔、泄水孔、综合接地措施、护栏预埋筋、交通设施预埋筋、伸缩缝预埋筋、湿接缝预埋筋（钢板）等，临时预留孔一般包括吊点预留孔、张拉压浆预留孔、进人孔等。临时预留孔应按设计要求进行恢复。

3 护栏预埋筋应进行定位，控制其线形和精度。

4 箱梁钢筋工前保护层应满足设计和规范要求，工后保护层合格率不宜小于 95%。

5 箱梁腹板宜选用圆形垫块，其余位置宜选用承重垫块。圆形垫块外径应按设计净保护层厚度设置，采用不小于  $\phi 10$  圆钢固定，且安装应保持水平，圆钢与圆孔之间间隙不得大于 1.5mm。承重垫块宜安装在纵横钢筋交叉点位，采用十字交叉绑扎方式。

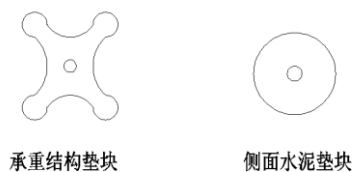


图 6-3 垫块类型样图

#### 6.2.5 钢筋骨架吊装应符合下列规定：

1 整体钢筋骨架吊具应进行专项设计，吊具吊点应覆盖底板、腹板及顶板位置，全宽通长布置。

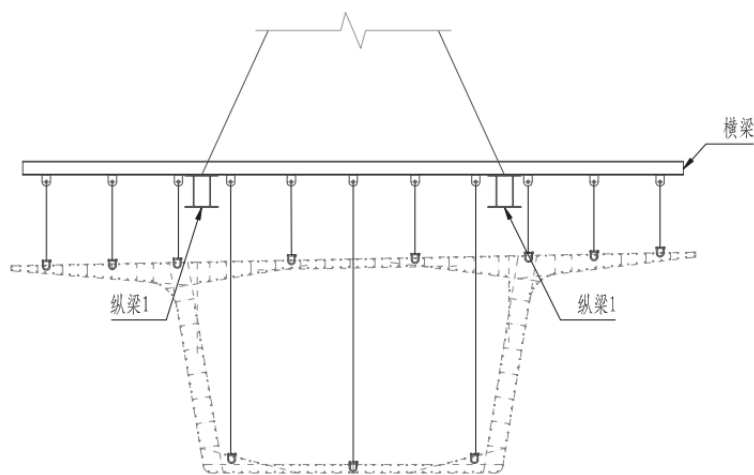


图 6-4 钢筋吊具吊点布置图 1

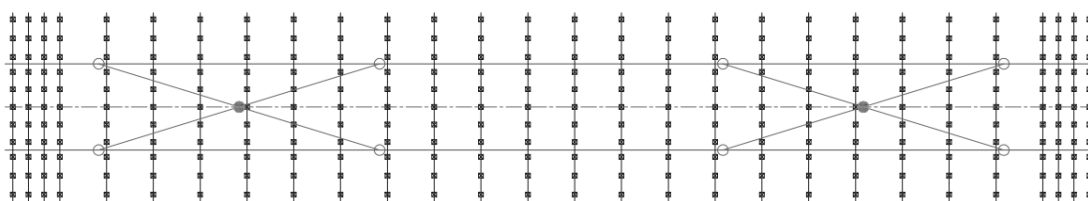


图 6-5 钢筋吊具吊点布置图 2

2 箱梁钢筋吊具应由纵梁、横梁、主钩吊点及钢筋吊点组成，纵梁宜选用不低于 H588 型钢，横梁宜选用不低于 I22。

3 吊具吊点应满足单点受力要求，且安全系数不小于 2；吊点与钢筋连接处应设置短钢管或粗钢筋，周边钢筋连接宜使用点焊连接。

4 钢筋骨架整体吊装时，应满足下列要求：

(1) 所有吊点受力均衡；



- (2) 门吊起吊应缓慢同步；
- (3) 骨架调离地面约 30cm 后，应安排专人逐点检查；
- (4) 骨架横移时，两台门吊应保持同步，不得出现较大错位偏差或骨架受扭现象。

5 为提高钢筋骨架的整体刚度，除应在预应力管道处设置加密定位网外，还应在腹板处设置加强筋，并宜与主筋焊接。

#### 6.2.6 钢筋骨架入模应符合下列规定：

1 箱梁骨架入模前，应调整骨架，使骨架与制梁台座对中，并保持水平状态；当骨架下放至距离底板约 20cm 时，应利用吊锤微调骨架，使骨架中线与底板中线重合。

2 箱梁骨架入模后，应采用测量卡具检查腹板及底板保护层，工前合格率 100%。

### 6.3 混凝土工程

#### 6.3.1 混凝土工程提升要点包括下列方面：

- 1 提高混凝土布料的均衡性及合理性，提升混凝土强度稳定性。
- 2 提高预制箱梁顶面平整度及拉毛合格率。
- 3 减少外观缺陷及养护不当引起的裂纹，改善预制构件外观质量。

6.3.2 混凝土拌和物工作性能宜通过控制原材料、生产与运输过程的稳定性，提高混凝土质量控制水平，降低预制构件混凝土强度离散性，并符合下列规定：

1 混凝土生产前，应进行混凝土试生产，检测混凝土坍落度、容重、出机温度、含气量等指标，并现场调整施工配合比，合格后方可进行混凝土的正式生产。箱梁正式施工前，应进行混凝土试浇筑工艺试验，收集底板、底板与腹板过渡区、腹板及顶板的混凝土各项指标，确定混凝土入模坍落度、扩展度、初凝时间等数据。

#### 6.3.3 混凝土布料及振捣应符合下列规定：

1 混凝土布料区域宜设置防雨棚，宜选用平臂式布料机，布料机作业半径应覆盖整个桥面；当在制梁台座两侧设置多台布料机并有交叉作业时，相邻两台布料机高度应设有不小于 1m 的高差，确保布料机交叉作业不受影响。

2 箱梁混凝土浇筑应按照“底板与腹板接触部位→腹板→底板→顶板”的顺序进行浇筑；混凝土振捣应以插入式振捣为主，辅以附着式振捣器振捣；附着式振捣器应选用智能控制柜控制，振捣时间要严格控制，不宜过长，应在进行混凝土浇筑工艺试验时确定。

3 混凝土振捣按布料机作业范围宜设置振捣责任区，每个区域宜设置一定数量的振捣工，责任到人，各司其职，有序振捣。

#### 6.3.4 梁板顶面平整度控制应符合下列规定：

- 1 箱梁顶面应选择提浆整平机；提浆整平机应在两侧设置轨道，轨道标高设置应考虑横坡。
- 2 桥面收浆宜采用座式抹光机，避免人员踩踏；桥面平整度应不得大于 5mm。
- 3 桥面拉毛宜采用滚槽拉毛机，拉毛深度宜控制在 1~2mm，线条顺直，线条间距宜设为 15mm，每组线条之间间距不宜超过 25mm；拉毛时机宜通过工艺试验确定。

#### 6.3.5 混凝土养生应符合下列规定：

- 1 箱梁养生应设置封闭式保温棚，可设置为整体式，也可在底腹板、内腔、顶板分别设置。
- 2 箱梁应采用智能喷淋养护系统，喷淋管路应沿梁长布置，覆盖底板、腹板、内腔和顶板；喷淋时间间隔由智能控制柜操控，以保持混凝土表面湿润为准。
- 3 冬期施工时，应采用保温保湿养生；养生应在制梁台座上，转运至存梁区后，应继续养生。
- 4 箱梁养生时间应满足设计要求，无设计要求时，不得少于 14 天。

## 6.4 预应力工程

### 6.4.1 预应力工程提升要点主要包括下列方面：

- 1 提高预应力管道的定位精度。
- 2 提高预应力管道压浆密实度。
- 3 提高台座利用率。
- 4 预防混凝土早期裂纹。

### 6.4.2 管道定位及线形应符合下列规定：

1 预应力管道定位应设置整体式定位框架，即在腹板、底板、顶板预应力管道分组设置整体定位框架，固化相邻波纹管相对位置；定位框架应集中工厂化生产，保证定位框架加工精度。

2 预应力管道的每个定位网片应进行编号，并在钢筋胎架上放样做好定位网编号标记，对号安装定位网片，保证预应力管道精确定位。

6.4.3 预应力张拉、压浆及封锚应满足本指南“4.4 章节”的要求。纵向预应力筋张拉宜分两个批次进行，并宜符合下列规定：

- 1 在混凝土强度达到 50%时宜对第一批次中部分预应力筋进行预张拉，预张拉应力应满足设计要求，当设计无规定时不宜超过 50%。
- 2 在预制构件混凝土强度、弹性模量达到设计要求时，对第一批次预应力筋进行终张拉，然后移梁至存梁台座，以提高制梁台座利用率。
- 3 当存梁时间达到设计要求时，对第二批次预应力筋进行终张拉。

## 6.5 构件的转运和存放

### 6.5.1 构件的转运和存放提升要点主要包括下列方面：

- 1 提高转运过程的安全可靠性。
- 2 降低箱梁开裂风险。

### 6.5.2 构件的转运方式及设备选型应符合下列规定：

1 大箱梁转运方式可采用两台轮胎式搬运机同步进行抬吊、转运，两台搬运机的起重能力不得小于箱梁最大重量的 1.25 倍。

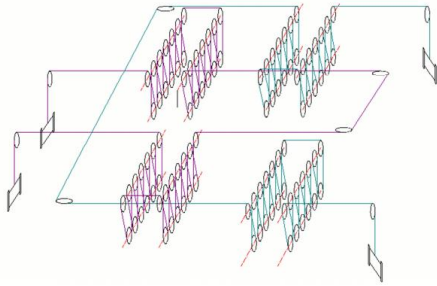
2 为保证混凝土预制构件在起吊过程中始终受力平衡，避免预制梁吊装由于多点约束受力不均产生扭曲、损坏，搬运机起升系统宜按“四点起吊，三点平衡”的原理进行设计，作业时四个吊点转换成三点静定平衡的起吊体系。

3 起吊体系可通过钢丝绳缠绕或铰接结构实现“四点起吊，三点平衡”方式，具体操作如下：

(1)起升系统两个吊点在混凝土梁宽度方向上平行布置，分别用两根钢丝绳独立缠绕这两个吊点相应的动、定滑轮组，构成两个独立的吊点。

起升系统两个吊点在混凝土梁宽度方向上交叉布置，用两根钢丝绳分别将两个吊点的动定滑轮串联起来，构成一个平衡吊点。

钢丝绳缠绕方式（两点吊）



钢丝绳缠绕方式（一点吊）

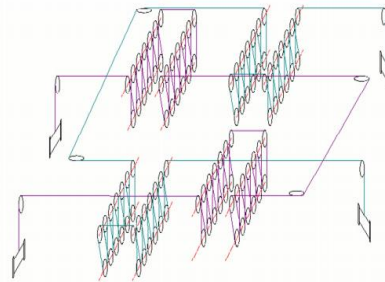


图 6-6 箱梁起吊三点平衡钢丝绳缠绕示意图

(2) 起吊系统通过销轴连接形成三点平衡。

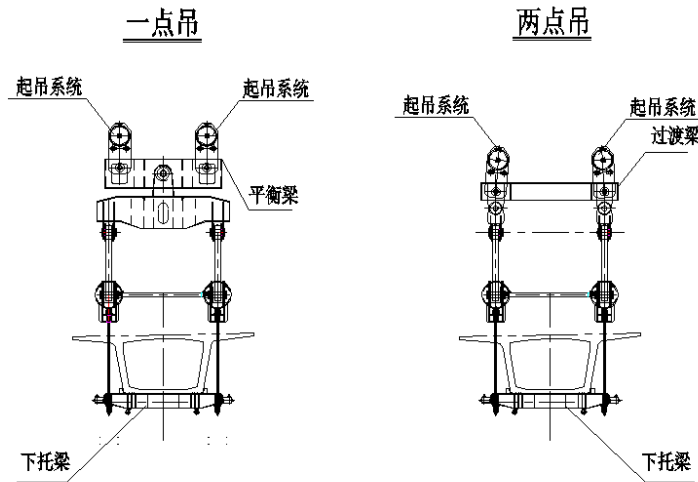


图 6-7 箱梁起吊三点平衡铰接示意图

4 箱梁起吊吊具应委托有资质的专业厂家设计制作，吊具宜选用钢丝拉索结构；主要受力吊具应定期委托有资质单位进行检测和探伤，并出具相应报告。

### 6.5.3 构件的转运应符合下列规定：

1 箱梁转运前，应办理“一吊一签证”检查手续，对搬运机性能（胎压、液压、动力等）、吊具、吊杆等关键部位办理检查签证，合格后方可起吊。

2 为确保梁体安全平稳，梁体转运过程中两台搬运机须联动操作，确保两机大车走行、天车等均同步进行。

3 提梁前，搬运机应在空载时支好支腿；提梁后，梁体位于搬运机横梁中间位置时收起支腿，大车方可走行。吊梁过程中应设置安全控制措施，保障梁体与搬运机结构安全。

4 在转运过程中应严格控制同步搬运设备的平面位置偏差，保证天车位于搬运机横梁中心位置，确保受力均衡。

5 搬运机应具备定点转向功能，且设置无线或有线连接同步控制技术，确保箱梁转运平稳；搬运机需转向操作时，应首先支好支腿。

6 搬运机起吊、转运过程中，应保持同步、匀速、缓慢；梁体落放时，宜采用吊锤检测梁体中线，梁体中线与存梁台座中线偏差不得超过 2cm。

6.5.4 构件的存放应符合下列规定：

1 大箱梁四角高差不宜大于 3mm。存放层数不应超过两层，采用双层存梁时，需对梁体结构进行局部检算，合格后方可进行双层存放，且上层箱梁底部支撑梁宜设置为钢结构形式；上层箱梁存放时，下层箱梁横向预应力应张拉完成。

2 大箱梁存放台座应进行专项设计，严禁出现基础不均匀沉降。

3 大箱梁在预制场存放时间应满足设计要求，设计未要求时，不宜小于 15 天。

征求意见稿

## 7 节段梁质量提升要点(江苏)

### 7.1 模板工程

7.1.1 模板工程提升要点主要包括下列方面：

- 1 提高模板机械化程度，配置液压系统。
- 2 提高模板安装精度，表面外露模板平整度不大于 3mm，使用过程中变形不超过 2mm。
- 3 提升脱模剂的配合比适应性和喷涂方案，适应模板材质和气温。
- 4 提升预制构件混凝土外观质量，达到 A 级（优良）标准。

7.1.2 模板设计应符合下列规定：

1 预制节段梁模板应根据梁体节段长度、截面形式、周转次数及节段梁施工工艺，合理配置模板。模板应包括固定端模及其支架、活动端模、侧模及侧模支架、内模及内模支架、底模及底模台车和液压系统等组成。

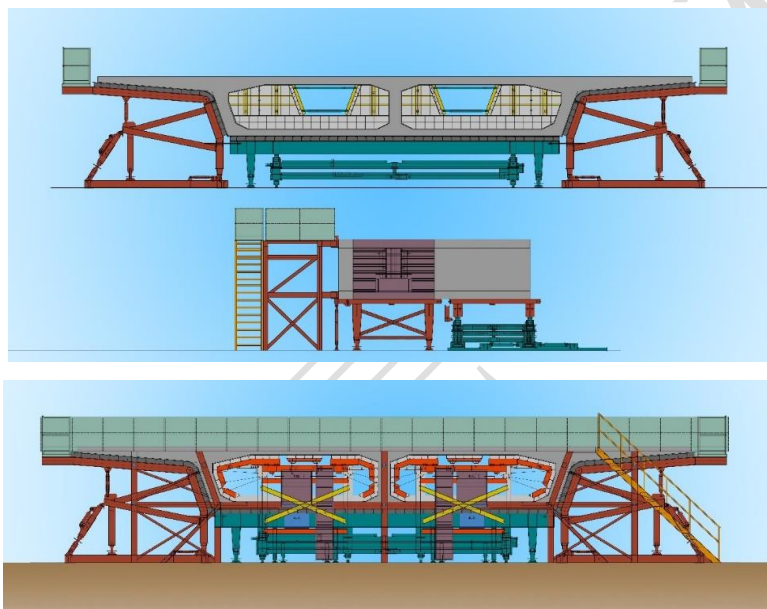


图 7-1 模板构造示意图

2 模板设计除应满足 4.1.1、4.1.2 章节要求外，尚应符合下列规定：

- (1) 模板设计应考虑预制节段模板使用的通用性以及模板周转。
- (2) 固定端模作为整个模板的测量基准，应保证模板支架及模板具有足够的强度、刚度和精度，使用过程中变形不应超过 2mm。
- (3) 底模应设置底模台车，底模台车应配备液压系统，应具备平移、高程调整及旋转功能，并可与匹配节段整体纵移。
- (4) 外模需具有足够的强度、刚度，配置液压系统，应具备整体安装和脱模功能；外模在横向与高度方向应配置螺旋撑杆系统，应具备微调，整体纵移的功能。
- (5) 内模需考虑不同节段内模截面变化导致的模板变换，配置液压系统，应具备液压脱模，内模及其支架可整体纵移的功能。
- (6) 节段梁模板设计精度应满足表 7.1.2 的要求。

