

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2024

城市轨道交通节段预制悬拼连续 U 形梁 施工技术规范

Technical specification for the construction of prefabricated cantilever
continuous U-shaped beams in urban rail transit sections

征求意见稿

(本草案完成时间：2024 年 5 月)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 III

引 言 IV

1 总则 1

2 规范性引用文件 1

3 术语 1

4 基本规定 2

5 节段梁预制施工 3

 5.1 预制梁场 3

 5.2 模板工程 4

 5.3 钢筋工程 5

 5.4 混凝土工程 6

 5.5 连续 U 梁预制施工 7

 5.6 U 形梁预制线形控制 9

6 节段梁的存储与运输 10

 6.1 一般规定 10

 6.2 存储 10

 6.3 起吊 10

 6.4 运输 11

7 节段梁拼装施工 11

 7.1 一般规定 12

 7.2 0#块施工 12

 7.3 节段梁拼装施工 12

 7.4 边跨现拼段施工 13

 7.5 合龙段施工 13

 7.6 节段梁拼装线形控制 14

8 预应力体系施工 14

 8.1 后张预应力施工 14

9 质量验收 15

 9.1 一般规定 15

 9.2 模板工程 15

 9.3 钢筋工程 16

 9.4 混凝土工程 17

 9.5 预应力工程 17

 9.6 节段拼装验收 18

参 考 文 献 20

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中建三局基础设施建设投资有限公司、河南工业大学、西南交通大学、武汉理工大学。

本文件主要起草人：朱海军、周胜强、贾瑞华、叶亦盛、刘开扬、茹启江、陈琳、赵胜阳、雷小雨、袁剑阁、任博、于志东、李金洲、张文萃、张方、朱晓伟、张迅、张锐、胡志坚。

引 言

在现代综合交通体系中，城市轨道交通扮演着举足轻重的核心支撑角色。但城市轨道交通建筑往往需要满足结构优美、混凝土品质高、施工对建设周围环境影响小等要求。节段预制拼装施工工艺，满足绿色建筑要求，适用于这种特殊的施工环境，在城市轨道交通的建设中发挥着重要的作用。但节段预制悬拼连续U形梁施工主要依靠经验积累，尚未形成科学、有效、针对性和实用性的施工控制成套关键技术。因此，制定一套系统的城市轨道交通连续U型梁的预制拼装施工、质量检验和验收标准，以规范行业应用并确保工程安全显得尤为重要。

本次标准的制定旨在规范城市轨道交通连续U型梁的基本规定、节段梁预制施工标准、节段梁的存储与运输标准、节段梁拼装施工标准、预应力体系施工标准以及质量验收标准，以期实现安全稳定、技术领先、经济合理和环保低碳的目标，更好地满足城市轨道交通节段预制悬拼连续U形梁施工及验收的实际需求。

城市轨道交通节段预制悬拼连续 U 形梁施工技术规范

1 总则

本文件规定了城市轨道交通节段预制悬拼连续U型梁施工技术的基本规定、节段梁预制施工、节段梁的存储与运输、预应力体系施工与质量验收等内容。

本文件适用于城市轨道交通节段预制悬拼连续U形梁施工及验收。

城市轨道交通节段预制悬拼连续U形梁施工及验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

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

GB/T 701 低碳钢热轧圆盘条
GB 1499.1 钢筋混凝土用钢第1部分:热轧光圆钢筋
GB 1499.2 钢筋混凝土用钢第2部分:热轧带肋钢筋
GB 50666 混凝土结构工程施工规范
GB/T 5223 预应力混凝土用钢丝
GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
JTG F90 公路工程施工安全技术规范
JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
T/CCTAS 101 铁路预应力混凝土桥梁智能张拉与压浆施工技术规范
TB/T 3192-2008 铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件
CJJ/T 111 预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工技术规范
CJJT 293-2019 城市轨道交通预应力混凝土节段预制桥梁技术标准

3 术语

3.1 节段 segment.

用于拼装主梁或桥墩的混凝土预制段

3.2 U 形梁 u-shape beam.

横截面为U形的下承式开口薄壁结构

3.3 短线法 short-line match method.

预制台座底模长度为一个节段长度，依此利用已预制完成节段作为后节段的一侧端模，固定端模作为另一侧端模，逐段预制的方法。

3.4 短线法节段三维线形控制 three dimensional linear control of segmental short-line method.

将节段预制桥梁成桥线形转换为预制阶段时间相对几何关系，在预制、架设过程中实现桥梁线形的精确测量和集合控制技术。

3.5 匹配浇筑 match cast.

利用已预制完成的节段作为相邻节段一侧端模的浇筑方式。

3.6 匹配节段 matching segment.

节段匹配浇筑时，作为一侧端模的已预制完成节段。

3.7 隔离剂 separant.

为便于匹配浇筑的相邻两个节段脱离，在节段匹配面上涂布的涂层。

3.8 悬臂拼装 balanced cantilever construction.

从桥墩开始，两侧对称拼装预制节段的施工方法。

3.9 胶接缝 epoxy joint.

混凝土预制节段结合面涂环氧树脂胶粘剂的拼接缝。

3.10 湿接缝 wet concrete joint.

混凝土预制节段结合面采用现浇混凝土形成的接缝。

3.11 剪力键 shear key.

预制节段梁混凝土结构接缝表面用于凹凸匹配拼合、承担剪力等作用的剁成键块和键槽。

3.12 临时预应力 temporary prestressing.

节段拼装过程中，结构永久预应力施工之前，为使相邻节段紧密连接而施加的预应力。

3.13 后张法 post-tensioning method.

先在制梁台座浇筑混凝土，待梁体混凝土达到规定指标后再张拉预应力筋以形成预应力混凝土构件的施工方法。

4 基本规定

4.1 基本规定节段梁的预制、存储、起吊与运输除应符合本规程外，尚应符合行业现行标准。

4.2 节段梁的拼装除应符合本规程外，尚应符合现行行业标准 CJJ/T 111 中 10.1 的规定。

4.3 节段梁预应力体系施工应满足 JTG/T 3650 中第 10 章的相关规定。

4.4 采用节段梁预制悬拼施工的质量验收除应符合本规程外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

