住房和城乡建设部备案号：JXXXXX-2022

**DB**

**重庆市工程建设标准**

**DBJ50/T-XXX-2023**

**桥梁节段预制拼装施工及验收标准**

（征求意见稿）

**2023－XX－XX发布 2023－XX－XX实施**

**重庆市住房和城乡建设委员会 发布**

**前 言**

为贯彻落实国家“推进建筑业转型升级、实现建筑产业现代化”相关要求，不断践行绿色发展理念和创新发展理念，响应重庆市政府《重庆市人民政府办公厅关于大力发展装配式建筑的实施意见》（渝府办发〔2017〕185号文）号召，在桥梁结构施工中广泛推广预制拼装技术，做到节能环保、安全高质、快速高效，在广泛征求意见的基础上制定本标准。

本标准的主要技术内容包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 节段梁的预制；5 节段梁的拼装；6 墩柱、盖梁预制；7 墩柱、盖梁拼装；8 预应力施工及防腐；9 安全与环境保护。

本标准由重庆市城乡建设委员会负责管理，由重庆交通建设（集团）有限责任公司负责具体技术内容解释。在本标准的实施过程中，希望各单位注意收集资料，总结经验，并将需要修改、补充的意见和有关资料交重庆交通建设（集团）有限责任公司总工办。（地址：重庆市渝北区香锦路4号，邮编：401121，电话：023-63426640，传真：023-63426635，邮箱：cqcckzb@163.com，以便今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查人员：

**主编单位：**重庆交通建设（集团）有限责任公司

重庆建工住宅建设有限公司

**参编单位**：中交二航局第二工程有限公司

重庆交通大学

重庆城建控股(集团)有限责任公司

重庆建工市政交通工程有限责任公司

重庆建工集团股份有限公司

**主要起草人：**张庆明 张 意 叶 业 陈 勇 姚 笛 刘小勇

徐略勤 刘书丞 邓海容 徐粒寒 杨寿忠 张 昶

阳长江 兰国权 段文川 徐 立 李晓倩

**审查人员：**

**目 次**

1 总则 1

2 术语 2

3 基本规定 4

4 节段箱梁预制 5

4.1 一般规定 5

4.2 节段预制 6

4.3 节段运输 12

4.4 检查验收 12

5 节段拼装 14

5.1 一般规定 14

5.2 节段拼装 14

5.3 检查验收 20

6 墩柱、盖梁预制 22

6.1 一般规定 22

6.2 预制 22

6.3 运输 26

6.4 检查验收 27

7 墩柱、盖梁拼装 29

7.1 一般规定 29

7.2 拼装 29

7.3 检查验收 32

8 预应力施工及防腐 33

8.1 一般规定 33

8.2 材料和器具 33

8.3 张拉准备 35

8.4 体内预应力 38

8.5 体外预应力 40

8.6 预应力防腐 43

8.7 检查验收 44

9 安全与环境保护 46

9.1 安全管理 46

9.2 环境保护 46

本标准用词说明 48

引用标准名录 49

#

# 1 总 则

**1.0.1** 为在混凝土桥梁节段预制拼装施工及验收中，做到安全可靠、适用耐久、技术先进、经济合理、节约工期、环保节能、确保质量，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于城市新建混凝土梁式桥梁。

**【条文说明】**主要适用于梁式桥梁中墩柱、盖梁、箱梁的节段预制拼装。

**1.0.3** 节段预制拼装混凝土桥梁的施工，应尽量做到标准化、集约化、信息化，同时积极推广可靠的“四新技术”。

**1.0.4** 混凝土桥梁节段预制拼装施工及验收除应符合本标准外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

# 2 术语

**2.0.1** 节段 segment

混凝土墩柱、盖梁或箱梁梁体等构件沿其高度、长度方向划分成的柱段或梁段等。

**2.0.2** 胎架 bed-jig

一种模具，为方便节段钢筋骨架整体制作的一种专用工艺装备。

**2.0.3** 剪力键 multiple shear keys

节段匹配面用于匹配拼合、承担剪切等作用，凹凸密接匹配的键块和键槽。

**2.0.4** 环氧胶接缝 epoxy joint

节段的匹配面采用涂抹环氧树脂胶的接缝。

**2.0.****5** 灌浆套筒连接 Grouting sleeve connection

在节段制作时将套筒预先埋入节段的连接端，现场施工时另一个节段的外露钢筋插人套筒，通过向套筒与钢筋的间隙灌注专用灌浆料，灌浆料凝固后将钢筋锚固在套筒内实现连接。

**2.0.6** 灌浆金属波纹管连接 Grouting metal bellows connection

在节段制作时将金属波纹管预先埋入节段的连接端，现场施工时另一个节段的外露钢筋插入金属波纹管，通过向金属波纹管与钢筋的间隙灌注专用灌浆料，灌浆料凝固后将钢筋锚固在金属波纹管内实现连接。

**2.0.7**  短线法预制 short-line method prefabricating

预制台座底模长度为一个节段的长度，利用预制完的前一节段作为后一节段的一侧端模，固定的钢模板作为另一侧的端模，逐段进行预制的方法。

**2.0.8**  长线法预制 long-line method prefabricating

预制台座底模长度为整跨梁长，将整跨主梁分成若干段，在按设计线形做成的台座上匹配浇筑形成节段直至完成整跨主梁的方法。

**2.0.9** 体内预应力 internal prestress

在混凝土构件截面之内布置预应力筋、施加预应力。

**2.0.10**  体外预应力 external prestress

在混凝土构件截面之外布置预应力筋、施加预应力。

**2.0.11** 体外预应力二次效应 secondary effect of external prestress

体外预应力筋的位移与梁体变形不一致而引起的附加预应力效应。

**2.0.12** 体外预应力筋的转向器 diverter of external prestress tendon

使体外预应力筋集中弯转的器件。

**2.0.13** 逐跨拼装 span-by-span construction

将预制好的梁体混凝土块件利用专用设备逐跨进行拼装，并逐跨施加预应力的施工方法。

**2.0.14** 对称悬臂拼装 Symmetrical cantilever construction

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

**2.0.15** 临时预应力 Temporary prestress

节段拼装过程中，在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 基本规定

**3.0.1** 节段预制拼装施工前，应编制及审批施工组织设计和专项施工方案，且实行首件制。

**3.0.2** 箱梁节段应根据预制场地条件、设计要求、施工工艺等，选用短线法或长线法进行预制。

**3.0.3** 墩柱、盖梁节段应根据预制场地条件、设计要求、施工工艺等，确定合适的预制方式。

**3.0.4** 节段的预制、运输及拼装设备应满足节段尺寸及重量、运输条件、架设安装工艺等要求，并经检测合格后方可投入使用。

**3.0.5** 节段的预制拼装过程中所使用的支架等临时结构，应经过具有相应资质的设计单位验算并通过。

**3.0.6** 应制定包含节段预制、拼装阶段在内的全过程控制测量方案，分别在预制场地及拼装现场建立控制网。

**3.0.7** 平面及高程控制网的布设应遵循“从整体到局部，分级布网”的原则。

**3.0.8** 节段预制拼装材料的选用应符合设计要求，并按照国家和行业现行有关标准的规定进行质量检查和验收。

**3.0.9** 混凝土性能除应符合国家和行业现行有关标准的规定外，尚应符合设计对弹性模量、收缩、徐变等方面的具体要求。

**3.0.10** 节段的预制拼装宜采用信息化系统管理。

**4 节段箱梁预制**

**4.1 一般规定**

**4.1.1** 节段预制单位应具备相应的生产工艺设施，并应有完善的质量管理体系和必要的试验检测设施；

**4.1.2** 平面及高程控制点应符合下列规定：

**1** 节段预制前，应在预制场地建立精密测量的平面控制网和高程控制网，并设置测量控制点、测量塔及靶标；

**2** 应远离热源、振动源，并有保护装置；

**3** 施工过程中，应对测量控制网（点）进行不定期的检测和定期复测，定期复测周期应不超过6个月，当对控制点的稳定性有疑问时，应及时进行局部和全面复测；

**4** 施工测量所用的仪器、设备等应经法定计量机构检定和校验，合格后方可使用。

**5** 应配备备用的测量控制点。

**【条文说明】**1 预制节段测量前，应建立精密控制网，其目的是为了保障节段预制精度。短线法节段预制时，前一节段在预制台座上的空间定位误差将导致后续节段乃至整 跨节段的线形产生很大偏差。由此需在后续节段预制时，对前一节段产生的预制 误差加以修正，避免误差累积。

测量控制系统是短线法预制施工的关键，它的合理设置和施工精度直接影响 到箱梁节段预制线型控制精度。

目前预制测控系统分为有塔形式和无塔形式。有塔形式，测量塔按二个一组布置，分布预制台座两侧。测量塔控制点连线与预制台座待浇梁段的中轴线重合。测量塔在施工期间应不出现沉降和变形。测 量塔身宜作适当的隔热处理防止太阳直射，同时应避免接触周围物体，如图4.1.2-1所示。



