

# DB3212

## 泰州市地方标准

DB3212/T 1134—2023

### 节段梁自动化流水线预制施工技术规范

Technical specification for prefabrication of segmental beams by  
automatic assembly line

2023-09-22 发布

2023-09-22 实施

泰州市市场监督管理局 泰州市交通运输局 发布



## 目 次

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 前 言 .....           | III |
| 引 言 .....           | IV  |
| 1 范围 .....          | 1   |
| 2 规范性引用文件 .....     | 1   |
| 3 术语和定义 .....       | 1   |
| 4 基本规定 .....        | 2   |
| 4.1 一般规定 .....      | 2   |
| 4.2 质量检验 .....      | 3   |
| 5 施工准备与测量 .....     | 3   |
| 5.1 施工准备 .....      | 3   |
| 5.2 施工测量 .....      | 4   |
| 6 钢筋 .....          | 4   |
| 6.1 一般规定 .....      | 4   |
| 6.2 加工 .....        | 5   |
| 6.3 安装 .....        | 5   |
| 6.4 验收标准及检验方法 ..... | 5   |
| 7 预埋件 .....         | 6   |
| 7.1 一般规定 .....      | 6   |
| 7.2 预应力管道 .....     | 6   |
| 7.3 其他预埋件 .....     | 7   |
| 7.4 保护层垫块 .....     | 7   |
| 7.5 验收标准及检验方法 ..... | 7   |
| 8 模板制作与安装 .....     | 8   |
| 8.1 一般规定 .....      | 8   |
| 8.2 模板制作标准 .....    | 8   |
| 8.3 模板安装技术 .....    | 10  |
| 8.4 验收标准及检验方法 ..... | 10  |
| 9 混凝土工程 .....       | 12  |
| 9.1 一般规定 .....      | 12  |
| 9.2 混凝土拌制与运输 .....  | 13  |
| 9.3 混凝土浇筑 .....     | 13  |
| 9.4 混凝土养护 .....     | 14  |
| 9.5 喷淋养护 .....      | 14  |
| 9.6 养护液养护 .....     | 14  |
| 9.7 冬期施工 .....      | 15  |
| 9.8 热期施工 .....      | 15  |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 10 拆模、转运、接缝处理、堆存 .....     | 15 |
| 10.1 拆模 .....              | 15 |
| 10.2 转运 .....              | 16 |
| 10.3 接缝处理 .....            | 16 |
| 10.4 堆存 .....              | 16 |
| 11 节段梁出场质量检验 .....         | 17 |
| 11.1 实测项目 .....            | 17 |
| 11.2 外观质量 .....            | 18 |
| 附录 A（规范性）钢筋加工车间建设要求 .....  | 19 |
| 附录 B（规范性）钢筋绑扎区建设要求 .....   | 20 |
| 附录 C（规范性）平台输送线建设要求 .....   | 22 |
| 附录 D（规范性）混凝土设施设计建设要求 ..... | 25 |
| 附录 E（规范性）节段梁流水线建设要求 .....  | 29 |
| 附录 F（规范性）预制场建设验收要求 .....   | 31 |
| 附录 G（规范性）喷淋养生要求 .....      | 32 |
| 参考文献 .....                 | 33 |

## 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。

本文件由泰州市高速公路建设指挥部提出。

本文件由泰州市交通运输局归口并组织实施与监督。

本文件起草单位：中交第二航务工程局有限公司、泰州市高速公路建设指挥部。

本文件主要起草人：严登山、刘立海、周桥、周进华、卢宁、杨维淮、汪文清、王定祥、尤琦、张明、王朝晨、朱志斌、李博、张凯、牛敬玺。

## 引 言

上世纪 60 年代，法国工程师首次提出节段短线匹配预制拼装桥梁施工理念并成功应用。70 年代，预制节段悬臂拼装工艺逐步发展成逐跨拼装施工，后续结合体外预应力技术和先进架桥设备，标准化预制节段拼装施工方法在全世界得到了快速发展；我国的节段预制拼装桥梁技术自苏通长江大桥（引桥段）大规模应用，经历十几年的快速发展，已在跨江跨海通道、城市高架桥中得到广泛应用。

节段预制拼装桥梁具有外形美观、质量保证高、对交通及环境适应性好、混凝土收缩和徐变效应小、线形易于控制、行车条件好及安全环保等明显优势，更为重要的优势是能够大幅度缩短施工工期，且节段梁全部在预制场生产，质量稳定可靠，符合国家“优质高效、绿色施工、节能环保”的产业发展要求。

节段梁施工工艺经大量工程项目经验积累及改进，早已趋于成熟稳定，但随着社会高速发展，专业化预制要在满足高效施工前提下提高生产安全水平和产品质量，满足新时代高质量发展要求，但基于常规施工方法进行节段梁预制生产，限制条件较多，工效有限，安全、质量控制难度较大，在常规工艺的基础上，一种新的节段梁预制自动化流水线预制技术应运而生，其生产高效集约，实现了节段梁预制由传统施工模式向工厂化制造的转变，推动桥梁工程施工由建造型向制造型转变。

# 节段梁自动化流水线预制施工技术规范

## 1 范围

本文件规定了自动化流水线预制节段梁的基本规定、施工准备与测量、钢筋、预埋件、模板制作与安装、混凝土施工与养护、节段梁拆模、转运、接缝处理、堆存及出场质量检验的要求。

本文件适用于自动化流水线短线法节段梁的预制施工、质量检验与验收。

## 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 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
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB 50187 工业企业总平面设计规范
- GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB 55008 混凝土结构通用规范
- JG/T 163 钢筋机械连接用套筒
- JG 225 预应力混凝土用金属波纹管
- JT/T 329 公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器
- JT/T 529 预应力混凝土桥梁用塑料波纹管
- JTG/T 3650—2020 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

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**节段梁** segmental beam

将一孔或一联桥体上部结构梁体沿纵向划分的预制单元。

### 3.2

**短线法预制** short-line method precasting

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

### 3.3

**流水线** pipeline

工业上的一种生产方式，指每一个生产单位只专注处理某一个片段的工作，以提高工作效率及产量。

### 3.4

**测量塔** measuring tower

用于节段梁预制过程中测量控制使用的平台。

### 3.5

**体外预应力束** external prestressed tendons

布置在梁体混凝土截面外预应力钢束。

### 3.6

#### 转向块 steering block

改变体外预应力束方向的、与混凝土构件相连接的中间支承块。

### 3.7

#### 转向器 deviator

埋设于转向块内，改变钢索索力传递方向，使钢束集中转向的装置。

### 3.8

#### 自动布料 automatic distributing

采用具有精确布料功能的布料机，自动卸料、摊布混凝土拌合物的工艺过程。

### 3.9

#### 自动插入式振捣 vibration with automatic insertion

采用振捣棒阵列式布置的自动振捣机，在节段梁顶板全断面上整体振捣的工艺过程。

### 3.10

#### 顶板自动收面 automatic finishing of concrete roof

采用覆盖节段梁顶板的平板收面机连续进行整体混凝土收面的工艺过程。

### 3.11

#### 蒸汽养护 steam maintenance

浇筑的节段梁混凝土在蒸汽环境中逐渐达到强度等级的养护过程。

## 4 基本规定

### 4.1 一般规定

4.1.1 预制场地规划和布置应进行专项设计，并应考虑预制构件的预制运输和吊装工艺，设置钢筋加工车间、混凝土拌和系统、大吨位起重设备、预制台座、模板系统、混凝土浇筑养护系统、存放台座、运输道路、给排水设施及供电系统等，并应满足 GB 50187 的要求。钢筋加工车间还应满足附录 A 的要求，钢筋绑扎区应满足附录 B 的要求，平台输送线应满足附录 C 的要求，混凝土设施设备设计应满足附录 D 的要求，预制场建设应满足附录 F 的要求。

4.1.2 预制构件在生产时应实行首件制，首件验收合格后方可大批量生产。预制构件验收合格后并出具相应合格证书方能出厂。

4.1.3 流水线应进行专项设计并满足附录 E 的要求，考虑工程项目规模、预制场整体布局、进度要求等因素，匹配相应流水线和相关生产功能区的布置，生产循环节点与各工序匹配，工序作业时间应满足节拍时间流转的要求。

4.1.4 节段梁生产预制、质检与验收全过程宜通过线上生产管理系统辅助统筹安排。

4.1.5 节段梁生产预制、质检与验收的操作人员应进行技术培训和安全生产教育；特种作业人员应取得国家特种作业操作资格证书。

4.1.6 用于节段梁生产预制、起重、移运的设备和设施应满足安全生产管理要求。

4.1.7 工程原材料、半成品和成品的进、出厂及入场应进行质量验收，质量合格方可使用。

4.1.8 流水线运行全过程应在封闭车间内完成，其工艺原理是将钢筋绑扎、梁段匹配、模板安装、混凝土浇筑等工序进行分解，预制工序按照设定的节拍时间流水作业，在特定的工位采用自动化布料、自动化插入式振捣、顶板自动收面及标准化工艺完成混凝土浇筑作业。施工中采用的机械设备、试验及检验监测仪器等应符合 GB 50231 的规定。

4.1.9 节段梁匹配及线形数据宜通过节段梁智能测控系统处理，实现自动采集、计算机程序自动分析转换。

4.1.10 预制构件上设置预埋件、预留孔及局部加固构件，均应取得设计单位认可。

4.1.11 施工过程中使用的受力装置和受力临时结构应进行专项设计和验算。

4.1.12 存梁区主要包括检修台座和存放台座，其基础应进行专项设计，一般采用扩大基础或者桩基础。检修台座用于节段梁的检查、修整和养护，数量与预制台座应按照约 1:1 比例设置，台座支墩高度宜为 1.2m 左右。单箱单室节段梁应采用双排 4 点支撑存梁，两侧支撑面积应相等。单箱双室节段梁应进行存放工况结构验算，宜采用三排 6 点支撑存梁，其中中间腹板位置的支撑采用柔性支撑结构，或对节



段梁可能开裂的部位进行局部钢筋补强。存梁台座的数量应结合制梁设备配置状况、制梁工序、制梁周期及生产速度等因素确定，存梁台座数量至少应满足公式（1）：

$$N = \eta \times T \times K \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- N —— 预制场最少存梁台座数量，取为整数（个）；
- $\eta$  —— 预制场一天计划预制混凝土梁的数量（榀/天）；
- T —— 每榀箱梁占用存梁台座时间（个·天/榀）；
- K —— 存梁系数，单层存梁时取 1，双层存梁时取 0.6~0.7。

4.1.13 出梁区根据出运方式分为陆上出运和水上出运。当采用陆上出运时，出梁区一般与存梁区共用，出运道路需满足多生产线出运要求。当采用水上出运时，出梁区一般需要设置出运码头，出运码头一般设置在存梁区的末端，靠近水域区域。出运码头应考虑船舶吃水深度、船舶停靠和回旋空间，并需要设置防撞桩。