4.5 连续 U 形梁节段预制悬拼施工流程如图 1 所示。

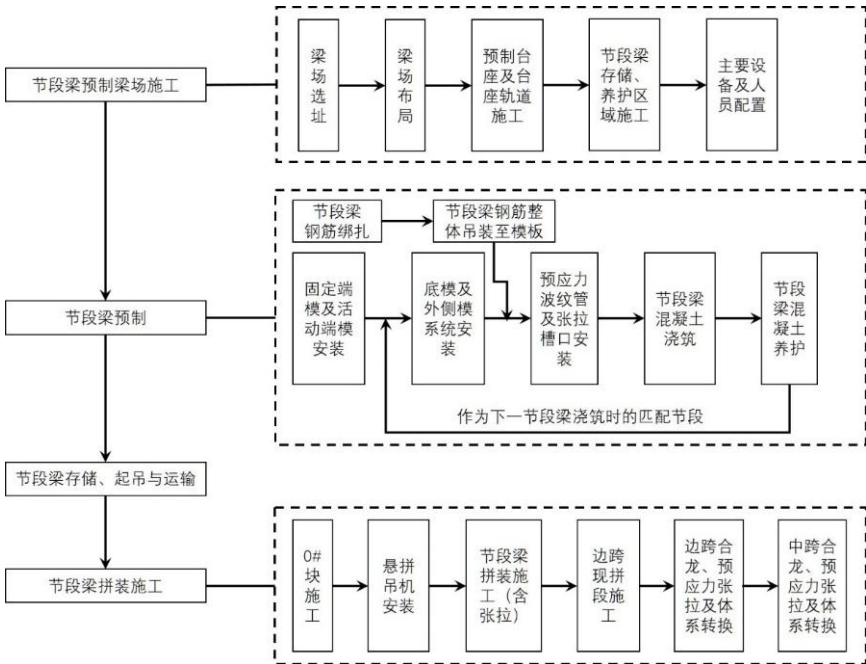


图1 城市轨道交通节段预制悬拼连续U形梁施工流程图

5 节段梁预制施工

5.1 预制梁场

5.1.1 一般规定

- 5.1.1.1 预制构件厂（场）场地选址应充分考虑施工材料和内、外运输条件。规划和布置应进行专项设计，体现工厂化生产、流水线制作，主要分生产区、办公区、生活区。场地地基承载能力应满足各功能区的使用要求。
- 5.1.1.2 钢筋骨架入模、模板安拆、构件吊运及拼装过程中，应设置作业警戒区。
- 5.1.1.3 灌浆套筒进厂安装前应对产品质量证明文件、灌浆套筒外观质量、尺寸和附属配件等进行检查。
- 5.1.1.4 半灌浆套筒中钢筋机械连接应符合 JTG/T 3650 中 4.3.4 的规定。
- 5.1.1.5 灌浆套筒或灌浆连接金属波纹管安装后、构件拆模后及灌浆套筒或灌浆连接金属波纹管灌浆前，应及时检查清理灌浆套筒或灌浆连接金属波纹管内腔，确保其洁净、通畅。
- 5.1.1.6 模板的拆除应符合 JTG/T 3650 中 5.5 小节的规定。
- 5.1.1.7 大型起重设备拆除与安装应编制专项施工方案，并由具备专业资质的单位实施。
- 5.1.1.8 施工准备应符合 JTG/T 3650 第 3 章的规定。
- 5.1.1.9 生产过程中剩余混凝土宜采用砂石分离设备、泥浆脱水设备进行处理，拌合站（楼）污水宜进行生化处理后循环利用。预制构件厂（场）内的排水宜采取四级沉淀处理，排放应符合环保要求。
- 5.1.2 预制构件厂（场）布局
 - 5.1.2.1 生产区应根据施工工艺划分功能区域，设置钢筋加工车间、钢筋骨架绑扎区、原材料（砂、石）存放区、钢模板安装区、立柱钢筋骨架和钢模板整体翻转区、混凝土拌合区、混凝土浇筑区、混凝土

土构件养护区、构件堆放及装车区、构件运输道路、污水处理区、场地排水处理区等。场地采用混凝土地坪，场地平整、排水通畅。

5.1.2.2 钢筋加工车间根据产量应进行专项规划和设计，分成钢筋原材料堆放区、半成品加工区、半成品堆放区、钢筋骨架制作区。半成品宜采用货架式管理，分类堆放、标识。

5.1.2.3 预制构件厂（场）地面积应根据构件生产量、工程进度、构件运输道路等因素综合考虑。

5.1.2.4 生产区四周设置测量控制点，建立生产区域的测量控制网，对各功能区进行沉降观测。

5.1.2.5 生产区布局应考虑高压线路、水气管道、弱电预埋管道、信息化管理系统的线路、施工及安全监控等。

5.1.2.6 预制构件应按吊装及安装次序进行堆放，并预留一定的吊运通道。

5.1.3 预制构件厂（场）台座应符合下列要求：

1) 构件预制台座：应进行专项设计。预制台座表面平整度 $\leq 2\text{mm}$ ，表面标高允许偏差为 $\pm 1\text{mm}$ ，沉降控制在 1mm/m 以内。

2) 立柱存放台座：不均匀沉降控制在 1mm/m 以内，盖梁预制区、堆放区总沉降量宜控制在 200mm 以内，如总沉降量超过 200mm ，应及时进行地基加固处理。

3) 立柱翻转台座：宜采用专用的钢模板翻转台座，翻转台座应进行专项设计。

4) 混凝土浇筑宜设置浇筑平台，浇筑平台应进行专项设计，浇筑平台与模板采用卡扣、螺栓等方式连接，并应符合JTG F90中5.2.5和5.4.7的规定。

5.1.4 人员配置应符合下列要求

1) 预制构件厂应根据预制生产过程科学合理的设置操作班组，各班组投入的顺序和时间应符合相应生产的流水节拍要求。职工定员应依据项目生产规模、岗位需要、正常生产确定。

2) 钢筋连接用套筒灌浆料作业人员应经过专业培训上岗，应由专业班组施工。

3) 预制构件厂应配备专职质量、安全、环保、文明生产管理人员，负责监督落实预制工厂质量、安全、环保、文明生产的各项措施。

4) 预制构件厂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。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，不能上岗作业。特殊工种应持证上岗，实行定岗定人制管理。

5.1.5 主要设备配备应符合下列要求：

1) 智能化张拉压浆系统应符合T/CCTAS 101的规定。

2) 混凝土拌合应采用环保型混凝土搅拌站，粉料输送宜采用低压输送系统减小粉料输送时噪音污染，砂石料输送宜采用砂石料自动输送系统，搅拌站应设置自动降尘系统。

3) 钢筋加工应采用智能数控设备。

4) 门式起重机宜采用定型的产品，起重量 300kN 及以上的起重设备安装工程应编制专项安装方案并经专家论证通过后方可实施，并应由相关机构专项检测，出具有效的安全合格证，且应安装监测系统，对设备运行状况及轨道沉降实时监测。

5) 构件的吊具、吊点、吊架等辅助生产工具应进行专项设计，并进行定期检查和维护。

5.2 模板工程

5.2.1 节段梁采用短线法预制整体，其模具系统应采用三维数字定位液压系统，能保证前后节段连接紧密，无漏浆。两节段连接处，接缝错落小于 $1\sim 2\text{mm}$ ；保证梁节段表面平整、美观、线条流畅。

5.2.2 应采用钢制模板，以确保足够的刚度及制梁的外观要求。

【条文说明】：U形梁固定端模具具有一定弧度，非工作状态时可采取平面放置，或采取固定措施，尽量避免竖直放置受到重力影响而发生变形。

5.2.3 模板的安装顺序为：底模安装、侧模安装、（吊入钢筋骨架）、内模安装。由于固定端模的位置是固定的，模板安装时，应测量校核其平面位置、水平度及垂直度。

5.2.4 安装固定端模时应注意以下 6 点：

- 1) 端模模面与待浇梁段中轴线垂直，且在竖向保持垂直。
- 2) 端模上翼缘要进行标高检测，确保其水平度。
- 3) 端模支撑必须牢固，模板自身具有足够的刚度。
- 4) 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，两个控制点应与两测量塔之间的测量基线重合。
- 5) 测量上、下两个中线控制点至测量基点的水平距离，并调整使其距离相等，确保竖向中轴线垂直。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梁段中轴线成 90° 。
- 6) 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。

5.2.5 底模应考虑设置为可调整标高，以适应桥面竖曲线的变化。

5.2.6 侧模在安装过程中应注意以下 3 点：

- 1) 侧模就位后通过精轧螺纹钢与预制台座板可靠连接。
- 2) 侧模与底圆弧段与直线段相接处的加工精度一定要确保，以保证该处过渡平顺，接缝严密。
- 3) 侧模与固定端模及匹配梁间的拼缝要严密，与匹配梁接缝间应设置止浆装置。