**图4.1.2-1 有塔形式测控系统布置示意图**

无塔形式预制台座布置与有塔形式一致，两侧不布置测量塔，由鉴定钢尺直接丈量多个测量点之间长度来完成匹配段放样、复核以及数据采集，如图4.1.2-2。 节段上部应考虑长度测量所需空间，同时测量数据应考虑钢尺的温度及拉力修 正。



预制节段

匹配节段

 固定端模 测点间长度

 测点

**图4.1.2-2 无测量塔式测控系统布置示意图**

**5** 设置备用测量控制点的目的是在常用控制点受损后，可迅速恢复生产。

**4.2 节段预制**

**4.2.1 场地规划**

**1** 根据拼装设备的施工能力、节段的生产效率，合理布置预制场地，合理划分各功能区。

**2** 预制场地除应便于节段移运、存放、养护及出运外，还应符合下列规定：

1）场地应配有排水和养护系统；

2）预制台座、修整区台座、存梁台座及场内移运道路应具有足够的承载力，在荷载作用下，其顶面的沉降应控制在2mm以内。

3）预制台座应稳定、坚固，宜采用标准化厂房。

**【条文说明】**1 预制场地按功能可划分为钢筋加工区、钢筋绑 扎区、节段预制区、混凝土养护区、修整区、存梁区、出运码头、材料堆存区、生活办公区及其他配套辅助生产设施功能区等。

2 预制场地除应便于节段移运、存放、养护及出运外，还应符合下列规定：

2）台座下方的地基可采用经济快捷的方式进行处理，如桩基、PHC管桩、钢筋混凝土扩大基础等方式进行加固，以提高地基承载力及刚度，满足节 段预制精度要求

**4.2.2 模板系统**

节段预制宜采用专门设计的钢模板，钢模板及其支撑除应满足强度、刚度和稳定性的要求外，尚应满足多次重复使用不变形及保证节段预制精度的要求。模板应严格实行准入制度。用长线法预制节段时，同一连续匹配浇筑的梁段应在同一长线台座上制作；采用短线法时，应在台座上匹配预制，并应符合下列规定：

**1** 端模及侧模应采用钢模板，端模应铅直、牢固，匹配节段移出就位时应根据梁体曲线精确定位，待浇节段的侧模及底模均应符合节段的线形要求；

**2** 匹配节段应有可靠精确的空间调整装置；

**3** 内模宜安装在可移动的台车支架上做成可调整的模板系统，应保证其刚度及承载能力满足节段预制的精度要求。

**4** 模板应与匹配节段连接紧密、无漏浆，其安装质量应符合表4.2.1的规定:

**表4.2.1 模板安装允许偏差**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（mm） | 检验频率 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 相邻两板表面高低差 | 2 | 每个节段 | 4 |
| 2 | 表面平整度 | 2 | 4 |
| 3 | 垂直度 | H/1000，且≤3 | 4 |
| 4 | 内模尺寸 | 长度 | +1，-3 | 3 |
| 宽度 | +3，-2 | 2 |
| 高度 | 0，-2 | 4 |
| 5 | 轴线偏移量 | 2 | 2 |
| 6 | 匹配节段定位 | 纵轴线 | 2 | 1 |
| 高差 | 2 | 3 |

注：H为节段梁的高度（mm）。

**【条文说明】**1 模板系统应能适应混凝土的养护，安装拆除便捷、长期周转使用方便的要求。短线法箱梁节段预制模板系统一般分为固定端模及支架、活动端模、外侧模及支 架、内模及移动支架、底模及底模台车、液压系统等几部分组成。

短线法节段预制的特点是在固定的预制台座上进行节段预制。在节段预制前，应精确调整匹配节段的空间位置并予以固定。必须要注意的是对固定端模监 测，当发现其松动移位超限必须对其重新调整。当有平曲线、竖曲线和超高变化 时，匹配节段匹配面只产生相对角度变化，这一微小的角度变化并不会对模板位 置产生影响。

**4.2.3 钢筋及预埋件**

**1** 钢筋制作、安装应符合下列规定：

1）钢筋宜在专用胎架上制成整体骨架后，吊入模板内进行安装；

2）吊装整体骨架时应设置吊架，吊点的布置应合理，且宜采用多点起吊，防止变形；

3）当有体外预应力钢束转向器时，其安装必须准确可靠。

4）节段钢筋骨架施工前应合理确定钢筋绑扎顺序；

5）节段钢筋骨架的几何尺寸、钢筋型号、数量、规格、等级、间距、搭接长度及钢筋接头位置的布置均应满足设计要求。钢筋安装质量应符合表4.2.3-1的要求：

|  |
| --- |
| **表4.2.3-1 钢筋安装质量允许偏差** |
| 序号 | 检验项目 | 允许偏差 | 检验频率 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 受力钢筋间距 | 两排以上钢筋间距 | ±5 | 每个钢筋骨架 | 4 |
| 同排钢筋间距 | ±5 | 4 |
| 2 | 箍筋、横向水平筋间距 | ±10 | 4 |
| 3 | 钢筋骨架尺寸 | 长度 | ±5 | 3 |
| 宽度 | ﹢5，0 | 2 |
| 高度 | ±5 | 4 |
| 4 | 弯起钢筋位置 | ±10 | 4 |
| 5 | 保护层厚度 | ±3 | 6 |

**【条文说明】**制成整体钢筋骨架的目的是为了提高钢筋绑扎操作的便捷性、制作精度和整体施工速度，避免钢筋骨架在起吊、提升、移动、安装过程中发生不可恢复的变形，使整个骨架具备良好的整体性与刚度以满足起吊、入模的要求。

合理确定钢筋保护层垫片间距，确保混凝土浇筑后钢筋保护层厚度。钢筋保护层垫块可采用梅花形混凝土类垫块。

**2** 对预埋件的安装和预留孔的设置，应采用定位钢筋将其准确固定；预埋件安装质量应符合表4.2.3-2的要求。

**表4.2.3-2 预埋件安装质量允许偏差**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（mm） | 检测频率 |
| 1 | 预埋件 | 剪力键 | 位置 | 2 | 每个剪力键 | 1 |
| 平面高差 | 2 | 1 |
| 支座板、锚垫板等预埋钢板 | 位置 | 3 | 每个预埋件 | 1 |
| 平面高差 | 2 | 1 |
| 螺栓、锚筋等 | 位置 | 10 | 1 |
| 外露尺寸 | ±10 | 1 |
| 2 | 吊孔 | 2 | 每个预留孔洞 | 1 |

**【条文说明】**预制节段施工对预埋件的制作精度要求较高，宜在钢结构厂内统一加工，以保证预埋件的质量符合精度要求。

**4.2.4 混凝土施工**

**1** 模板安装前应在匹配面及模板表面均匀涂刷对混凝土无害并便于清洗的水性脱模剂，其性能不得影响节段拼装对接时接缝粘结材料的粘结性能，必要时应进行试验验证。

**2** 混凝土浇注应符合下列规定：

1）混凝土应分层布料，对称浇筑，分层厚度不宜大于300mm；

2）混凝土入模温度宜控制在5℃～30℃；

3）混凝土振捣应以插入式振捣器为主，附着式振捣器为辅；

4）插入式振捣器应避免碰及管道、剪力键等各类预埋件；

5）应严格控制混凝土坍落度；

6）混凝土的浇注时间不应超过混凝土的初凝时间。

**3** 模板拆除应符合下列规定：

1）脱模时间应符合设计要求。当设计无要求时，在混凝土抗压强度符合设计强度标准值的75%的要求后，方可拆除内外模板。当需进行横向预应力张拉时，内外模板的拆除应在横向预应力张拉后进行；

2）脱模或移动节段时，应防止伤及棱角和剪力键等部位；

3）模板拆除后应及时对节段进行检查验收，测量其外形尺寸，并标出梁高及纵横轴线。

**4** 试块数量除应满足标准养护需求外，还应满足同条件养护、测定混凝土阶段性强度的要求。

**【条文说明】**1 表面脱模剂的选择对混凝土成型外观质量影响较大，节段预制过程中应选用性能稳定、使用方便、效果满足要求的成熟产品，从而保证节段预制外观质量。

2 混凝土入模温度《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50-2020)的25.2.6冬期施工混凝土入模温度应不低于5℃；25.4.3热期施工混凝土入模温度应不高于30℃