## 4.2 质量检验

4.2.1 节段梁预制检验验收宜根据施工工序划分分项工程。分项工程应包括钢筋加工与安装、节段梁预制。

4.2.2 节段梁预制及安装完工后，应汇总所属分项工程、分部工程资料，具体应根据 JTG F80/1—2017 进行分项分部工程验收。

4.2.3 分项工程应按基本要求、实测项目、外观质量和质量保证资料等检验项目分别检查，检查时间应匹配流水线各工序流转时间节点。

4.2.4 实测项目应符合下列规定：

- a) 应按规定的检查方法和频次对检查项目进行随机抽样检查，并记录相关实测数据；
- b) 应根据实测数据按公式（1）计算检查项目的符合率。

$$X = \frac{P}{Q} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- X —— 检查项目合格率；
- P —— 合格的点（组）数；
- Q —— 该检查项目的全部检查点（组）数；

4.2.5 检查项目合格判定标准如下：

- a) 关键项目的合格率应达到 100%；
- b) 一般项目的合格率应不低于 80%；
- c) 有极值的项目，任一单个检测值应不超过极值。

4.2.6 检查项目合格判定应符合下列规定：

- a) 分项工程中对结构安全、耐久性和主要使用功能起决定性作用的检查项目为关键项目，关键项目符合率应达到 100%，否则该检查项目为不合格；
- b) 分项工程中除关键项目以外的检查项目为一般项目，符合率应不低于 80%，不合格点不应集中，且不应有严重缺陷，否则该检查项目为不合格；
- c) 有规定极值的检查项目，任一单个检测值不应突破规定极值，否则该检查项目为不合格；
- d) 采用 JTG F80/1—2017 附录 B 至附录 S 所列方法对检查项目进行检验评定，不满足要求时，该检测项目为不合格。

4.2.7 不合格的检查项目，应进行整修或返工处理直至合格。

## 5 施工准备与测量

### 5.1 施工准备

5.1.1 节段梁预制施工前，应根据招投标文件、设计文件、施工合同、有关技术标准的要求；结合梁段结构、制造设备特点，编制节段梁流水线预制专项施工方案；编制关键工序的操作细则。

5.1.2 施工前应完成流水线所有施工机具设备的安装、调试，进行试运行，对于关键、易损部件应建立台账，应在施工现场设有备品、备件仓库。

5.1.3 施工前的其他准备应按照 JTG/T 3650—2020 进行。

## 5.2 施工测量

5.2.1 预制节段梁线形控制宜采用无预应力状态下的测量控制。

5.2.2 预制阶段线形控制应做好模板安装精度控制和匹配节段精确定位，在匹配合模工位完成合模前匹配梁定位及浇筑后匹配梁采集，在混凝土浇筑工位浇筑前复测。

5.2.3 模板安装精度主要控制固定端模，模板两侧高差小于 1mm。

5.2.4 匹配节段的定位通过预制梁埋设的 6 个控制测点观测调整，轴线点定位偏差 2mm，高程偏差±2mm。

5.2.5 匹配梁段定位时顺桥向宜比监控理论值小 2mm~5mm。

5.2.6 预制台座不均匀沉降应不大于 2mm，且施工周期内宜按表 1 频次进行沉降观测。

表 1 施工过程中的测量观测频率

| 观测阶段     | 观测频率         |       | 备注            |
|----------|--------------|-------|---------------|
|          | 观测期限         | 观测周期  |               |
| 制梁台座施工完成 | 按设计荷载 120%加载 | 加载前后  | 设置观测点、消除非弹性变形 |
| 制梁后      | 前 5 榀梁       | 1 次/天 | 测试台座浇筑过程沉降    |
| 移梁后      | 前 5 榀梁       | 1 次   |               |

5.2.7 测量塔宜采用独立桩基础，沉降应小于 2mm。以二等水准测量施测，附和线路或环线闭合差≤±4mm，每千米测量偶然中误差≤±1mm；测量塔在施工周期内应按表 2 所示频次进行沉降观测。

表 2 测量控制观测频次

| 观测阶段    | 观测频率  |       | 备注      |
|---------|-------|-------|---------|
|         | 观测期限  | 观测周期  |         |
| 测量塔施工完成 | —     | —     | 设置观测点   |
| 开始观测    | 前 1 周 | 1 次/天 | 测试测量塔沉降 |
| 预制期间    | 全程    | 1 次/月 |         |

5.2.8 测量仪器应满足 0.5"测角精度、0.6mm+1ppm 测距精度要求，且每年需具有专业资质的部门标定。

## 6 钢筋

### 6.1 一般规定

6.1.1 钢筋进场后应按照现行规范进行力学性能复检。

6.1.2 钢筋应按等级、牌号、规格及生产厂家分类存放于厂房内，并挂牌标识。设置存放架，高度不宜小于 30cm。

6.1.3 钢筋的连接方式宜采用套筒机械连接，同一连接区段内的接头面积应满足设计要求。接头位置应设在受力较小处。钢筋搭接长度、焊接和机械接头质量应符合相关规范要求。

6.1.4 加工完成的钢筋半成品应分区、有序存放，注明类型、部位、钢筋直径、根数以及尺寸。存放支架和平台应确保钢筋半成品在存放期间不出现塑性变形。

6.1.5 当钢筋与预埋件、预应力管道、预应力筋发生干扰时，应与设计单位确认后采取相关措施。

## 6.2 加工

- 6.2.1 钢筋加工前应根据设计施工大样图、结构图对比分析，出具钢筋配料单；对于钢筋加工较为复杂的，宜辅以BIM技术进行下料单编制。
- 6.2.2 钢筋宜采用数控化机械设备在专用厂房中集中下料和加工，其形状、尺寸应符合设计的规定；加工后的钢筋，其表面不应有削弱钢筋截面的伤痕。
- 6.2.3 钢筋的弯制和端部的弯钩应符合设计要求，设计未作要求时，应符合JTG/T 3650—2020表4.2.4的规定。
- 6.2.4 钢筋的机械连接宜采用粗直螺纹、滚轧直螺纹套筒、挤压接头或锥套连接，各类机械接头的性能均应符合GB 55008的要求，并应符合下列规定：
- a) 钢筋机械连接接头的等级应选用Ⅰ级或Ⅱ级。
  - b) 钢筋机械连接接头的材料、制作、安装施工及质量检验和验收，应符合JG/T 163的要求。
- 6.2.5 重要结构钢筋批量加工前应先行试制样，将试制件与1:1比例的大样图比对下料精度。
- 6.2.6 钢筋半成品应分批验收合格后方可使用，应制作标准件作为快速对比验收依据。
- 6.2.7 钢筋半成品出库应填写出库登记表，对出库情况进行记录。

## 6.3 安装

- 6.3.1 钢筋绑扎应在钢筋绑扎流水线上进行，整体绑扎完成后，将成品钢筋骨架在钢筋骨架入模工位吊装入模，入模及内模安装作业时间宜控制在2h~3h内。
- 6.3.2 单条钢筋绑扎流水线操作顺序如下：
- a) 底板底层钢筋铺设；
  - b) 腹板箍筋安装；
  - c) 安装底板预埋管件定位架和底板波纹管、底板顶层钢筋绑扎；
  - d) 平台推入顶板绑扎工位（另一底腹板绑扎平台重复底、腹板钢筋绑扎）；
  - e) 顶板底层钢筋、安装顶板预埋管件定位架和顶板波纹管；
  - f) 横向预应力波纹管穿束；
  - g) 顶板顶层钢筋安装；
  - h) 钢筋骨架起吊、另一底腹板绑扎平台推入顶板绑扎工位；
  - i) 循环往复。
- 6.3.3 钢筋的绑扎宜采用交错绑扎，采用直径0.7mm~2.0mm的铁丝扎牢，按照钢筋绑扎间距梅花形布置，丝头不应伸进保护层。
- 6.3.4 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，扎丝不应伸入保护层内。
- 6.3.5 钢筋骨架应采用多点平衡起吊吊具吊装，吊具应进行专项设计，吊装时，应注意吊点受力均衡。

## 6.4 验收标准及检验方法

- 6.4.1 钢筋加工质量检查项目应符合表3所示要求。

表3 钢筋加工的验收项目及要

| 序号 | 检查项目            | 规定值或允许偏差 (mm) | 检查方法和频率 |
|----|-----------------|---------------|---------|
| 1  | 受力钢筋顺长度方向加工后的全长 | ±10           | 钢尺测量全长  |
| 2  | 弯起钢筋各部分尺寸       | ±20           | 钢尺逐段测量  |
| 3  | 箍筋、螺旋筋各部分尺寸     | ±5            | 钢尺逐段测量  |

- 6.4.2 钢筋骨架验收实测项目应符合表4所示要求。

表 4 钢筋骨架验收项目及要求

| 序号          | 实测项目   |        | 规定值或允许偏差<br>(mm) | 检查方法和频率                                |
|-------------|--------|--------|------------------|--|
| 1△          | 受力钢筋间距 | 两排以上排距 | ±5               | 尺量：长度≤20m时，每构件检查2个断面；长度>20m时，每构件检查3个断面 |
|             |        | 同排     | ±10              |  |
| 2           | 箍筋间距   |        | ±10              | 尺量：每个节段测10个间距                          |
| 3           | 骨架尺寸   | 长      | ±10              | 尺量：每个节段不少于2个断面                         |
|             |        | 宽      | ±5               |  |
|             |        | 高      | ±5               |  |
| 4△          | 保护层厚度  |        | 0, +5            | 尺量：每3m <sup>2</sup> 不少于一处，每个面不少于5处     |
| 5           | 钢筋网    | 网的长、宽  | ±10              | 尺量：每个节段                                |
|             |        | 网格尺寸   | ±10              | 尺量：每个节段抽查5个网格                          |
|             |        | 对角线差   | ±15              | 尺量：每个节段抽查5个网格对角线                       |
| 注：“△”为关键项目。 |        |        |                  |  |

## 7 预埋件

### 7.1 一般规定

7.1.1 节段梁施工前应根据设计图纸梳理每榀梁的预埋件，确定预埋种类，集中完成同类型预埋件最终定位、安装及验收。

7.1.2 在钢筋绑扎的同时进行预埋件的埋设，预埋件埋设采用图集+清单形式，确保各类临时及永久预埋件准确、无遗漏，并补充设置专项检查表，安装人员和检查人员由不同人员组成。