5.2.7 内模主要由顶板底模、腹板内侧模及角模组成，各模板之间采用螺栓连接，由可调撑杆支撑。整个内模系统固定在滑梁上，可由液压系统完成竖直方向伸缩及横向开启、闭合，并通过专用台车移动，利用卷扬机牵引。

5.2.8 模板结构设计应能够适应梁体纵向滑移要求，并能够抵御梁体纵向滑移产生的反力作用。

5.2.9 如有必要还应在对应于结构复杂部位的模板上设置预留窗孔，并在混凝土浇筑前将其有效封堵。

采用的模板剂应适合蒸汽养护工艺并保证外观质量要求

5.3 钢筋工程

5.3.1 一般要求

5.3.1.1 钢筋混凝土结构用钢筋的品种应符合下列现行国家标准的规定

- 1) 《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701
- 2) 《钢筋混凝土用钢第1部分:热轧光圆钢筋》CB/T 1499.1
- 3) 《钢筋混凝土用钢第2部分:热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2

5.3.1.2 钢筋必须按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收、分类堆放并设立标识。

5.3.1.3 普通钢筋、预应力钢材和锚具应按设计技术指标和型号进行采购，并按有关质量检验标准进行严格的检验。

5.3.1.4 钢筋的半成品加工及钢筋骨架制作应符合 JTG/T 3650 中第 4 章的规定。

5.3.2 钢筋加工

5.3.2.1 钢筋在加工弯制前应调直，并应符合下列规定

- 1) 钢筋表面的油渍、漆污、水泥浆和用锤敲击能剥落的浮皮、铁锈等均应清除干净。
- 2) 钢筋应平直，无折曲。
- 3) 加工后的钢筋表面不应有削弱钢筋截面的伤痕。

4) 钢筋的弯制、末端的弯钩应符合设计要求, 如设计无规定时, 应符合现行行业标准TB 10424的规定。

5) 钢筋加工的允许偏差应符合表1的规定。

表1 钢筋加工允许偏差

序号	项目	允许偏差(mm)	
		L≤5000	L>5000
1	受力钢筋顺长度方向的全长	±10	±20
2	弯起钢筋的弯起位置	±20	

5.3.2.2 接头应采用机械连接或电弧焊连接, 宜以机械连接为主。

5.3.2.3 受力钢筋接头应符合现行行业标准 JTG/T 3650 中 4.3.4 的规定, 且接头布置应符合设计要求。

5.3.2.4 改变钢筋级别、直径、焊条型号或调换焊工时, 应预先用相同材料、相同焊接条件和参数进行试焊, 合格后方可进行施焊。

5.3.2.5 不同钢厂生产的不同批号、不同外形的钢筋相互之间或与预埋件(钢板、型钢、预留钢筋)焊接时, 应预先进行焊接试验, 经检验合格后, 方可正式施焊。

5.3.3 钢筋安装

5.3.3.1 钢筋骨架宜先行在专用胎架上制作, 制作完成后采用专用吊具整体安装。钢筋骨架应有足够的刚度, 必要时可补入辅助钢筋或在钢筋的某些交叉点处焊牢, 但不得在主筋上引弧。

5.3.3.2 应在钢筋与模板之间放置垫块, 垫块高度应满足设计保护层要求, 垫块的强度及耐久性不应低于梁体混凝土的设计强度和耐久性。垫块应以梅花形分散布置, 不低于 4 个/m², 不应贯穿保护层。

5.3.3.3 钢筋骨架在运输、安装和浇筑混凝土过程中不得有变形、开焊或松脱现象, 并应符合下列规定:

1) 钢筋的交叉点应采用铁丝绑扎牢固;除设计有特殊规定外, 箍筋应与主筋垂直布置, 末端钢筋应向梁内侧弯曲。

2) 结构或构件拐角处的钢筋交叉点应全部绑扎;中间平直部分的交叉点可交错绑扎, 但绑扎的交叉点应占全部交叉点的50%以上;绑扎钢筋的铁丝丝头不应进入混凝土保护层内。

3) 根据安装需要可配以必要的架立钢筋。

4) 如因浇筑或振捣混凝土需要, 可对钢筋间距作适当调整。

5) 施工中如发生钢筋空间位置冲突, 可适当调整其布置, 但应确保钢筋的根数和净保护层厚度。

5.4 混凝土工程

5.4.1 混凝土制备

5.4.1.1 原材料贮存、降温要求:

1) 应对水泥、砂、石的贮存仓、料堆等进行遮阳防晒处理, 或在砂石料堆上喷水降温, 以便降低原材料进入搅拌机的温度。

2) 应采用冷却装置冷却拌合水, 并对水管及水箱加遮阳和隔热设施, 也可在拌合水中加碎冰作为拌合水的一部分。

3) 水泥进入搅拌机的温度不宜大于50℃。

5.4.1.2 混凝土配合比设计应考虑坍落度损失。

5.4.1.3 搅拌站料斗、储水器、皮带运输机、搅拌机采取遮阳措施, 缩短搅拌时间。

5.4.1.4 混凝土宜选用水化热较低的水泥。

- 5.4.1.5 当设计未规定时,混凝土的入模温度不得高于 30℃。
- 5.4.1.6 宜采用混凝土运输搅拌车运输混凝土,混凝土运输容器应设防晒设施。运输混凝土过程中应慢速搅拌混凝土,不得在运输过程加水搅拌。
- 5.4.1.7 现浇混凝土若采用泵送混凝土,塌落度不大于 16cm。

5.4.2 混凝土浇筑

- 5.4.2.1 热期浇筑混凝土前,应作好充分准备,备足施工材料和设备,保证连续浇筑。
- 5.4.2.2 混凝土浇筑宜选在一天温度较低的时间内进行。
- 5.4.2.3 浇筑场地应遮荫,以降低模板、钢筋的温度;也可在模板、钢筋上喷水降温。
- 5.4.2.4 混凝土下料应均匀,并按一定厚度、顺序和方向分层浇注,分层厚度不宜小于 200mm,不宜大于 300mm;
- 5.4.2.5 混凝土入模温度不宜大于 32℃;在热期施工,混凝土应在夜间浇筑入模温度应控制在 30℃以下。
- 5.4.2.6 浇注过程中应严格控制混凝土塌落度。混凝土的浇注时间不应超过混凝土的初凝时间。
- 5.4.2.7 混凝土应振捣密实。混凝土振捣应采用插入式振捣器。侧模及底模可按需设置附着式振捣器插入式振捣器应避免碰及管道、剪力键等各类预埋件;

5.4.3 混凝土养护

- 5.4.3.1 蒸汽养护混凝土升温速度应小于 20℃/小时。如果养护开始时的初始环境温度低于 10℃,则初始升温速率应控制在 6℃/小时以内,直至 10℃。混凝土达到设计要求的强度时,可以开始降温。降温速度小于 30℃/小时。
- 5.4.3.2 蒸汽分布应该均匀,但不得直接喷射在混凝土表面。蒸养空间应完全密闭,且应在混凝土浇筑完成后立刻安装。
- 5.4.3.3 蒸养期间应对环境温度、混凝土表面和内部温度进行连续监控,并相应调节蒸汽气流。
- 5.4.3.4 混凝土试块应与主梁进行同条件养护,应将试块进行覆盖,避免水分蒸发。
- 5.4.3.5 混凝土拆模时,芯部混凝土与表层混凝土之间的温差、表层混凝土与环境之间的温差均不得大于 15℃。

5.5 连续 U 梁预制施工

5.5.1 一般规定:

- 5.5.1.1 施工时注意各种附属结构工程施工的先后顺序,注意预埋件的埋设。预埋件应按图纸要求进行尺寸及外观检查,准确定位后再进行施工,施工过程中需不断检查和校正。
- 5.5.1.2 施工时注意各种专业之间的配合,由于需要预埋件种类和数量比较多,U 梁在正式浇筑前,施工单位要对所施工的梁段应布置的预埋件数量和种类进行仔细校对,准确确定后再开始进行下一步施工,施工过程中发生偏位应随时监督调整。
- 5.5.1.3 支座及伸缩缝需在生产厂家的技术指导下安装。
- 5.5.1.4 需要进行焊接的预埋件经焊接后,要按图纸中的设计要求做好防腐涂装。
- 5.5.1.5 所有预留孔(设备专业安装完成后不利用的孔洞)包括吊装孔,采用微膨胀混凝土进行封堵。
- 5.5.1.6 U 箱连续梁应进行现场荷载试验检测,确定 U 箱连续梁实际受力是否与计算一致。

5.5.1.7 施工弃土、废料要及时妥善处理，运土汽车应加盖棚布，以防尘土扬洒。淤泥渣土外运应按地方法规采用专用车辆运输，并尽快运到淤泥渣土排放场，严禁乱取乱弃，破坏自然环境，严禁弃土堵塞河道。

5.5.1.8 施工期间，噪声应满足现行 GB 12523 的要求，为减少工程施工噪声、振动对环境的影响，应采取以下有效措施：

- 1) 合理安排施工时间，尽量避开居民休息时间；
- 2) 限制夜间进行强噪声、振动污染严重的施工作业，并做到文明施工；
- 3) 施工车辆，特别是重型车辆的运行途径，应尽量避免噪声敏感区；
- 4) 将施工现场的固定噪声源相对集中；
- 5) 施工机械尽量采取液压设备。

5.5.1.9 施工过程中应尽量减少对周围自然环境的破坏，施工临时用地，完工后要恢复本来面貌，施工过程中破坏的既有路面、绿化、植被及地表径流路径，在施工结束后应恢复完好。

5.5.1.10 施工时须严格按照国家、省市有关环境保护及劳动安全卫生条例执行。

5.5.2 根据预制场地情况和工期安排，确定底模数量。节段预制采用连续浇筑法，即依次浇筑相邻节段，一端采用固定端模，已浇筑好的节段为相邻浇筑节段的端模。

5.5.3 为了适应各梁段内腔尺寸的变化及方便装拆操作，内模设计成小块的组合模板，组合模板分为标准块和异型块，根据各梁段预制需要进行组合。

5.5.4 墩顶块和每跨起始梁段预制时，两端均需固定端模和移动端模，其他梁段的端模为固定端模和匹配梁段的端面。

5.5.5 在节段预制过程中，因截面变化导致剪力键数量及位置变化，固定端模上对应剪力键应设置为螺栓固定，便于拆卸。

5.5.6 当剪力键与预应力管道位置冲突时，可适当调整剪力键位置。

5.5.7 预制节段时，接缝间必须涂满隔离剂，以利于节段脱离。

5.5.8 模板脱模剂选用优质液压油，并视其粘度及气温条件掺入适量的柴油。

5.5.9 节段预制应注意设置支座预埋件、伸缩缝预埋件、护栏锚固钢筋及其他附属设施的预埋。

5.5.10 节段预制时应注意预留预埋体内预应力管道、节段临时预应力锚固齿块及吊点等孔洞。

5.5.11 振捣人员应预先熟悉波纹管和钢筋骨架的情况，选择合适振捣器，严禁振捣棒触碰波纹管。

5.5.12 混凝土浇筑前应仔细检查保护层垫块的位置、数量和紧固程度。绑扎垫块和钢筋的铁丝头不得伸入保护层内。为保证钢筋定位准确，宜采用定形生产的纤维砂浆垫块。

5.5.13 在预制时，混凝土浇筑通过 20t 龙门提升料斗供料，分层对称灌注，每层层厚不大于 30cm，采用 B50 振捣棒（振捣范围 250mm）进行振捣。

5.5.14 布料先从两侧腹板对称进行，将底板尚有空隙的部分补齐并及时抹平，最后浇注顶板混凝土。

5.5.15 底板浇筑时采取中央往两侧浇注。浇注腹板时，适当降低混凝土坍落度 1~2cm，但应保证设计要求的混凝土坍落度，以防止混凝土向底板上翻。

5.5.16 为达到混凝土外观质量要求，在侧模和底模上浇注过程中应加强振捣，侧模位置加附着式振捣器，以保证出模梁段表面光滑平整。

5.5.17 混凝土灌注过程中，应避免振捣器碰撞预应力波纹管和预埋件等，应检查模板、管道、锚垫板和支座预埋件，保证管道位置准确。

- 5.5.18 混凝土浇注到设计标高后必须及时进行收浆抹面。初凝前进行二次收浆并做压光处理。
- 5.5.19 由于箱梁采用斜腹板，腹板底部应安装附着式振动器辅助振捣。
- 5.5.20 对于有底板锚固块的梁段，需特别注意底板锚固块内混凝土的振捣，确保该位置混凝土密实。
- 5.5.21 顶板混凝土由中间向两侧连续浇筑，采用插入式振捣器振捣。
- 5.5.22 混凝土浇筑时两侧均匀布料，严格控制分层厚度在 30cm 以内，振捣时严格按“快插慢拔”的技术要领操作，并注意观察混凝土表面气泡排出情况，掌握好振捣时间，确保混凝土密实。
- 5.5.23 在混凝土浇筑过程中，严禁振捣棒直接碰撞波纹管、预埋管、预埋件，防止预留预埋管件变位。同时注意布料时严格控制下料速度，防止混凝土对预留预埋管件造成过大的冲击。
- 5.5.24 预制节段应注意模板表面处理。混凝土浇筑完毕，应采用可靠措施及时予以养护，避免水分的蒸发，以确保质量。混凝土湿养护最低期限应满足 GB 50666 中 8.5.2 的规定。
- 5.5.25 U 形梁节段的起吊、搬移、堆放必须符合设计要求，吊装设备在开始吊装前应进行吊装试验。梁节段吊装、运输时应特别注意保护剪力键以免损伤，并确保梁体运输及安装时的稳定性。
- 5.5.26 预制节段的存梁期应在 1 个月以上至 3 个月以下。
- 5.5.27 节段两侧端部的箍筋在满足最小保护层厚度的要求下尽量靠近端部。

5.6 U 形梁预制线形控制

- 5.6.1 节段预制场地内应建立导线控制网和水准控制网，应设置测量塔、标靶和固定水准点。测量控制点应远离热源和振动源，并应配备备用的测量控制点。
- 5.6.2 短线法节段预制应根据理论六点坐标，按精密测量要求进行三维线形控制。
- 5.6.3 短线法测量控制系统主要由 4 部分组成，具体如下：
- 1) 设置在一个永久性强制对中观测墩上的精密测量仪器和一个永久性的后视站标组成的中线控制系统控制桥梁的水平曲度；
 - 2) 由观测台座组成的具有一定稳定程度的高程控制系统控制桥梁的垂直曲度；
 - 3) 由水平和高程基准点、测量台座及制梁台座上的观测点构成的监测网；
 - 4) 配备能满足预制梁所需精度的测量仪器。
- 5.6.4 对新浇筑的节段梁测量控制工序应按照调整匹配梁的位置、合侧模后的测量检查、混凝土灌注前的测量检查、埋设测量钉、混凝土初凝数据采集、运行数据处理、调整刚灌注节段梁的匹配位置的顺序进行。
- 5.6.5 预制混凝土节段箱梁的测量和控制应满足以下规定：
- 1) 混凝土浇筑前应对模板的空间位置、模内尺寸进行复核验收。
 - 2) 预制前，应确定各拼装节段的理论预抛高。
 - 3) 采用短线法施工时，应根据理论计算值和已浇筑完节段的实测成果修正后续节段的空间姿态与尺寸。
 - 4) 应做好测量控制用预埋件的防护。
- 5.6.6 匹配梁段定位步骤如下：
- 1) 测量人员根据新浇梁段测量的数据以及新浇梁段与匹配梁段相互位置关系，通过专业程序计算出下一梁段预制时新浇梁段作为匹配梁段所应处的位置；
 - 2) 测量人员提供匹配梁段匹配面与固定端模的位置距离；
 - 3) 现场施工技术人员根据测量人员提供的数据，对匹配梁段实行初步定位；