**4.2.5 混凝土养护**

**1** 应根据环境温度、水泥品种、外加剂、施工进度要求以及混凝土性能的要求等制定养护方案；

**2** 洒水养护时间不少于7天，总体养护时间宜不少于14d；

**3** 对节段的外立面混凝土宜采用喷湿或其他适宜的方式进行养护；

**4** 采用自然养护时，应每天记录环境温度与天气状况；

**5** 采用蒸汽养护时，应符合下列要求：

1）静停阶段不应小于2h，且不宜多于6h；

2）加热应均匀；

3）升温、降温速率控制值应符合表4.2.5的要求；

**表4.2.5 升温、降温速率控制值**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 表面系数（m-1） | 升温速度（℃/h） | 降温速度（℃/h） |
| ≥6 | 15 | 10 |
| ＜6 | 10 | 5 |

4）恒温阶段温度宜控制在55℃～65℃；相对湿度宜控制在90%～100%；

6）节段在养护过程中，应进行温度测量，当外界与节段表面温差不大于15℃时，方可拆除蒸汽养护设施，并采用喷湿方式进行养护；

7）混凝土配合比试验应与蒸汽养护温度控制试验同步进行。

**【条文说明】**1 水仍然是混凝土最好的养护剂。决定混凝土养护所需时间的原则，是以混凝土获得正常强度、停止养护后表面不再产生干缩裂纹时为标准，正常强度值大小与水泥品种、气候条件及养护方法有关。

2 《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204—2015）规定“洒水保湿养护时间应不少于7d”。《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50-2020)规定“总体养护时间宜不少于14d”。

5 蒸汽养护具有提高混凝土强度增长速度的特点，适用于低温条件下预制生产，并可加快节段预制速度。

1）静停阶段指从节段混凝土全部浇筑完毕至蒸汽养护开始之间的养护时间，该阶段可以增加混凝土在升温阶段对结构破坏作用的抵抗能力，使混凝土获得一定的初始结构强度，静停阶段的长短与外界温度、混凝土性能及混凝土强度有关。

6）测温时间间隔应符合设计要求；设计无要求时，混凝土浇筑后1～3d为2h，4～7d为4h，其后为8h。

**4.2.6 节段存放**

**1** 预制节段吊离预制台座、移运、堆存时，混凝土的强度应达到设计要求。设计无要求时，应达到混凝土抗压强度设计强度100%。

**2** 节段在预制场内移运、装车时，宜采用搬运机、龙门起重机等移动起吊装置。

**3** 节段存放应符合下列规定：

1）节段应按其安装顺序编号存放；

2）节段吊离预制台座移至存梁区后应及时进行养护；

3）当节段多层叠放时，层与层之间宜采用枕木、橡胶板等弹性支撑物进行支承，支撑位置应设在设计规定的支点处；设计无规定时，上下层支撑应在同一条竖直线上；

4）节段叠放层数应符合设计要求。设计无要求时，堆叠层数不宜超过两层，并应对节段受力及地基承载力进行验算；

5）节段存放应符合设计要求。设计无要求时，不宜少于90d。

**【条文说明】**

3）参照《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50-2020)中的17.6.10条——预制节段的存放期需要满足其完成混凝土的大部分收缩和徐变，故规定“设计未要求时，宜不少于90d”。

**4.3 节段运输**

**4.3.1** 应根据预制场地理位置、结合实际运输通道条件、节段重量、节段尺寸等因素选择合适的节段运输设备。

**4.3.2** 节段运输过程中，应采取保护、固定措施，并应符合下列规定：

**1** 节段支撑点的设置应避免运输设备振动对节段造成不利影响；

**2** 应根据运输线路上的最大纵、横坡，设置纵、横向限位装置。

**4.3.3** 节段陆路运输时，应符合以下规定：

**1** 应根据道路限高、限宽、限载条件及道路的最大纵坡，合理选择运输路线；

**2** 应对沿线桥梁的承载力进行验算；

**3** 运输车辆行驶应设置警示标识和警示灯光。

**4.3.4** 节段水路运输时，应符合以下规定：

**1** 应事先与气象、港监、水务等相关部门联系，确定运输时间；

**2** 应结合水位条件，勘查运输线路上的桥孔通航限高条件；

**3** 运输出航前，应根据气象、水文条件确认是否满足船舶出航运输的要求。

**4.4 检查验收**

**4.4.1** 节段预制质量应符合表4.4.1的要求。

**表4.4.1 节段预制质量验收标准**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 规定值或允许偏差（mm） | 检验频率 | 检验方法 |
| 范围 | 点数 |
| 1 | 混凝土抗压强度 | 在合格标准内 | 每个节段 |  | 按现行国家标准要求进行 |
| 2 | 顶部表面平整度 | 5 | 4 | 用2m直尺检验 |
| 3 | 长度 | 0，-2 | 3 | 用尺量 |
| 4 | 断面尺寸 | 宽度 | +5，0 | 2 | 用尺量 |
| 高度 | ±5 | 2 |
| 厚度 | +5，0 | 8 |
| 5 | 轴线偏移量 | 纵轴线 | 5 | 1 | 用经纬仪测量 |
| 横隔梁轴线 | 5 | 1 |
| 6 | 剪力键 | 位置 | 2 | 每个剪力键 | 1 | 用尺量 |
| 平面高差 | 2 | 1 | 用水准仪测量 |
| 7 | 预埋件 | 支座板、锚垫板等预埋件 | 位置 | 10 | 每个预埋件 | 1 | 用尺量 |
| 高程 | ±5 | 1 | 用水准仪测量 |
| 平面高差 | 5 | 1 | 用水准仪测量 |
| 螺栓、钢筋等 | 位置 | 10 | 1 | 用尺量 |
| 外露尺寸 | ±10 | 1 | 用尺量 |
| 8 | 预留孔 | 吊孔 | 位置 | 5 | 每个预留孔洞 | 1 | 用尺量 |
| 预应力孔道位置 | 位置 | 节段端部10 | 1 |
| 孔径 | +3，0 | 1 | 用内卡尺量 |

主要参照中国交通建设股份有限公司企业标准《短线匹配法节段预制拼装预应力混凝土箱梁设计施工技术规程》（Q/CCCC GL202—2016）以及《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50-2020)

**5 节段拼装**

**5.1 一般规定**

**5.1.1** 拼装作业前，应根据批准的专项施工方案做好技术交底。

**5.1.2** 架桥机的拼装、移动等施工工艺，应在下部结构和节段预制施工前确定。

**5.1.3** 拼装过程中，应按专项施工方案要求，做好监控量测工作。

**5.2 节段拼装**

**5.2.1 拼装设备**

**1 架桥机**

1）当采用架桥机拼装节段应符合下列规定：

架桥机的起吊装置必须具备过载保护装置、卷扬机的过缠绕和欠缠绕保护装置、限位及缓冲装置、风速报警装置、避雷装置等；

2）架桥机安装、调试完成后，必须进行静载和动载试验，并应符合下列规定：

①施工前应按施工荷载对起吊设备进行强度、刚度和稳定性验算，其安全系数应不小于2；

②节段起吊安装前，应对起吊设备进行全面安全技术验收，并应分别进行1.25倍设计荷载的静载和1.1倍设计荷载的动载试验。

3）应检查起重设备的荷载显示装置、刹车装置、钢丝绳缠绕装置、限位装置是否正常工作。

**2 支架**

1）当采用支架法拼装施工时，除应满足支架施工相关规范外，还应满足以下规定：

①严格按批准的专项施工方案进行支架施工，搭设完成后，应视根据不同情况确定是否进行预压。

②支架搭设施工前，应检查支撑体系结构设计与施工荷载、计算方法、节点构造和安全措施，设计审批手续应齐全。

③支架支撑体系计算时，应进行地基承载力的验算，支撑系统范围内的地基承载力应满足桥梁拼装施工时总荷载的要求。

④支架的构造应满足节段拼装后的防滑移要求以及完成张拉作业后落架拆除的要求。

**【条文说明】**1 架桥机

上行式架桥机的承载主梁位于混凝土桥跨的上方。通常架桥机自带卷扬机等起重设备，用于节段的提升、移动和拼装。在节段拼装时，所有的节段通过悬吊杆悬挂在承载主梁的下方。上行式架桥机可以支撑在立柱、盖梁、临时支架或上部结构的表面。

由于其主要构造都在立柱、盖梁的上方，因此可以避免对地面社会交通的影响。该种类型的架桥机也可在河谷、海洋等环境下不依赖辅助设施进行施工。

但上行式架桥机的承载主梁的位置较高，在设计、施工的过程中需要特别关注架桥机的稳定性等安全问题。同时受恶劣天气的影响较下行式架桥机更大。

下行式架桥机的承载主梁是位于节段下方的导梁。这类架桥机需要龙门吊机、地面吊机或特制的吊机等辅助起重设备的配合。所有的节段都放置在导梁上 完成拼装。导梁支撑在锚固于桥墩上的桥墩托架。这些特点对使用下行式架桥机 的现场环境造成了一定限制。