7.1.3 预埋件（钢筋、钢板等）埋设前，检查预埋件的尺寸、规格是否符合设计要求，焊缝质量是否满足技术规范，做好出入库登记工作，各类孔道应通畅、无堵塞、无变形。

7.1.4 钢筋骨架入模后，流转平台移动至预埋件安装工位进行预埋件精确定位安装。

7.1.5 预应力筋原材料应符合 GB/T 5224 和 JTG/T 3650—2020 的相关要求。

7.1.6 预应力筋在运输时应有防雨遮挡措施，且不应在露天存放，应在库房内设置单独区域分批、分堆存放，存放支垫高度不小于 20cm。

7.1.7 锚具和连接器应符合 GB/T 14370、JT/T 329 和 JTG/T 3650—2020 的相关要求。

7.1.8 锚具、连接器及转向器等应在库内存储，存放应分类堆码整齐、稳固，出入库需登记。

7.1.9 预应力管道应根据设计要求选用，应采用金属波纹管或塑料波纹管。

7.1.10 预应力管道应符合 JG 225、JT/T 529 和 JTG/T 3650—2020 的相关要求。

7.1.11 预应力管道应存储在库房内，存放应堆码整齐，支垫高度不宜小于 10cm，堆放高度以方便取放为主，一般不宜高于 1.5m。

### 7.2 预应力管道

7.2.1 体内束预埋管道端头应采用橡胶堵头与端模连接固定，橡胶堵头长度  $L$  应满足  $10\text{cm} < L \leq 15\text{cm}$ ，堵头大直径端直径  $R_{\text{大}} \geq R + (1 \sim 2)\text{cm}$ ，堵头小直径端直径  $R_{\text{小}} \leq R - (2 \sim 3)\text{cm}$ 。

注：R为预应力管道直径。

7.2.2 预埋管道内衬应采用橡胶充气胶囊结构，纵向预应力管道预埋气囊充气压力一般控制在 0.25MPa 左右。

7.2.3 张拉端侧锚垫板应将压浆孔统一朝上，锚垫板安装偏差不应大于 5mm，且与模板贴合面应环向粘贴双面胶止浆；波纹管应套入锚垫板尾段深度不小于 10cm，并用防水胶布缠裹严密。

7.2.4 体内束波纹管定位筋应根据设计要求进行安装。

7.2.5 工前需核对体外束预埋件型号、数量及在梁体内的安装位置，以端模为基准控制埋件顺桥向尺寸；以箱梁中心线为基准控制两侧埋件水平尺寸；以底模为基准定位埋件高度，安装偏差应控制在±3mm 以内。

7.2.6 体外束预埋的锚头及转向器定位采用定位筋进行固定，并与埋件紧贴无缝隙，张拉端锚后配套螺旋筋及锚后加强筋。

7.2.7 两侧分丝端口使用橡塑海绵进行填塞，并用防水胶布缠裹严实。

### 7.3 其他预埋件

7.3.1 泄水孔、吊孔及临时张拉预留孔、支座预留孔（需考虑桥梁纵横坡、螺杆尺寸影响）成型宜采用专用定位工装成孔（钢管），各预埋管件定位偏差不应大于 5mm，且预埋管应保证安装角度准确。

7.3.2 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。

7.3.3 泄水孔、减振装置预埋钢板等其他附属预埋件，按图纸要求进行定位安装。

7.3.4 临时吊点、临时预应力预埋管安装时应采取有效措施准确定位，竖直埋设，防止上浮。

7.3.5 支座预埋管件应符合以下规定：

- a) 采用预埋支座上垫钢板形式时：采取底板开孔的形式，开孔尺寸比钢板一边大 1mm~2mm；
- b) 采用预埋支座螺栓孔形式时：应在梁体内采用预埋直径  $\Phi=D+80\text{mm}$ （D 为地脚螺栓直径）、长度  $L=L'+50\text{mm}$ （ $L'$  为地脚螺栓长度）的 PVC 管成孔，预埋精度偏差不应大于 5mm；
- c) 预埋 PVC 管两端采用防水胶带封闭，内部采用有效内衬，并在上方预留压浆管和出气管，压浆管和出气管应确保与 PVC 管连接畅通。

7.3.6 所有预埋外露部位应采取防腐措施。

### 7.4 保护层垫块

7.4.1 钢筋保护层垫块采用在专业工厂制作的预制马蹄形垫块。

7.4.2 保护层垫块安装时凹槽应紧密贴合受力主筋，不应出现悬空翘角等现象。

7.4.3 垫块与模板刮擦可能出现尖角损坏，保垫块尺寸宜比设计保护层尺寸大 2mm~3mm，垫块制作的厚度不应存在负偏差，正偏差不应大于 1mm。

7.4.4 保护层垫块检测应以 10000 个为一批次，每批次检测不少于 10 个。

7.4.5 保护层垫块采用梅花型布置，按不少于 4 个/ $\text{m}^2$  布置，在腹板、底板、倒角位置处局部进行加密布置。

7.4.6 保护层垫块的固定扎丝内卷，避免伸出保护层贴至混凝土外侧。

### 7.5 验收标准及检验方法

7.5.1 一般预埋件检查项目应符合表 5 所示要求。

表 5 一般预埋件检查项目及要

| 序号 | 检查项目          |     | 规定值或允许偏差 (mm) | 检查方法和频率   |
|----|---------------|-----|---------------|-----------|
| 1  | 波纹管定位<br>钢筋间距 | 直线段 | 不大于设计要求值，80cm | 尺量        |
|    |               | 曲线段 | 不大于设计要求值，40cm | 尺量        |
| 2  | 预留孔           | 位置  | ≤10           | 尺量：每个预留孔  |
|    |               | 孔径  | +3, 0         | 卡尺量：每个预留孔 |

7.5.2 体外预埋件检查项目应符合表 6 所示要求。

表 6 体外预应力埋件检查项目及要求

| 序号 | 检查项目         | 规定值或允许偏差 (mm) | 检查方法和频率    |               |
|----|--------------|---------------|------------|---------------|
| 1  | 锚垫板<br>(钢板式) | 直径            | $\pm 1$    | 尺量：每个 1 处     |
|    |              | 端面壁厚          | $\pm 1$    | 尺量：每个 1 处     |
|    |              | 长度            | -5, 0      | 尺量：每个 1 处     |
| 2  | 锚垫板<br>(铸造式) | 直径            | -3, +5     | 尺量：每个 1 处     |
|    |              | 端面壁厚          | -3, +5     | 尺量：每个 1 处     |
|    |              | 长度            | -5, 0      | 尺量：每个 1 处     |
| 3  | 螺旋筋          | 外径            | $\pm 5$    | 尺量：每个不少于 2 处  |
| 4  | 钢管           | 直径            | $\pm 1$    | 尺量：每个 1 处     |
|    |              | 长度            | -5, 0      | 尺量：每个 1 处     |
|    |              | 焊缝高度          | $\geq 5$   | 焊接检验尺         |
| 5  | 转向器          | 直径            | $\pm 2$    | 尺量：每个不少于 2 处  |
|    |              | 焊缝高度          | $\geq 5$   | 焊接检验尺         |
|    |              | 长度            | $\pm 5$    | 尺量：每个 1 处     |
| 6  | 减振装置预埋钢板及锚筋  | 长度            | $\pm 5$    | 尺量：每个 1 处     |
|    |              | 厚度            | $\leq 0.5$ | 尺量：每个 1 处     |
|    |              | 焊缝高度          | $\geq 6$   | 焊接检验尺量：每个 1 处 |

## 8 模板制作与安装

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 节段梁模板一般由固定端模及支架、活动端模、外侧模及支架、内模及移动支架、底模及底模台车、液压系统等组成。
- 8.1.2 模板制作、安装与拆除的工艺流程应包括模板设计、验算、制作、安装及验收、拆模。
- 8.1.3 模板板面之间应平整，接缝严密，不漏浆，保证结构物外露面美观，线条流畅。
- 8.1.4 拆模后模板应及时清理，做好防锈保养工作。

### 8.2 模板制作标准

#### 8.2.1 模板总体设计

- 8.2.1.1 模板应模板设计应进行专项设计，综合考虑结构尺寸、结构形式、模块划分、连接方式、安装调整系统、通用性以及模板周转等多种影响因素。
- 8.2.1.2 模板系统随平台流转，应对平台移动过程中的强度、刚度及各种不利工况下的稳定性进行验算论证。
- 8.2.1.3 模板应满足节段梁的尺寸及保护层厚度验收标准。
- 8.2.1.4 模板制作应由专业制造厂家完成，几何尺寸、面板平整度、焊接质量等指标应满足相关设计规范要求，制作完成后应进行试拼装，并由施工单位和监理单位按 JTG/T 3650—2020 规定联合验收。

8.2.1.5 节段梁模板面板宜采用整块优质钢板铣边制作，特殊要求下可采用不锈钢复合面板（使用过程中不应出现分层起鼓现象）。面板长度尺寸  $L \geq L_{\max}$ （单节段最大值）+100mm；面板厚度  $d \geq 6\text{mm}$ ，且应根据面板位置、背肋布置、模板循环次数等选定适宜尺寸。

## 8.2.2 内模设计

8.2.2.1 内模应设计成小块的组合模板，即顶板底模、腹板内侧模及下角模（标准下角模、异型下角模）以适应内腔尺寸变化、方便模板拆除施工。

8.2.2.2 节段梁应采用分离式内模及内模支撑架，内模单独随流转平台流转，配置液压系统，以实现整体纵向平移入模。

## 8.2.3 端模设计

8.2.3.1 端模应依据梁段最小截面尺寸进行设计，通过更换调节块形式以适应腹板和底板厚度变化。

8.2.3.2 固定端模作为模板的测量基准，应具有足够的强度、刚度和精度，使用过程中变形不应超过 2mm，整体焊接固定在流转平台上。

## 8.2.4 底模设计

8.2.4.1 节段梁底模宜采用节段梁匹配自动测量及智能调位系统辅助施工，通过对全站仪的控制自动采集匹配梁段控制点坐标，智能调整模板，可将设计数据输入软件直接和检测数据进行比对分析。

8.2.4.2 底模台车应安装竖、横向液压千斤顶，并支持单点或联合运作，以便匹配梁段的三维位置调整。

## 8.2.5 侧模设计

侧模支架与基础多点锚固，支架顶部设置螺旋调节及液压系统，可通过液压操作侧模整体开合、调整。当预制节段梁长变化较大（超过 50cm）时，侧模宜设计为可液压纵向整体移动形式。