- 4) 测量人员观测匹配梁段，指挥人员操作底模台车上的油压千斤顶进行纵、横向及水平标高精确定位；
- 5) 定位后旋下底模上的四个螺旋撑脚,并使其受力,卸落底模台车千斤顶,完成受力支点的转换；
- 6) 复测匹配梁段控制点坐标，并输入数据至监控程序，精度达到要求并通过误差校核则合拢侧模，如达不到要求，则顶升千斤顶重新定位，直至达到要求。

6 节段梁的存储与运输

6.1 一般规定

- 6.1.1 存放时的最大悬臂长度应满足设计要求。
- 6.1.2 未经设计允许，不得进行重叠存放。
- 6.1.3 存储、起吊和运输时，应保证梁每支点实际反力与四个支点的反力平均值相差不超过±10%或四个支点不平整量不大于 2mm。

6.2 存储

- 6.2.1 根据起重吊装工程安全技术规范，混凝土构件堆放高度，节段梁不宜超过 2 层。
- 6.2.2 存储台座应坚固稳定，并应附设必要的排水设施，保证梁在存放期间不受损坏。
- 6.2.3 梁段在制梁场内运输、存梁及出场装运时的梁端容许悬出长度应符合设计要求。
- 6.2.4 节段在预制场地内存放应符合下列规定：
- 1) 存放场地应平整、排水畅通，地基应满足承载力和稳定性的要求。
 - 2) 临时支座应与存放节段的底表面吻合，且临时支座与节段底表面间应设缓冲层。
 - 3) 宜在节段的内表面设置有效的编号和浇筑日期标识。
 - 4) 多层堆放节段的支点位置设置应符合结构安全的要求。
 - 5) 节段出场外观质量标准应符合表2的规定。

表 2 外观质量标准

序号	检验项目		允许偏差 (mm)	检验频率	
				范围	点数
1	混凝土抗压强度		在合格标准内	每个节段	-
2	顶部表面平整度		5		4
3	长度		0 -2		3
4	断面尺寸	宽度	+5 0		2
		高度	±5		2
		壁厚	+5 0		8
5	剪力键	位置	2	每个剪力键	1
		平面高差	2		1

6.3 起吊

- 6.3.1 起重设备及操作人员应按要求进行检测、备案及进场报验等工作，合格后方可作业。
- 6.3.2 节段梁吊运或运输时，严禁在梁上堆放各种重物；起吊或运输前预应力管道压浆强度应符合设计要求或不低于 40MPa。

- 6.3.3 节段梁在制梁场内运输、起落梁和出场装运、落梁均应采用联动液压装置或三点平面支撑方式。
- 6.3.4 提梁机应有专人开车，司机应经过专业培训，熟悉本机的结构特点和操作方法，并经考试合格后发给合格证书，才允许开车。
- 6.3.5 严禁非提梁机司机驾驶提梁机。
- 6.3.6 司机工作时，只听地面上专门人员指挥（并且只能有 1 人指挥），但是无论什么人发出停车信号时均应停车，查明情况再开车。
- 6.3.7 每日每次开车前，必须检查所有机械和电器设备是否良好，操作系统是否灵活，并按规定对设备进行保养和润滑。
- 6.3.8 每班第一次吊运物品以使吊运接近额定负荷的物品时，司机应先将重物起重至不超过 0.5m 高度，然后下降到接近地面时制动。
- 6.3.9 禁止提梁机超负荷作业。
- 6.3.10 禁止提梁机倾斜吊运物品。
- 6.3.11 提梁机吊运物品时，应鸣铃让人躲开或绕开，禁止从人头顶通过，开车前必须发出开车警告信号。
- 6.3.12 禁止人随物品一起升降。
- 6.3.13 不允许长时间吊重于空中停留，提梁机吊装重物时，司机和地面指挥人员不得离开。
- 6.3.14 交接班时，两个班的司机应共同检查全机的机械设备和电器设备情况，并填写司机日表。
- 6.3.15 检查时应切断电源，且挂“有人检修”的牌子，以免误开车造成重大事故。
- 6.3.16 提梁机工作完毕后，开到指定地点，将所有手柄均转到零位，切断电源。
- 6.3.17 突然断电时，要将主电路开关切断，将所有控制器手柄转至零位。
- 6.3.18 禁止六级以上风力工作。
- 6.4 运输
 - 6.4.1 当运输节段时，应根据节段重量和尺寸选择能满足道路运输条件的运输设备。
 - 6.4.2 运输节段的车辆应安装警示灯，并应悬挂警示标志。
 - 6.4.3 运输工具的载货平台上应设置节段的临时支点，节段应安放平稳。载货平台上应采取限制节段纵横向移动的措施。横向限位装置宜设置在节段的腹板外侧。
 - 6.4.4 节段梁在公路运输前，应提前规划运输路线，运输道路必须平整坚实，经常维修，并有足够的路面宽度和转弯半径。
 - 6.4.5 节段梁公路运输工程中应根据实际情况控制行车速度，转道路口应注意道路上的来往车辆，道路拐弯必须降低车速，严禁突然加速或紧急刹车的情况出现。
 - 6.4.6 注意运输沿途上空有无障碍物，若不能满足车辆顺利通过，应及时采取措施。
 - 6.4.7 叠放在存梁场台座上的节段梁之间的垫木要在同一条垂直线上，且厚度相等。
 - 6.4.8 根据吊装顺序，先吊先运，保证配套供应。
 - 6.4.9 节段梁进场应按架梁计划进行堆放，以免二次倒运。

7 节段梁拼装施工

7.1 一般规定

7.1.1 节段梁安装采用悬臂拼装施工，根据设计分段长度、梁段重量、外形尺寸、断面形状及各种施工荷载。

7.1.2 施工前悬拼吊机设备要进行必要的荷载试验。

7.1.3 节段的提升应缓慢、匀速。

7.1.4 节段和提升附属装置的总重量应在起重设备的安全范围内。

7.1.5 节段悬吊体系及装置的安全系数不应小于 2.0。

7.1.6 悬挂状态下的节段之间应采取防止碰撞的保护措施。

7.1.7 悬拼吊机移位前要检查后锚精轧螺纹钢锚固位置以及后锚点外露丝杆长度是否大于 3 丝。

7.1.8 悬拼吊机天车系统中精轧螺纹钢上下部均必须使用双螺母，螺纹钢露出螺母长度不少于 40mm。

7.1.9 节段梁起吊需要旋转时，人力推动节段梁旋转 90°，整个旋转过程应缓慢、平稳；旋转 90° 后及时安装旋转吊钩组上的防转螺栓，防止提梁过程中节段梁自由旋转。