下行式架桥机采用千斤顶支撑节段，不需要悬吊杆体系，更为安全，且抗风性能也更好。同时，下行式架桥机承载主梁采用油压千斤顶支承节段，便于调整 节段的倾斜角度。

因此，对整跨吊装设备的选择应综合考虑环境条件、造价、箱梁结构设计、气候等多种因素，因地制宜选择最合适的类型。

2 支架

采用支架拼装节段的施工方法，是采用架桥机或桥面提升机拼装节段施工方法的一种有益补充。通常采用支架法的场景包括但不限于：

1）在同一跨内因墩柱布置变化较大而不利于架桥机支腿的安置；

2）悬臂拼装桥的起始以及终止时的半跨桥；

3）城市桥梁中平曲线半径较小的匝道桥；

4）城市桥梁中标高较低的落地匝道桥；

5）数量较少、且采用专用拼装设备经济性较差的节段式桥梁；

6）因净空限制从而使架桥机无法通过的桥跨，可利用搭设的支架进行节段滑移拼装施工。

**5.2.2 逐跨拼装施工**

**1** 节段拼装前宜进行试拼装，试拼装的节段质量应符合出场条件的要求。

**2** 节段的提升及悬挂应符合下列规定：

1）应根据设计要求选择节段提升方式；设计无要求时，可根据现场施工环境、桥梁结构特征合理选择节段提升方式，并取得设计认可。

2）节段的提升应缓慢、匀速，提升速度宜控制在2m/min内；

3）架桥机承载主梁的前后悬臂端起吊节段时，应保证提升卷扬机的位置处于架桥机的安全范围内。

4）悬挂状态下的节段之间应设置防撞垫块。

5）采用架桥机提升或旋转节段时，应暂时封闭作业影响范围内的道路交通或水路通航。开放交通时，节段底部最低点应满足净空要求。

**2** 节段拼装施工应符合下列规定：

1）节段拼装前，应对匹配面进行清除尘土、油脂等污染物及松散混凝土与浮浆处理；

2）节段拼装过程中，应逐块控制、复核节段的轴线和高程；

3）拼装施工时，架桥机的主梁应处在有约束的状态；

4）应在匹配面预应力孔道口设置密封构造，密封构造的设置不应影响接缝的密贴；

5）采用下行式架桥机拼装时，应采取有效措施抵抗支承面倾斜时节段重量对装载小车及架桥机产生的水平分力；

6）采用上行式架桥机拼装时，应考虑节段预应力筋张拉后悬吊体系内力重分布的效应，并根据工况验算悬吊体系的安全系数。

**3** 胶接缝施工应符合下列规定：

1）应根据施工地区的常年温度变化、使用环境等情况，通过试验选用合适的结构胶，进场后应进行力学性能及作业性能的抽检，其各项性能应满足现行规范、设计与节段拼装的要求，其现场制作应满足产品厂家说明书要求；

2）为保证结构胶的物理和力学性能不受环境温度影响，宜在5℃～40℃范围内施工。在冬季低温条件下使用结构胶时应采取保温措施，温度小于5℃时，应对混凝土匹配面采取特殊的干燥处理措施；

3）结构胶的涂抹厚度不宜超过3mm；

4）结构胶固化时间按单块节段拼装完成确定，且不宜大于1h；

5）结构胶应采用机械拌合，涂抹方式应根据结构胶的产品特性确定；施加临时预应力时，结构胶应在节段的全断面挤出；

6）应对预应力孔道口做好防护，严禁结构胶进入预应力孔道，每个节段拼装完成之后，应适时清理孔道，保证孔道通畅；

7）节段的拼装、临时预应力张拉、节段固定以及结构胶挤出后的清除工作都应在结构胶固化之前完成；

8）当拼装涂抹作业下方开放交通时，必须在车道或河道上方设置防结构胶滴落的设施。

**4** 用于节段拼接的临时预应力应符合下列规定：

1）应根据节段的断面形式均匀布置临时预应力；

2）临时预应力筋的张拉力应符合设计要求，并应满足反复多次张拉的作业要求。节段匹配面的混凝土受压应力不得小于0.35Mpa；

3）临时预应力应在桥跨永久预应力张拉完成且支承在下部结构上之后，方能拆除。

**5** 根据桥梁结构设计体系形式，墩顶支承结构可采用永久支座、临时支座或临时千斤顶，并应符合下列规定：

1）支承转换前应使梁底与支座间接触，但不应使支座受压；

2）连续梁的中支点宜采用临时支座。临时支座的安全系数应不小于2.0。

**6** 湿接头施工应符合下列规定：

1）对湿接头处的梁端，应按施工缝的要求进行凿毛处理。永久支座应在设置湿接头底模之前安装。

2）湿接头处的模板应具有足够的强度和刚度，与梁体的接触面应密贴并具有一定的搭接长度，各接缝应严密不漏浆。

3）预应力管道应连接平顺，与梁体预留管道的接合处应密封；预应力锚固区预留的张拉齿板应保证其外形尺寸准确且不被损坏。

4）湿接头的混凝土宜在一天中气温相对较低的时段浇筑，且一联中的全部湿接头应尽快浇筑完成。湿接头混凝土的养护时间应不少14d。

5）湿接头按设计要求施加预应力、孔道压浆且浆体达到规定强度后，应立即拆除临时支座，按设计规定的顺序完成体系转换。

6）同一跨梁的临时支座应同时拆除。

**【条文说明】**1 节段的提升及悬挂应符合下列规定：

1）根据现场施工环境，节段提升方式多种多样：有梁底提梁、梁上运梁架桥机端部喂梁等。

2 节段的结构胶接缝施工应符合下列规定：

1）涂抹厚度是根据以往的经验而拟定的，且宜单面涂抹。

2）当结构胶涂抹在接缝表面后，形成了一层明露在空气中的粘结薄膜，硬化速度大大加快，必须在失去粘合能力之前进行胶接并及时施加临时预应力以避免失效，故本条规定了有效工作时间的范围。

3）结构胶在梁体的全断面都挤出，可以有效地保证接缝的密闭效果。控制结构胶和易性指流动性、黏聚性，可以保证胶黏剂在涂抹时能挂住不垂滴，在压力作用下可流动、可塑，并与结合面粘结。

3 用于节段拼接的临时预应力应符合下列规定：

1）根据设计要求，布设临时预应力；设计无要求时，根据张拉力大小、梁顶及梁底宽度进行计算临时预应力数量、间距、位置。

2）《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50-2020)规范中“17.6.15接缝的处理应符合下列规定：对胶接缝施加临时预应力进行挤压时，挤压力宜为0.2MPa”。在近年来的工程实践中，编写单位注意到在某些吊杆体系转换或永久预应力张拉的临时工况下，部分接缝存在短时受拉的可能性。为了确保逐跨拼装施工时节段匹配面始终不受拉、从而确保结构的耐久性，并综合考虑实际工程中的可操作性，本规范将该值提高至0.35MPa。

4 根据桥梁结构设计体系形式，墩顶支承结构可采用永久支座、临时支座或临时千斤顶，并应符合下列规定：

1）主要参照《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）规定7.4.7施工临时支座的安全系数不应小于2.0。

**5.2.3 悬臂拼装施工**

**1** 节段拼装施工前，应对预制节段的匹配面进行必要的处理，并应确定接缝施工的方法和工艺。在拼装施工过程中，应跟踪监测各节段梁体的挠度变化情况，控制其中轴线及高程；当实测梁体线形与设计值有偏差时，应及时进行调整。

**2** 施工前应按施工荷载对起吊设备进行强度、刚度和稳定性验算，其安全系数应不小于2。节段起吊安装前，应对起吊设备进行全面安全技术验收，并应分别进行1.25倍设计荷载的静载和1.1倍设计荷载的动载试验。

**3** 墩顶节段安装前，应在每一联梁中建立其独立的三维坐标系，对该联各墩顶节段安装的平面位置和高程进行测量放样，X、Y两个方向的放样精度宜不大于1mm，Z方向的放样精度宜不大于2mm。安装时，应对其安装精度进行严格控制。墩顶梁段采用现浇方式施工时，对与之相邻的拼装起始节段的放样精度控制，亦应符合上述规定。