## 8.2.6 模板配置数量

模板配置数量根据总工程量、梁段类型、工期、存梁时间等因素综合计算。计算公式（2）如下：

$$N = Q \times E \div T \dots\dots\dots (2)$$

式中：

N ——模板配置数量（套）；

Q ——总体预制工程量（榀），当墩顶梁与标准梁结构差异较大时，需分开计算；

E ——单套模板预制工效（天/榀·套），标准梁蒸养一般取 1（天/榀·套）；墩顶梁一般取 6（天/榀·套）；

T ——预制施工工期（天），计算时应扣除春节等停产期，且应考虑有效工作时间；

注1：齿板、转向块模板数量  $n=1/2N$ （向上取整）；

注2：有效工作时间应根据预制场所属地区气象、水文条件，预制场条件、设备等密切相关，取值可按月平均工作日计算。

## 8.2.7 模板加工程序

8.2.7.1 面板应选择大型钢厂轧制板材制作，面板加工应采用激光切割或等离子数控切割，拼缝及折角处进行铣边处理，激光切割技术要求见表 7。

表 7 激光切割技术要求

| 板厚 T                                  | K 级公差  |          |           |            |             |              |               |
|---------------------------------------|--------|----------|-----------|------------|-------------|--------------|---------------|
|                                       | 3mm 以下 | 3mm~10mm | 10mm~30mm | 30mm~120mm | 120mm~315mm | 315mm~1000mm | 1000mm~3000mm |
| $T \leq 1\text{mm}$                   | ±0.03  | ±0.04    | ±0.05     | ±0.06      | ±0.08       | ±0.10        | ±0.20         |
| $1\text{mm} \leq T \leq 3\text{mm}$   | ±0.08  | ±0.10    | ±0.12     | ±0.15      | ±0.20       | ±0.25        | ±0.30         |
| $3\text{mm} \leq T \leq 6\text{mm}$   | ±0.16  | ±0.20    | ±0.25     | ±0.30      | ±0.35       | ±0.45        | ±0.60         |
| $6\text{mm} \leq T \leq 10\text{mm}$  | ±0.30  | ±0.35    | ±0.40     | ±0.50      | ±0.60       | ±0.70        | ±0.90         |
| $10\text{mm} \leq T \leq 12\text{mm}$ | ±0.40  | ±0.50    | ±0.70     | ±0.80      | ±1.00       | ±1.20        | ±1.60         |

8.2.7.2 侧模、内模、底模等大块模板应焊接、铣刨以形成整体面板，尽量减少模面拼缝数量。

8.2.7.3 模板组件应在明显位置标识组件编号，出厂前应试拼装，检查模板相关尺寸。

### 8.2.8 模板进场及验收要求

8.2.8.1 每批次模板进场时，应根据发运清单核对模板进场数量，进行模板重量复核。

8.2.8.2 模板交付前应按表 7 进行整体质量验收。

### 8.3 模板安装技术

8.3.1 流转平台移动至匹配合模工位，进行底模、外侧面模安装及匹配合模。

8.3.2 模板组拼应满足下列要求：

- a) 模板表面清洁、无可见杂物、锈迹、焊渣，触摸无凹凸感。脱模剂涂刷均匀，无明显汇集；
- b) 模板拼装尺寸应根据监控指令值进行调整；
- c) 施工过程中应重点控制底模与端模轴线偏差。偏差较大可能导致一侧侧模与端模拼缝过大，一侧底模与端模拼缝过大，从而出现成品梁底板、腹板出现漏浆情况；
- d) 模板拼装完成后应解除液压，依靠丝杆作为支撑；
- e) 丝杆在安装中存在不同程度松紧，且浇筑过程中振捣器（含高频）可能造成松动情况，应明确通过增设法兰形式确保侧模安装质量保证。

8.3.3 转向块模板拼装难度较大，耗费时间较长，设置异形梁段特殊工位作业区，宜采用更为轻质的材料并优化安装方式，缩短作业时间，以免对流水作业造成影响。

8.3.4 模板安装完毕后，应对其结构尺寸、模板清洁程度、支撑体系节点稳定性进行检查，钢筋骨架吊装入模后，混凝土浇筑前需复查，浇筑时，发现模板有超过允许偏差变形值的可能时，应及时纠正。

8.3.5 端模安装要求：

- a) 固定端模与端模支架焊接固定，每次使用前均需对其精度进行校核；
- b) 端模模面须保持竖向垂直并与预制单元中线成 90°，且端模上缘须保持水平，其偏差量应小于 1mm。

8.3.6 底模安装要求：

- a) 底模安装时应将其中轴线与固定端模中轴线对齐，其偏差值不应超过 1mm；
- b) 调整底模支腿螺栓至底模顶面标高与固定端模底部齐平后，其 4 个角点标高偏差值不应超过 2mm。

8.3.7 侧模安装要求：

- a) 侧模安装过程应保持两侧对称操作至紧贴匹配梁、固定端模，减少匹配梁扰动情况；
- b) 侧模与底模、端模间的拼缝、错台均不应大于 2mm；
- c) 侧模安装后通过端模上设置的三角法兰将侧模、端模连接固定。

8.3.8 内模安装要求：

内模安装后按模板设计要求正确安装螺栓及定位销，以确保各组件间拼缝、错台不大于 2mm。

8.3.9 脱模剂使用要求：

- a) 宜采用环保高效脱模剂，在施工前选取三种或以上脱模剂品种进行试验，选取脱模性能最佳，脱模后混凝土表面颜色均匀一致，有光泽、无气泡的脱模剂在后续施工使用；
- b) 使用前将模板清理干净，确保模板上无混凝土污垢、无锈迹；
- c) 使用干净、无异味的自来水勾兑脱模剂，充分搅拌；将搅拌好的脱模剂均匀涂刷在模板上，待白色物质完全褪去后即可浇筑混凝土。

### 8.4 验收标准及检验方法

8.4.1 模板的制造应符合表 8 所示要求。

表 8 模板制造检查项目及要

| 序号 | 检查项目    | 规定值或允许偏差 (mm) | 检查方法和频率        |
|----|---------|---------------|----------------|
| 1  | 板面和板侧挠度 | ≤1            | 水平尺量：每面不少于 2 处 |



表 8 模板制造检查项目及要求 (续)

| 序号 | 检查项目   |     | 规定值或允许偏差 (mm) | 检查方法和频率         |
|----|--------|-----|---------------|-----------------|
| 2  | 面板厚度   |     | $\geq 8$      | 尺量: 每面不少于 2 处   |
| 3  | 板面局部不平 |     | $\leq 1$      | 水平尺量: 每面不少于 2 处 |
| 4  | 面板端偏斜  |     | $\leq 0.5$    | 水平尺量: 每面不少于 2 处 |
| 5  | 外形尺寸   | 长和宽 | 0, -1         | 尺量: 每面不少于 2 处   |
|    |        | 肋高  | $\pm 5$       | 尺量: 每面不少于 2 处   |

8.4.2 开工前应组织施工单位及监理单位对模板系统拼装进行专项验收, 模板拼装检查项目应符合表 9 所示要求。

表 9 模板组装检查项目及要求

| 序号 | 检查项目        |       | 规定值或允许偏差 (mm)         | 检查方法和频率            |
|----|-------------|-------|-----------------------|--------------------|
| 1  | 模板高程        |       | $\pm 2$               | 水准仪测量: 端模板不少于 3 处  |
| 2  | 模内尺寸        | 长度    | -1, -3                | 尺量: 顶面不少于 2 处      |
|    |             | 宽度    | +3, -2                | 尺量: 外侧模每面不少于 2 处   |
|    |             | 高度    | 0, -2                 | 尺量: 端面每面不少于 2 处    |
| 3  | 轴线偏位        |       | $\leq 2$              | 全站仪测量: 不少于 2 处     |
| 4  | 模板相邻两板内表面高差 |       | $\leq 2$              | 水平尺量: 每面不少于 2 处    |
| 5  | 模板表面平整度     |       | $\leq 3$              | 2m 水平尺量: 每面不少于 2 处 |
| 6  | 垂直度         |       | $\leq H/1000, \leq 3$ | 吊垂线测量: 端面测量不少于 2 处 |
| 7  | 预埋件中心线位置    |       | $\leq 3$              | 尺量: 每处             |
| 8  | 预留孔洞中心位置    |       | $\leq 10$             | 尺量: 每处             |
| 9  | 预留孔洞截面内部尺寸  |       | +3, 0                 | 尺量: 每处             |
| 10 | 剪力键位置偏差     |       | $\pm 2$               | 尺量: 每处             |
| 11 | 剪力键尺寸偏差     |       | $\pm 2$               | 尺量: 每处             |
| 12 | 模板拼接缝隙      |       | $\leq 2$              | 尺量: 每处             |
| 13 | 测点布置        |       | $\pm 30$              | 尺量: 每处             |
| 14 | 匹配定位        | 纵轴线   | $\leq 2$              | 全站仪测量轴线控制点         |
| 15 |             | 高程    | $\pm 2$               | 全站仪测量高程控制点         |
| 16 |             | 待浇段梁长 | -2, 0                 | 尺量: 不少于 2 个断面      |

表9 模板组装检查项目及要 求（续）

| 序号           | 检查项目  |       | 规定值或允许偏差<br>(mm) | 检查方法和频率    |
|--------------|-------|-------|------------------|------------|
| 17           | 匹配梁位置 | 匹配梁高程 | ≤2               | 全站仪测量高程控制点 |
| 18           |       | 匹配梁轴线 | ≤2               | 全站仪测量轴线控制点 |
| 注：H表示模板垂直高度。 |       |       |                  |            |

8.4.3 模板安装时需止浆的部位及对应措施应符合表10所示要求。

表10 模板止浆部位及应对措施

| 序号 | 部位          | 止浆措施  | 备注                     |
|----|-------------|-------|------------------------|
| 1  | 端模与侧模相接处    | 橡胶止浆条 | 20mm×20mm<br>20mm×30mm |
| 2  | 底模与侧模相接处    |       |                        |
| 3  | 翼缘小边模与侧模相接处 |       |                        |
| 4  | 端模与内模相接处    | 橡胶止浆条 |                        |
| 5  | 匹配梁与侧模相接处   | 双面胶   | 宽度不小于10mm，厚度不小于3mm     |
| 6  | 匹配梁与内模相接处   |       |                        |
| 7  | 内模间拼缝处      |       |                        |
| 8  | 活动端模钢筋预留孔处  | 泡沫填缝剂 |                        |

## 9 混凝土工程

### 9.1 一般规定

9.1.1 混凝土应根据设计环境条件和施工工艺等进行配合比设计。混凝土配合比选定试验的检验和计算项目应符合GB 55008的要求。

9.1.2 原材料除应符合JTG/T 3650—2020的规定外，还应符合表11中各类项目对应的规范要求及检测标准，每批次材料进场应首先与样品材料进行外观对比，以控制材料来源稳定性。

表11 混凝土配合比选定试验的检验和计算项目

| 序号 | 检验项目/计算项目 | 试验方法/计算方法  | 备注     |
|----|-----------|------------|--------|
| 1△ | 坍落度或维勃稠度  | GB/T 50080 | 基本检验项目 |
| 2△ | 泌水率       |            |        |
| 3△ | 凝结时间      |            |        |
| 4△ | 扩展度和扩展时间  |            |        |
| 5△ | 抗压强度      | GB/T 50081 | 基本检验项目 |
| 6  | 电通量       | GB/T 50082 |        |