表 7.1.2 节段梁模板设计控制表

序号	指标名称	规定值或允许偏差 (mm)
1	表面外露模板挠度	$L/400$ ，且 $\leq 3$ 【3mm (5mm)，规范提升】

2	表面隐蔽模板挠度	L/250, 且 $\leq 5$
3	模板的钢棱变形	L/500
4	柱箍变形	B/500
5	面板变形	1
6	抗倾覆系数	1.3

注：L为模板计算跨度，B为柱宽。

### 7.1.3 模板制作应符合下列规定：

#### 1 模板制作除应满足 4.1.3 章节要求外，尚应符合下列规定：

(1) 出厂前在厂内进行试拼，试拼完成后根据表 7.1.3-1 进行检查验收并保存记录；

表 7.1.3-1 模板出厂验收标准表

时间：		验收人：	是否合格	
检查项目		允许偏差 (mm)	合格	不合格
1	板面和板侧挠度	1		
2	面板厚度	不小于设计值		
3	板面局部不平	1		
4	模板表面平整度	3		
5	面板端偏斜	0.5		
6	模板内侧错台	1		
7	长和宽	0, -1		
8	肋高	$\pm 5$		

(2) 模板进场验收主要验收内容包括但不限于模板几何尺寸、重量、模板焊接质量、平整度、液压设备性能、安全防护设施功能、临时用电等。模板进场初次安装完成后，应根据表 7.1.3-2 进行检查验收。

表 7.1.3-2 模板进场组装验收表

序号	控制项目	规定值或允许偏差 (mm)	检查方法和频率
1	模板高程	+2, -2	水准仪测量，端模板不少于 3 处
2	模内尺寸	长度	-1, -3
		宽度	+3, -2
		高度	0, -2
3	轴线偏位	2	全站仪测量，测量不少于 2 处
4	模板相邻两板内表面高差	2	水平尺量，每面不少于 2 处
5	模板表面平整度	3	2m 水平尺量，每面不少于 2 处
6	垂直度	H/1000 且 $\leq 3$	吊垂线测量，端面测量不少于 2 处
7	预埋件中心线位置	3	尺量，每处
8	预留孔洞中心位置	10	尺量，每处
9	预留孔洞截面内部尺寸	+10, 0	尺量，每处
10	剪力键位置偏差	2	尺量，每处
11	剪力键尺寸偏差	2	尺量，每处
12	模板拼接缝隙	$\leq 2$	尺量，每处

### 7.1.4 模板安装应符合下列规定：

#### 1 端模安装应符合下列规定：

- (1) 面板与待浇节段中轴线垂直，且在竖向保持铅直；
- (2) 上翼缘进行标高检测，确保水平；

(3) 支撑牢固，具有足够刚度；

(4) 中线控制：在固定端模上顶面及内腔的下底面各设一个轴线控制点，测量时，要求该两个控制点与测量塔之间的测量基线重合；

(5) 垂直度控制：测量上、下两个中线控制点至测量基点（测量仪器架设点）的水平距离，并调整使其距离相等，确保竖向中轴线垂直（水平距离相等），测量对称设置在固定端模翼缘板两侧的标高兼平面位置控制点至测量基点的距离并调整使其相等，确保固定端模与待浇节段中轴线成 $90^\circ$ （水平距离相等）；

(6) 水平度控制：测量对称设置在固定端模翼缘板两侧的2个标高兼平面位置控制点的相对标高，控制固定端模顶面水平度。

2 底模和底模台车安装符合下列规定：

(1) 每套模板应配备两个底模（分别用于匹配节段和待浇节段），工期较紧或施工地点温度较低时，部分模板宜配备三个底模，有利于缩短工期；

(2) 底模台车由三层调整架及液压系统、滚排系统构成。上层调整架上安装竖向液压千斤顶，用于节段的高程调节；中层调整架前后侧各安装横向液压千斤顶，用于节段的轴线调节；底层调整架与滚排系统固结，可进行节段纵向位置调节。通过竖、横向千斤顶联合运作，完成节段的三维位置调整定位。

3 侧模通过液压千斤顶及可调节撑杆整体悬挂在与地面固定的侧模支架上。侧模支架上设螺旋调节系统，可进行侧模整体水平和竖向调整。侧模在安装过程中符合下列规定：

(1) 就位后可通过精轧螺纹钢筋与预制台座板可靠连接；

(2) 底圆弧段与直线段相接处过渡应平顺，接缝严密；

(3) 与固定端模及匹配梁间的拼缝严密，与匹配梁接缝间应设置止浆装置。

4 内模由顶板、上角模及下角模组成，各模板之间采用螺栓连接，由可调撑杆支撑。内模系统固定在内模支架上，可由液压系统完成竖直方向伸缩及横向开启、闭合，并通过内模支架纵向移动。

5 转向块模板安装符合下列规定：

(1) 转向块宜与相应节段同步浇筑，较二次浇筑工艺可提高转向节段施工质量；

(2) 转向块模板在设计时，应充分考虑模板拆除难度；

(3) 转向块模板安装前，应精确定位转向器并加固。

6 墩顶块模板安装符合下列规定：

(1) 墩顶节段预制一般分为两种，一种为整体预制，现场安装，另一种为预制外壳，现场填芯；  
(2) 整体预制的墩顶块，在模板定位前应精确定位转向器并加固，端部模板应有可靠的抗浮措施；

(3) 仅预制外壳的墩顶块，宜在预制厂内完成转向器的定位和加固，与后浇混凝土接触面宜采用双层收口网隔离，收口网外侧应采用钢筋网等措施加固，避免混凝土胀模。

7 模板工序检查验收主要内容如下表 7.1.4 所示：

表 7.1.4 模板出厂验收标准表

外模检查验收	内模检查验收	浇筑前模板检查验收
a. 模板清理、打磨除锈，固定端表面对粘附混凝土进行彻底清理； b. 模板安装错台、拼缝 $<2\text{mm}$ ，模板拼缝处应设置止浆条； c. 撑杆应撑紧，不能过度拉伸； d. 模板表面应均匀涂抹脱模剂； e. 匹配梁匹配面两侧和底侧粘贴止浆条，匹配面与侧模和底模应紧密接触，避免漏浆，模板止浆条破损时，应及时更换； f. 结构尺寸调整精确后有效加固； g. 对照预留孔图纸，检查预埋件数量和位置。	a. 内模模板表面洁净，均匀涂抹脱模剂； b. 检查内模板拼缝间螺栓及定位紧固情况； c. 内模拼缝间需粘贴止浆条； d. 检查撑杆，使内模紧贴端模和匹配梁。	a. 模板清理干净，无锈迹及污渍； b. 模板丝杆、拼接螺栓、定位销安装牢固、数量满足要求； c. 底模支腿紧固，液压千斤顶设备处于松落断电状态； d. 预埋件数量、位置准确，加固完成； e. 节段测量复测完成。

8 模板安装验收测量应在测量塔上进行，测量塔应位于模板轴线上，与固定端模、匹配梁、浇筑节段各测点间应可通视。测量塔宜采用桩基础，沉降观测周期内不应出现大于 $2\text{mm}$ 的沉降。测量塔应与周边路面等其他结构有效隔离。

7.1.5 模板拆除应符合下列规定：

1 模板拆除时除应满足 4.1.5 章节要求外，混凝土强度宜为设计强度的 50%；梁体混凝土芯部与表层、箱内与箱外、表层与环境温差均不大于 15℃且满足设计及规范要求。

2 模板拆除顺序：内模拆除 → 外侧模拆除 → 匹配节段移开 → 新浇节段移到匹配梁位置。

3 拆模时宜加强对剪力键、边角、滴水檐等易破损部位的保护，液压系统应与机械支撑构件协调配合，模板拆除后，应及时清理、保养，台座间周转使用的模板需分类（齿块、转向块等）存放。

## 7.2 钢筋工程

### 7.2.1 钢筋工程提升要点包括下列方面：

1 提升钢筋加工质量及加工机械化程度，使用数控钢筋加工设备和运输设备。

2 提升钢筋定位精度，定期复核钢筋设备加工精度。

3 提升钢筋保护层厚度控制，工后合格率达到 95%。

4 提升预埋件定位精度，偏差不超过 8mm。

### 7.2.2 钢筋绑扎胎架应符合下列规定：

1 节段梁钢筋骨架绑扎、预埋件安装等均应在钢筋绑扎胎架上完成。

2 钢筋绑扎胎架应根据钢筋骨架成型时间和模板占用时间相匹配，单个节段预制工效可参考表 7.2.2-1。普通节段钢筋绑扎胎架与模板比例宜为 1:1；墩顶节段钢筋绑扎胎架与模板比例宜为 2:1。

表 7.2.2-1 单个节段预制工效分析表

标准节段预制工效		墩顶节段预制工效	
工序	时间	工序	时间
普通节段钢筋骨架施工时间	3d	节段为整体预制时，钢筋骨架施工时间	7d
转向块钢筋骨架施工时间	4d	节段只预制外壳时，钢筋骨架施工时间	15d
普通节段模板占用时间	3d	节段为整体预制时，模板占用时间	3d
转向块模板占用时间	4d	节段只预制外壳时，模板占用时间	7d

注：如施工区域温度较低时，应考虑延长模板占用时间。如节段为多箱室结构，应根据箱室数量延长模板占用时间。

3 钢筋绑扎胎架应根据节段钢筋骨架刚度、结构尺寸、钢筋骨架重量进行设计，并便于骨架的绑扎和整体吊出；

4 钢筋绑扎胎架之间应设置不小于 1.2m 的间距，满足人员行走和小型材料运输需要，胎架两侧均应设置宽度不小于 0.8m 的人行通道，胎架内应设置宽度不小于 0.8m 的钢筋周转存放区域。

5 限位装置应在工厂内定制，精度宜控制在 1mm 以内；

6 需设置施工平台、安全防护、防雨棚、照明等设施；

7 胎架安装完成后，应组织相关人员按表 7.2.2-2 进行验收，验收合格后投入使用；

表 7.2.2-2 钢筋绑扎胎架验收实测项目

序号	控制项目	规定值或允许偏差 (mm)	
		合格范围	检测方法
1	胎架各支撑点位置标高偏差	5	水准仪测量
2	钢筋限位工装点位偏差	5	钢尺测量
3	胎架尺寸偏差	5	钢尺测量
4	预埋件定位偏差	10	钢尺测量
5	端部限位平直度	10	钢尺测量

注：每使用 20 次检测一次。

8 胎架在使用过程中应结合钢筋骨架安装情况、保护层检测情况进行微调。

### 7.2.3 钢筋安装应符合下列规定：

1 钢筋半成品运输应采用专用货架，避免运输过程中发生变形。



2 钢筋绑扎时，先进性底板底层横、纵向钢筋的定位和绑扎，通过定位（限位）工装控制钢筋间距并使钢筋骨架端面平齐；之后进行腹板箍筋绑扎，腹板箍筋外侧应紧贴限位装置；再进行拉钩、架立钢筋绑扎，拉钩安装于钢筋十字交叉点位置，并紧钩住上下层钢筋，拉钩直角钩挂方向应一致；最后进行底板顶层钢筋、顶板钢筋绑扎，钢筋应顺直，与预应力管道钢筋冲突时，可适当移动或弯折钢筋进行避让，如需割断，应等强度补强；钢筋绑扎扎丝尾部应向骨架内部弯折，不应侵入保护层。

3 钢筋骨架绑扎完成后，进行保护层垫块安装，宜采用圆饼状垫块和马蹄状纤维混凝土垫块，保护层垫块在安装前宜用水浸泡。

4 钢筋骨架绑扎完成后，应根据表 7.2.3 组织验收。

表 7.2.3 钢筋骨架验收实测项目

序号	控制项目		规定值或允许偏差（mm）	
			合格范围	检测方法
1	受力钢筋间距	两排以上	±5	尺量，每个构件 2 个断面
		同排	±10	
2	箍筋间距		±10	尺量，每个构件 10 个间距
3	骨架尺寸	长	±10	尺量，每个构件不少于 2 个断面
		宽	±5	
		高	±5	
4	保护层厚度		0, +5	尺量，每 3 m <sup>2</sup> 不少于 1 处

5 预埋件安装应符合下列规定：

(1) 在钢筋绑扎的同时，进行所有预埋件的埋设，主要包括体内预应力波纹管（锚垫板）、临时吊点预埋件、临时预应力预埋件、体外预应力束转向装置预埋件、其它附属设施预埋件等。

(2) 波纹管进场后应核对其类别、型号、数量，并进行相关试验检验，安装时，要准确定位，管道要平顺，按设计给定的曲线要素安设，采用“U”字型钢筋定位，定位筋沿预应力方向直线段不大于 800mm 一道、曲线段不大于 400mm 一道设置。

(3) 锚垫板安装与管道中心线垂直，锚垫板与波纹管接头处用胶带严密包缠防止混凝土浇筑时漏浆堵塞管道。

(4) 临时吊点、临时预应力预埋管安装，安装前检查预埋管的尺寸、规格是否符合设计要求，安装时进行准确定位，竖直埋设，预埋管定位网片与钢筋骨架绑扎固定。

(5) 体外束转向器、导管安装，安装前先检查其型号、规格等是否符合设计要求，安装时进行初定位（安装时注意转向器大小里程方向），定位钢筋预留 10mm 调整空间后与钢筋骨架焊接牢固，转向器定位完成之后，两头用胶带严密包缠防止混凝土浇筑时漏浆堵塞分丝孔。

(6) 护栏预埋筋安装，护栏钢筋按图纸要求间距进行安装，并保持顺桥向线型一致。

(7) 泄水孔等其他附属预埋件，按图纸要求进行定位安装。

7.2.4 钢筋骨架的吊装和入模应符合下列规定：

1 钢筋骨架应采用专用吊具进行吊装，吊具设计时应应符合下列规定：

(1) 采用多点平衡起吊，顶板、底板吊点对称布置，保证骨架不变形。

(2) 根据最重钢筋骨架的重量进行设计。

(3) 吊具设计时应考虑现场吊装设备的起重高度。

(4) 考虑通用性，适用所有节段钢筋骨架。

2 钢筋骨架吊装、入模应符合下列规定：

(1) 钢筋骨架顶、底板吊点对称布置，吊点间距应均匀，骨架不得出现塑形。

(2) 钢筋骨架起吊前应仔细调整各吊点钢丝绳长度使其松紧程度一致，钢筋骨架吊离胎架 100mm 时再次检查并调整使各吊点使其受力均匀。

(3) 骨架吊装前，腹板箍筋与顶底板钢筋、倒角钢筋进行点焊加固，以增加钢筋骨架整体刚度。

- (4) 避免钢筋骨架入模时挤压保护层垫块。
- (5) 钢筋骨架匀速下放，避免上下震动造成钢筋骨架变形。
- (6) 入模前检查保护层垫块，检查无误后将钢筋骨架下放到位。
- (7) 钢筋骨架入模就位后，在固定端模与匹配梁之间搭设挑梁，将钢筋骨架内腔顶板钢筋临时固定，待内模就位后解除。
- (8) 钢筋骨架入模后应再次检查各处保护层垫块，及时扶正倾斜垫块，更换破坏垫块。

### 7.3 混凝土工程

#### 7.3.1 混凝土工程提升要点包括下列方面：

- 1 提升混凝土工作性能，适应各时期混凝土浇筑要求。
- 2 提升混凝土强度稳定性，混凝土强度标准差不超过 3MPa。
- 3 提升混凝土外观质量，达到 A 级（优良）标准。
- 4 提升混凝土养护质量，避免因养护造成的质量问题。

#### 7.3.2 节段梁首件施工前宜对配合比、浇筑振捣、脱模剂、养护等做工艺试验。

#### 7.3.3 混凝土施工应在预制车间内完成，预制车间设置时，应符合下列规定：

- 1 模板投入应根据表 7.2.1-1 模板占用时间、节段预制工期合理配置。
- 2 模板均置于预制车间内，模板横向两侧应各设置不少于 1.5m 的安全通道，模板之间可根据需要设置隔间。
- 3 车间纵向长度应不小于内模及其支架长度、端模及其支架长度、底模长度、匹配梁长度及其之间的施工通道宽度的和。
- 4 钢筋骨架吊装入模、匹配梁移出对顶棚的影响，顶棚应设置防风设施。
- 5 固定端模及其支架、待浇筑节段、匹配节段位置宜采用桩基础，节段预制周期内不应出现大于 2mm 的不均匀沉降。
- 6 预制车间旁应设置宽度不小于 6m 的运输通道，满足混凝土运输、材料运输等需要。
- 7 预制车间内宜配置自动喷淋系统和冬季养生设备设施。
- 8 合理布置电源、照明系统、消防设施、模板堆放架、同养试块堆放架等设施。

#### 7.3.4 混凝土浇筑应符合下列规定：

- 1 节段混凝土浇筑总的顺序为“底板→下倒角→腹板→顶板”，总的原则为“由一端向另一端进行、左右对称、斜向分段、水平分层”，前后两层混凝土间隔不得超过 30min。混凝土浇筑应连续，中途不应间断，如出现间断，间断时间不宜超过 30min、应不超过 1h。