**4** 悬臂拼装施工中涉及到结构胶接缝、临时预应力等内容应参照本标准5.2.2中的相关条款执行。

**5** 拼装作业时，应在待拼节段的端面外侧安置张拉作业平台。

**6** 悬臂拼装应符合下列规定：

1）应采取有效的墩梁临时固结措施，确保悬臂结构整体稳定；

2）节段悬臂拼装时，桥墩两侧的节段应对称起吊，且应保证桥墩两侧平衡受力，最大不平衡力应符合设计规定。

**7** 节段提升、拼装作业采用桥面吊机或桥面提升架时，提升设备与节段的重量比不应大于0.4。且提升设备在提升、拼接、行走时的抗倾覆安全系数、自锚固系统的安全系数、斜拉水平限位系统的安全系数均不应小于2。

**8** 合龙和体系转换施工应符合下列规定：

1）合龙的程序和顺序应符合设计规定。

2）合龙施工前应对两端悬臂梁段的轴线、高程和梁长受温度影响的偏移值进行观测，并应根据实际观测值进行合龙的施工计算，确定准确的合龙温度、合龙时间及合龙程序。

3）悬臂梁段采用施加水平推力的方式调整梁体的内力时，千斤顶的施力应对称、均衡。

4）合龙时，宜采取措施将合龙口两侧的悬臂端予以临时刚性连接后，再浇筑合龙段混凝土。宜在合龙口两侧的梁体顶面设置等重压载水箱，并在浇筑合龙段混凝土时同步卸载。

5）合龙段的混凝土宜在一天中气温最低且稳定的时段内浇筑，浇筑后应及时覆盖洒水养护，养护时间宜不少于14d。

6）合龙时在桥面上设置的全部临时施工荷载应符合施工控制的要求。对预应力混凝土连续梁，合龙后应在规定的时间内尽快拆除墩梁临时固结装置，按设计规定的程序完成体系转换和支座反力调整。

【条文说明】1）在浇筑合龙段混凝土前将两端悬臂临时刚性连接的目的，是为保护合龙段混凝土在形成强度之前不会承受额外的拉压应力。

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

**5.3 检查验收**

**5.3.1** 逐跨节段拼装质量标准应符合表5.3.1的规定：

**表5.3.1 逐跨拼装施工质量标准**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 规定值或允许偏差（mm） | 检验频率 | 检验方法 |
| 范围 | 点数 | 用经纬仪检测 |
| 1 | 轴线偏移量 | 5 | 每跨 | 5 | 用尺量 |
| 2 | 相邻节段间顶面接缝高差 | 3 | 每条接缝 | 2 | 用尺量 |
| 3 | 节段拼装立缝宽度 | ≤3 | 每条接缝 | 2 | 用尺量 |
| 4 | 梁长 | +10，-20 | 每跨 | 3 | 用尺量 |
| 5 | 支座轴线偏位 | 5 | 每个支座 | 2 | 用尺量 |

**注：**主要参照《城市轨道交通预应力混凝土节段预制桥梁技术标准》（CJJ/T 293-2019）以及《预应力混凝土桥梁预制节段逐跨装施工技术规程》(CJJ/T 111-2006)

**5.3.2** 悬臂拼装质量标准应符合表5.3.2的规定：

**表5.3.2 悬臂拼装施工质量标准**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 规定值或允许偏差（mm） | 检验频率 | 检测方法 |
| 1 | 湿接头、合龙段混凝土强度 | 在合格标准内 | 2组 | 强度检测 |
| 2 | 轴线偏位（mm） | L≤100m | 10 | 每个节段检查2处 | 全站仪或经纬仪 |
| L＞100m | L/10000 |
| 3 | 顶面高程（mm） | L≤100m | ±20 | 每个节段检查2处 | 水准仪 |
| L＞100m | ±L/5000 |
| 相邻节段高差 | 10 | 检查3～5处 | 尺量 |
| 4 | 同跨对称点高差（mm） | L≤100m | 20 | 每跨检查5～7处 | 水准仪 |
| L＞100m | L/5000 |

注：主要参照《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80/1-2017）；表中L表示跨径。

**6 墩柱、盖梁预制**

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 预制用钢筋骨架胎架、钢筋骨架定位板、预制台座﹑模板、吊具等，应根据具体预制工艺和精度要求进行专项设计。

**6.1.2** 墩柱与盖梁预制构件的质量评定应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》(CJJ 2)的规定。

**6.2 预制**

**6.2.1** 墩柱、盖梁预制应考虑拼接缝厚度；墩柱宜按竖向整体（或分节段）进行预制，盖梁宜按横向整体（或分节段）进行预制，混凝土应一次性浇筑完成。

**6.2.2 预制构件厂（场）区布局规划**

**1** 预制厂（场）地面积应根据构件生产量、工程进度、厂内外运输条件等因素综合考虑；合理布置预制场地，合理划分各功能区。

**2** 预制厂(场)地地基承载能力应满足各功能区的使用要求；

**3** 预制台座应进行专项设计，墩柱钢模板整体翻转宜采用专业的翻转台座；

**4** 混凝土浇筑宜设置浇筑平台，浇筑平台应进行专项设计；

**5** 节段应按安装次序进行堆放，并预留一定的吊运通道；

**6** 预制构件厂（场）区的其他要求，应符合本标准第4章的规定。

**【条文说明】**1 预制场地规划及布局应进行专项设计，体现工厂化生产、流水线制作，主要分为生活区、生产区、办公区。

**6.2.3 钢筋骨架制作与安装**

**1** 钢筋骨架制作应在胎架上进行。

**2** 胎架安装应符合下列要求：

1）胎架主梁应安装在平整的混凝土地面上，地基承载力应满足要求，平整度应≤1mm/m；

2）胎架主梁整体平整、顺直，无变形、破损等缺陷；

3）挂片定位孔的中心应与主筋的中心线重合，允许偏差值±5mm；

**3** 钢筋骨架制作

1）应采用智能数控设备进行钢筋切割、车丝、打磨、弯曲等工作。受力钢筋下料长度允许偏差为±5mm，钢筋端部应打磨平整。对钢筋切割、弯曲质量进行抽查，每批次数量不少于3根；

2）钢筋半成品焊接应采用CO2气体保护焊。焊接钢筋的质量验收内容和标准应符合《钢筋焊接及验收规程》（JGJ 18）的规定；钢筋机械连接应符合《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107)中Ⅰ级接头，质量验收内容和标准应符合《带肋钢筋套筒挤压连接技术规程》(JGJ 108)规定。

3）整体或分节段钢筋骨架均应在胎架上一次性组装成形；

4）混凝土保护层垫块强度应不低于预制构件混凝土强度，混凝土保护层垫块布设应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》(CJJ 2)的规定，并尽量靠近钢筋交叉点处。数量应不少于4个/m2，垫块应在钢筋骨架制作时同步安装，绑扎完成后应进行专项验收；