表 11 混凝土配合比选定试验的检验和计算项目（续）

| 序号          | 检验项目/计算项目 | 试验方法/计算方法                 | 备注               |
|-------------|-----------|---------------------------|------------------|
| 7           | 含气量       | GB/T 50080                |                  |
| 8△          | 弹性模量      | GB/T 50081                | 仅对预应力混凝土或当设计有要求时 |
| 9△          | 总碱含量      | 本文件要求检测的各种混凝土原材料的碱含量之和    | 基本计算项目           |
| 10△         | 总三氧化硫含量   | 本文件要求检测的各种混凝土原材料的三氧化硫含量之和 |                  |
| 11△         | 总氯离子含量    | 本文件要求检测的各种混凝土原材料的氯离子含量之和  |                  |
| 注：“△”为关键项目。 |           |                           |                  |

9.1.3 开工前应组织对试验室及搅拌站进行专项验收，经监理单位及第三方检测单位验收合格后方可投入使用。

9.1.4 如施工条件受限，可直接采用吊斗法进行混凝土浇筑。

9.1.5 关注天气情况，尽量选择天气良好时段进行施工，混凝土坍落度应满足 GB 55008 的要求，坍落度 2h 经时损失不大于 30mm；混凝土入模温度应控制在 5℃~30℃。

9.1.6 单榀梁段进行布料前，应对作业人员进行详细实操交底，具体交底操作应包括以下内容：

- a) 定区划分，专人专责；
- b) 明确混凝土浇筑步骤、重点振捣部位；
- c) 设备操作注意事项；
- d) 临边防护及其他安全注意事项；
- e) 其他质量控制措施。

## 9.2 混凝土拌制与运输

9.2.1 混凝土由流水线车间专用搅拌机搅拌，开工前对拌合站的各种计量设备进行标定。

9.2.2 搅拌站出料口宜与混凝土空中运输路线匹配（搅拌站出料后宜直接抵达空中运输线路），搅拌完成后卸料至中转斗，通过摆渡平车实现地面运输，中转斗由摆渡平车摆渡至提升点，摆渡车精确智联搅拌与提升系统。

9.2.3 搅拌站宜与混凝土空中运输路线相匹配，宜设置混凝土性能检测平台，混凝土出料后进行混凝土性能检测，满足 GB 55008 的要求后，宜通过空中运输线路到达浇筑工位。

9.2.4 提升点配置自动提升与行走机构，中转斗可实现垂直与水平方向的匀速、稳定运动。搅拌设备在每次搅拌前均应进行检修，确保其能正常使用。

## 9.3 混凝土浇筑

9.3.1 流转平台移动至混凝土浇筑工位，对待浇筑梁段进行检查，应符合下列规定：

- a) 对钢筋、预埋件等进行检查，确保位置准确，预留预埋无误；
- b) 对模板进行除尘清理，确保浇筑面内应清洁，无油污、杂物等；
- c) 安排专人检查模板，循环检查内模或外侧模撑杆、丝杆、螺栓等连接情况及模板拼缝、模板与匹配梁间漏浆情况；
- d) 对下倒角位置压板，防止混凝土翻浆。

9.3.2 布料应符合下列规定：

- a) 布料总的顺序为“底板→下倒角→腹板→顶板”，总的原则为“由一端到另一端、左右对称、斜向分段”，前后两层混凝土间隔不应超过 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、不应超过 1h；
- b) 底板、下倒角布料时，布料机先移动至腹板位置，布料机往返两侧腹板对称布料，每次布料后开启附着式振动器不低于 3s 辅助下料，下倒角布料完成后通过固定端模侧预留下料口对底板进行补料；

- c) 底板、腹板布料时应在顶板位置沿梁长方向放置塑料薄膜，仅保留混凝土下料入口，减少布料过程中外腹板钢模上出现“挂浆”现象；
- d) 在浇筑过程中，应随机抽样制作同条件养护试件。
- 9.3.3 节段梁底板及腹板混凝土宜采用人工振捣+附着式振动器的形式振捣，顶板浇筑宜采用自动化设备振捣+人工补振的形式振捣，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。
- 9.3.4 混凝土振捣整平设备根据预设参数进行混凝土振捣整平，浇筑过程中注意对设备未振捣部位进行人工补振，并加强倒角、钢筋密集部位及各部分交界面的振捣，避免发生漏振及重复振捣。
- 9.3.5 浇筑过程中人工振捣移动间距不应超过振捣棒有效振捣半径，每一振点的振捣延续时间宜为20s~30s，以混凝土停止下沉、不出现气泡、表面呈现浮浆为度。
- 9.3.6 浇筑时间宜控制在1.5h~3h。
- 9.3.7 振捣完成后应进行表面收抹，底板宜采用人工收面的方式进行，顶板宜采用平板收面机收面，抹面后混凝土表面平整度满足规范要求。
- 9.3.8 严格控制收面平整度，特别是预埋件的位置。底板顶面用刮尺控制表面平整度，人工收面，顶板顶面采用自动化设备整平配合局部人工收面完成。
- 9.3.9 顶板收光时，严禁洒水“搓浆”。
- 9.3.10 顶板拉毛以“轻压不软，重压不陷，浆不粘手，不显印痕”最佳时间。拉毛时宜采用定型拉毛器或自制改良扫帚进行，且拉毛方向应统一，深度不小于2mm。
- 9.3.11 底板拉毛应在顶板浇筑完成后进行，顶板拉毛在平台进入蒸养窑完成静停后进行。
- 9.3.12 测量点埋设宜在拉毛后进行，且埋设后不应超出混凝土表面。

#### 9.4 混凝土养护

- 9.4.1 节段梁应使用蒸汽养护。
- 9.4.2 蒸汽养护应包括静停、升温、恒温、降温四阶段进行，应采用智能温湿度调节系统对蒸养窑内的温度实施全过程控制。
- 9.4.3 浇筑完成后，应及时移至蒸养窑中静停约为2h~3h，混凝土初凝后不应移动流转平台，以免对构件造成扰动。
- 9.4.4 蒸养窑内蒸汽不应直接喷射在节段梁表面，应使蒸汽平行节段梁喷射。
- 9.4.5 恒温阶段窑内温度及时间应根据足尺试验来进行确定，应满足表12的要求。

表12 蒸汽养护各阶段要求

| 养护阶段 | 养护要求  |
|------|---|
| 静停阶段 | 保持棚温不低于5℃，浇筑完成后静停不小于2h~3h   |
| 升温阶段 | 控制升温速度，应介于10℃/h~15℃/h之间   |
| 恒温阶段 | 恒温时蒸汽温度不宜超过45℃，梁体芯部混凝土温度不宜超过60℃。恒温时各部位的温度差不超过5℃，并应保持90%RH~100%RH的相对湿度 |
| 降温阶段 | 降温速度应加以控制，应介于5℃/h~10℃/h之间   |

#### 9.5 喷淋养护

喷淋养生要求见附录G。

#### 9.6 养护液养护

- 9.6.1 箱梁梁体结构较大，实现喷雾养护有困难时，可以采用养护液养护。
- 9.6.2 养护液涂前应进行试验检验，不应因此造成成品梁外观二次污染。
- 9.6.3 养护液喷洒时间应根据气温和环境情况，通常宜在拆模30min内完成喷涂。
- 9.6.4 护剂应均匀喷涂在结构构件表面，不应漏喷。
- 9.6.5 混凝土养护剂技术性能应符合表13的要求。

表 13 混凝土养护剂性能要求

| 项目                       | 饱水膜材型        |      | 乳液型      |      |
|--------------------------|--------------|------|----------|------|
|                          | 一等品          | 合格品  | 一等品      | 合格品  |
| 有效保水率 (%)                | ≥90          | ≥75  | ≥90      | ≥75  |
| 干燥时间 (h)                 | —            |      | ≤4       |      |
| 密封性                      | 膜材完整、无破损、无透孔 |      | 连续成膜、无透孔 |      |
| 浸水溶解性                    | 不溶           |      | 不溶或溶解    |      |
| 耐热性                      | 无熔化、变形       |      | 无熔化、变形   |      |
| 磨耗量 (kg/m <sup>2</sup> ) | ≤2.0         | ≤2.5 | ≤2.0     | ≤2.5 |
| 抗压强度比 (%)                | 7d           | ≥95  | ≥90      | ≥90  |
|                          | 28d          | ≥95  | ≥90      | ≥90  |

## 9.7 冬期施工

- 9.7.1 节段梁流水线施工应编制冬期施工方案，规范节段梁冬期施工行为，确保冬期施工安全及质量。
- 9.7.2 冬期施工应提前做好施工物资准备及人员交底培训工作。
- 9.7.3 环境温度达到-5℃时，即为钢筋“低温焊接”，应尽量避开低温焊接。
- 9.7.4 提前备足冬期施工用料，砂石料要用单独的料仓存放，保温防雨雪，砂石料中不应带有冰雪和冻结团块以及冻裂的物质。
- 9.7.5 当混凝土入模温度不能满足相关要求时，水及混凝土原材料使用时的温度应根据热工计算和实际试拌情况确定。确保混凝土出机温度不低于 10℃，混凝土入模温度不低于 5℃。
- 9.7.6 其他施工事项应根据实际情况，按照 JTG/T 3650—2020 的要求执行。

## 9.8 热期施工

- 9.8.1 节段梁流水线施工应编制热期施工方案，规范节段梁热期施工行为，确保热期施工安全及质量。
- 9.8.2 当昼夜日平均气温高于 30℃ 时，混凝土工程的施工应符合热期施工的规定。
- 9.8.3 热期施工应提前做好施工物资准备及人员交底培训工作。
- 9.8.4 夏期温度高，根据混凝土拌合物性能要求，可尽量缩短混凝土搅拌时间，经过试验选定合适的搅拌时间。
- 9.8.5 在混凝土拌制过程中，应经常测定混凝土的坍落度，调整混凝土的施工配合比，满足施工所必需的坍落度要求。
- 9.8.6 夏期混凝土浇筑施工尽量安排在夜间或温度较低的时间段拌和浇筑混凝土，确保混凝土的入模温度不应超过 30℃。
- 9.8.7 夏季施工时根据设计或规范要求的混凝土入模温度、当地气温，通过热工计算确定原材料（砂、石、水泥、粉煤灰、外加剂等）和拌合用水进入搅拌机的温度。
- 9.8.8 其他施工事项应根据实际情况，按照 JTG/T 3650—2020 的要求执行。