7.2 0#块施工

7.2.1 0#块节段拼装连续梁的施工总体步骤如下：

1) 待墩身完成浇筑后，搭设墩顶 0#块现浇支架，完成墩顶 0#浇筑。

2) 墩顶 0#块浇筑完毕后，拆除墩顶相关支架，完成体系转化，使墩顶 0#块支撑在钢管混凝土柱上，0#块临时固结；利用汽车吊安装悬拼吊机，并进行检查、载荷试验。

7.2.2 0#块结构的受力较为复杂，钢筋密集，为确保结构强度和防止有害裂缝出现，0#块应一次浇筑完成。浇筑时需采取必要的措施控制混凝土的水化热。

7.2.3 在顶板浇筑后，应切实注意 0#块内外的养护，加强内部通风降温，以避免内外温差造成混凝土开裂。

7.3 节段梁拼装施工

7.3.1 劲性骨架施工：待 1#块起吊定位完成后，锁定悬拼吊机升降系统，进行劲性骨架安装。

7.3.2 吊机具有足够的刚度，并在使用前进行试压，测定挠度和强度，在满足使用要求后、才能允许使用，以免因吊机变形较大而导致节段结合面开裂。

7.3.3 上部结构采用悬拼吊机逐段施工，在拼装过程中，应遵循对称、均衡、同步的原则进行施工，最后合龙中跨，形成连续结构，其两端允许的不平衡重量最大不得超过一个梁段的底板自重。

7.3.4 节段的提升应缓慢匀速进行，提升速度宜控制在 2m/min 内，每次起吊梁段时，都应在吊起约 20cm 后暂停，检查吊点及悬拼吊机情况后方可继续。

7.3.5 体内预应力管道采用预埋波纹管成孔，在拼接时需妥善处理孔口，可粘结一块厚约 10mm 的经环氧树脂浸泡过的海绵垫圈或其他可靠措施，以防止压浆时漏浆及匹配面处串孔、堵孔现象。

7.3.6 匹配面涂环氧树脂作为粘结剂，环氧树脂粘结剂的配合比，配置方法、物理力学性能以及固化时间等应由施工单位根据不同的温度等作业文件做相关试验后确定。

7.3.7 胶结强度不低于梁体混凝土强度的相应指标，初步固化时间应大于 2 小时，并在 24 小时内完全固化达到胶结强度，确保涂胶、加压等工序在固化前完成。

7.3.8 涂胶的混凝土表面温度不宜低于 5℃，厚度控制在 2~3mm，接缝面涂胶时应自下而上，快速

均匀进行,涂胶应采用双面施工,且不出出现断胶现象。

7.3.9 涂环氧树脂的接合面应清理干净,任何情况下不得有油脂,并清除表面浮浆。

7.3.10 预应力管道必须按给定的坐标定位,直线段 0.5m 设一道定位筋,曲线段适当加密为 0.25m。管道的连接必须保证质量,应杜绝因漏浆造成预应力管道堵塞。

7.3.11 节段拼装时的临时预压力可采用预应力钢绞线张拉予以施加。施加预压力以保证节段拼装时接缝最小压应力不小于 0.3Mpa,应力差不应超过 0.5MPa;拼装时要采取措施使相邻两节段正确对位,拼装前应进行试拼以调整施工误差。

7.3.12 预应力钢束张拉应严格按照本设计提供的张拉顺序和张拉控制力及有关要求进行。预应力钢束在同一截面的断丝率不得大于 1%,而且限定一束钢绞线不得断丝大于 1 根。

7.3.13 体内预应力钢束张拉完成后,应在 24 小时内进行压浆,并保证压浆质量。正式压浆前,必须检查管道畅通和渗漏情况,压浆时,若从一端压不通,及时处理,严禁从另一端进行补压。纵向钢束采用真空压浆工艺。压浆过程中不得污染连续 U 梁表面。

7.3.14 逐跨拼装架桥机应悬挂不小于整跨最大架设重量 1.1 倍的荷载。

7.4 边跨现拼段施工

7.4.1 边跨现拼段连续梁的施工总体步骤及要求如下:

1) 边跨现拼段地基施工,地基承载力应满足设计要求,对于地基承载力较差的区域需进行换填,换填后地基承载力仍应满足设计要求。

2) 边跨现拼段基础施工,基础宜采用钢筋混凝土扩展基础,混凝土宜按台阶分层设计,每层厚度宜为 300mm~500mm。基础的混凝土强度等级不应低于 C25,受力钢筋最小配筋率不应小于 0.15%。

3) 边跨现拼段宜采用少支点临时支架支撑,为防止边跨现拼段节段梁架设过程中产生倾覆现象,需对钢管柱与墩柱之间,每隔不超过 4m 设置一道抱柱。

4) 使用起重设备进行边跨现拼段吊装至少支点临时支架上,边跨现拼段起吊 100~150mm 后,应停车制动 3-5 分钟,确认良好后方可继续起吊。

7.5 合龙段施工

7.5.1 中跨合龙段湿接缝段采用定位装置将两侧梁段连接后进行浇筑。焊接定位装置时在预埋件周边混凝土上遮盖湿布或湿麻袋浇水降温,避免烧伤混凝土。

7.5.2 连续 U 梁采用先边跨后中跨的合龙顺序,合龙施工采用劲性骨架装置。

7.5.3 合龙段混凝土应采用早强微膨胀混凝土,控制混凝土初凝时间在 4-6 小时内,终凝时间 10 小时以内,72 小时强度达到 80%。设计强度 80%后及时张拉部分纵向预应力钢束。

7.5.4 在合龙段浇筑后张拉前应避免气温骤降的寒潮天气。合龙应尽量避免大风季节。

7.5.5 选择合理的浇筑时间,应在晚上 12 点以后温度稳定时间内浇筑,以达到低温合龙的目的。加强混凝土的养护,保持连续 U 梁混凝土的潮湿,适当降低合龙段以外连续 U 梁顶面由于日照引起的温度差。

7.5.6 施工中因施工所需开设的孔洞,均应征得设计单位的同意。应特别注意预埋件的埋设,确保不遗漏,确保尺寸及位置的准确性。除本设计图纸绘出的预留、预埋件外,其他部分的预留预埋参见有关设计文件。所有施工预埋件在施工完成后应予割除,恢复原状,并注意防锈和美观。

7.5.7 为了使桥梁外观颜色一致，要求连续 U 梁及墩身采用同厂家、同品种水泥。

7.5.8 桥面铺装施工前，应对桥面板进行浮浆和油污处理，及时发现基层的一些缺陷，及时采用裂缝封堵剂等进行裂缝处理。桥面板处理完成后进行桥面防水粘结层及铺装层施工。

7.5.9 在每一梁段施工过程中，如果出现六级风以上预报应立即停止施工，并使两悬臂端不出现不平衡荷载，还应采取措施确保吊机的牢固性。

7.6 节段梁拼装线形控制

7.6.1 预制节段拼装过程测量工作应符合下列规定

- 1) 节段定位调整时，独立测量不宜少于2次，测量误差不宜大于1mm；
- 2) 节段定位调整时，应测量拼装节段和前一节段定位点高程和平面坐标；
- 3) 临时束张拉完成后，应及时测量节段定位点高程和平面坐标；
- 4) 体外束张拉前和张拉后，应测量所有节段定位点高程及平面坐标。