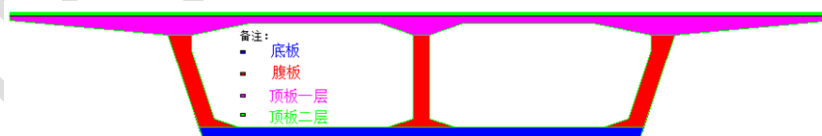


图 7-2 节段梁分层浇筑示意图

- 2 底板浇筑时混凝土从内模顶板的布料孔下料，在固定端模顶面挂设串筒或溜槽输送至底板上进行浇筑，以插入式振捣棒振捣为主，附着式振捣器振捣为辅。

- 3 腹板混凝土的浇筑分层厚度为 300mm，通过刻度尺对称布料。在腹板两侧沿梁长方向放置遮盖，减少布料过程对外腹板钢模的污染。混凝土浇筑过程中，应避免振捣棒直接碰撞预埋件。布料时严格控制下料速度，应避免混凝土直接冲击预埋件。在浇筑腹板过程中，如遇底板翻浆，应立即停止此位置处的腹板浇筑振捣，将翻浆的混凝土运到底板较低位置处或及时清理，在倒角处增设压板，严格控制后续混凝土的分层厚度，振捣器插入下层混凝土的深度宜控制在 50mm 至 100mm 之间，放缓混凝土的浇筑速度，复查底板预埋件位置。

- 4 顶板浇筑由一侧向另一侧连续浇筑，采用插入式振捣棒振捣，移动间距不得超过振捣棒有效振

捣半径，每一振点的振捣延续时间宜为 20~30s，以混凝土停止下沉、不出现气泡、表面呈现浮浆为度。

#### 7.3.5 浇筑施工时应符合下列规定：

1 在预埋件、预留筋周围布料和振捣时，严禁触碰预埋件、预留筋，振捣结束后复查预埋件，如位置变动应及时调整。

2 预埋件应固定牢固，防止上浮。

3 混凝土出料口距混凝土浇筑面高度不应超过 2m，超过时，应设置串筒。

4 混凝土振捣过程中，应避免重复振捣，防止过振。

5 应加强模板支撑系统和模板拼缝的检查，防止振捣过程中漏浆和胀模。

6 混凝土料斗起吊过程中应进行试吊，料斗离地 200mm 后应暂停 10s。

7 吊物下方严禁行人，料斗吊至布料点附近后作业人员方可靠近。

8 操作平台应保持干净整洁、物品摆放整齐。

9 施工区域临边防护安装到位，临时用电应规范。

10 施工区域光线充足，照明良好，夜间浇筑时应配备足够的照明设施。

#### 7.3.6 振捣工艺应符合下列规定：

1 节段梁浇筑施工过程中，根据不同的浇筑部位及工艺，所需的振捣施工人员要求不同。混凝土振捣作业人员按照浇筑顺序程序化施工，区域化进行振捣作业。

2 混凝土振捣采用以插入式振捣为主、附着式振捣为辅的振捣工艺。浇筑过程中注意加强倒角、钢筋密集部位及各部分交界面的振捣。插入式振捣棒操作时快插慢拔，垂直点振，不得平拉，不得漏振，谨防过振；振捣棒插点要均匀排列，振捣棒的移动距离应能覆盖已振部分的边缘，振捣腹板混凝土时，插点间距按 300mm 控制。顶板混凝土振捣时，振捣棒插点可采用“梅花式”的次序移动，以免发生漏振及重复振捣。

#### 7.3.7 梁板面平整度控制应符合下列规定：

1 严格控制收面平整度，特别是预埋件的位置；顶板顶面、底板顶面均用刮尺控制表面平整度；采用二次压抹工艺，严格控制第二次抹面时机（混凝土快初凝时）；混凝土浇筑完成后严禁人员在新浇筑梁体上走动。混凝土收面施工时应设置专用跳板，避免作业人员踩踏成型的混凝土。

2 拉毛宜采用拉毛器沿靠尺、沿节段横向拉毛，拉毛应一次成型，减少中断次数，保证拉毛顺直，拉毛深度应控制在 2mm 到 5mm 之间。二次抹面结束后、食指微压混凝土面出现 2mm 左右深度的凹痕时，为最佳拉毛时间。

#### 7.3.8 混凝土养护应符合下列规定：

1 混凝土初凝后应及时进行养护，养护方法应适应施工季节变化。

2 一般情况下，混凝土表面应保持潮湿状态，养护时间应不少于 14d，严禁干湿交替现象。混凝土初凝后开始覆盖洒水养护，模板拆除后内外腹板采用自动喷淋进行混凝土养护，顶板采用覆盖土工布洒水养护，土工布覆盖面搭接 300mm 到 500mm 为宜，以便端面、倒角等部位保湿。养护时间未达到设计或规范的要求时，应将节段吊至二次养护区继续养护。

3 冬期宜采用蓄热法养护，内外侧模板外应粘贴保温材料（如橡塑海绵），在混凝土外露面覆盖湿润土工布+塑料薄膜+棉被（“一布一膜一被”），封闭预制车间，减少空气流通造成热量损失。当出现极端低温天气时（预制车间内温度低于 0℃）或工期较紧时，采取蓄热法+蒸汽养护进行养护，预制车间内增设苇帘和蒸汽发生设备，提升梁体周围温度。同时，应对预制车间内环境温度和混凝土表面温度进行监测。混凝土浇筑过程中，每 4h 测量一次温度；混凝土浇筑完毕后，每 2h 测量一次，直至拆模时为止。

#### 7.3.9 节段修整与凿毛应符合下列规定：

1 节段预制完成后，待强度满足吊运要求时，吊运至修整台座进行检修。为便于节段梁质量检查、修整和验收，应设置修整台座，修整台座宜位于预制车间附近，数量不少于预制车间数量，有条件的可将修整台座置于预制车间内。



图 7-3 检修台座示意图

2 节段修整工作包括隔离剂打磨、腹板内外侧双面胶打磨、附着水泥浆及其他杂物清理、预埋件填芯材料清理等。

3 根据节段梁常见缺陷，制定标准的修整方案。

4 体内预应力锚垫板端面水泥浆应清理干净，并将压浆孔内的水泥浆清除彻底，确保孔道通畅，复核锚垫板类型，锚垫板端面涂刷防锈漆。

5 体外预应力转向器分丝管应用体外预应力钢绞线逐根检查，若有不通畅的管道应单根疏通，转向器外露端面周边混凝土应修整平齐。依次复核体外预应力预埋导管预埋尺寸，高度和水平偏差应不大于 10mm。

6 临时吊点孔、临时预应力拉杆孔位置应进行复测，中心线位置偏差不大于 10mm，同一个钢齿坎的多个拉杆孔相对偏差不大于 10mm；泄水孔位置偏差不大于 30mm；预留孔道内填芯材料清除后，应在管口下沿低侧张贴双面胶，防止养护水、雨水等顺孔道下流，造成二次污染。

7 外露钢筋应进行必要的防腐，常采用涂刷防锈漆及水泥浆进行防腐，过程中进行检查，如出现脱落的，应及时补刷。

8 需凿毛的断面，沿横截面距边缘 20mm 处弹线定位，除外缘周边 20mm 外，全断面进行凿毛，应凿除松散混凝土、清理快易收口网等杂物。

#### 7.3.10 节段验收应符合下列规定：

1 节段梁混凝土强度达到设计强度时（设计未规定时，应不小于混凝土设计强度的 50%），进行模板拆除，拆模后对节段结构尺寸、混凝土保护层、预埋件位置、混凝土外观等进行检查，并形成验收资料归档。

2 节段梁断面尺寸应满足表 7.3.10 的要求。

表 7.3.10 节段断面尺寸控制标准

项次	检测项目		规定值或允许偏差	检验方法和频率
1	节段长度 (mm)		+3, -5	用尺量 3 处
2	宽度 (mm)	梁板顶宽	±5	用尺各量 3 处
		梁板底宽	+5, 0	
3	高度 (mm)	箱梁	±5	用尺量 2 处
4	箱梁顶、底板、腹板厚度 (mm)		+5, 0	用尺各量 4 处
5	平整度 (mm)		3	用 2m 直尺检测

## 7.4 构件转运与存放

7.4.1 构件转运与存放提升要点包括下列方面：

1 提升吊装吊具的适用性，满足横纵向调节需要；

2 提升节段梁转运和存放的过程控制措施。

#### 7.4.2 构件转运应符合下列规定：

- 1 构件吊装应使用专用吊具，吊点布置应满足节段梁吊装状态的受力要求，并经设计确认。
- 2 节段梁应在完成匹配任务后进行转运。
- 3 吊具应进行专项设计，吊具设计应符合下列规定：
  - (1) 因预制节段种类较多、吊点间距多变，应考虑其通用性。
  - (2) 吊具吊点位置应便于调整，以适应多类型梁段吊装。
  - (3) 应考虑作业人员使用安全，吊具上应设置安全带系挂点等安全设施。
  - (4) 吊具扁担与主梁应采用铰接连接。
  - (5) 应根据节段箱室内倒角变化，设计适合的楔块。
  - (6) 起吊过程中，应保证梁段不出现超限应力。

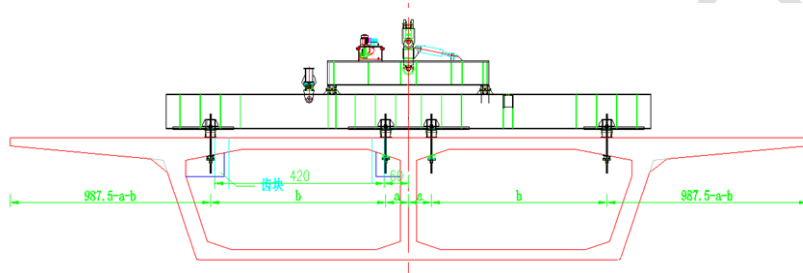


图 7-4 吊具布置示意图

4 厂内起吊设备宜采用大型龙门吊或桁车，不宜采用 2 台以上设备进行抬吊。运输设备宜采用模块车进行运输，运输车上的支点布置应满足设计要求，两箱室以上梁段应采用专用支架支垫。

#### 7.4.3 构件的存放应符合下列规定

1 构件应存放在存梁台座上，存梁台座及场地设计时应符合下列规定：

- (1) 根据现场吊装条件，合理规划。
- (2) 地基应进行适当处理，地基承载力满足存梁荷载需要。
- (3) 应采取有效措施控制存梁台座的不均匀沉降，如采用条形基础、定期观测调整等。
- (4) 节段堆存净距应不小于 300mm，存梁台座数量满足存梁需要。
- (5) 堆存支点布置应根据节段结构特点经计算确定，通常采用三点存梁，当梁段宽度较大时，应考虑多点存梁。
- (6) 存梁场地面积应根据节段的存梁时间、堆存层数、节段大小、节段间距、预制速度、安装速度等综合考虑（安装功效可参考表 7.4.3），存梁台座顶面应比地面高 200mm 以上，并设置可靠的排水措施。

表 7.4.3 节段安装工效分析表（不考虑夜间作业）

工序	时间(d/跨)
50m 跨全悬挂拼装（含湿接缝）	12d
50m 跨全悬挂拼装（不含湿接缝）	7d
65m 跨对称悬臂拼装（含湿接缝）	15d

2 节段堆放应符合下列规定：

- (1) 节段存放时间不宜小于设计要求，且不应小于 1 个月。
- (2) 堆存层数应根据节段结构经计算确定。
- (3) 应根据梁高、安装部位分区堆存，同跨节段应按出运顺序依次堆存。
- (4) 由下至上节段重量递减、腹板厚度递减的原则。

## 8 T 梁质量提升要点（贵州和江西）

### 8.1 模板工程质量提升要点

8.1.1 模板工程提升要点包括下列几个方面：

- 1 提升模板的设计质量。
- 2 提升模板的制作精度。
- 3 提升模板安装及拆除质量控制。

8.1.2 模板设计除满足一般规定外尚需符合下列规定：

- 1 T 梁模板的面板厚度应不小于 5mm，当采用复合不锈钢模板时，复合不锈钢面板厚度组合宜不小于 5mm+2mm。
- 2 T 梁模板应进行模块化设计，应包括等截面、变截面、负弯矩齿块等。
- 3 对于同跨 T 梁梁长变化较大的应加设调节模板，调节模板长度不宜小于 5cm，调节位置宜设置在梁端直线段。
- 4 模板设计制作应考虑横坡调节，非齿块模板处可采用铰接式配合丝杆进行横坡调节，齿块处模板采取整体更换方法进行横坡调节。
- 5 负弯矩锚固端宜设置为深埋锚形式。
- 6 翼缘板模板应设计为可调节式，可采用丝杆进行调节。
- 7 弯道桥边梁翼缘板外侧模板应设计为位置可调形式。
- 8 湿接缝处翼缘板外侧模板应设计内倾形式。
- 9 端头模板应根据设计规定的钢筋位置、间距进行开槽、开孔设计，确保 T 梁端头钢筋能通长设置，钢筋数量、外漏搭接长度符合设计要求。
- 10 端头模板应采用分体组合端模（即顶板端模与腹板端模组合而成的端模），避免拆模梁端缺边掉角。
- 11 横隔板底模板宜与侧模板分块设计，便于拆模过程中延缓横隔板底模板拆除时间，避免模板拆除后横隔板底模板及底部的支撑未发挥“仍能起支撑”作用，从而导致横隔板与翼缘、腹板交界处梁体混凝土因其过早悬空而产生裂纹。
- 12 模板支撑立柱位置设计应考虑对翼缘板钢筋的影响，为避免翼缘环形钢筋与侧模支撑立柱冲突，侧模支撑立柱宜整体外移。支撑立柱外侧应设置走道平台，平台宽度不低于 30cm，护栏高度不低于 120cm。（增加示意图）
- 13 模板设计应考虑混凝土浇筑移动平台轨道安装。
- 14 梁体封头模板底部应做倒角处理，避免 T 梁张拉起拱后梁端头底部混凝土由于应力集中而导致破坏。
- 15 端头模板宜设置拉环，拆除时可使用卷扬机或手拉葫芦对拉环进行牵引从而使模板外移，避免敲击模板损伤混凝土。或端头模板的顶部采用工字钢或厚钢板等进行加高，拆除时敲击加高部分使模板外移，避免损伤混凝土。
- 16 宜对横隔板的角度进行放大，上大下小，里大外小，提升施工便利性，减少对梁体破坏；有预埋钢筋的位置应分成小块单独制作和拆模；应对负弯矩齿块张拉端进行内外斜口加工，棱角进行圆角或倒角处理，保证整体脱模，避免拆模后边角破损及掉块。
- 17 侧模加劲竖梁底部应预留千斤顶支撑位置且采用机械千斤顶支撑，避免混凝土高频振捣引起模板轻微偏移进而影响梁体尺寸。
- 18 侧模背面（马蹄倒角及腹板位置）设置附着式振动器的挂板，上下交错布置，纵向间距不大于一个侧模加劲竖梁的间距，以 $\leq 100\text{cm}$ 为宜。



19 弯道桥、斜交桥，简支梁端模板预留槽口宜加大设置。

20 T 梁预制台座宜采用混凝土或钢结构形式，台座作为梁体底模板应采用不锈钢或复合不锈钢形式，梁底预埋钢板坡度调节应采用铰接式调坡工装。当采用钢结构形式时台座宜采用工字钢制作，便于设置反拱及布设养护管线。

21 底模板两侧用槽钢等进行包边并内嵌橡胶条，橡胶条接头处以斜边搭接，确保不漏浆。

8.1.3 模板制作应按一般规定执行

8.1.4 模板安装和拆除除满足一般规定外尚需符合下列规定：

1 T 梁模板安装工艺流程应包括底模板安装、侧模板安装、端模板安装。模板安装应注意下列事项：

(1) 应在台座上设置沉降观测点（不少于 6 个），应按设计要求在台座上设置预拱度。

(2) 侧模安装前，应对底座进行清理，台座两侧安装止浆橡胶条，宜采用燕尾形式，吊装孔及调坡工装位置应重点注意。

(3) 当采用液压模板时，在模板与液压行走台车组装完成后，检查模板整体长度是否达到设计长度，各拼缝之间的螺栓连接是否牢固，与液压台车的链接是否可靠等。对行走机构和液压油缸进行初步调试，进行纵向行走、水平移动等动作。在调试过程中，注意各连接部位是否有松动现象，检查行走轨道的固定是否牢固等，确保行走安全。

(4) 在液压模板到达指定位置后，终止液压系统的使用，调节垂直度、高度、平面位置，然后开始装底拉杆和上拉杆，通过拉杆将两侧的模板拉紧，紧挨制梁台座，拉杆两端采用双螺帽锁紧，防止在混凝土振捣过程中松动。安装完成后，确保液压系统与模板之间处于不受力状态，防止混凝土振捣过程中震坏液压油缸。

(5) 应采取梳齿板止浆堵板、泡沫胶、海绵止浆条等对梳形板、预留孔洞、拼接缝等易漏浆部位进行封堵，确保模板不漏浆。

(6) 应结合气候及温度条件进行脱模剂选择，涂刷方式宜采用喷涂方式保证涂刷均匀。

2 模板安装成品检验

(7) 在浇筑混凝土前，应按照表 8.1.4 对模板的安装进行验收。

表 8.1.4 模板验收标准

内 容	要 求	验收频率
横坡	符合设计要求	每两道横隔板之间测1断面
两块模板之间拼接缝隙	不大于1mm	/
预留孔洞、槽口	符合设计要求，位置允许偏差±2mm。钻孔应采用机具，严禁用电、气焊灼孔	/
堵浆措施	使用高强止浆橡胶条或泡沫填缝剂，严禁使用沙石、砂浆或布条	/