5）钢筋骨架制作质量应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》(CJJ 2)的规定；

6）墩柱钢筋骨架制作时，与灌浆套筒连接的钢筋应通过顶端定位板、灌浆套筒、底端定位板进行连接定位，连接钢筋间距允许偏差值为2mm；

7）墩柱应安装调节竖直度的预埋件，用于调整墩柱拼装时的竖直度；

8）预应力孔道安装应符合本标准第8章的规定。

**【条文说明】**1）钢筋加工质量验收应按验收批进行检验，同一施工条件下采用同一批材料的同等级、同形式、同规格的半成品，以100根为一个验收批进行检查和验收，不足100根时亦作为一个验收批。

**4** 钢筋骨架安装

1）钢筋骨架吊运过程中应保持整体稳定性，低速平稳，不能损伤主筋及机械连接器；

2）钢筋骨架的吊点设置应保证钢筋骨架在吊装时不变形；

3）钢筋骨架入模后，应对连接主筋、灌浆套筒、灌浆金属波纹管中心位置进行再次检查。

**6.2.4 灌浆套筒、灌浆金属波纹管安装**

**1** 灌浆套筒安装

1）灌浆套筒安装应采用装有定位销的定位板定位，安装允许偏差均为2mm；

2）全灌浆套筒预制安装端应放入止浆塞，并确保密封牢固；

3）半灌浆套筒中钢筋机械连接应符合《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107)的规定；

4）灌浆套筒采用箍筋定位固定，灌浆套筒与箍筋连接应采用绑扎，不得采用焊接连接；

5）灌浆套筒压浆管、出浆管和对应的压浆口、出浆口连接应密封牢固，压浆管、出浆管长度应根据墩柱或盖梁尺寸预留准确，并用止浆塞塞紧，止浆塞与模板应紧密贴合；

6）拆模完成后，应及时检查灌浆套筒内腔是否干净通畅，确保无水泥浆等杂物。

**2** 灌浆金属波纹管安装

1）灌浆金属波纹管安装应符合本标准6.2.4第1款灌浆套筒安装的规定；

2）灌浆金属波纹管应采用内衬管等措施保证预制过程中不变形；

3）灌浆金属波纹管与箍筋连接应采用绑扎，不得采用焊接连接。

**6.2.5** 模板制作与安装，应符合下列规定：

**1** 模板宜采用整体式定型钢模板，连接螺杆宜采用高强度精轧螺纹钢；

**2** 模板制作应由专业厂家制造，应进行专项设计，专项设计应考虑通用性需求，模板设计并应符合《组合钢模板技术规范》（GB/T 50214）的规定；

**3** 模板制作及成品检验应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》(CJJ 2)的规定；

**4** 模板制作完成后应进行试拼装，采用准入制，钢模板的分节匹配加工应在制作厂家内完成，模板进场组装验收应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》(CJJ 2)的规定；

**5** 模板应按设计要求准确就位；

**6** 模板在安装过程中，必须设置防倾覆的临时固定设施；

**7** 模板安装完成后，其尺寸、平面位置和顶部高程等应符合设计要求，节点联系应牢固；

**8** 固定在模板上的预埋件和预留孔洞均不得遗漏，安装应牢固，位置应准确；

**9** 混凝土浇筑前，应对模板系统及预埋件空间位置进行验收，合格后方可进行混凝土浇筑。

**6.2.6 混凝土施工**

**1** 墩柱、盖梁混凝土浇筑应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》（CJJ 2）的规定，每一预制节段的混凝土应一次浇筑完成；

**2** 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；

**3** 混凝土振捣时应防止灌浆套筒或灌浆金属波纹管变形和移位。振捣棒距离灌浆套筒或灌浆金属波纹管宜≥10cm；

**4** 室外昼夜日平均气温连续5d稳定低于5℃时，节段预制应采取冬季施工的措施。

**6.2.7** 混凝土养护

**1** 应根据混凝土性能制定具体养护方案，墩柱及盖梁预制完成后应及时进行保温保湿养护，养护时间应不小于7d；

**2** 混凝土养护应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》（CJJ 2）的规定，宜采用智能养护系统，根据环境温、湿度调控养护参数；

**3** 高温季节养护宜采用智能喷淋系统，冬季养护宜采用蒸汽养护；

**4** 墩柱宜采用养护罩进行养护，盖梁宜搭设固定或移动养护棚进行养护；

**5** 在养护棚内应设置同条件养护试块，试块不得随意放置；

**6** 匹配面表面在浇筑完成后应及时凿毛至完全露出新鲜密实混凝土的粗集料，并应用洁净水冲洗干净。

**6.2.9 存放**

**1** 墩柱及盖梁应按照其刚度及受力情况制定对应的存放方案；

**2** 墩柱及盖梁在转运及存放过程中不应出现损伤和变形；

**3** 墩柱及盖梁在装车运输前应完成质量验收，并标注好拼装时需要的观测基线；

**4** 墩柱宜采用竖向存放，盖梁可根据实际结构形式采取叠放或单层存放；

**5** 采用堆叠存放应符合下列规定：

1）当多层叠放时，层与层之间宜采用枕木、橡胶板等弹性支撑物隔开，支撑位置应设在设计规定的支点处；

2）叠放层数应符合设计要求。设计无要求时，堆叠层数不宜超过两层，并应对节段受力及地基承载力进行验算。

**6** 应满足设计规定的存放时间。设计无要求时，不宜少于3个月。

**6.2.10 信息化管理**

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

**2** 墩柱及盖梁应标识基本信息和预制全过程信息：

1）基本信息应包括节段名称、构件编号、浇筑日期等，标识应清晰、耐久；

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

**6.3 运输**

**6.3.1 吊装**

**1** 龙门吊及吊车等大型吊装设备应进行专项检测并出具有效安全检验合格证；

**2** 墩柱、盖梁(吊具、吊架、吊点等)的吊装方案应进行专项设计；

**3** 吊具﹑吊架应定期进行探伤检查和维护；

**4** 吊装设备应符合使用要求，使用前，应检查机具的维修、使用，检验记录；

**5** 运输前应进行试吊装。

**【条文说明】**5 因预制构件吊装重量较大，吊装前应进行试吊；试吊前参加吊装人员应按岗位分工，严格检查吊耳、起重机械和索具的性能情况，确认符合方案要求后才可试吊。重物吊离200～500mm后停止提升，检查吊车的稳定性，制动器的可靠性，重物的平衡性，绑扎的牢固性，确认无误后，方可继续提升。

**6.3.2 运输**

**1** 墩柱宜采用平躺式运输，应采取必要的防护措施，防止墩柱底部损坏；盖梁悬臂端节段运输时安装临时支撑进行稳固；

**2** 构件运输应根据运输路线的最大纵坡、横坡，合理设置支撑点，并对构件进行受力验算。墩柱及盖梁运输过程中应采用专用绑带捆扎固定、防止倾覆，在支撑点和捆绑点的位置设置土工布或橡胶垫块防止损伤，预留钢筋采用塑料套管保护；

**3** 采用水上运输时，除应采取可靠措施保证运输构件在风浪颠簸中不产生移位和倾覆外，尚应符合海事和航道管理部门对水上运输的相关规定，保证水上运输的安全；

**5** 墩柱与盖梁节段运输还应符合本标准第4章的规定。

**6.4 检查验收**

**6.4.1** 钢筋安装实测项目应符合表6.4.1。

**表6.4.1 钢筋安装实测项目**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 规定值或允许偏差 | 检验方法和频率 |
| 受力钢筋间距（mm） | 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 | ±5 |
| 箍筋、构造筋、螺旋筋间距(mm) | ±10 | 尺量：每个骨架检查10个间距 |
| 钢筋骨架尺寸(mm) | 长、宽、高或直径 | ±5 | 尺量：按骨架总数30%抽测 |
| 弯起钢筋位置(mm) | ±20 | 尺量：每骨架抽查30% |
| 保护层厚度(mm) | ±10 | 尺量：每构件各立模板面每3㎡检查1处，且每侧面不少于5处 |
| 定位板孔中心位置间距、灌浆套筒（灌浆金属波纹管）轴线间距（mm） | ±5 | 尺量：定位板孔间距检查100%，其他每个骨架检查30% |

**6.4.2** 墩柱节段的实测项目应符合表6.4.2。

**表6.4.2 墩柱节段实测项目**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检查项目 | 规定值或允许偏差 | 检验方法和频率 |
| 混凝土强度(MPa) | 在合格标准内 | 按CCJ 2附录 |
| 断面尺寸（mm） | 外轮廓 | ±5 | 尺量：2个断面 |
| 壁厚 | ±5 |
| 高度(mm) | ±10 | 用钢尺量2个点 |
| 平整度(mm) | ≤3 | 2m直尺：每20m测1处，且不少于3处，每处测竖直、水平两个方向 |
| 支座垫石(mm) | 轴线位置 | ≤3 | 尺量：支座垫石横纵方向，抽查50% |
| 尺寸 | ±5 | 尺量：每个垫石 |
| 预留锚孔位置 | ≤3 | 尺量：每个量测 |
| 预埋件(mm) | 灌浆套筒、灌浆金属波纹管中心 | 位置 | ±5 | 尺量：每个量测 |
| 预留钢筋 | 位置 | ±5 |
| 外露尺寸 | ±2 |

**6.4.3** 盖梁节段的实测项目应符合表6.4.3。

**表6.4.3 预制盖梁实测项目**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检查项目 | 规定值或允许偏差 | 检验方法和频率 |
| 混凝土强度(MPa) | 在合格标准内 | 按CCJ 2附录 |
| 断面尺寸（mm） | ±5 | 用钢尺量3个断面 |
| 高度(mm) | ±10 | 用钢尺量2个点 |
| 平整度(mm) | ≤3 | 2m直尺：每20m测1处，且不少于3处，每处测竖直、水平两个方向 |
| 支座垫石(mm) | 轴线位置 | ≤3 | 尺量：支座垫石横纵方向，抽查50% |
| 尺寸 | ±5 | 尺量：每个垫石 |
| 预留锚孔位置 | ≤3 | 尺量：每个量测 |
| 预埋件(mm) | 灌浆套筒、灌浆金属波纹管中心 | 位置 | ±5 | 每个预埋件用钢尺量检查30% |
| 预留钢筋 | 位置 | ±5 |
| 外露尺寸 | ±2 |

**7 墩柱、盖梁拼装**

**7.1 一般规定**

**7.1.1** 墩柱、盖梁节段的拼装可采用灌浆套筒连接或灌浆金属波纹管连接。

**7.1.2** 拼装前，应对拼装方案中的材料及设备到场情况、吊装区域地基处理情况进行严格复查。

**7.1.3** 构件拼装前应进行试拼装。

**7.1.4** 灌浆套筒或灌浆金属波纹管内灌浆料强度应大于35MPa后方可进行下一工序施工。

**【条文说明】**为减少对灌浆料的扰动，确保连接质量及施工安全，灌浆料施工完成后应达到1d强度后，方可进行下一道工序施工，根据《钢筋连接用套筒灌浆料》（JG/T 408）的规定的灌浆套筒或灌浆金属波纹管中使用的高强无收缩水泥灌浆料1d抗压强度≥35Mpa。

**7.2 拼装**

**7.2.1 墩柱拼装**

**1** 墩柱与承台拼装

1）墩柱拼装前，应对承台匹配面的坐标、高程、平整度及预留钢筋的位置和坐标进行复核，坐标及高程允许偏差为±2mm，胶接缝平整度允许偏差为±1mm/m，混凝土砂浆接缝平整度允许偏差为为±2mm/m，预留钢筋的长度和坐标允许偏差值为±2mm；