7.6.2 节段梁拼装时轴线和高程控制应满足下列规定

- 1) 0#块经过反复测量定位与调整，各轴线精度严格控制在3mm以内。
- 2) 拼装节段高程和轴线偏差应控制在10mm以内。将上一节段梁的高程及轴线偏位与设计值进行核验，对比线差标准，判断是否需要在本节段梁进行线形的控制调整。采用的限差标准为控制标准的1/2，均为5mm。若本节段符合限差标准，采用常规线形控制标准，正常进行后续节段梁的拼装施工；若本节段不符合限差标准，需进行误差分配调整分析，再根据分配结果进行线形调整。
- 3) 对于首节段线形控制，应提高标准，轴线允许误差为同向1mm以内，高程允许误差为同向2mm以内。按照先左右高程复核调整，再中心轴线复核调整的顺序反复进行，确保首节段梁的高程及轴线偏位在标准范围内。

7.6.3 节段梁拼装时，梁段的几何误差超过 7.6.2 规定的允许误差，采用在已拼装梁段端部的不同位置加垫环氧树脂垫片进行调整。

- 1) 安装时高程控制点误差超出允许范围，则采取在梁端上缘或下缘垫环氧垫片的方法进行调整。
- 2) 安装时平面控制点误差超出允许范围，则采取在梁段左侧或右侧垫环氧垫片的方法进行调整。

8 预应力体系施工

8.1 后张预应力施工

8.1.1 千斤顶，油压表应配套使用，使用前应重新经过校正标定，油压表精度等级不低于 1.0 级，千斤顶加荷及卸荷必须平稳均匀，缓慢，注意安全。

8.1.2 千斤顶的额定吨位不应小于最大张拉控制力的 1.2 倍。

8.1.3 预应力筋用锚具和连接器应根据预应力筋品种、锚固要求和张拉工艺等配套选用。

8.1.4 锚具应满足分级张拉、补张拉和放松拉力等张拉工艺的要求，锚固多根预应力筋的锚具，除应具有整束张拉的性能外，尚应具有单根张拉的性能，用于承受低应力或动荷载的夹片式锚具应具有防松装置。

8.1.5 锚具、夹具和连接器进场时除应按照合同要求核对其型号、规格、数量外，尚应至少抽取 2%，且不少于 5 件做锚具硬度、静载锚固性能试验，且锚具、夹具和连接器的基本性能应符合现行国家标准《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T14370 的规定。

8.1.6 钢束应分类、编号，妥善保管，严重锈蚀影响工程质量的钢束不能使用。

8.1.7 钢束管道位置用定位钢筋固定，定位网基本间距 50cm，跨中附近节段底板钢束均设置竖向防崩钢筋，间距均为 20cm。在管道转折控制点外定位钢筋应需加密处理，间距 25cm。定位钢筋应牢固地焊

接在梁段主筋上,以确保预应力钢束的定位准确,并应采取有效措施防止灌注混凝土时波纹管上浮,如管道位置与骨架钢筋发生冲突时,应保证管道位置不变,可将钢筋适当移动,当梁内的钢筋与预应力管道发生干扰时,可局部调整钢筋的位置和形式,禁止截断钢筋,如确有必要,须经设计单位认可后,才可截断部分钢筋,节段的钢筋应及时做等强度补强。

8.1.8 张拉顺序为先腹板束,后底板束,左右对称张拉。预应力筋张拉前应作若干管道的摩阻试验,并校核设计张拉值。

8.1.9 预应力钢绞线及锚具在使用前必须进行张拉锚固实验,并进行管道摩阻、喇叭口摩阻等预应力瞬间损失测试,以保证预施应力准确,每联梁选择较长的一束钢束进行测试。

8.1.10 预应力张拉采用双控,以张拉力控制为主,钢束伸长值作校核。实际伸长量与理论伸长量相差值不应超过 $\pm 6\%$ 。

8.1.11 千斤顶总张拉力应包括千斤顶反摩阻力和钢束与锚具的摩阻力及设计锚下最大控制力三项之和,前两项的摩阻力应根据实验确定,在浇筑前穿束的钢绞线,其外露的钢绞线应包严,防止玷污锈蚀,同时保证波纹管内的洁净,不得有杂物和雨水进入,穿束时必须保证钢绞线不捅坏管壁。

8.1.12 锚下垫板安装时,须使垫板与管道准确对中,千斤顶与垫板准确对中,以免张拉时发生滑丝、断丝现象。

8.1.13 喇叭口与波纹管的衔接要平顺,不得漏浆,并杜绝堵塞孔道。

8.1.14 预应力钢束张拉完毕,必须即时真空压浆,并应先做好水泥浆配合比及必要的工艺试验,水泥浆强度 M30。为保证预应力管道压浆材料的密实度及对预应力筋的防护,压浆材料采用高性能无收缩防腐灌浆剂,其技术指标应满足《铁路后张法预应力混凝土管道压浆技术条件》的各项规定。

8.1.15 梁体在灌注中,应采取措施保证管道不被堵塞,施工中不得碰坏或压扁管道,以及焊接时烧坏波纹管,关注后应即时检查管道是否畅通。压浆管道真空度应稳定在 0.06~0.10MPa 之间,压浆剂应采用连续式,同一管道压浆应连续进行,一次完成。浆体住满管道后,应在 0.6~0.7MPa 压力下持压 5min 关闭压浆嘴。

8.1.16 封锚前应对锚具进行防水处理,并设置封锚钢筋网。利用锚垫板上安装螺孔,拧入带弯钩螺栓,封端钢筋应与之绑扎形成钢筋骨架。纵向预应力封端混凝土浇筑后,在新旧混凝土接缝处两侧各 15cm 范围内满涂聚氨酯防水涂料,防水涂料厚度为 1.5mm。防水涂料采用防水层的防水涂料,抗拉强度不小于 6MPa。

9 质量验收

9.1 一般规定

9.1.1 节段梁预制悬拼施工应进行模板工程、钢筋工程、混凝土工程、预应力工程、节段拼装及质量验收。

9.1.2 模板工程、钢筋工程、混凝土工程、预应力工程、节段拼装验收均以一节段作为检验批进行验收。

9.2 模板工程

9.2.1 模板安装前应清理干净并涂刷隔离剂,检查牢固、平整程度、接缝严密不漏浆。

检验数量:全部检查;

检验方法:观察。

9.2.2 对于液压模板每次使用前应检查液压系统状态,是否处于受控状态

检验数量：全部检查；
检验方法：观察液压表和油表是否异常。

9.2.3 模板安装的允许偏差应符合表 3 的规定。

表3 模板安装允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差 (mm)	检查方法
1	固定端模	高程偏差	±2	用水准仪测量，不少于 2 处
2		平面轴线偏差	±2	用全站仪测量，不少于 1 处
3	底膜	高程偏差	±3	用水准仪测量，不少于 2 处
4	侧、底模板全长		±10	尺量检查各不少于 3 处
5	匹配节段	高程偏差	±2	用水准仪测量，不少于 2 处
6		平面轴线偏差	±2	用全站仪测量，不少于 1 处
7	表面平整度		2	用 2m 靠尺或楔形塞尺
8	模板接缝宽度		1.5	拉线和尺量
9	模板预留预应力孔道偏离设计位置		3	尺量检查