3 T 梁模板拆除顺序为端模板、侧模板、底模板，模板拆除应注意下列事项：

(1) 应在张拉完成后拆除横隔板底模板，确保横隔板底部砼无开裂。

(2) 模板拆除时，严禁猛敲猛击，造成梁体缺边掉角。

(3) 液压模板拆除操作应确保需拆除部分连接件全部拆除，应先拆除横隔梁盖板、负弯矩锚盒、封端模板与模板的连接螺栓及上下模板对拉杆。

(4) 液压模板拆除时间根据 T 梁技术要求确定，一般在混凝土抗压强度达到 20MPa 后进行。

(5) 拆模时混凝土芯部与混凝土表面、混凝土表面和环境温度之差不应大于 15℃，大风或气温急剧变化时不宜拆模。在寒冷季节，环境温度低于 0℃时不宜拆模。

(6) 模板拆除后，应对模板进行维护，包括：面板高压水枪冲洗、擦拭、风干、喷涂脱模剂等。

## 8.2 钢筋工程质量提升要点

8.2.1 钢筋工程提升要点包括下列几个方面：

- 1 提升钢筋定位胎架制作安装质量。
- 2 提升特殊部位(锚下、负弯矩齿块等)钢筋安装质量。
- 3 提升钢筋保护层控制质量。
- 4 提升钢筋骨架整体吊装入模精度。

8.2.2 胎架的制作与安装除满足一般规定外尚需符合下列规定：

1 T 梁钢筋胎架应包括腹板钢筋定位胎架和翼缘板钢筋定位胎架，胎架应进行专项设计和验算，胎架应实现 T 梁纵横及附属钢筋的精确定位功能。T 梁腹板钢筋定位胎架设计示意图如图 8-1，翼缘板钢筋定位胎架设计示意图如图 8-2。

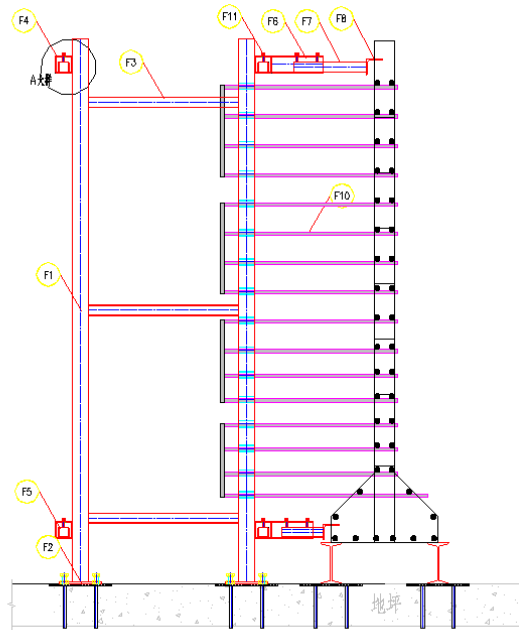


图 8-1 腹板钢筋定位架

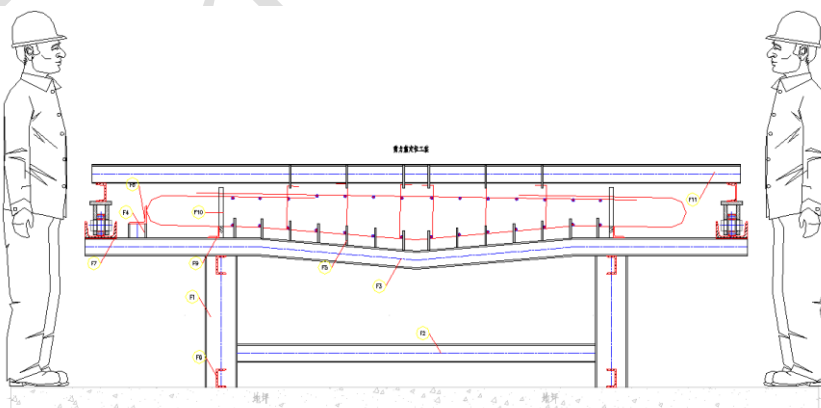


图 8-2 翼缘板钢筋定位架

2 T 梁钢筋胎架制作完成后应进行专项验收，使用过程中应定期进行验收，验收方法及内容应符合附录 B 要求。

3 T 梁腹板钢筋胎架宜设计为移动式。



### 8.2.3 钢筋的安装除满足一般规定外尚需符合下列规定：

1 钢筋的安装顺序应包括腹板钢筋安装、横隔板钢筋安装、顶板钢筋安装，安装过程应注意下列事项：

- (1) 钢筋设计应避免与预应力管道冲突，预应力弯曲段应增加防裂钢筋，钢筋采用闭合箍筋形式。
- (2) 锚下预应力螺旋钢筋安装时应增加辅助定位措施。
- (3) 预埋钢筋应充分考虑精确定位及下步工序。
- (4) T 梁钢筋宜按下列部位进行模块化施工（不限于）：顶板箍筋和桥面剪力筋模块，腹板架立筋、马蹄筋，波纹管定位筋模块，负弯矩齿块钢筋、护栏预埋钢筋模块。
- (5) 宜采用先进的机器人焊接技术、伺服控制技术、碰焊技术、螺柱焊接技术等进行钢筋模块化施工。
- (6) 顶板剪力筋安装采用“剪力筋铺设小车”进行布设，小车上设置可控制剪力筋高度及位置的定位装置，以确保剪力筋顶面高度一致以及线型平顺。
- (7) 翼板环形钢筋可通过梳形板进行定位，梳形板的槽口应与 T 梁模板的槽口一致，槽口底部宽度宜为钢筋直径+2mm、上部宽度宜为钢筋直径+4mm，以避免翼板钢筋整体吊装时无法入槽。
- (8) 在胎架端部设置挡板控制纵向钢筋的长度。
- (9) 顶板钢筋胎架在负弯矩齿块处按照齿块的尺寸预留设置，同时齿块的钢筋骨架在加工场内的胎架上单独制作，之后与顶板钢筋一起绑扎、一起整体吊装。
- (10) 在腹板钢筋胎架的中部增设 10mm 厚的钢板避免由于腹板箍筋较高导致出现轻微弯曲的情况。
- (11) 腹板钢筋安装时底板主筋的连接采用机械连接，腹板纵向钢筋采用绑扎连接。
- (12) 钢筋绑扎时，在吊点前后 50cm 范围内的钢筋交叉点采用点焊的方法，确保钢筋骨架整体吊装时不变形。
- (13) 为防止 T 梁的伸缩缝及防撞护栏预埋筋、翼缘湿接缝环形钢筋定位不牢固，对伸缩缝及防撞护栏预埋筋增加一根辅助定位钢筋并与面板钢筋点焊，对翼缘环形钢筋增设辅助钢筋并用紧线器拉紧。

2 应按设计图纸要求制作预埋件清单，进行清单式管理验收。预埋件施工需注意下列事项：

- (1) 锚垫板作为一项重要预埋件，施工中应设置与模板栓接固定措施。
- (2) 梁底预埋钢板锚固钢筋与钢板之间连接形式宜采用螺柱焊接形式进行焊接，避免焊接过程中预埋件钢板产生形变，确保后期梁体安装过程中与支座钢板密贴。
- (3) 竖向泄水孔预留孔成形应采用专用塑模或钢制工装进行。

#### 3 钢筋骨架的辅助定位措施

宜采用三维激光扫描技术对钢筋骨架进行全方位快速验收。

#### 4 保护层垫块设置

侧模板处钢筋保护层垫块应采用圆形穿心垫块，底模板处钢筋保护层垫块应采用梅花形垫块，垫块采用与梁体同标号混凝土制作，绑扎时应呈梅花状布置。变截面部位和主筋布置的部位适当加密。底模中距离边模 0.15m 的位置应设置一个混凝土垫块，肋板混凝土垫块的布设数量应不少于 4 个/m<sup>2</sup>，垫块应安装在水平钢筋与竖向钢筋交叉位置处。

### 8.2.4 钢筋骨架的吊装除满足一般规定外尚需符合下列规定：

1 T 梁钢筋骨架吊具应进行专项设计，腹板钢筋应设单排钢筋吊点，吊点间距不应大于 50cm；翼缘板钢筋应设双排吊点，吊点间距应不大于 50cm，确保吊装过程中钢筋骨架不变形。钢筋骨架吊具示意图如图 8-3、8-4。

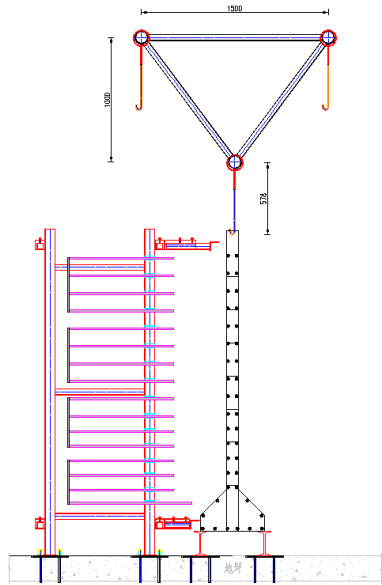


图 8-3 腹板钢筋吊具吊点布置图

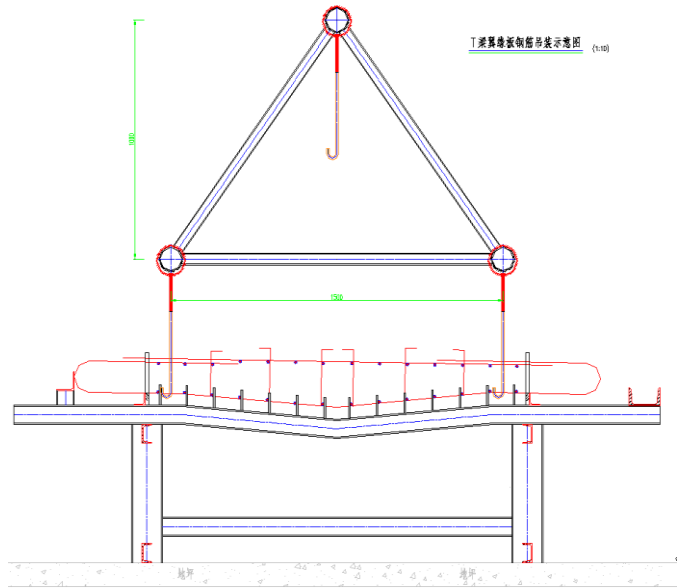


图 8-4 翼缘板钢筋吊具吊点布置图

2 T 梁钢筋吊具可采用型钢或无缝钢管制作，无论采取何种形式均需对吊具进行强度和刚度的验算，确保吊具强度满足要求，吊具的刚度满足要求（最大变形不大于  $L/400$ ，其中  $L$  为吊点的最大跨度）。

3 龙门吊与吊具间的主吊点，应采用两台龙门吊抬吊形式，每台龙门吊配备两根 6m 长钢丝绳，分别在梁长的  $L/8$ 、 $L/4$  对称设置四个吊点；吊点需经验算后确定。

#### 8.2.5 钢筋骨架入模除满足一般规定外尚需符合下列规定：

1 钢筋骨架吊装前，应测量出骨架中心点和底膜中心点，并引点 2-5 个，设置标志，偏差不得超过设计及规范要求。

2 钢筋骨架吊装时，应避免刮碰引起的钢筋骨架变形，安排专人指挥。

3 吊装入模后，应利用钢尺对中心点和引点位置进行复核。

4 腹板钢筋骨架吊装就位时，应在台座上应设置腹板骨架侧面保护层定位的限位措施。

5 翼缘板钢筋吊装入模应设置导向措施，导向点不少于 6 个。

6 负弯矩齿板模块钢筋与翼板环形筋冲突时，应调整翼缘板环形筋间距和位置。

### 8.3 混凝土工程质量提升要点

#### 8.3.1 混凝土工程提升要点主要包括下列几个方面：

1 提升混凝土耐久性。

2 提升混凝土布料及振捣质量。

3 提升混凝土收面及拉毛质量。

#### 8.3.2 混凝土耐久性除满足一般规定外尚需符合下列规定：

1 T 梁混凝土当采用机制砂时应开展机制砂高性能砼专项研究。

2 T 梁混凝土宜采用优质粉煤灰、矿粉、微硅粉等多种掺合料复掺工艺，多梯度地填充砼中的孔隙，提升砼的各项耐久性指标。

3 T 梁混凝土除常规试验外，可增加相关耐久性性能评价（电通量、混凝土碳化等）。

4 T 梁混凝土宜进行抗裂性能试验，优选抗裂性能良好的混凝土。

5 T 梁混凝土可适当参加纤维等添加剂。

8.3.3 混凝土工作性能应根据气候条件控制入模混凝土坍落度及坍落度损失。室温条件下 T 梁混凝土坍落度宜介于  $160 \pm 20\text{mm}$ ，对于马蹄和横隔板等钢筋较密位置坍落度取较大值，其余位置取较小值。

#### 8.3.4 混凝土布料及振捣除满足一般规定外尚需符合下列规定：

- 1 T 梁混凝土浇筑时宜设置布料平台。
- 2 宜采用 PC 构件生产线中的自动走行布料系统进行混凝土浇筑，确保浇筑过程中搅拌均匀、下料准确，料斗自行行走、阀门自动启闭。
- 3 混凝土布料机振捣过程控制应注意下列事项：
  - (1) 附着式振动器布置在 T 梁两侧模板之上，振捣器布置间距按 1.5m 考虑，应在侧模配以足够数量的附着式振捣器加强振捣，宜梁长范围内全部布设，避免拆装倒用不及时造成漏震现象。
  - (2) 钢筋密集区域，浇筑前应在钢筋处设置有效的振捣棒下放通道，宜采用在锚下钢筋处安装 PVC 管，浇筑过程中随混凝土浇筑面的升高逐步提升，确保振捣棒能够顺利下放到浇筑砼处进行振捣作业。
  - (3) 在混凝土浇筑振捣过程中，应派专人检查模板及钢筋。
  - (4) 马蹄倒角处宜粘贴透气模板布，以消除气泡，提升混凝土外观质量。
  - (5) 在浇筑过程中可采用在外模持续浇水措施降低混凝土温度，从而减少混凝土开裂倾向。
- 4 宜在首件阶段通过 T 梁试浇、锚下取样评估混凝土工作性和布料及振捣效果。

8.3.5 梁板顶面平整度控制：T 梁浇筑完成应人工进行整形收面，宜采用二次收面工艺确保表面平整。待混凝土初凝后进行拉毛。

#### 8.3.6 混凝土养生除满足一般规定外尚需符合下列规定：

- 1 预制梁浇筑完成后及时进行养护。在未拆模之前，采取顶板覆盖土工布洒水养生，使其处于湿润状态；模板拆除完毕后，应采用自动喷淋养护系统进行养生。
- 2 必要时混凝土表面可采用高倍树脂养护膜覆盖养护。
- 3 气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 时，采用封闭式保温棚进行养护。混凝土浇筑完成后，采用保温棚对梁面和梁端进行覆盖，形成封闭环境对梁体进行保温。保温棚内通蒸汽，利用蒸汽加热、保温对梁体进行养护。蒸汽养护时间按恒温时间计，其恒温养护时间应根据梁体强度、混凝土配合比及环境等通过试验确定。
- 4 一般条件下，T 梁自动喷淋保湿养护的时间不小于 7d。
- 5 养护用水的温度与混凝土表面温度的差值宜不大于  $15^{\circ}\text{C}$ 。

### 8.4 预应力工程质量提升要点

#### 8.4.1 预应力工程提升要点主要包括下列几个方面：

- 1 提升预应力管道定位及安装质量。
- 2 提升钢绞线穿束质量。
- 3 提升预应力张拉、压浆质量。

#### 8.4.2 管道定位及线型除满足一般规定外尚需符合下列规定：

- 1 管道高度方向定位筋应设置专用胎架与腹板箍筋进行模块化加工，水平方向应在腹板钢筋安装完成波纹管安装后采用“ $\Omega$ ”筋进行精确定位，并应在腹板钢筋胎架上相应位置标识出管道定位点坐标。
- 2 波纹管直连接应采用热缩管热熔焊接，波纹管与锚垫板连接应采用 PE 管和 PE 变径接头制作专用连接工装，并应采取热缩管热熔焊接，必要时辅助抱箍进行连接处加强处理。
- 3 管道“ $\Omega$ ”定位筋焊接时，应采取避免烧伤波纹管。
- 4 T 梁浇筑前应在波纹管内安装内衬管，内衬管宜采用 PE 管或充气气囊，充气气囊充气后应具备一定强度且与波纹管内壁密贴。
- 5 在现浇连续段位置的负弯矩波纹管应预留排气孔，排气孔宜采用三通接头，热缩焊接成型。
- 6 钢绞线穿束宜采取整束牵引工艺，穿束时钢绞线中心丝应墩头并辅以专用牵引工装进行牵引，严禁钢绞线端部焊接形成锥头进行牵引。当采用穿束机单根穿束时，应辅助编号和梳束处理措施。

#### 8.4.3 预应力张拉及封锚除满足一般规定外尚需符合下列规定：

- 1 预制力张拉采用智能张拉设备，设备与设计张拉应力匹配，宜采用内卡式千斤顶减少钢绞线工

作长度过长造成的材料浪费。

2 张拉用的千斤顶、感应器应配套按照规范要求进行标定,智能张拉设备应具备信息化预警功能,当达到 300 次张拉次数时自动报警。

3 应加强智能张拉设备张拉过程中动态数据的监控,校核动态数据与设备存储、输出数据的一致性。除保存自动打印的张拉资料外,施工、监理人员还必须定期对设备进行“双控”人工量测、记录并永久保存。

4 宜采用二次张拉工艺来提高台座利用率。建议 T 梁浇筑完成强度达到设计强度的 60%后,进行第一次张拉,T 梁移至存梁区后继续养生,弹性模量达到设计要求后进行二次张拉。