## 10 拆模、转运、接缝处理、堆存

### 10.1 拆模

节段梁养护完成后，流转平台移动至拆模起吊工位进行梁段数据采集后拆除模板，模板拆除应符合下列规定：

- a) 模板拆除时间根据试验室压制同条件养护下试件块抗压强度来确定；

- b) 拆模强度不应低于设计拆模强度；
- c) 拆模过程中应避免对节段梁表面及棱角的损坏，不应采用敲击、冲击等方式拆模。

## 10.2 转运

- 10.2.1 节段梁应在完成匹配任务且达到设计要求起吊强度后进行转运。
- 10.2.2 节段梁吊具应专项设计，通常由吊具主梁、次梁、吊箱、吊杆及调节装置组成。吊具的设计加工应满足项目各类型梁段不同吊点数量、位置布置，且方便调节。
- 10.2.3 节段梁吊点布设应进行专项设计，且吊点位置宜设置于靠近腹板位置。
- 10.2.4 节段梁吊装时混凝土强度应满足设计要求；设计无明确要求时，吊装强度应不低于设计强度的80%，且应进行结构验算，报业主、设计审批。
- 10.2.5 吊杆进场前应检验其质量证明文件，并按批次进行拉伸试验；吊杆使用过程必须保证铅直受力避免受弯受剪。
- 10.2.6 吊杆存在变形、使用过程中损伤应立即更换，且每次吊装作业前应对吊杆进行专项检查。
- 10.2.7 吊具应进行专项设计，吊具设计应符合下列规定：
- a) 应考虑吊具通用性，以应对不同类型梁段吊点位置的变化；
  - b) 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；
  - c) 吊具扁担与主梁应采用铰接连接；
  - d) 应根据节段箱室内倒角变化，制作适合的楔块；
  - e) 起吊过程中，应保证梁段不出现超限应力。
- 10.2.8 吊具检查项目应符合表 14 所示要求。

表 14 吊具检查项目及要 求

| 序号 | 检查项目   | 规定值或允许偏差 (mm) | 检查方法和频率     |
|----|--------|---------------|-------------|
| 1  | 吊点布置   | ±20           | 尺量：不少于 3 处  |
| 2  | 吊点间距   | ±20           | 尺量：不少于 3 处  |
| 3  | 钢丝绳直径  | ≥设计需求值        | 卡尺量：不少于 3 处 |
| 4  | 花篮螺栓规格 | ≥设计需求值        | 卡尺量：不少于 3 处 |

10.2.9 平板运输车倒运：等高梁段可直接采用 10cm×20cm×100cm 调平枕木支垫；变高梁段应在平板车上放置调平楔形垫块及枕木支垫。梁高超过 4m 梁段倒运时，通常需利用手拉葫芦、吊带或钢丝绳进行临时加固，对于宽度较大且刚度弱的节段梁运输时，平板车上应设置钢骨架。

10.2.10 中墩、边墩墩顶异型梁平板车倒运时，应提前在腹板处标识梁段重心位置，放置时将梁段重心与平板车重心基本重合，以防偏心失稳。

## 10.3 接缝处理

- 10.3.1 采用机械凿毛混凝土强度应至少达到 10MPa，高压水冲凿毛混凝土强度至少达到 2.5MPa。
- 10.3.2 湿接缝处梁段凿毛施工应分级进行，沿梁段边缘线 2cm~3cm 区域（顶板顶面除外）宜采用人工凿毛，其余区域应采用机械凿毛，以确保结合面凿毛施工质量及成品保护。
- 10.3.3 凿毛施工应将混凝土表面浆体清除干净且外露约 1/3 粗骨料。
- 10.3.4 作业人员凿毛施工时应按要求佩戴绝缘手套、护目镜，高处作业系挂安全带。

## 10.4 堆存

- 10.4.1 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。
- 10.4.2 存梁时，堆放应采用刚性支撑加柔性支撑，支点应位于腹板位置正下方，距梁段边缘 10cm 为宜，等高梁段可直接采用 10cm×20cm×100cm 调平枕木支垫；变高梁段应在平板车上放置调平楔形垫块及枕木支垫，具体放置间距应小于单个支垫长度，枕木上宜放置 5cm×20cm×100cm 硬橡胶垫，以抵抗轻微变形，遵循由下至上节段重量递减、腹板厚度递减的原则。支垫必须经常清理，保持洁净，避免污染梁段底板。

10.4.3 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。

10.4.4 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，堆放区域应坚固稳定、排水畅通，并应做好沉降观测。

10.4.5 等高梁段一般按最大2层放置堆存，堆置3层应经计算复核后报监理及设计单位批复（多层堆放支垫方式同单层堆放）后方可执行；堆存场区足够情况下，变高梁通常单层堆放；梁高不超过4m，梁高/梁长比不大于1.3可计算后双层堆放。

10.4.6 节段梁存放宜利用BIM平台对存梁台座进行动态的仓储信息管理。

## 11 节段梁出场质量检验

### 11.1 实测项目

11.1.1 节段梁存梁时长应满足设计要求，设计无要求时存梁时间不小于90天。

11.1.2 所有梁段出梁前均需由专人检查，经监理工程师确认合格后方可运输至安装现场，主要检查内容包括：

- a) 完成节段梁结构尺寸检查，并按本文件要求对节段梁进行保护层厚度检测；
- b) 预应力孔道位置及畅通情况，包括管道通畅性、管口破损情况。通孔器宜优先采用尼龙橄榄型结构，直径比管道直径小5mm；
- c) 对锚垫板型号、锚后混凝土密实程度及表面水泥浆清理情况进行检查；
- d) 预埋件规格、型号、位置及表面清理、防腐处理情况；
- e) 梁段混凝土缺陷修复情况；
- f) 匹配面隔离剂及杂物清理情况；
- g) 箱室内垃圾、箱梁外表面污染处理情况；
- h) 检查箱梁编号、外观质量、预埋件（孔洞）偏差及完整度。

11.1.3 节段梁成品验收检查项目应符合表15所示要求。

表15 成品验收指标要求

| 序号  | 实测项目     | 规定值或允许偏差   | 检查方法和频率                  |
|-----|----------|------------|--------------------------|
| 1   | 混凝土强度    | 合格标准内      | 按 JTG F80/1—2017 附录 D 检查 |
| 2   | 横坡       | ±0.15%     | 尺量：每节段不少于2处              |
| 3   | 梁顶宽      | ±5mm       | 尺量：每节段不少于2处              |
| 4   | 梁底宽      | 0mm, +5mm  | 尺量：每节段不少于2处              |
| 5△  | 腹板厚度     | 0mm, +5mm  | 尺量：每节段不少于2处              |
| 6△  | 顶板厚度     | 0mm, +5mm  | 尺量：每节段不少于2处              |
| 7△  | 底板厚度     | 0mm, +5mm  | 尺量：每节段不少于2处              |
| 8△  | 梁高       | ±5mm       | 尺量：每节段不少于2处              |
| 9   | 侧面/顶面平整度 | ≤3/5mm     | 2m直尺测量：每节段不少于2处          |
| 10△ | 保护层厚度    | +5, 0      | 保护层检测仪检测：≥10点/2m²        |
| 11  | 预制节段长度   | -5mm, +3mm | 尺量：测量轴线位置                |
| 12  | 预埋件位置偏差  | ≤5mm       | 尺量：每处                    |

表 15 成品验收指标要求（续）

| 序号          | 实测项目  |       | 规定值或允许偏差 | 检查方法和频率                        |
|-------------|-------|-------|----------|--------------------------------|
| 13          | 孔道检查  | 体内预应力 | 通畅       | 对应孔道检查工装逐孔检查<br>(工装可模拟整束钢绞线直径) |
|             |       | 体外预应力 | 通畅       | 相应钢绞线逐孔检查                      |
| 14          | 剪力键位置 |       | 2mm      | 尺量：每个剪力键                       |
| 注：“△”为关键项目。 |       |       |          |                                |

## 11.2 外观质量

11.2.1 应表面平整、无凸起、棱角线平直、接缝处平顺，外露面宜色泽一致。

11.2.2 应无露筋、孔洞、疏松和夹渣等缺陷。

11.2.3 蜂窝、麻面等缺陷面积应不超过所在面面积的 0.5%、深度不超过 10mm，掉皮、起砂和污染等缺陷面积应不超过所在面面积的 1%。



附 录 A  
(规范性)  
钢筋加工车间建设要求

- A.1 钢筋加工车间宜采用钢结构厂房，厂房内应设置原材料堆放区、钢筋下料区、加工制作区、检验区、半成品（成品）堆放区、废料临时存放区等。
- A.2 场地面积应根据钢筋（材）加工量、工期等要求设置。
- A.3 钢筋加工车间的厂房应进行专项设计，高度应满足加工设备操作空间，不宜小于 7m，并设置避雷、防风保护措施。

**附录 B**  
**(规范性)**  
**钢筋绑扎区建设要求**

- B.1** 钢筋绑扎区应设置胎架区、钢筋半成品存放区、工具器具存放区，钢筋绑扎胎架应进行专项设计，由技术部门出具施工图。
- B.2** 钢筋骨架制作流水线应在流水线生产车间内建造，钢筋绑扎胎架分离并固定在流转平台上，采用流水线作业方式，通过小型横移车实现工位之间循环流转。
- B.3** 钢筋绑扎流水线分为底腹板绑扎工位和顶板绑扎工位，底板腹板绑扎完成后纵线移至顶板绑扎区，顶板桥架整体提升高于腹板钢筋，流转平台经横移车摆渡进入顶板绑扎工位，顶板桥架下降原点高度后开始顶板绑扎作业。钢筋绑扎流水线示意图见图B.1。



**图 B.1 钢筋绑扎流水线示意图**

- B.4** 钢筋绑扎胎架设计与制作要求：
- a) 固定钢筋绑扎胎架数量宜与生产线预制台座按 1: 1 进行布置；对于墩顶块钢筋骨架复杂梁段可按 3: 2 或 2: 1 布置。
  - a) 钢筋绑扎流水线中胎架固定于流转平台上，为确保该体系的正常运转，标准梁段“底腹板”绑扎时间应不大于 4h，顶板绑扎时间应不大于 4h，一般设置两条绑扎流水线，具体配置数量应根据项目生产需求确定。
  - b) 钢筋绑扎流水线对产业工人施工效率及质量要求较高，如施工效率无法达到上述时间，施工场地允许的条件下，可等工效替换为固定钢筋绑扎胎架。
  - c) 钢筋绑扎胎架应采用型钢加工制作，制作时应根据设计图纸中梁段结构尺寸、设计保护层、保护层允许偏差进行主体尺寸控制（如设计保护层 35mm，安装允许偏差 0mm~+10mm，则可将绑扎胎架尺寸缩减 4mm~6mm）。
  - d) 胎架内腔范围应选用大尺寸型钢，尽量减少支撑结构，方便钢筋绑扎。
  - e) 钢筋绑扎胎架制作完成后应进行防腐涂装、验收，并定期进行绑扎胎架精度校核。
  - f) 验收控制标准应符合表 B.1 所示要求。