2）墩柱拼装前应对承台预留连接钢筋进行除锈、去毛刺等处理；

3）墩柱拼装前应对承台匹配面凿毛处理，直到露出骨料，并对凿毛区域进行清理、湿润；

4）匹配面区域四周应设置坐浆围堰，高度宜超过高强低收缩砂浆层2cm～3cm，距离匹配面边沿不小于5cm；

5）承台匹配面应设置调节垫块。调节垫块宜采用有承载力的不锈钢板、橡胶垫块等；

6）承台预留钢筋上宜设置环形止浆橡胶垫片，确保灌浆套筒或灌浆金属波纹管密封；

7）墩柱起吊翻转时，底部应设置具备缓冲能力的支垫，并防止根部墩柱碰撞。

8）高强低收缩砂浆应按照产品说明书进行配制，人工进行摊铺，中心位置略高，摊铺厚度符合设计要求；

9）结构胶的施工应本标准第5.3.3条规定。

10）墩柱拼装就位应在铺设的高强低收缩砂浆垫层开始失去塑性前完成，墩柱拼装就位后应及时清除结合面多余砂浆；

11）承台混凝土强度达到100%后，方可进行墩柱拼装；

12）墩柱安装时应严格控制相邻墩柱间距，以保证后续构件安装精度。

**【条文说明】**4）连接面连接一般采用高强低收缩砂浆，为保证连接面坐浆饱满，需设置高强低收缩砂浆模板，称为坐浆围堰。

5）为调整墩柱竖直度及顶面高程，需采用垫块进行调节，因此成为调节垫块。

**2** 墩柱间节段拼装

1）墩柱节段拼装前，应对下节墩柱预留连接钢筋坐标和高程、墩柱匹配面高程及水平度进行复测，允许偏差为±2mm，水平度允许偏差为1mm/m；

2）节段墩柱拼装前，拼接缝处表面浮浆、杂质应及时清理，确保匹配面干燥、干净。同时对外露部分的连接钢筋进行防锈、去毛刺等处理；

3）节段墩柱匹配面涂抹的结构胶应均匀覆盖整个结合面，涂抹厚度应满足设计规定，设计无规定时，涂抹厚度宜为3mm。拼装时构件边缘应有均匀的挤出量，不能出现流淌现象。结构胶配制至拼装完成所使用时间应小于30min；

4）应通过竖直度预埋件对墩柱节段进行竖直度调整；

5）墩柱节段拼装就位后应设置临时支撑，以保证墩柱稳定。

**7.2.2 盖梁拼装**

**1** 盖梁与墩柱拼装

盖梁与墩柱拼装应符合本标准第7.2.1条墩柱与承台拼装的规定。

**2** 盖梁间节段拼装

1）盖梁节段拼装前，匹配面应清理干净；

2）盖梁节段拼装分为胶接与湿接两种形式。胶接缝采用环氧粘结剂进行连接，湿接缝采用混凝土进行连接；

3）盖梁节段胶接拼装时，施工前应对盖梁节段进行试拼；

4）拼接时匹配面涂抹的结构胶应均匀覆盖整个结合面，涂抹厚度符合设计规定，设计无规定时，设计无规定时，涂抹厚度宜为3mm，构件边缘应有均匀的挤出量，不能出现流淌现象；

5）结构胶配制至盖梁节段拼装完成所使用时间应小于30min，应对预应力孔道做好防护，结构胶不能进入预应力孔道；

6）盖梁节段之间应设置临时锚固系统，宜采用精轧螺纹钢进行连接；

7）盖梁节段湿接拼装时，盖梁匹配面应进行凿毛处理，两端盖梁的预应力管道采用相同材质的预应力波纹管进行连接，湿接头处的模板应具有足够的强度和刚度，应严密不漏浆。

【条文说明】3）为确保盖梁安装质量，防止结构胶涂抹后安装调整时间较长，盖梁节段在拼装前应在高空进行试拼装。

**7.2.3 灌浆连接工艺**

**1** 灌浆前，节段匹配面高强低收缩砂浆垫层强度应满足设计要求。

**2** 灌浆前应再次检查灌浆套筒或灌浆金属波纹管，确保通畅无杂物。

**3** 高强无收缩水泥灌浆料应在拼装前一天进行流动度测试及1d龄期抗压强度测试，应符合现行国家标准《钢筋连接用套筒灌浆料》（JG/T 408）的规定后方可用于现场拼装连接。

**4** 高强无收缩水泥灌浆料在拌制时应制取试件，对应每个拼接部位应制取不少于3组，分别测试1d、3d和28d龄期抗压强度。

**5** 灌浆作业应连续，如遇中断，应将灌浆套筒或灌浆金属波纹管冲洗清理干净，待干燥后重新进行灌浆。

**6** 应根据不同的施工季节和天气气温，及时调整灌浆料的水胶比。灌浆施工环境温度还应符合灌浆料产品使用说明书要求。雨天不能进行灌浆作业。

**7** 排浆管口冒出浓浆3～5s后停止灌浆，灌浆料回落稳定后，出浆口浆液高于灌浆套筒及灌浆金属波纹管内腔灌浆料填充区时，关闭进浆管阀门，停止压浆。压浆完成后应及时清理构件表面的残余浆液。

# **8** 其他未尽事项，应满《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》（JGJ 355）与《钢筋连接用套筒灌浆料》（JG/T 408）相关规定。

**7.3 检查验收**

**7.3.1** 墩柱拼装的实测项目应符合表7.3.1.

**表7.3.1 墩柱节段拼装实测项目**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 规定值或允许偏差 | 检验方法和频率 |
| 高强低收缩砂浆抗压强度(MPa) | ≥60 | 符合JG/T 408附录B的规定 |
| 灌浆料抗压强度(MPa) | ≥100 | 符合JG/T 408附录B的规定 |
| 轴线偏位（mm） | H≤60m | ≤10，且相对前一段≤8 | 全站仪：每施工节段测顶面边线和两轴线交点 |
| H＞60m | ≤15，且相对前一段≤8 |
| 顶面高程（mm） | ±10 | 水准仪：检查5处 |
| 全高竖直度（mm） | H≤5m | ≤5 | 全站仪：纵、横各测2点 |
| 5m＜H≤60m | ≤H/1000，且≤20 |
| H＞60m | ≤H/3000，且≤30 |
| 节段间错台（mm） | ≤3 | 尺量：每节每侧面 |
| 相邻墩、台柱间距（mm） | ±10 | 全站仪：检查3处 |

注：H为墩柱全高，计算规定值或允许偏差时以mm计。

**7.3.2** 盖梁节段拼装的实测项目应符合表7.3.2.

**表7.3.2 预制盖梁拼装实测项目**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 规定值或允许偏差 | 检验方法和频率 |
| 高强低收缩砂浆抗压强度(MPa) | ≥60 | 符合JG/T 408附录B的规定 |
| 灌浆材料抗压强度(MPa) | ≥100 | 符合JG/T 408附录B的规定 |
| 轴线偏位（mm） | ≤10，且相对前一段≤8 | 全站仪：每施工节段测顶面边线和两轴线交点 |
| 顶面高程（mm） | ±10 | 水准仪：检查5处 |
| 全高竖直度（mm） | ≤H/1000，且≤5 | 全站仪：纵、横各测2点 |
| 节段间错台（mm） | ≤3 | 尺量：每节每侧面 |
| 湿接头混凝土强度（MPa） | 在合格标准内 | 按JTG F80/1附录D |

注：H为盖梁平均高度，计算规定值或允许偏差时以mm计。

**8 预应力施工及防腐**

**8.1 一般规定**

**8.1.1** 预应力施工时，应采取必要的安全防护措施，防止发生事故。

**8.1.2** 预应力施工前，应该根据施工设备及工艺，对各施工工况下的桥梁上、下部结构的安全性进行验算。

**8.1.3** 预应力施工前，应制定预应力施工全过程在内的测量控制方案。

**8.2 材料和器具**

**8.2.1** 预应力筋进场时，每一批次应附有质量证书，并挂有标牌。

**【条文说明】**质量证明书中应注明供方、合同号、预应力筋类型、强度、级别、规格、重量和件数、执行标准号、检验结果、检验日期、技术监督部门印章。标牌上应注明供方、预应力类型、强度级别、规格、盘号、净重、执行标准号等。

**8.2.2** 锚具应根据预应力筋类型、锚固要求和张拉工艺等需求选用，以保持预应力筋的强度。

**8.2.3** 预应力筋的性能和质量，应符合国家和行业现行有关标准的规定。钢丝应符合《预应力混凝土用钢丝》（GB/T 5223）的规定；钢绞线应符合《预应力混凝土用钢绞线》（GB/T 5224）的规定；螺纹钢筋应符合《预应力混凝土用螺纹钢筋》（GB/T 20065）的规定。