5 压浆时钢绞线宜外漏,以利于压浆过程中的排气和泌水。

6 压浆完成后应完成锚头封堵避免锚具及外漏钢绞线锈蚀,封堵应采用真空罩配合水泥净浆填缝枪成型,确保成型后外观规则美观。

7 T 梁封端宜在架设完成后进行,封端前应清除杂物,确保梁体封端质量。

#### 8.4.4 压浆工艺除满足一般规定外尚需符合下列规定:

1 智能压浆设备准入及压浆专项施工方案审批应实行压浆工艺试验梁(段)验证制。施工单位应预制按设计孔道布设(可不按设计配制钢筋,仅配制少量分布钢筋)的试验梁(段),严格按照初拟的压浆专项施工方案和拟使用的智能压浆设备进行压浆,压浆后进行破坏性检查,验证设备及方案的可行性。监理单位应根据压浆试验梁(段)验证结果对设备和施工方案进行审批。

2 锚垫板原材料检查除满足一般规定外应增加注浆孔丝口连接密封抗压性能检查。

3 压浆完成后宜进行补偿注浆工艺,确保锚垫板下方压浆密实。

4 压浆时应对浆液现场取样同条件留存,判断浆液的泌水、膨胀性能。

### 8.5 构件的转运和存放质量提升要点

#### 8.5.1 构件的转运和存放提升要点主要包括下列几个方面:

1 提升移运过程成品质量控制。

2 提升存放过程成品质量控制。

#### 8.5.2 T 梁转运方式和设备可采用龙门吊和运梁车、搬梁车进行转运。

#### 8.5.3 构件的转运除满足一般规定外尚需符合下列规定:

1 梁体转运存储前应将梁体吊运至检验台座模拟 T 梁安装后工况,检验梁底预埋钢板与支座契合情况。并对梁体进行外观、结构尺寸检验,结构尺寸检验宜采用三维激光扫描技术进行全方位检测并与设计模型进行比对。

2 应采用兜底吊装进行梁体吊运,钢丝绳与梁体间应设置保护措施,以免吊装时损坏 T 梁。

3 T 梁中心应落在运梁车纵向中心线上,偏差不得超过 20mm。T 梁与运梁车间垫放木板等作为缓冲,以便保护 T 梁混凝土。T 梁两端未全部落梁、支撑未全部到位前,严禁解除吊运钢丝绳且钢丝绳应处于一定受力状态,避免梁体倾覆。

4 T 梁与运梁车之间应设置可靠的刚性支撑,确保运送过程安全。

5 运梁道路应平整,横坡不宜大于 2%。

6 运梁车在架设好的 T 梁上行走,轮压应尽量在 T 梁肋板位置,以免运梁受力不均损坏 T 梁。

7 构件转运过程尚应注意下列事项:

(1) 吊装前应对龙门吊吊具及机械性能进行检查。

(2) T 梁起吊时所使用的设备应齐全,场地平整无杂物,运输道路满足运梁荷载要求。

(3) 落梁时应轻轻下落,就位不准或支座与梁不密贴时应重新吊起,采取措施确保支座不偏压。

#### 8.5.4 构件的存放

1 存梁台座的尺寸根据现场实际情况以及设计计算进行确定,其中两存梁区之间的净距要考虑人员通行的要求,净距一般不小于 1.5m。存梁区须设置有效的排水系统,防止积水造成台座沉陷。

- 2 存梁支撑应采用专用工装进行支撑,包括梁底橡胶垫、翼缘板可调丝杆支撑、横隔板底部支撑。
- 3 梁体存放应使梁体处在简支状态,不应将梁体直接放置于地面,以造成起梁体上部受拉而开裂。
- 4 T 梁存放时间不得大于 90d,存放层数不大于两层。层与层之间采用可调式半刚性枕梁隔开,各层枕梁的位置设在规定的支点处,上下层枕梁应在同一条竖直线上。
- 5 存梁时梁端支座中心线应与枕梁中心线重合,偏差应不宜大于 1/2 枕梁宽度。

## 8.6 其他

8.6.1 T 梁预制构件质量提升还包括:设计优化、管养监测、标准规范提升几方面。

### 8.6.2 设计优化

- 1 宜进行标准化梁长设计,尽可能统一梁长,便于开展施工。
- 2 宜优化锚下设计,以钢结构形式降低锚下配筋率,规避锚下砼浇筑振捣困难质量通病。
- 3 宜优化斜交、弯道桥横隔板连接形式,规避横隔板错位钢筋施工困难质量通病。
- 4 宜优化马蹄倒角形式,规避马蹄部位混凝土气泡难以排出质量通病。

### 8.6.3 管养方面

1 宜针对常规简支 T 梁桥开展健康观测工作,建立常规简支 T 梁桥健康观测体系,为运营期管养提供依据。

2 宜完善常规简支 T 梁桥健康观测体系,在 T 梁预制阶段为运营管养阶段提供必要的健康观测预埋传感器件。

### 8.6.4 标准规范提升

1 细集料二类人工砂石粉含量小于 7%要求不便操作:石粉作为惰性掺合料,在亚甲基蓝值合格前提下可以根据适配情况予以多掺,一般石粉含量位于 12%-15%可满足砼工作性能要求。提升对策:在控制含泥量达标的前提下根据工艺试验确定合理石粉掺量。

2 粗集料针片状含量:针片状指标不能够作为粗集料整形后碎石粒形的好与坏,现阶段碎石粒形整形后圆润形状仅靠感观判断。提升对策:1. 建议设置碎石整形后粒形合格指标,可考虑以单个碎石最大外观尺寸与最小外观尺寸的比值来设置;2. 以工艺标准化为手段,粗骨料需经整形后方可使用。

3 凿除处理层混凝土表面的水泥砂浆和松散层,经凿毛处理的混凝土表面,应用水冲洗干净。提升对策:确定凿毛的量化标准,混凝土凿毛深度宜在 5-10 毫米,凿毛痕的间距为 30 毫米左右,凿毛率不小于 90%。之后,清淨浮灰,砂浆、油渍等。

4 混凝土浇筑完成后覆盖洒水保湿养护不小于 7d:未明确养护温度、湿度要求。提升对策:在养护湿度、温度方面加强提升。

5 使用时间超过 6 个月;张拉次数超过 300 次需重新标定:墩顶负弯矩张拉为单根张拉,张拉完 1-2 个墩顶现浇段及超过 300 次张拉次数,按规范要求标定次数较多。提升对策:以 6 个月时间控制。

6 弯道桥梁长无控制标准。提升对策:增加弯道桥梁长控制标准;变更盖梁设计统一梁长。伸缩缝安装规定:设计图纸预埋预留形式与最终安装产品所需预留预埋形式不统一提升对策:统一伸缩缝设计、制作标准。

7 施工阶段未为后期桥梁健康观测预留相关应力应变温度传感器。提升对策:健康观测仅在特殊结构桥梁上系统性开展,随着我国桥梁使用年限的递增,管养阶段势必开展大量工作,作为普通桥型的 T 梁结构未开展此项工作,建议一座简支梁桥上至少增设部分健康观测埋件,便于为管养阶段提供理论依据。

附 录 A  
(资料性附录)  
钢筋配料单

钢筋配料单						
工程名称			构件名称			构件编号
钢筋编号	钢筋规格	钢筋简图	单根钢筋下料长度 (mm)	钢筋总根数	钢筋长度 (m)	备注
编制：		复核：		日期：		

附 录 B  
(规范性附录)  
钢筋定位架验收标准

表 1 腹板钢筋定位胎架验收标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1△	箍筋定位梳齿板	间距 (mm)	±5	游标卡尺: 按梳齿板总数100%检测
		齿宽 (比钢筋外径大5mm)	±2	游标卡尺: 按梳齿板总数30%抽测
2△	纵向水平钢筋定位插销	高度位置 (所需定位钢筋设计图纸位置) (mm)	±5	尺量: 每个插销组合件核对其中任何一根插销位置
		插销间距 (mm)	±5	游标卡尺: 按插销总数100%检测

表 2 翼缘板钢筋定位胎架验收标准

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1△	箍筋定位梳齿板	间距 (mm)	±5	游标卡尺: 按梳齿板总数100%检测
		齿宽 (比钢筋外径大5mm)	±2	游标卡尺: 按梳齿板总数30%抽测
2△	纵向水平钢筋定位销	平面位置 (所需定位钢筋设计图纸位置) (mm)	±5	尺量: 每个插销组合件核对其中任何一根插销位置
		插销间距 (mm)	±5	游标卡尺: 按插销总数100%检测
3	剪力钢筋定位	横向 (所需定位钢筋设计图纸位置) (mm)	±5	尺量: 抽10%剪力钢筋
		高度 (所需定位钢筋设计图纸位置) (mm)	±5	
		限位销间距 (mm)	±5	游标卡尺: 按插销总数100%检测

## 附录 C

## (规范性附录)

## 施工过程中外露钢筋防腐处理要求

1 混凝土预制构件外露钢筋是指暂时在混凝土外面的预留钢筋，宜包括：

- (1) 小箱梁护栏预埋筋，墩顶现浇段预埋筋，现浇桥面板预埋筋。
- (2) 大箱梁梁端湿接缝预埋钢筋，合龙段临时支撑结构预埋钢板，翼缘两侧预埋护栏基座钢筋，拼宽梁与主梁间湿接缝预埋钢筋。
- (3) 节段梁顶板外露护栏钢筋，墩顶块二次浇筑预埋钢筋。
- (4) T 梁梁体预留主筋，梁体顶板两侧预留 U 形筋、顶板剪力筋、其他预留钢筋，梁体横隔板预留钢筋。

2 如果不防护或防护方法不当，将造成钢筋严重锈蚀，甚至削弱钢筋的断面面积，影响整体混凝土结构耐久性。

3 外露钢筋防腐可采用下列措施：

(1) 水泥浆防腐，宜采用 P·042.5 低碱水泥拌制，水泥浆配合比为(质量比)：水泥：水=1：0.35。水泥浆涂刷要均匀、厚度均匀、不得漏刷。防护效果可达 1 个月。

(2) 防腐漆防腐，防腐漆必须有出厂合格证，宜使用防锈漆作底漆，银粉磁漆作面漆。防锈漆：氟碳金属漆是以高级氟碳树脂、特种颜料定向树脂、颜料、助剂和溶剂等组成的漆料为乙组份，以进口脂肪族异氰酸酯为另一组份的双组份自干涂料。银粉磁漆主要组份：石油树脂、聚合油、铝银浆、溶剂汽油、催化剂等。防腐漆涂刷要均匀、厚度均匀、不得露刷。防护效果可达到 3 个月以上。



附录 D  
(规范性附录)  
混凝土强度稳定性控制措施

## 0 前言

在混凝土生产质量控制过程中,混凝土强度会出现一定的波动性,强度波动越小说明混凝土稳定性越好,生产质量高。混凝土质量稳定性可由强度标准差( $\sigma$ )表示。混凝土强度标准差( $\sigma$ )按下式计算。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{fcu}^2}{n-1}}$$

式中: $\sigma$ ——混凝土强度标准差,精确到0.1MPa;

$f_{cu,i}$ ——统计周期内第*i*组混凝土立方体试件的抗压强度值,精确到0.1MPa;

$m_{fcu}$ ——统计周期内*n*组混凝土立方体试件的抗压强度的平均值,精确到0.1MPa;

*n*——统计周期内相同强度等级混凝土的试件组数,*n*值不应小于30。

为控制混凝土生产质量,《混凝土质量控制标准》(GB 50164-2011)中规定:对施工现场混凝土搅拌站,强度等级大于等于C45的混凝土,其强度标准差不大于4.5MPa;强度等级在C20~C40的混凝土,其强度标准差不大于3.5MPa。

按照《公路水运品质工程评价标准(试行)》中的要求,对于混凝土强度的离散性评价标准为:(以28天龄期强度进行计算)标准差<1.5,评定为A;标准差在1.5-2(含1.5),评定为B;标准差在2-2.5(含2),评定为C;标准差在2.5-3(含2.5),评定为D;标准差 $\geq 3$ ,评定为E。

为提高混凝土质量,达到设计需求,结合混凝土生产和养护过程,从混凝土原材料质量、拌合物搅拌运输过程、浇筑成型施工以及养护管理等四个方面进行控制,优化各个施工工序,提升混凝土预制构件质量水平。

## 1 原材料质量控制

混凝土原材料包含水泥、粗集料、细集料、外加剂、掺合料和水(包括拌合用水和养护用水)。

### 1.1 水泥

水泥是混凝土中起胶结作用的材料,水泥性能的稳定性决定着混凝土强度和质量的稳定性。使用同一厂家、同一品牌、相同原材料、相同生产工艺生产的水泥,可保持水泥胶砂强度的相对稳定性,减少混凝土强度的波动。当水泥厂家改变或水泥生产工艺明显变化时,需要及时试验验证和修正混凝土配合比,保证混凝土强度不至有大幅度的变动。

水泥的品种和强度等级可通过混凝土配合比试验来选定,配制高强度等级混凝土,宜使用52.5级水泥。

考虑到水泥温度对于混凝土拌和温度的影响及其进而对混凝土坍落度损失和工作性的影响，对于江苏地区，水泥夏季出厂温度不宜高于60℃；混凝土搅拌时水泥温度不宜高于50℃。

当混凝土集料具有碱活性时，水泥宜选用含碱量不大于0.6%的低碱硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

## 1.2 集料

集料在混凝土中起骨架作用，有粗集料和细集料，体积占混凝土总体积的70%以上，对混凝土的力学性质、耐磨性、抗渗性及耐久性等均有重要影响。

粗集料宜使用质地坚硬、吸水率小的母岩破碎而成。集料母岩抗压强度与混凝土强度等级之比不宜小于1.5。为提高粗集料强度稳定性，应严格控制料源，运输过程及进场检验三个环节。当料源或岩石材性明显变化时，需要及时试验验证和修正混凝土配合比，保证混凝土强度不至有大幅度的变动。粗集料宜级配合合理、粒形良好，采用连续两级配或连续多级配，使用前宜进行级配复配试验，选择复配后空隙率小、堆积密度大的复合级配，不宜采用单粒级或间断级配配制。粗集料的堆放宜按单粒级堆放，避免复配成统料后堆放。

为防止集料过大卡在钢筋间隙，保证混凝土振捣密实和质量均匀，粗集料最大粒径不得超过结构最小边尺寸的1/4和钢筋最小净距的3/4；在两层或多层密布钢筋结构中，最大粒径不得超过钢筋最小净距的1/2。混凝土实心板的粗集料最大粒径不宜超过板厚的1/3且不宜超过25mm。泵送混凝土的粗集料历经除满足上述要求外，对碎石不宜超过输送管径的1/3。

粗集料应保持洁净，不应混有草根、树叶、树枝、塑料、煤块炉渣等杂物，含泥量和泥块含量分别不大于1%和0.5%，硫化物及硫酸盐含量（以SO<sub>3</sub>质量计）需小于1.0%；碎石的针、片状颗粒含量需小于15%。集料的含泥量提高会吸附更多的外加剂，影响混凝土配合比，施工时，应根据其含泥量变化，适当调整外加剂的参量，调整的量应根据试验确定。必要时需要增加粗集料整形工艺和水洗工艺。

细集料可采用级配良好、质地坚硬、颗粒洁净且粒径小于5mm的天然砂、机制砂或混合砂，细集料不应采用海砂。河砂宜选用中粗砂，细度模数宜控制在2.6~2.9。若砂砾颗粒过细，其比表面积越大，则在混凝土中需要包裹砂砾表面的胶凝材料就越多，用水量增大，强度降低，且易发生收缩开裂；若颗粒过粗，则拌合物的黏聚性较差，容易产生离析。

河砂中的含泥量和泥块含量分别不大于2.0%和1.0%；坚固性检验的质量损失不大于8%。砂中不应混有草根、树叶、树枝、塑料、煤块炉渣等杂物。钢筋混凝土和预应力混凝土用砂的氯离子含量分别不应大于0.06%和0.02%。

集料需进行碱活性检验，包括碱-硅酸反应活性检验和碱-碳酸反应活性检验。

集料在使用过程中，含水量是不断变化的，不是一个稳定的值，为减小其含水量变化的影响，应采取如下措施：

- (1) 存储产地应排水通畅，设置顶棚，有效避免雨水影响；
- (2) 使用时，应设置起铲线，避免使用底层含水量较大的砂子；
- (3) 使用前，应分区取样，确定其含水量，并根据含水量情况调整施工配合比。

## 1.3 拌合和养护用水

符合国家标准的饮用水可直接作为混凝土搅拌和养护用水。

当采用地下水时，需对水质进行检验，保证水中的硫酸盐含量（按SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）小于2000mg/L，氯化物含量（按Cl<sup>-</sup>计）不超过500mg/L，pH值不小于4.5，无含有油污、泡沫、泥和其他有害杂质。

## 1.4 外加剂

外加剂的产品质量应符合各项技术指标。混凝土工程使用的外加剂需与水泥、矿物掺合料之间具有良好的适应性，不适应的外加剂不得使用。不同品种的外加剂有各自的特性，应根据使用要求、施工条件、混凝土原材料的变化等因素，通过试验确定外加剂的品种及适宜的掺量。在原材料中，水泥对外加剂的影响最大，水泥品种不同将影响减水剂的减水增强效果，因此需重点注意减水剂与水泥的适应性。