**表 B.1 钢筋绑扎胎架检查项目及要**

| 序号 | 检查项目         | 规定值或允许偏差 (mm) | 检查方法和频率         |
|----|--------------|---------------|-----------------|
| 1  | 胎架各支撑点位置标高偏差 | ±5            | 水准仪测量：不少于 3 个测点 |
| 2  | 钢筋限位工装点位偏差   | ±5            | 钢尺测量：不少于 3 个测点  |
| 3  | 胎架尺寸偏差       | 0, -5         | 钢尺测量：不少于 3 个测点  |

表 B.1 钢筋绑扎胎架检查项目及要 求（续）

| 序号 | 检查项目    | 规定值或允许偏差（mm） | 检查方法和频率        |
|----|---------|--------------|----------------|
| 4  | 预埋件定位偏差 | ±10          | 钢尺测量：不少于 3 个测点 |
| 5  | 端部限位平直度 | ±10          | 钢尺测量：不少于 3 个测点 |

附录 C  
(规范性)  
平台输送线建设要求

- C.1 节段梁流水线的平台在各工位流转应利用平台输送线实现。
- C.2 为满足流转台座在车间内的横、纵线位移及平台在各工位间有序运转，节段梁流水线平台输送线应专项设计，依托工程的流水线平台输送线由地面控制轮系、流转平台、流转平台底部滑轨、摆渡车及平台输送系统组成，也可设计成轨道式支撑系统，具体应根据项目需求定制。
- C.3 地面轮系选型要求：
- a) 选择地面轮系（包括：地面支撑轮、摩擦轮、导向轮，示意图见图 C.1、图 C.2 和图 C.3）作为主要承载装置，应满足平台支撑、平台三向驱动等功能性需求；



图 C.1 地面支撑轮示意图



图 C.2 摩擦驱动轮示意图



图 C.3 导向轮示意图

- b) 轮系主体强度、刚度、稳定性应满足相关规范要求，轮间相对高程偏差应不大于 3mm；
- c) 轮系设计可等替为轨道，但在设计制作时应综合考虑横纵线轨道交叉处的处理及故障维修可行性等因素；

- d) 轮系主体承力材质不应低于 45#钢，整体采用镀锌防腐处理，销轴、销轴与支架等各部分连接应可靠定位，可满足水平方向的高度调节需求，且不允许有相对位移；
- e) 平台主要承载结构宜为地面支撑轮，应综合考虑节段梁流水线设计承载力要求，宽度及间距应根据平台尺寸大小确定；
- f) 摩擦驱动轮更宜作为平台移动的主要动力单元，驱动系统与平台控制系统（各工位点设置操作控制柜，搭载平台控制系统）连接且具有变频调速功能；
- g) 摩擦驱动轮顶部与平台接触材料宜选用定制加强耐磨橡胶轮或其他耐磨材料，调整机构灵敏方便，支持三向微调，锁紧安全可靠，调整弹簧材质及制作工艺符合相关规范要求；
- h) 流水线宜使用导向轮在移动平台移动路径上起导向作用，具有导向面宽、导向间隙可调节等特点，可防止平台移动偏移。

#### 11.2.4 流转平台设计选型要求：

- a) 节段梁预制生产过程需监控浇筑梁段的匹配及线形数据，应设计一种移动式作业平台（流转平台示意图见图 C.4），用以承载节段梁、模具系统及预制施工所需其它附属件的，各工序作业内容主要在流转平台上完成；

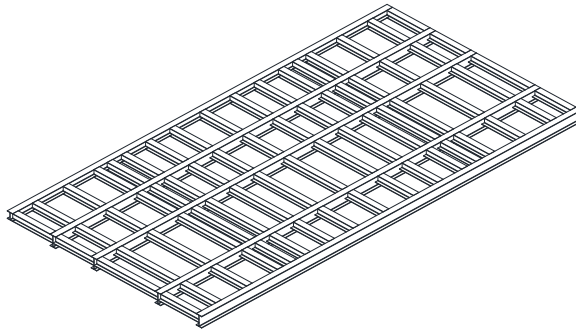


图 C.4 流转平台示意图

- b) 流转平台整体结构须经建模受力计算，其设计制作应充分考虑强度、刚度、整体结构稳定性及局部受力稳定性，卸载变形应不大于 3mm；
- c) 流转平台下部一般设置四排滑道（排数可根据项目需要进行调整），滑道与地面布置的四排地面支撑轮轮缘（数量与滑道对应）结合；
- d) 流转平台与驱动及支撑轮系分离设计，便于轮系的检修与保养；
- e) 移动平台端部应设置电磁感应或其他限位装置，与工位处设置各类限位相匹配。

#### 11.2.5 摆渡车要求：

- a) 设计制作一种摆渡车（示意图见图 C.5），实现跨线横向流转，主体由行走车架和驱动车架组成，整体结构为 6 台一组摆渡一个平台，底面设置滑轨，应具有载重量大、运行平稳、噪音低等特点；

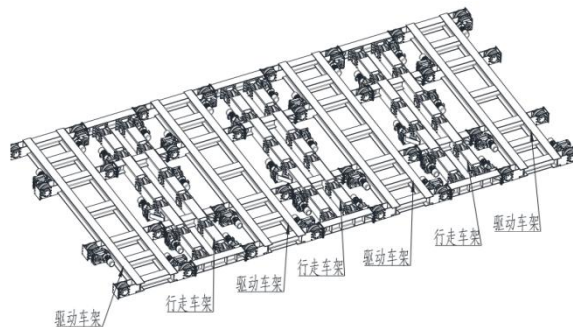


图 C.5 摆渡车示意图

- b) 摆渡车可通过驱动车架上的驱动轮将移动平台驱动至横移车上，平台在横移车上停稳后，行走车架上的驱动轮启动，横移车带着移动平台向另一条产线横移；
- c) 平台输送线应具备通过检测开关精准定位摆渡车的功能；
- d) 摆渡车移动速度不宜大于 10m/min；
- e) 摆渡车行进过程应采取伺服控制保持同步，确保行进同步误差超过一定范围报警停车；
- f) 摆渡车应具有和地面轮系实现互锁控制的功能，车头端部应设置安全防护联锁装置。

11.2.6 横纵移体系要求：

- a) 流水线应建立科学合理的横纵移体系，通过平台输送系统、驱动装置、分类感应限位装置等设施确保移动平台的平稳移动及精确定位、启停；
- b) 纵移系统可按矩阵排布地面支撑轮，轮载最大值根据具体承载情况确定，纵线移动驱动通过地面摩擦驱动轮实现，摩擦驱动轮配置变频电机，流转平台在纵线可实现正、反两个方向的移动；
- c) 工位点应沿平台流转方向设置，按照各工位需求纵线排布，安装电磁感应装置，与移动平台及横移车相匹配，具备智能定位功能，满足流转平台数字化启停的功能；
- d) 横移系统由摆渡车实现。

11.2.7 平台输送系统要求：

- a) 流水线必须建立一种平台输送系统，具备集成流水线内所有设备的操作运行功能；
- b) 为便于施工操作，沿平台流转的平台工位点应按需设置平台输送系统控制柜，总体控制归于节段梁生产信息指挥中心；
- c) 单个系统控制柜应配置有紧急停车功能，有电气故障报警指示；
- d) 每个平台移动应设置有手动和自动选择，每个工位可以相对独立工作，也可以联动控制；
- e) 应采取必要的技术措施来避免输送线上各单机设备的运行状态会对输送线的运转产生干涉，同时避免输送线的运行状态对各单机设备的运行产生干涉；
- f) 作业人员操作平台输送系统前必须进行产线操作培训，完全了解产线的运行条件及关键操作步骤，且考核合格后方可承担系统操作任务。

**附录 D**  
**(规范性)**  
**混凝土设施设计建设要求**

D.1 混凝土施工设施的设计、建设应与节段梁流水线相匹配，尽可能减少人为干预，提高自动化、智能化水平。

D.2 混凝土应采用绿色环保型搅拌站进行拌和，搅拌机搅拌效率应大于浇筑效率，单盘搅拌容量一般不低于  $2.5\text{m}^3$ ，配置数量以保证浇筑过程连续为宜。

D.3 混凝土供应线操作步骤如下：

a) 拌合站卸料至中转料斗（见图 D.1）；



图 D.1 拌合站卸料至中转料斗示意图

b) 平车摆渡至提升位（见图 D.2）；



图 D.2 平车摆渡至提升位示意图

c) 竖向提升中转料斗（见图 D.3）；



图 D.3 竖向提升中转料斗示意图

d) 空中转运至浇筑工位（见图 D.4）；



图 D.4 空中转运至浇筑工位示意图

e) 卸料至布料机（见图 D.5）。



图 D.5 卸料至布料机示意图

D.4 混凝土运输设备运输能力应大于现场浇筑能力，功能设置应满足下列要求：

- a) 混凝土运输设备采用空中轨道式智能型运输设备，运行平稳，尽量避免占用地面空间；
- b) 混凝土从出料到浇筑工位的全过程宜采用智能化运输，且具备多工位装、卸料的功能；
- c) 运输机构应设置单独的固定控制平台（见图 D.6），并与节段梁生产信息系统联接，配备地面操作遥控器，可通过地面无线操控；



图 D.6 混凝土运输设备控制界面示意图

d) 混凝土空中运输速度不宜大于 100m/min，地面提升速度不宜大于 8m/min（如需要提升装置），混凝土转运至布料设备的落料速度不宜小于 20s/m<sup>3</sup>。

D.5 布料设备（见图D.7）应满足下列要求：





图 D.7 布料机实物示意图

- a) 布料系统应具有终端远程控制自动化布料及切换现场人工控制的功能；
- b) 布料设备应轻便、适用、其整体刚度须满足相关规范要求；
- c) 布料设备容量根据生产需要确定，一般不低于  $2.5\text{m}^3$ ，宜具有多个出料阀门，满足局部布料的功能；
- d) 布料设备的使用稳定性需满足要求，需配备专业人员进行检修，每次使用前需提前检查设备的性能。