9.3 钢筋工程

9.3.1 钢筋的品种、规格、性能和质量应符合有关规范要求。

检验数量：按每批进行检查；
检验方法：检查出厂合格证、试验报告单和复检报告单。

9.3.2 钢筋焊接时，其焊接质量应符合有关规范要求，并应经过冷弯和抗拉试验对其进行检查验收。

检验数量：每 200 个接头制作抗拉、冷弯试件各一组；
检验方法：外观检查及试验报告单。

9.3.3 钢筋骨架、网片筋的质量应符合下列要求：骨架稳定，绑扎缺扣、松扣数量不得超过应绑扣数的 10%，且不应集中；接头位置和搭接长度符合规范要求。

检验数量：不同规格各抽检 20%，且不得少于 3 件（处）；
检验方法：目测、尺量。

9.3.4 钢筋加工的允许偏差应符合表 4 的规定。

表4 钢筋加工允许偏差

序号	项目	允许偏差(mm)	
		L≤5000	L>5000
1	受力钢筋顺长度方向的全长	±10	±20
2	弯起钢筋的弯起位置	±20	
3	箍筋内净尺寸	±3	
4	底板钢筋绑扎尺寸偏差	±10	

5	腹板钢筋绑扎尺寸偏差	± 10
6	定位网片尺寸误差	± 2
7	定位网片不在同一平面误差	≤ 8

检验数量：抽查10%，且各不少于3件；

检验方法：尺量，检查施工记录。

9.4 混凝土工程

9.4.1 混凝土使用的水泥、细骨料、粗骨料、水、掺合料、外加剂等原材料及配合比、拌制、运输、浇筑、养护等要求应符合现行施工规范的有关要求。

检验数量：全部检验；

检验方法：检查出厂合格证、试验报告和施工记录。

9.4.2 混凝土强度的评定应符合现行国家标准《混凝土强度检测评定标准》GB/T50107 的规定。

检验数量：全部检验；

检验方法：检查试验报告和施工记录。

9.4.3 混凝土计量的允许偏差应符合下列规定：水泥、掺合料、水、外加剂为 $\pm 1\%$ ，砂、石为 $\pm 2\%$ 。

检查数量：每班抽检；

检查方法：检查施工记录，观测检查。

9.4.4 混凝土拌合物坍落度应符合设计配合比要求。

检验数量：每工班不少于一次；

检验方法：坍落度试验。

9.4.5 混凝土抗压强度在合格标准内。

9.4.6 保护层厚度在允许偏差 $\pm 5\text{mm}$ ，全部测点的合格率应 $\geq 95\%$ 。

检验数量：随机抽取两个断面每 2m 检查一处

检验方法：电磁感应法。

9.5 预应力工程

9.5.1 预应力筋、锚夹具、波纹管规格、性能和质量应符合设计及有关规范标准的要求。

检验数量：按每批进行检查；

检验方法：检查出厂合格证、试验报告单和复检报告单。

9.5.2 预应力筋初张拉时混凝土强度必须达到设计要求，终张拉时混凝土强度和弹性模量必须达到设计要求。

检验数量：每次张拉前均应检验；

检验方法：检查混凝土试件试验报告。

9.5.3 预应力筋的张拉控制应力和张拉程序应符合设计要求。

检验数量：全部检查；

检验方法：检查千斤顶标定报告及张拉记录。

9.5.4 预应力张拉工具应定期和按规定次数配套进行标定。油表、张拉千斤顶、高压油泵均应满足有关规范的要求。

检验数量：定期检查；

检验方法：检查有关记录。

9.5.5 后张法预应力构件的预应力筋断丝或滑脱数量不应超过预应力筋总数的 5%，并不应位于结构的同一侧，且每束内断不应超过 1 根。

检验数量：全部检查；

检验方法：观察检查施工记录。

9.5.6 预加应力时，不得出现断丝及滑丝现象。

检验数量：全部检查；

检验方法：检查施工记录。

【条文说明】：当预应力钢筋过长时每次张拉时预应力筋的回缩量、夹片外露量及预应力筋的伸长值应按照设计及有关规范的要求单独计算

9.5.7 试件做破断负荷、屈服负荷、弹性模量、极限伸长率试验，其质量应符合设计要求和分别满足现行国家标准 GB/T 5223、GB/T 5224 的规定。

检验数量：按批抽检；

检验方法：检查试验资料。

9.5.8 锚具、夹具进场验收应符合《铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器》(TB/T3193-2016)

检验数量：按批抽检；

检验方法：检查试验资料。

9.5.9 预应力筋管道压浆和封端应满足压浆密实，封端混凝土应与梁体结合紧密、外观平整，不得出现裂缝、掉角、蜂窝等缺陷。

检验数量：全部检查；

检验方法：观察、检查记录。

9.5.10 预应力施工的允许偏差应符合表 5 的规定。

表5 预应力施工允许偏差和检验方法

序号	项目			允许偏差	检查方法
1	钢绞线张拉后回缩量			<6mm	钢尺测量并检查张拉记录
2	锚固端预应力筋外露长度			≥3cm	钢尺测量并检查张拉记录
3	预应力筋的实际伸长量偏差			≤计算伸长量 6%	钢尺测量并检查张拉记录
4	波纹管	竖向偏差	跨中 4m 范围内	≤4mm	钢尺测量，每根波纹管间隔 2m 为一个检查点
5			其余部位	≤6mm	
6		横向偏差		≤5mm	

9.6 节段拼装验收

9.6.1 对于首节段线形控制允许偏差应符合表 6 的规定。

表6 首节段梁拼装验收标准

项目	允许偏差（mm）	
	控制标准	验收标准
立面标高	±2	±3
中心线偏位	±1	±5
横向坡度	±0.001(Radians)	±0.001(Radians)
纵向坡度	±0.003(Radians)	±0.003(Radians)

检验数量：全部检查；
检验方法：全站仪、水准仪测量。

9.6.2 后续节段线形控制允许偏差应符合表 7 的规定。

表 7 后续节段梁拼装验收标准

项目	允许偏差（mm）	
	控制标准	验收标准
立面标高	±5	±10
中心线偏位	±5	±10
纵向长度	±5	±10
横向坡度	±0.001(Radians)	±0.001(Radians)
纵向坡度	±0.003(Radians)	±0.003(Radians)

检验数量：全部检查；
检验方法：全站仪、水准仪测量。

9.6.3 合龙段验收，应对中跨以及边跨合龙接缝两侧各两节段进行验收复测，高程以及轴线偏差在±10mm 以内。

检验数量：全部检查；
检验方法：全站仪、水准仪测量。

参 考 文 献

- 1 《起重机械规程》 (CB 6067)
- 2 《环氧树脂涂层钢筋》 (JG/T 502)
- 3 《砂浆和混凝土用硅灰》 (GB/T 27690)
- 4 《城市轨道交通技术规范》 (GB 50490)
- 5 《预应力混凝土用钢绞线》 (GBT5224)
- 6 《预应力混凝土用钢丝》 (GB/T522313)
- 7 《建筑机械使用安全技术规程》 (JGJ 3319)
- 8 《无粘结钢绞线体外预应力束》 (JI/T853)
- 9 《城市轨道交桥梁设计规范》 (GB/T 51234)
- 10 《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》 (GB/T25823)
- 11 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》 (GB/T 18736)
- 12 《填充型环氧涂层钢绞线体外预应力束》 (JT/T876)
- 13 《钢筋混凝土用钢第1部分:热轧光圆钢筋》 (GB 1499.1)
- 14 《钢筋混凝土用钢第 2.部分:热轧带肋钢筋》 (GB 1499.2)
- 15 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 (JGJ 5217)
- 16 《节段预制拼装混凝土桥梁设计与施工规范》 (DB32T 3564)
- 17 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》 (JTG3362)
- 18 《公路桥涵钢筋混凝土及预应力混凝土结构设计规范》 (JTG D62)
- 19 《城市轨道交通预应力混凝土节段预制桥梁技术标准》 (CJJT 293-2019)
- 20 《预应力混凝土桥梁节段预制拼装施工及验收技术规程》 (DB41_T+2144-2021++)