在工程应用前，应按照质量标准对选择好的减水剂进行掺加外加剂混凝土性能要求（与基准混凝土相比）的检验。为确定掺量，对液态减水剂应测定溶液密度，对粉剂减水剂应确定固体物含量。在粉剂产品中，有些由于烘干不彻底或包装不符合要求而受潮，致使产品的固体含量大多在 75%~80%，因此这种情况下不能将固体物质以 100% 用作计算掺量的依据。

每种外加剂都有适宜的掺量，即使同一种外加剂，不同的用途有不同的适宜掺量，使用前需根据试验确定最优掺量。若掺量过大，不仅在经济上不合理，而且可能造成质量事故，对有引气、缓凝作用的减水剂尤其应注意不能超掺量。高效减水剂若掺量过小，会失去高效能作用；掺量过大（1.5%）则会由于泌水而影响质量。

根据工程需求确定外加剂种类。

（1）减水剂宜选用减水率大、坍落度损失小、可调控凝结时间的复合型减水剂。选定减水剂品种前，必须与所用的水泥进行适应性检验。选用聚羧酸减水剂，要求厂家保障聚羧酸减水剂质量的稳定性。

（2）高温施工宜使用引气缓凝（保塑）（高效）减水剂；引气剂应选用表面张力降低值大、水泥稀浆中起泡容量多而细密、泡沫稳定时间长、不溶残渣少的产品，有抗冰（盐）冻要求地区的混凝土必须使用引气剂。

（3）低温天气施工，首先，应加强混凝土拌制与预制构件养护的保温；若不具备可靠的保温条件，可采用引气早强（高效）减水剂。

外加剂的掺加方式可充分发挥外加剂对混凝土工作性能的改善，外加剂掺加方式可因地制宜选用，对于本项目的场拌混凝土，外加剂与水宜充分混合后再与水泥、集料一起拌和。外加剂的掺加方法大体可分为先掺法（在拌合水之前掺入）、同掺法（与拌合水同时掺入）、滞后法（在搅拌过程中外加剂滞后于水 2~3min 加入）、后掺法（在拌和后经过一定的时间才按 1 次或几次加入到具有一定含量的混凝土拌合物中，再经 2 次或多次搅拌）。不同的掺加方法将会带来不同的使用效果；不同的减水剂由于作用机理不同，其掺加方法也不一样。影响减水剂掺加方法的因素主要有水泥品种、减水剂品种减水剂掺量、掺加时间及复合的其他外加剂等，需通过试拌确定。

通常情况下，外加剂对混凝土配合比没有特殊要求，可按普通方法进行设计，但在使用减水剂或为节约水泥情况下，有必要对砂率、水泥用量、水胶比等作适当调整。

## 1.5 掺合料

为改善混凝土性能，节约水泥，提高硬化混凝土的强度和耐久性，可在混凝土中加入矿物掺合料。活性矿物掺合料本身不硬化或者硬化速度很慢，但能与水泥水化生成氧化钙起反应，生成具有胶凝能力的水化产物。常用的掺合料有粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰等。

大部分电厂的粉煤灰在用于混凝土的配制时基本都能满足指标要求，但进料时应按规定进行检验，并应与所需等级相符。混凝土中掺加粉煤灰可节约水泥和细集料、减少用水量、改善混凝土拌合物的和易性、增强混凝土的可泵性、减少混凝土的徐变、减少水化热和热膨胀性、提高混凝土的抗渗能力。对于有异味的粉煤灰，应加强检查频次和质量检验，避免混入不合格产品。

粒化高炉矿渣粉是以粒化高炉矿渣为主要原料，可掺加少量石膏制成一定细度的粉体，主要组分为硅铝酸钙，具有较高的潜在活性。粒化高炉矿渣粉以等量取代部分水泥的方式掺入混凝土中，可改善混凝土的工作性、延缓凝结时间、提高强度、增加混凝土的耐久性。

掺合料应保证其产品品质稳定，来料均匀；掺合料应由生产单位专门加工，进行产品检验并出具产品合格证书。混凝土中需要掺用粉煤灰、矿渣粉、硅灰等掺合料时，其掺入量应在使用前通过试验确定。

## 1.6 原材料进场检测

混凝土原材料中的砂石集料、水泥、掺合料、外加剂等都必须严格按照相关标准的要求进行入场检测。水泥进场时每批应附有化学成分、物理、力学指标合格的检验证明，并按批次对同一生产厂、同一品种、同一强度等级及同一出厂日期的水泥进行强度、细度、安定性和凝结时间等性能的检验，散装水泥应以每 500t 为一批，袋装水泥应以每 200t 为一批，不足时亦按一批计。

集料宜按同产地、同规格、连续进场数量不超过 400m<sup>3</sup> 或 600t 为一验收批，小批量进场的宜以不超过 200m<sup>3</sup> 或 300t 为一验收批进行检验；当质量稳定且进料量较大时，可以 1000t 为一验收批。对粗集料检测内容应包括外观、颗粒级配、针片状颗粒含量、含泥量、泥块含量、压碎指标等。对细集料检测内容应包括外观、筛分、细度模数、有机物含量、含泥量、泥块含量及人工砂的石粉含量等；必要时尚应对坚固性、有害物质含量、氯离子含量及碱活性等指标进行检验，检验方法应符合现行行业标准《公路工程集料试验规程》(JTG E42) 的规定。

## 1.7 材料存储

水泥在存储中需采取防潮措施，不得受潮，出现受潮结块的水泥不得用于混凝土工程。水泥若受潮结块，颗粒表面将产生水化和碳化，从而丧失胶凝能力，降低其强度。水泥存储不得混入杂物，不同品种和强度等级的水泥在存储中避免混杂。公路桥涵混凝土工程宜采用散装水泥，散装水泥在工地应采用专用水泥罐储存，采用袋装水泥时，在运输和储存过程中需防止受潮，且不得长时间露天堆放，临时露天堆放时应设支垫并覆盖。不同品种、强度等级和出厂日期的水泥应分别按批存放。水泥的存储期不宜过长，水泥有效存放期规定自水泥出厂之日起不得超过 3 个月，超过时间必须复检，并按其复检结果使用。一般情况下，存储 3 个月的水泥强度会下降 10%~20%，存储 6 个月的水泥强度下降 15%~30%，存储一年的水泥强度下降 25%~40%。

粗、细集料堆场应有避雨设施，建议建设封闭式砂石堆场，避免天气变化影响砂石含水率。粗、细集料应按不同品种、规格分别堆放，不得混入杂物。

## 2 拌合、运输过程控制

### 2.1 混凝土配合比

混凝土的配合比应通过计算和试配选定。试配时应使用施工实际采用的材料，配制的混凝土拌合物应满足和易性、凝结时间等施工技术条件；制成的混凝土应满足强度、耐久性（抗冻、抗渗、抗侵蚀）等质量要求。混凝土的坍落度和工作性能应根据结构物情况和施工工艺要求确定，在满足工艺要求前提下，宜采用低坍落度的混凝土施工。在混凝土拌制前需理论配合比换算为施工配合比。

为防止钢筋锈蚀，在钢筋混凝土和预应力混凝土中不得掺用氯化钙、氯化钠等氯盐，从各种组成材料引入的氯离子含量（折合氯盐含量）需控制在 0.06%，当超过限值时宜在混凝土中采取掺加阻锈剂、增加保护层厚度、提高密实度等防腐蚀措施。掺入引气剂的混凝土，其含气量宜在 3.5%~5.5% 范围。

配制较高强度混凝土（强度等级为 C50 及以上）时，水泥用量不应大于 500kg/m<sup>3</sup>，水泥和矿物掺合料的总量不应大于 600kg/m<sup>3</sup>。混凝土中水泥用量过多，对混凝土强度增长的作用并不显著，还会产生大量水化热和较大的温度应力，混凝土凝结时易产生较大收缩，出现收缩裂缝。配制高强度混凝土时应掺用高效减水剂或缓凝高效减水剂，应掺用活性较好的矿物掺合料，且宜复合使用矿物掺合料。配制高性能混凝土所用砂率，所采用的外加剂和矿物掺合料的品种、掺量应通过试验确定。普通混凝土采用单掺粉煤灰（Ⅱ级）内掺时宜采用超量取代法；高强混凝土采用单掺时，应以Ⅰ级粉煤灰为主，且可采用超量取代法或等量取代法，但均应通过试验调整确定。掺粉煤灰时混凝土的早期强度增长较慢，因此评定强度可

按 60d 或 90d 龄期计。粉煤灰在降低水化热方面的效果比矿粉好，且粉煤灰更经济，超量取代可增加胶凝材料用量，改善混凝土的工作性。粉煤灰掺量不宜超过胶凝材料用量的 40%；矿渣粉掺量不宜超过胶凝材料用量的 50%；粉煤灰和矿渣粉掺合料的总量不宜大于胶凝材料用量的 50%。

除应对由各种组成材料带入混凝土中的碱含量进行控制外，还需控制混凝土的总碱含量。每立方米混凝土的总碱含量，对一般桥涵不宜大于  $3.0\text{kg}/\text{m}^3$ ，对特大桥、大桥和重要桥梁不宜大于  $1.8\text{kg}/\text{m}^3$ ；当混凝土结构处于受严重侵蚀的环境时，不得使用有碱活性反应的集料。

泵送混凝土的配合比，最小水泥用量宜为  $280\sim 300\text{kg}/\text{m}^3$ （输送管径  $100\sim 150\text{mm}$ ），通过  $0.3\text{mm}$  筛孔的砂不宜少于 15%，砂率控制在 35%~45% 范围内。混凝土拌合物的出机坍落度宜为  $120\sim 180\text{mm}$ ，泵送入模时的坍落度宜控制在  $100\sim 140\text{mm}$  之间。宜通过试验掺用适量的减水剂、泵送剂和掺合料。

## 2.1 拌和、运输控制

混凝土拌合需严格按照规范要求进行。原材料称重前需确保计量设备的准确性，并定期对计量设备进行校检。拌合前需清除搅拌车内的积灰积水。工地进行混凝土的拌制施工时，需根据工地砂、石集料的实际含水情况对混凝土实验室配合比进行修正，得到施工配合比进行配制，确保实际水灰比不变，并且保证坍落度在设计要求的范围内，确保新拌混凝土的和易性，避免出现离析。

一般每日开工前应测定砂、石表面含水率一次，以后每隔 4 小时再测定一次；如因下雨或其他原因导致含水率发生变化，应立即测定，并根据砂石含水量调整混凝土的拌和用水量。外加剂宜以稀释溶液加入，其稀释用水和原液中的水量，应从拌和加水量中扣除，加入拌和桶的外加剂溶液应充分溶解并搅拌均匀。掺合料应采用与水泥相同的输送计量方式加入。

混凝土采用机械拌制，拌合物应搅拌均匀，颜色一致，不得有离析和泌水现象，对在施工现场集中拌制的混凝土应检测拌合物的均匀性。检测时，应在搅拌机的卸料过程中，从卸料流的  $1/4\sim 3/4$  之间部位取试样进行试验检测，混凝土中砂浆密度两次测值的相对误差不大于 0.8%，单位体积混凝土中粗集料含量两次测值的相对误差应不大于 5%。混凝土拌合物的坍落度及其损失，宜在搅拌地点和浇筑地点分别取样检测，每一工作班或每一单元结构物不应少于两次，评定时以浇筑地点的测值为准。当混凝土拌合物从搅拌机出料起至浇筑入模的时间不超过 15min 时，其坍落度可仅在搅拌地点取样检测。

混凝土运送过程，需确保在规定时间内到达现场，避免等待时间过长。运输能力应与混凝土的凝结速度和浇筑速度相适应，应使浇筑工作不间断且混凝土运到浇筑地点时仍能保持其均匀性和规定的坍落度。采用搅拌运输车运输混凝土时，途中应以  $2\sim 4\text{r}/\text{min}$  的慢速进行搅动，卸料前应以常速再次搅拌，不得任意向搅拌车内加水。若混凝土运至浇筑地点后发生离析、泌水或坍落度不符合要求时，允许进行二次拌和，二次搅拌时不宜任意加水，确有必要时，可同时加水、相应的胶凝材料和外加剂，并保持其原水胶比不变；二次搅拌仍不符合要求时，则不得使用。采用搅拌罐车运送混凝土拌合物时，搅拌罐在冬季期应有保温措施。混凝土拌合物从搅拌机中卸出至运送到施工现场接收的时间间隔不宜大于 90min。

## 2.2 振动搅拌技术应用

推荐使用振动搅拌方式进行混凝土拌合。振动搅拌与普通的强制搅拌相比较，混凝土抗压强度大有提高，强度的标准差和离差系数却大为下降，使混凝土稳定性大大提升，并且可改善混凝土中的孔结构分布，提升混凝土的耐久性。

混凝土是经搅拌机搅拌后形成的产物，搅拌过程中搅拌叶片对混合料的强制作用使物料间发生扩散、剪切及对流作用，逐渐达到均匀状态，水泥颗粒、水及集料之间具有很好的分布效果。物料各组份相表面间的粘结力使混凝土完全拌匀变得特别困难。搅拌机的搅拌性能可通过混凝土拌合物的匀质性来评定，其评定指标为在同一批次不同位置的混凝土拌合物的砂浆密度相对误差 $\Delta M$ 的大小和在单位体积混凝土拌合物中粗集料质量相对误差 $\Delta G$ 的大小。振动搅拌作为一种新的搅拌方式，是在普通强制搅拌的基础上加以强化振动作用，在保证物料宏观均匀性的同时，将振动能量传递至物料之间，使混合料颗粒的运动速度增大，增加了有效碰撞次数，增强其微观的均匀性，降低混凝土拌合物差异，从而提升混凝土的稳定性。并且振动搅拌可有效地避免水泥团聚现象，水泥水化作用面积增大，促进水化反应，从而大大提升混凝土的综合性能。

用普通搅拌机生产的混凝土微观匀质性较差，界面连结强度较低，通过仔细观察可发现其中有些集料表面仍为干燥状态，另外还有一些干的水泥团，这使得混凝土强度的变异性增大。把搅拌后宏观上均匀的混凝土中的水泥浆放在显微镜下观察，还会发现水泥颗粒并没有均匀分散在水中，有 10%~30% 的水泥颗粒三三两两聚在一起，形成微小的水泥颗粒基团如图 1 (a) 所示。水泥的水化作用只在水泥颗粒的表面进行，如果水泥颗粒聚团，则水化作用的面积减小，使得混凝土具有较高强度的水化生成物减少。水泥的这种团聚现象不仅浪费水泥，而且影响混凝土的易性和强度的提高。采用振动搅拌方式可以把聚团的水泥颗粒分开，使其尽可能接近图 1 (b) 所示的理想分布状态。

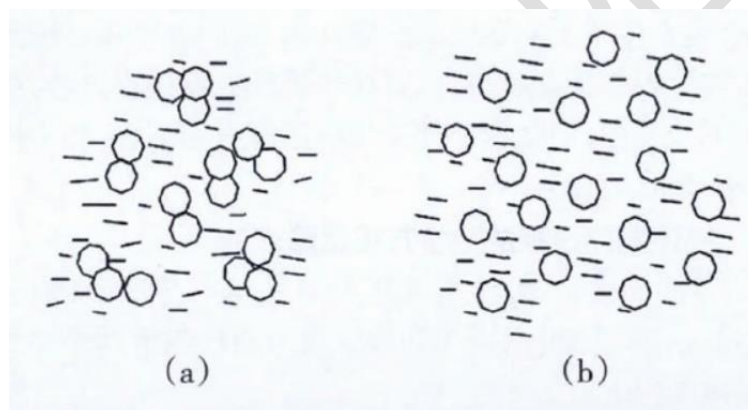


图 1 新拌混凝土中水泥浆的微观结构

新拌混凝土呈黏-塑状态，属于宾汉姆体，混合料各组份相表面间的黏结力使其完全拌匀变得特别困难。对混凝土混合料进行振动搅拌，使物料颗粒具有一定振动频率下的振幅后处于颤振状态，从而破坏混合料间的黏性连结，使物料间的内摩擦力大大降低，便于物料中的水泥颗粒从聚团状态变为均匀分布状态。

振动搅拌与普通的强制搅拌相比，可改善界面过渡区微观结构，水泥石与粗集料界面处过渡区被 C-S-H 凝胶所填充，结构更为致密，粘结更好；可改善水泥浆体微观形貌，水泥水化产生的 C-S-H 凝胶使水泥浆体互连形成连续性的空间骨架结构，大大减少微小裂缝和内部缺陷，使混凝土内部结构趋于密实；可改善混凝土孔结构，高频振动会破坏拌合物中的大气泡，引入微小气泡，混凝土内部的孔径向减小方向移动，大孔数量减少，小孔数目增加，使混凝土的孔径分布得到明显改善，并使含气量达到 3.5%，提升混凝土耐久性能；可提高水泥水化速率。

以上振动搅拌的优良特点，可综合提升混凝土强度（图 2），并降低混凝土强度的变异系数，变异系数控制在 0.06 以内（图 3），提升混凝土的稳定性（数据来源自长安大学冯忠绪课题组）。同时，搅拌时间缩短了一半，节能约 30%，使搅拌质量及搅拌效率得以兼顾。