#### D.6 振捣整平设备应符合下列要求：

- a) 节段梁顶板混凝土宜优先选用自动化设备振捣（见图 D.8 和图 D.9），振捣整平设备宜具有全断面整体振捣整平功能；



图 D.8 排振机实物示意图



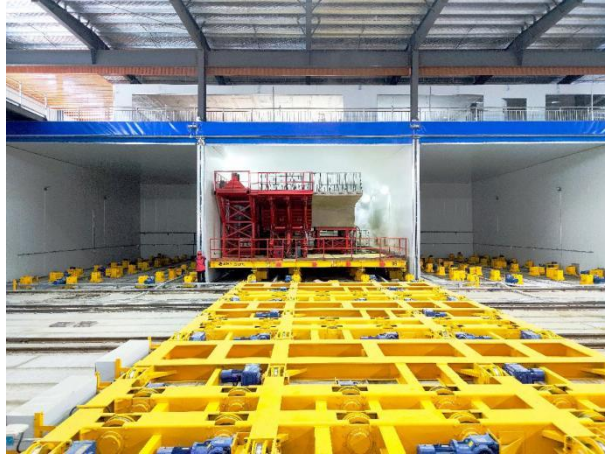
图 D.9 平面振捣机实物示意图

- b) 振捣整平设备应轻便适用、且其整体刚度需满足要求，以便确保混凝土厚度及平整度；
- c) 振捣程序应根据振捣棒影响半径、节段梁结构尺寸、钢筋及预留预埋分布情况对振点、插入深度进行具体的数据设定自动运行；

- d) 设备的前进速度设定应综合考虑振捣整平设备及布料设备的作业连续性,可在设备系统终端进行数据设定,兼具自动寻位起振点及过程启停位置记忆功能,可实现人工操作及自动化运行;
- e) 振捣整平设备的使用稳定性需满足要求,需配备专业人员进行检修,每次使用前需提前检查设备的性能。

**D.7 蒸养窑设计建造应符合下列要求:**

- a) 为匹配节段梁流水线的节拍运转效率,应对节段梁采用蒸汽养护,即加快混凝土早期强度的提升速度,应按实际要求设计建造蒸养窑(见图 D.10);



**图 D.10 蒸养窑实物示意图**

- b) 根据生产需求配置相应数量的蒸养窑,蒸养窑隔间及窑门采用卷帘门+保温材料制作,方便进出的同时须确保密封、保温性能;
- c) 蒸养设备应通过热工计算选用,计算应综合考虑蒸养窑尺寸散热、流转平台硬化地面及模板系统吸热性能、节能环保要求等因素;
- d) 蒸养窑应配置温湿度调节监控系统,由程序控制“静停—升温—恒温—降温”全过程操作,可智能监控、调节,并记录温度变化曲线;
- e) 蒸养窑建造完成后应通过工艺试验,结合数值模拟的手段,分析蒸养过程中节段梁内部水化热及外界热条件引起的温度场,综合考虑监控养护过程结构温差,保证结构的温度应力在允许值范围内,确定一套切实可行的蒸养工艺控制参数及养护制度。

附 录 E  
(规范性)  
节段梁流水线建设要求

- E.1 节段梁流水线设计理念是分解预制工序，将预制台座按设定的节拍时间循环流转移动，台座流转至各固定作业工位时，完成相对应的工序施工。
- E.2 节段梁流水线主要应包括移动式作业平台（流转平台）、制梁台座（设置在流转平台上）、平台输送线、模板整修存放区域、仓库、测量塔、蒸养窑、钢筋骨架绑扎台座、节段梁信息指挥中心等设施。
- E.3 流水线平台与预制台座模板系统布置数量应根据节段梁预制需求数量、场地大小、各工位节拍流转设定时间、预制工效来确定。
- E.4 流水线应在固定的作业工位上固定作业人员。
- E.5 节段梁流水线应以钢筋骨架生产区、混凝土生产区及预制区三大功能区为基础，综合考虑工序标准化衔接流程及流畅的工位运转，对流水线内部合理布局。
- E.6 根据施工工序，流水线宜布置 6 个主要预制施工工位，分别为：匹配合模工位、钢筋骨架入模工位、预埋件安装工位、混凝土浇筑工位、蒸汽养护工位、拆模起吊工位。
- E.7 流水线应采用自行式移动平台整体移动预制台座，将各独立工位串联，实现流水作业。具体布置（见图 E.1）及工艺如下：

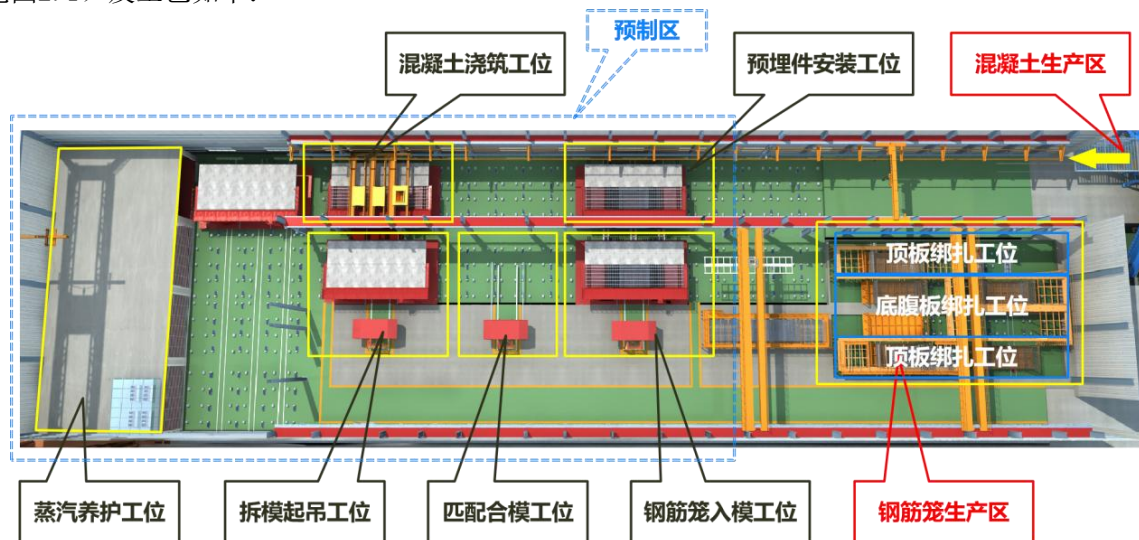


图 E.1 节段梁流水线平面布置示意图

- a) 节段梁流水线车间内布置钢筋骨架绑扎台座，钢筋绑扎同样可以流水线生产，基于项目需求和节段梁钢筋设计，宜将底腹板与顶板钢筋部品化拆分，分部绑扎，循环流转，整体绑扎后吊装入模；
- b) 模板工程与钢筋工程可同步进行，在钢筋骨架入模工位上完成钢筋骨架入模及模板合模，梁体具备浇筑条件后整体移至混凝土浇筑工位，采用成套自动化浇筑设备完成混凝土浇筑后，整体推入蒸养窑采用蒸汽养护；
- c) 梁体具备拆模条件后移至拆模起吊工位，匹配梁段即运走存放，再将新浇梁段平移作为新匹配梁段，完成下一榀梁段的预制；
- d) 节段梁混凝土应由生产线专用拌合站搅拌，混凝土输送应专项设计，应采用设备输送，可设计将摆渡小车载有中转料斗在搅拌站出料口接料，接料后移至提升工位，通过混凝土送料车运输至布料机；
- e) 节段梁应采用布料机布料，底板应采用双输料溜槽配合布料，提高布料效率，腹板布料采用对称分层布料，顶板布料时采用自动化布料机沿梁长方向分条带布料；

- f) 节段梁混凝土应尽可能采用自动化设备进行振捣，设备应根据节段梁结构进行专项设计，重难点在于底板和斜腹板混凝土振捣。节段梁顶板布料完成后应采用自动化排式振捣机沿梁宽方向对布料完成的混凝土进行插入式振捣，平板收面机对振捣过后的混凝土进行复振收面；
- g) 节段梁顶板混凝土收面完成初凝前，平台整体进入蒸养窑蒸养；达到指定养护时间后移动平台至拆模起吊工位，拆模后起吊匹配梁，并将新浇梁段移至匹配工位，循环进行下一榀梁的作业。

**E.8** 在设备选型时，应充分考虑节段梁结构，设备尺寸需满足各工序作业的要求，避免空间位置冲突，且应考虑到混凝土布料、振捣、收面等设备的升级改造接口预留。

附 录 F  
(规范性)  
预制场建设验收要求

F.1 预制场建设完成后实测检查验收项目应符合表F.1所示要求。

表 F.1 预制场验收检查项目及要 求

| 序号 | 检查项目     |      | 规定值或允许偏差                             | 检查方法和频率 |
|----|----------|------|--------------------------------------|---------|
| 1  | 功能分区     |      | 分区明确, 满足施工需要, 绿化面积不少于 10%            | 尺量      |
| 2  | 测量塔基础沉降  |      | 单月或单榀梁施工周期内 $\leq 1\text{mm}$        | 测量记录检查  |
| 3  | 制梁台座基础沉降 |      | 单月或单榀梁施工周期内 $\leq 2\text{mm}$        | 测量记录检查  |
| 4  | 厂内主要道路   |      | 宽度 $\geq 7\text{m}$                  | 尺量      |
| 5  | 钢筋配送中心   | 面积   | $\geq 4000\text{m}^2$                | 测量计算    |
|    |          | 设备配置 | 数控弯曲中心、数控剪切线、数控弯箍机均不应少于 1 台          | 安装完成后验收 |
| 6  | 搅拌站      | 面积   | $\geq 10000\text{m}^2$               | 测量计算    |
|    |          | 骨料仓  | 每类不少于 2 个, 总存储能力满足 1 周使用             | 安装完成后验收 |
|    |          | 粉料罐  | 每类不少于 2 个, 总存储能力满足 1 周使用             | 安装完成后验收 |
|    |          | 搅拌主机 | 不少于 2 台, 单台单盘生产能力不少于 $1.5\text{m}^3$ | 安装完成后验收 |
| 7  | 主要设备     | 龙门吊  | 数量和起重能力应满足施工需要                       | 安装完成后验收 |

附 录 G  
(规范性)  
喷淋养生要求

- G.1 当完成一次蒸养，节段梁处于室外且平均气温高于 5℃的自然条件下，应采用保湿养护（梁体温度与养护水温差相近）。
- G.2 保湿养护时间应满足设计、规范要求。一般应保持表面潮湿状态 7 天以上。
- G.3 保湿养护宜采用自动喷淋与覆盖土工布结合的形式。顶板覆盖土工布，并采用滴灌或人工洒水方式使之保持湿润。
- G.4 智能喷雾养护装置应布置于预制台座匹配梁和修整台座下方 1/4 梁宽处，喷头高度宜位于 2/3 梁高位置。通过继电器控制供水阀门，根据梁体结构类型、环境温度等调整养护时间、状态，确保养护无死角，且不出现干湿交替情况。
- G.5 喷淋装置给水管道及阀门应使用PVC或PPR材质。

参 考 文 献

- [1] T/JSTERA13—2020 短线法节段梁预制及安装质量检验标准。
-