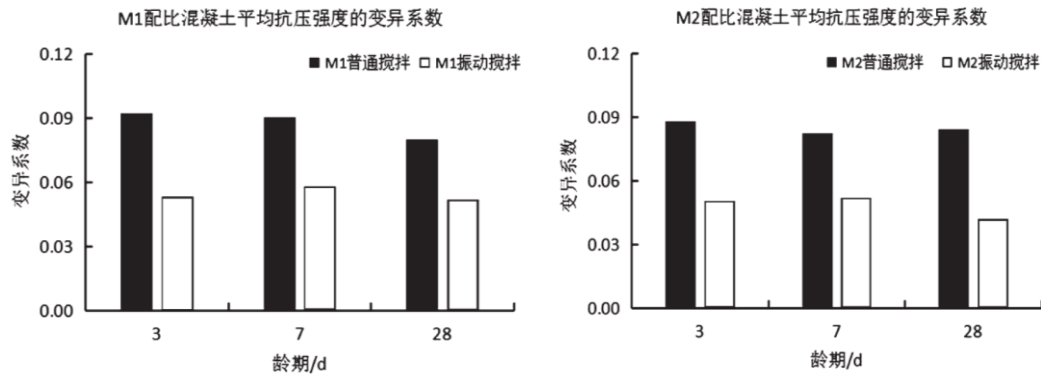


图 2 不同搅拌方式下混凝土强度的变异系数

### 3 浇筑成型施工控制

混凝土浇筑成型需严格按照相关施工规范要求进行。浇筑前检查模板支护的稳定性以及接缝的密合情况，保证在浇筑过程中不失稳、不跑模和不漏浆。建筑前清除模板内及垫层上的杂物，表面干燥的地基土、垫层、木模板应浇水湿润。

夏季天气炎热时，混凝土拌合物入模温度不应高于 35℃，宜选择晚间或夜间浇筑混凝土；现场温度高于 35℃时，宜对金属板进行浇水降温，但不得有积水，并宜采取遮挡措施避免阳光照射金属模板。当冬季施工时，混凝土拌合物入模温度不应低于 5℃，并应有保温措施。在环境相对湿度较小、风速较大的条件下浇筑混凝土时，应采取适当措施防止混凝土表面过快失水。

在浇筑过程中应控制混凝土的均匀性、密实性和整体性。不同配合比或不同强度等级的泵送混凝土在同一时间交替浇筑时，输送管道中的混凝土不得混入不同配合比或不同强度等级的混凝土。自高出向模板内倾卸混凝土时，应防止混凝土离析。直接倾卸时，自由倾落高度不宜超过 2m；超过 2m 时，应通过串筒、溜管（槽）或振动溜管（槽）等设施下落；对高墩台、索塔或冲孔灌注桩等倾落高度超过 10m 时，应在串筒内设置各个方向不同的斜挡板，以减低混凝土的下落速度。串筒料口下面的混凝土，应随落随即转运到各模板内，如堆积高超过 1m，则后落的混凝土拌合物中粗集料易滚落，造成严重离析。

混凝土应按一定的厚度、顺序和方向分层浇筑，且应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成上层混凝土；上下层同时浇筑时，上层与下层的前后浇筑距离应保持 1.5m 以上；在倾斜面上浇筑混凝土时，应从底处开始逐层扩展升高，并保持水平分层。混凝土分层浇筑最大厚度根据振动方式确定，采用插入式振动器和附着式振动器时浇筑厚度不宜超过 300mm；采用表面振动器，无筋或配筋稀疏时浇筑厚度不宜超过 250mm，配筋较密时浇筑厚度不宜超过 150mm。

浇入模板内的混凝土，必须要经过合理的振捣，目的是降低混凝土料粒间的摩擦力和粘结力，使其在自重力作用下，自行充实料粒间的间隙，排除混凝土内部的空气，不致在凝结后的构件中形成大的气孔，保证构件表面光滑、平整，不出现麻面。钢筋混凝土构件浇模后经过振捣，还可以显著地提高钢筋与混凝土的握裹力，保证和增强混凝土的强度。混凝土振捣宜采用机械振捣，可采用振捣棒和附着式振动器。混凝土构件成型后，在强度达到 2.5MPa 前，不得在构件上踩踏行走。

采用振捣棒振捣时，振捣棒插入间距不应大于振捣棒作用半径的 1.5 倍，与侧模保持 50~100mm 的距离，连续多层浇筑时，振捣棒应插入下层拌合物约 50~100mm 进行振捣。振捣时间宜按拌合物稠度和振捣部位等不同情况，控制在 20~30s 内，当混凝土拌合物表面出

现泛浆，混凝土不下沉、无气泡溢出，可视为捣实，振捣棒拔出时需边振捣边缓慢拔出，避免出现孔洞。

采用附着式振动器（平板振动器）振动时，附着式振动器安装在混凝土模板上需坚固牢靠，附着式振动器轴承不应承受轴向力，在使用时，电动机轴应保持水平状态。在一个模板上同时使用多台附着式振动器时，各振动器的频率应保持一致，相对面的振动器应错开安装。附着式振动器的作用深度一般在 250mm 左右，对于较厚的构件应在两侧钢板上设置，面积应与振动器额定振动面积相一致，一般情况下可按 1m~1.5m 间距固定在模板上。每次振动时间不应超过 1min，当混凝土在模内泛浆流动或成水平状即可停振，不得在混凝土初凝状态时再振。附着式振动器在混凝土入模后，混凝土下料要高于振动器安装部位时才可开始振捣。当钢筋密集构件深窄时也可边下料边振，但在下料高度以上模板内要适应支撑，以防模板变形。

混凝土搅拌、运输和成型设备应定期检验、保养，确保设备使用过程中的稳定性和可靠性。

#### 4 养护管理控制

混凝土结构浇筑成型后，需合理进行生产养护，满足其对温度、湿度和时间的要求。

保湿是混凝土自然养护的重点。在带模养护期间，应在模板外部采取包裹、浇水、喷淋洒水等措施进行保湿养护，保证混凝土不致失水干燥。混凝土去除表面覆盖物或拆模后，建议采用对混凝土喷雾养护或洒水等措施继续进行潮湿养护。对于不易于洒水养护的异形或大面积混凝土结构也可适当喷洒薄膜养生液进行养护。炎热天气浇筑的混凝土以及桥面等大面积裸露的混凝土，应加强初期保湿养护，具备条件的可在浇筑完成后立即棚罩。

混凝土养护期间应注意采取保温措施，防止混凝土表面温度受环境因素影响（如暴晒、气温骤降等）而发生剧烈变化，尤其对于大体积混凝土，养护过程需进行温度控制，混凝土内部和表面的温差不宜超过 25℃，表面与外界温差不宜大于 20℃。混凝土在冬季或热期拆模后，应采取适当的保温或隔热措施，防止混凝土产生过大的温度应力。当气温低于 5℃ 时，应采取保温养护措施，不得像混凝土表面洒水。

对采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥配制的混凝土，采用浇水和潮湿覆盖的养护时间不得少于 7d。对于采用粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥配制的混凝土，或掺加缓凝剂的混凝土以及大掺量矿物掺合料混凝土，采用浇水和潮湿覆盖的养护时间不得少于 14d。对于竖向混凝土结构，养护试件宜适当延长。

另外，对于混凝土工程的养护，推荐采用智能喷淋、喷雾养护系统，该系统通过电脑控制，实现对预制构件养护施工的全自动化管理。使用喷头喷洒养护水或水雾，喷洒覆盖面积大、水流量易控制，可节约用水，可以保证混凝土结构拆模后及时、充分、快速的完成多次养护任务，并且比普通的洒水养护方法节约 1/2 的劳动力。智能喷淋养护系统可提高混凝土的养护方式规范性、掌握混凝土温湿度的准确性，提高养护效率，并可避免水管洒水养护不均匀、局部养护不到位、养护时间不充分等造成的混凝土质量差异。

#### 5 其他

应对作业班组进行必要的业务和技能培训，并保持班组队伍的稳定性，尤其是振捣作业人员不宜经常更换；

构件预制应采用首件制管理，在首件认可后，构件预制工艺原则上不能随意改变或调整。



附录 E  
(规范性附录)  
桥梁预制构件外观质量分级评定标准

1 范围

本标准规定了桥梁预制构件外观质量分级评定的术语和定义、符号和代号、总则、分级评定标准等。

本标准适用于桥梁预制梁板。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而构成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均适用于本标准，然而鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- JGJ 169 - 2009 清水混凝土应用技术规程
- JTG D60-2004 公路桥涵设计通用规范
- JTG O62-2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG D40-2011 公路水泥混凝土设计规范
- JTG/T F50-2011 公路桥涵施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 麻面 pitted surface

混凝土局部表面出现缺浆、小凹坑、麻点，形成粗糙面，但无钢筋外露现象。

3.2 蜂窝 honeycomb

混凝土局部出现酥散，无强度状态。

3.3 孔洞 opening or hole in a utensil

混凝土表面有空腔，局部无混凝土。

3.3 光洁度 degree of finish

混凝土表面特征，指有无漏浆、流淌及冲刷痕迹。

3.4 表面气泡 surface blowhole

混凝土表面局部因气体出现隆起的现象。

3.5 表面损伤 surface quality

混凝土表面情况，指有无蜂窝、麻面、烂根、砂带、冷接缝、缺角、掉块、刮痕等。

### 3.6 翼缘板线形 linear of flange plate

混凝土结构的横件偏差度（错台、直线度）。

### 3.7 几何线形 geometric alignment

混凝土结构上的几何体棱角线、倒角楞边直线度。

## 4 符号及代号

本规范各种符号、代号及意义详见表 1。

表 1 符号及代号

序号	符号或代号	意义
1	C	颜色
2	SD	表面损伤
3	SH	表面气泡
4	F	平整度
5	LFP	翼缘板线形
6	ESWP	外露钢筋线形和位置
7	MPR	凿毛拉毛
8	GA	几何线形
9	PIB	桥梁预制梁板外观指标

## 5 总则

5.1 为了科学评价桥梁预制构件外观质量，进行外观质量分级，特制定本标准。

5.2 本标准适用于桥梁预制构件外观质量评价。

5.3 桥梁预制构件外观质量分级评定除符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准规定。

## 6 分级评定标准

### 6.1 外观质量要求

桥梁预制梁板外观质量检查与评定项目有颜色、表面损伤、表面气泡、翼缘板线形、平整度、外露钢筋线形和位置、凿毛拉毛等 7 项，各项外观质量要求如下：

#### 6.1.1 颜色

表面颜色一致，色泽均匀，无明显的颜色差别，光洁度好；无污染、斑迹、冷接缝等。

#### 6.1.2 表面损伤

无蜂窝、砂带、缺角、掉块、麻面、漏浆、刮痕、修补等表面损伤，不得出现收缩裂缝。

### 6.1.3 表面气泡

任何表面 1m<sup>2</sup> 面积上的气泡数量不得大于 30 个；最大气泡直径不大于 5mm，深度不大于 5mm。

### 6.1.4 翼缘板线形

错台不超过 5mm，直线度偏差不大于 10mm。

### 6.1.5 平整度

模板成型面突变、错台不超过 3mm、缝宽不超过 2mm；顶面平整度偏差不大于 8mm。

### 6.1.6 外露钢筋线形和位置

翼板环形筋错位不超过 10mm，顶板剪力筋错位不超过 10mm，横隔板钢筋错位不超过 20mm；不得出现预埋筋缺失情况；不得出现露筋现象。

### 6.1.7 凿毛拉毛

凿毛均匀，边线顺直，骨料外露；梁顶收浆压边整齐、不留死角，拉毛整体均匀，深浅适中。

## 6.2 评价单元

评价单元是单片梁。

## 6.3 评价时间

预制构件拆模 48h 后，至下道工序施工前。

## 6.4 检验方法

桥梁预制梁板外观质量评定采用扣分制，桥梁预制梁板外观质量评定检验方法及评价标准，见表 2。

表 2 桥梁预制梁板外观质量评分标准

项次	项目	扣分标准	标准分值	检查方法
1	颜色	颜色不一致、色泽不均匀、存在明显色差、光洁度不佳扣 1-5 分。	25	距离混凝土表面 1m 外观察
		存在污染、斑迹、冷接缝一处扣 1 分。		在 50cm×50cm 以内算 1 处
2	表面损伤	蜂窝面积 ≤10cm×10cm 一处扣 1 分；10cm×10cm < 蜂窝面积 ≤20cm×20cm 一处扣 4 分；20cm×20cm < 蜂窝面积 ≤30cm×30cm 一处扣 9 分；蜂窝面积 >30cm×30cm 蜂窝，表面损伤单项得分为 0。	25	——
		存在砂线、缺角、掉块、麻面、漏浆、刮痕、修补一处扣 1 分。		在 50cm×50cm 以内算 1 处
		出现收缩裂缝一处扣 1-5 分，出现严重裂缝（宽度超过 0.2mm）则表面损伤单项得分为 0。		——
3	表面气泡	气泡数量大于 30 个一处扣 0.5 分。	5	在 100cm×100cm 以内算 1 处

		最大气泡直径大于 5mm、深度大于 5mm 一个扣 0.5 分。		---
4	翼缘板线形	错台超过 5mm，直线度偏差大于 10mm 一处扣 1 分。	5	通长检查
5	平整度	混凝土表面突变、错台超过 3mm、缝宽超过 2mm、顶面平整度偏差大于 8mm 一处扣 1 分。	15	3m 直尺连续 5 尺
6	外露钢筋线性和位置	翼缘板环形筋错位超过 10mm、防撞墙预埋钢筋错位超过 10mm、顶板剪力筋错位超过 10mm、横隔板钢筋错位超过 20mm 一处扣 0.5 分。	15	翼缘板环形钢筋错位、防撞墙预埋钢筋错位、顶板剪力筋错位采用 3m 直尺连续检测 3 尺
		预埋筋缺失一处扣 1 分。		---
7	凿毛拉毛	凿毛范围不符合要求一处扣 3 分	10	---
		凿毛不均匀、边线不顺直、骨料外露不佳每个面扣 1 分，横隔板每个面扣 0.5 分。		每个面
		梁顶收浆压边不整齐、留有死角、拉毛整体不均匀、深度不满足要求一处扣 0.5-2 分。		---
合计			100	---

## 6.5 评定标准

6.5.1 桥梁预制梁板外观质量单项指标得分为单项标准分值-单项扣分值。

6.5.1.1 颜色单项外观质量评价得分按式 (6-1) 计算。

$$S_C = 25 - S_{CKL} \quad (6-1)$$

$S_C$  — 颜色单项评价项目得分；

$S_{CKL}$  — 颜色单项评价累计扣分值。

6.5.1.2 表面损伤单项外观质量评价得分按式 (6-2) 计算。

$$S_{SD} = 25 - S_{SDKL} \quad (6-2)$$

$S_{SD}$  — 表面损伤单项评价项目得分；

$S_{SDKL}$  — 表面损伤单项评价累计扣分值。

6.5.1.3 表面气泡单项外观质量评价得分按式 (6-3) 计算。

$$S_{SH} = 5 - S_{SHKL} \quad (6-3)$$

$S_{SH}$  — 表面气泡单项评价项目得分；

$S_{SHKL}$  — 表面气泡单项评价累计扣分值。

6.5.1.4 翼缘板线形单项外观质量评价得分按式 (6-4) 计算。

$$S_{LFP} = 5 - S_{LFPKL} \quad (6-4)$$

$S_{LFP}$  — 翼缘板线形单项评价项目得分；

$S_{LFPKL}$  — 翼缘板线形单项评价累计扣分值。

6.5.1.5 平整度单项外观质量评价得分按式 (6-5) 计算。

$$S_F = 15 - S_{FKL} \quad (6-5)$$

$S_F$  — 平整度单项评价项目得分；

$S_{FKL}$  — 平整度单项评价累计扣分值。

6.5.1.6 外露钢筋线性和位置外观质量评价得分按式 (6-6) 计算。

$$S_{ESWP} = 15 - S_{ESWPKL} \quad (6-6)$$

$S_{ESWP}$  — 外露钢筋线性和位置单项评价项目得分；

$S_{ESWPKL}$  — 外露钢筋线性和位置单项评价累计扣分值。

6.5.1.7 凿毛拉毛外观质量评价得分按式 (6-7) 计算。

$$S_{MPR} = 10 - S_{MPRKL} \quad (6-7)$$

$S_{MPR}$  — 凿毛拉毛单项评价项目得分；

$S_{MPRKL}$  — 凿毛拉毛单项评价累计扣分值。

6.5.2 桥梁预制梁板外观质量评定总得分按式 (6-8) 计算。

$$S_{PIB} = S_C + S_{SD} + S_{SH} + S_{LFP} + S_F + S_{ESWP} + S_{MPR} \quad (6-8)$$

$S_{PIB}$  — 桥梁预制梁板外观质量评定总得分；

## 6.6 PIB 评定等级

桥梁预制梁板外观指标评定划分为三个等级：A 级（优良），B 级（合格），C 级（不合格），见表 3。

表 3 桥梁预制构件外观质量总分评定标准

评价等级	A 级（优良）	B 级（合格）	C 级（不合格）
PIB 指标	≥85	≥75, <85	<75

注：总分不合格或单项（7 项）低于标准分值，则需返工处理。

桥梁预制梁板外观检查评分表

标段：

部位：

考评日期：

项次	检查项目	规定值或允许偏差	标准分值	检查情况	累计扣分	得分	备注
1	颜色	距离混凝土表面 1m 外观观察，颜色不一致、色泽不均匀、存在明显色差、光洁度不佳扣 1-5 分；存在污染、斑迹、冷接缝一处扣 1 分，在 50cm×50cm 以内算 1 处，超过部分进行折算。	25				
2	表面损伤	蜂窝：面积 ≤10cm×10cm 一处扣 1 分；10cm×10cm < 面积 ≤20cm×20cm 一处扣 4 分；20cm×20cm < 面积 ≤30cm×30cm 一处扣 9 分；蜂窝面积 >30cm×30cm 蜂窝，表面损伤单项得分为 0。存在砂线、缺角、掉块、麻面、漏浆、刮痕、修补一处扣 1 分，在 50cm×50cm 以内算 1 处，超过部分进行折算。出现收缩裂缝一处扣 1-5 分，出现严重裂缝（宽度超过 0.2mm）则表面损伤单项得分为 0。	25				
3	表面气泡	任何表面在 100cm×100cm 以内气泡数量大于 30 个，一处扣 0.5 分；最大气泡直径大于 5mm、深度大于 5mm 一个扣 0.5 分。	5				
4	翼缘板线形	错台超过 5mm，直线度偏差大于 10mm 一处扣 1 分。	5				通长检查
5	平整度	模板成型面突变、错台不超过 3mm、缝宽不超过 2mm；顶面平整度偏差不应大于 8mm；否则每处扣 1 分。	15				3m 直尺连续 5 尺
6	外露钢筋线形和位置	翼缘板环形钢筋错位超过 10mm、防撞墙预埋钢筋错位超过 10mm、顶板剪力筋错位超过 10mm、横隔板钢筋错位超过 20mm 一处扣 0.5 分。预埋筋缺失一处扣 1 分。	15				翼缘板环形钢筋错位、防撞墙预埋钢筋错位、顶板剪力筋错位采用 3m 直尺连续检测 3 尺

7	凿毛 拉毛	<p>凿毛范围不符合要求一处扣 3 分。</p> <p>凿毛不均匀、边线不顺直、骨料外露不佳每个面扣 1 分，横隔板每个面扣 0.5 分。</p> <p>梁顶收浆压边不整齐、留有死角、拉毛整体不均匀、深度不满足要求一处扣 0.5-2 分。</p>	10				
合计			100	/	/	/	/

仅供参考

**附录 F**  
**(规范性附录)**  
**凿毛分级评定**

1 凿毛宜满足下列要求

根据构件不同部位选择合适的凿毛方法，宜采用手持式电动凿毛机；凿毛前应确定凿毛范围（弹线法），除净保护层以外，其他范围均需凿毛；凿毛部位的混凝土表皮应全部清除形成毛面，并采用洁净水冲洗干净。

2 凿毛露骨率判定宜符合下列规定

凿毛质量以露骨率作为判定标准，三级及下列为不合格，应重新进行凿毛。大箱梁、节段梁、T 梁凿毛露骨率检测的测区宜为 20cm×20cm，每个测区划分 100 个 2cm×2cm 方格；小箱梁露骨率检测的测区宜为 10cm×10cm，每个测区划分 25 个 2cm×2cm 方格。露骨率=测区内含粗骨料方格数量/测区方格总数。

3 经现场实体凿毛露骨率数据统计，分别拟定大箱梁、节段梁、T 梁和小箱梁的凿毛露骨率判定标准（不同露骨率对应的外观质量可见附图）。

(1) 大箱梁凿毛露骨率判定标准：

I 级：露骨率为  $75% < X \leq 100%$ 。

II 级：露骨率为  $50% < X \leq 75%$ 。

III 级：露骨率为  $20% \leq X \leq 50%$ 。

(2) 节段梁凿毛露骨率判定标准：

I 级：露骨率为  $60% < X \leq 100%$ 。

II 级：露骨率为  $40% < X \leq 60%$ 。

III 级：露骨率为  $20% \leq X \leq 40%$ 。

(3) T 梁凿毛露骨率判定标准：

I 级：露骨率为  $70% < X \leq 100%$ 。

II 级：露骨率为  $40% < X \leq 70%$ 。

III 级：露骨率为  $20% \leq X \leq 40%$ 。

(3) 小箱梁凿毛露骨率判定标准：

I 级：露骨率为  $70% < X \leq 100%$ 。

II 级：露骨率为  $40% < X \leq 70%$ 。

III 级：露骨率为  $20% \leq X \leq 40%$ 。

**附录 G**  
**(规范性附录)**  
**节段梁线性控制措施**

**A 监控组织机构**

1 施工监控涉及业主、监理、设计单位、施工单位、监控单位等多个部门与单位。为保障施工控制工作的保质、保量、高效地完成，必须明确施工控制实施过程中的工作制度和组织制度。

2 组织体系一般如图 1 所示。

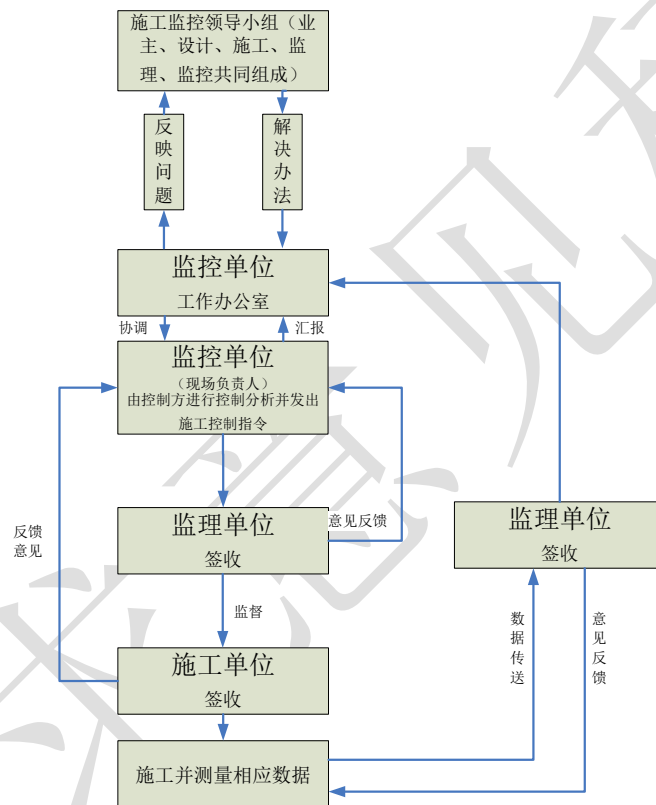


图 1 施工控制组织体系

3 各方职责如下：

(1)业主：对重大问题进行审核、监督。

(2)设计单位：核对理论结构最终内力状态和线形，参与重大施工方案讨论。

(3)施工单位：提供施工组织设计及进度安排、如有变更原定施工方案应及早提出；材料参数试验、施工荷载的调查；预制及安装节段测量，并提供测量数据至监控方；为现场测试提供便利。

(4)监理单位：签收施工监控指令，负责监督施工监控指令的实施。

(5)监控单位：编制施工监控方案及实施细则；识别参数误差，并进行有效预测，优化调整分析；发布监控指令；现场相关技术服务；竣工后提交施工监控总结报告。

(6)预制监控指令流转如图 2 所示。



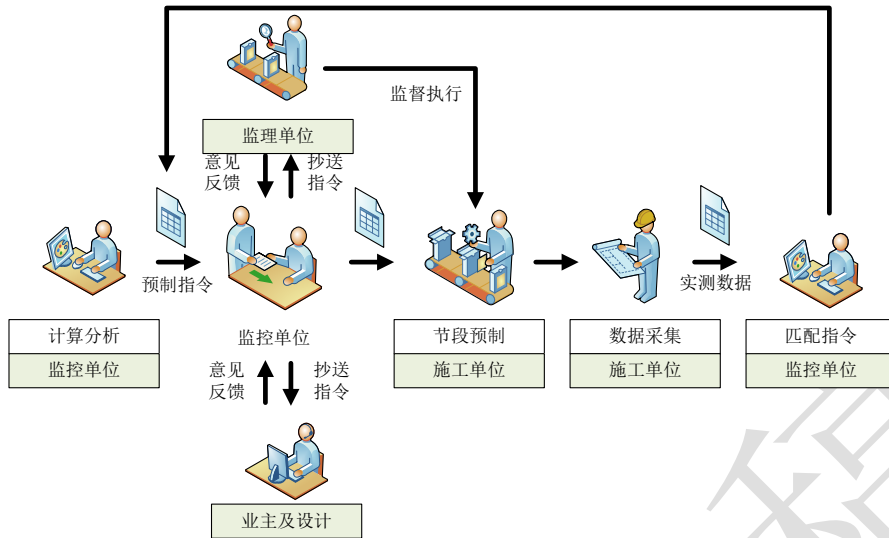


图 2 预制阶段信息传递流程

### B 监控方法

采用全过程自适应几何控制法，控制全面覆盖引桥节段预制、拼装全过程，践行几何控制法理念，在预制过程中通过精确控制结构构件无应力构型，实现精确控制引桥线形的目标，确保成桥后结构线形满足设计要求。

### C 监控程序

整个控制体系分为准备阶段、预制阶段、安装阶段共三个主要控制阶段。施工及控制流程如图 3。

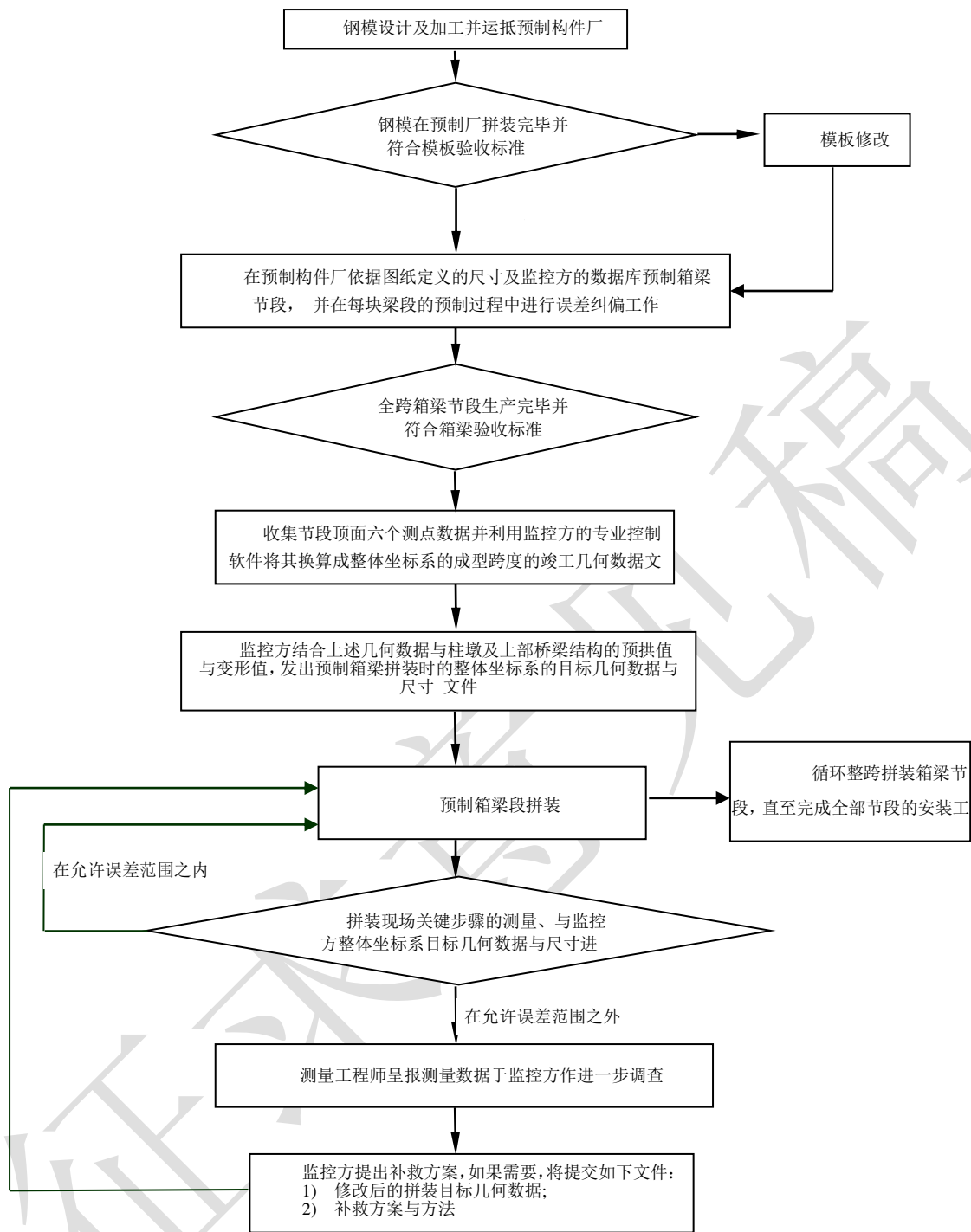


图 3 施工及控制流程

#### D 监控注意事项

1 现场测量人员在拿到指令调梁过程中，第一步应先测量固定端模的平面坐标及高程，在发现 Z1、Z2 高程发生变化时，必须采用 dz 加 Z1、Z2 的数据，不可直接使用 Z。

2 为使预制工作达到标准化并减少错误，应避免改变约定的监控流程。

(1) 监控数据库在项目开始前已建立，系统检查检查机制已经确立，预制工作中，不可随意更换首节段梁。更换首节段后数据需要人工检查，会增加错误的发生率。

(2) 统一首节段梁预制方案，过程中不得随意更改。如首节段里程方向错误，会导致整跨梁平曲线造成反向，统一方向可减少错误的发生几率。

3 预制工作具有重复性、持续时间长的特点，作业人员容易产生疲劳，易放松控制精度。施工过程中应加强监督，严格履程序，保持测量精度和调梁精度。

**附录 H**  
**(规范性附录)**  
**智能张拉、压浆设备评定**

1 预应力张拉和压浆应采用智能化张拉压浆设备。

2 智能化张拉设备的设备、数据管理系统和自动记录系统应符合以下要求：

(1) 张拉设备应包括千斤顶、油泵、压力表等设备。千斤顶应符合 JG/T 321 的相关规定，其最大公称输出力应为施工所需张拉力的 1.2 倍~1.5 倍。油泵应符合 JG/T 319 的相关规定，油泵内液压油应在累计使用 500h 后应更换一次。压力表应符合 JB/T 6804 的相关规定，其最大量程应为施工所需张拉力的 1.5 倍~2.0 倍，精确度等级应为 1.0 级。

(2) 数据管理系统应具有数据导出和网络上传(包括实时上传、每月上上传、汇总上传)等功能。

(3) 自动记录系统应能实时自动记录张拉油压或油缸顶压力、张拉伸长值、时间等数据；其技术参数应满足表1的规定。

**表1 智能化张拉设备自动记录系统技术参数精度要求**

项目	精度要求
张拉油压或油缸顶压力 (MPa)	≤0.1
张拉伸长值 (mm)	≤0.1
时间 (s)	≤1

(4) 智能化张拉系统应成套校正、检验和标定，合格后方可使用。

3 智能化压浆设备的设备、数据管理系统、自动计量设备和自动记录系统等应符合以下要求：

(1) 压浆设备应包括高速搅拌机、压浆机等设备，采用真空辅助压浆时还应包括真空泵。高速搅拌机的转速应不低于 1000r/min，搅拌叶的形状应与转速相匹配，其叶片的线速度宜为 10m/s~20m/s，且应能满足在规定的时间内搅拌均匀的要求；搅拌机出口应设置过滤网过滤，过滤网孔尺寸不应大于1.2mm×1.2mm。压浆机宜采用螺旋式可连续作业的压浆泵，其压力表应符合 JB/T 6804 的相关规定，最大量程应为实际施工所需压力的 1.2 倍~1.5 倍，精确度等级应为 1.0 级；压浆泵与预应力孔道压浆口之间的压浆管管路应采用硬管，管路之间应采用定型金属连接件连接。

(2) 数据管理系统应具有数据导出和网络上传(包括实时上传、每月上上传、汇总上传)等功能。

(3) 自动计量设备的称量精度应精确到±1%。

(4) 自动记录系统应能显示配合比、压浆日期、搅拌时间；自动记录压浆量、压浆压力、时间等数据，采用真空辅助压浆时还应包括真空度；其技术参数应满足表2的规定。

**表2 智能化压浆设备自动记录系统技术参数精度要求**

项目	精度要求
压浆量 (L)	≤0.5
压浆压力 (MPa)	≤0.01
时间 (s)	≤1
真空度 (MPa)	≤0.1

(5) 智能化压浆系统应成套校正、检验和标定，合格后方可使用。

4 智能化监控系统

(1) 预应力张拉压浆过程宜采用智能化监控系统。

(2) 智能化监控系统应包括网络体系设备、软件系统和视频监控系统。

(3) 网络体系设备应具备下列功能：

- a) 联网功能，能够通过系统连接到数据管理系统；
  - b) 实时接收数据功能，出现网络故障系统会发出数据接收超时警告；
  - c) 时钟校准功能；
  - d) 断点续传功能；
  - e) 数据校验功能；
  - f) 开机和关机请求功能；
  - g) 系统日志功能。
- (4) 软件系统应具备下列功能：
- a) 角色权限管理功能；
  - b) 用户管理功能；
  - c) 设备管理功能；
  - d) 日志管理功能；
  - e) 数据分析、查询和导出功能；
  - f) 提示与报警功能(包括在线状态提示、网络通讯异常报警、数据异常报警与消警)；
  - g) 发生报警时能在系统内发出报警通知并通过短信通知相关人员。
- (5) 视频监控系统应具备下列功能：
- a) 远程访问功能；
  - b) 多人能同时访问同一个监控点；
  - c) 不受地域所限；
  - d) 同一系统应当支持多种不同类型的监控设备，用户数、被监控点的数量可以增减；
  - e) 具备本地存储和网络存储功能；
  - f) 信息安全保密功能。