环氧涂层钢绞线应符合《环氧涂层七丝预应力钢绞线》（GB/T 21073）、《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》（GB/T 25823）和《环氧涂层预应力钢绞线》（JG/T 387）、《填充型环氧涂层钢绞线体外预应力束》（JT/T 876）的规定。

聚乙烯（PE）护套的各项技术性能应符合设计要求和《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》（JT/T 529）的规定。

进口材料的性能和质量应符合合同规定标准的要求。

**8.2.4** 预应力筋验收合格后，悬挂标志牌。

**8.2.5** 预应力筋下料应符合下列规定：

**1** 下料长度应通过计算确定，计算时应考虑结构的预应力管道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和张拉工作长度等因素；

**2** 预应力筋下料时应采用量具精确测量，砂轮切割机切割；

下料时应设置专门的平台，严禁在地面上拖拽，损坏环氧涂层。下料完毕的应分类编号后妥善存放并做好临时保护措施；

**4** 切割面应为平面，以便张拉时检查断丝。

**8.2.6** 预应力筋张拉设备及配套仪表应满足张拉或放张的要求，应定期维护和标定。标定时千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉方向一致。

**【条文说明】**标定期限不应超过半年，当张拉设备出现异常或千斤顶检修后应重新标定。

**8.2.7** 锚具安装前应清理锚垫板端面的混凝土残渣和喇叭管内的杂物，同时清理预应力筋表面的浮锈和渣土。锚具安装时锚板应对中夹片夹紧且缝隙均匀。

**【条文说明】**工作夹片因重复使用，夹片齿缝间可能填充环氧涂层与油脂，施工过程中扬尘会附着在油脂中，影响夹片跟进，从而造成钢绞线滑丝。因此安装锚具前必须仔细检查，及时清理工具夹片齿缝间的污垢或更换夹片。

**8.2.8** 锚具封闭前，预应力筋端头和锚具夹片应涂防腐油脂并套上塑料帽，或涂刷环氧树脂。

**8.2.9** 锚具、夹具和连接器应符合下列规定：

**1** 锚具、夹具和连接器出厂时应成箱包装并符合包装相关规定，包装箱内必须附有产品合格证、装箱单和产品说明书。

**2** 锚具、夹具和连接器进场验收时，应按产品合格证和装箱单核查产品锚固性能类别、型号、规格、数量，确认无误后进行外观检查、硬度检验以及静载锚固性能试验。

**3** 锚具、夹具和连接器应符合《预应力筋用锚具、夹具和连接器》（GB/T 14370）的规定，并设有专人保管。

**【条文说明】**2 在产品合格书中，应注明供方、合同号、锚具、夹具和连接器品种、数量、各项指标检查结果和质量监督部门印记等。

3 设置专人保管避免锈蚀或机械损伤，临时性的保护措施应不影响安装操作和永久性防锈措施的实施。

**8.2.10** 预应力管道应符合下列规定：

**1** 金属波纹管应符合《预应力混凝土用金属波纹管》（JG/T 225）的规定，对其抗外荷载及抗渗漏性能进行检验。

**2** 塑料波纹管进场时，应符合《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》（JT/T 529）的规定。

**3** 预应力管道应设置专人保管，避免锈蚀和破损。

**8.3 张拉准备**

**8.3.1** 施工现场的准备工作应符合下列规定：

张拉前，施工现场应已具备经批准的张拉顺序、张拉程序和施工作业指导书，经培训掌握预应力施工知识和正确操作的施工人员，以及能保证操作人员和设备安全的防护措施。

**8.3.2** 锚具安装正确，节段已达到要求的强度和弹性模量或龄期。

**8.3.3** 对长度较小的竖向或横向预应力筋，可采用低回缩锚具。低回缩锚具的张拉和锚固宜符合相应产品标准的规定。

**8.3.4** 先张法的墩式台座结构应符合下列规定：

**1** 承力台座应进行专门设计，并应具有足够的强度、刚度和稳定性，其抗倾覆安全系数应不小于1.5，抗滑移系数应不小于1.3。

**2** 锚固横梁应具有足够的刚度，受力后挠度应不大于2mm。

**8.3.5** 采用金属或塑料波纹管构成后张预应力混凝土结构或构件的孔道时，应符合下列规定：

**1** 管道的规格、尺寸应符合设计规定，设计未规定时，应按施工允许确定。其内横截面积应不小于预应力筋净截面积的2倍；对长度大于60m的管道，宜通过试验确定其面积比是否可进行正常压浆作业。

**2** 管道应按设计规定的坐标位置进行安装，采用定位钢筋固定，使其能牢固地置于模板内的设计位置，在混凝土浇筑期间不产生位移。固定各种成孔管道的定位钢筋间距，预应力管道定位钢筋间距不应大于0.6m，位于曲线上的管道和扁平波纹管道应适当加密。定位后的管道应平顺，其端部的中心线应与锚垫板相垂直。

**3** 金属波纹管接头处的连接管宜采用大一级直径的同类管道，其长度宜为被连接管道内径的5倍～7倍。连接时不应使接头处产生角度变化及在混凝土浇筑期间发生管道的转动或移位，并应缠裹紧密，防止水泥浆的渗入。

**4** 塑料波纹管应采用专用焊接机进行热熔焊接或采用具有密封性能的塑料结构连接器连接。当采用真空辅助压浆工艺进行管道压浆时，管道的所有接头应具有可靠的密封性能，并应满足真空度的要求。

**5** 所有预应力管道均应在全长的顶点设排气孔，必要时在全长的低点设排水孔，每个顶点和两端设检查孔。

**6** 预应力管道安装完毕后，其端口应采取可靠措施临时封堵，防止水或其他杂物进入。

**【条文说明】**1 管道内横截面积大小与穿束难易程度和是否能正常压浆作业有关，既不能过小亦不能过大，过小时穿束与压浆均较困难，过大则会削弱结构或构件的正常断面，因此需要采用适宜的内横截面积。

2 压浆管、排气管和排水管应采用内径不小于20mm的标准管或适宜的塑性管，与管道之间的连接应采用金属或塑料结构扣件，长度应足以从管道引出结构物外。

3 管道接头若处理不当，容易造成漏浆，因此连接管需具有一定长度，并有足够的密封性能，以防止水泥浆浸入。

4 管道与普通钢筋重叠时，应移动普通钢筋，不得改变管道的设计坐标位置。

5 压浆孔用于将浆液注入管道内；排气孔用于排出空气、水、浆液和泌水。在管道的每个低点设置排水孔防止水的积存，排水孔需保持开放直至压浆开始。压浆孔和排气孔的位置与浆体流动的方向、管道的倾斜度、锚具和接头以及允许的压浆压力有关，在某些情况下，两者可以互换，使其用以压浆和再次压浆。

**8.3.6** 张拉时，结构或构件混凝土的强度、弹性模量(或龄期）应符合设计规定；设计未规定时，混凝土的强度应不低于设计强度等级值的80%，弹性模量应不低于混凝土28d弹性模量的80%，当采用混凝土龄期代替弹性模量控制时应不少于5d。

**8.3.7** 预应力筋张拉前，应计算所需张拉力大小、张拉伸长值，说明张拉顺序和方法，填写张拉申请单。

**8.3.8** 张拉时，对直线预应力筋，应使张拉力作用线与预应力筋中心线重合；对曲线预应力筋，应使张拉力作用线与预应力筋中心线末端的切线重合。

**8.3.9** 张拉应根据设计和施工要求采取一端张拉或两端张拉的方法，采用两端张拉时，宜两端同时张拉，也可采用一端张拉另一端补张拉。

**8.3.10** 张拉时应符合下列规定：

**1** 预应力筋的张拉顺序应符合设计规定；设计未规定时，宜采用分批、分阶段的方式对称张拉。

**2** 张拉前应对钢绞线进行预张拉，预张拉应力为张拉控制应力的10%～25%，具体值根据张拉预应力筋不同而决定。

**3** 张拉时宜做到上下左右对称张拉，应保证结构或构件对称均匀受力，避免发生侧向弯曲或失稳。当为消除锚圈口摩擦损失等而提高张拉控制应力时，体外钢绞线张拉控制应力限值不应超过0.75$f\_{pk}$。

**4** 张拉时应采用伸长量与张拉应力双控，并以张拉应力为主。

**5** 实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计规定；设计未规定时，其偏差应控制在±6%以内，否则应停止张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

**6** 预应力筋在张拉控制应力达到稳定后方可锚固，对夹片式锚具，锚固后夹片顶面应平齐，其相互间的错位宜不大于2mm，且不应大于4mm。锚固完毕并经检验确认合格后方可切割端头多余的预应力筋，切割时应采用砂轮锯，严禁采用电弧进行切割，同时不得损伤锚具。

**7** 切割后预应力筋的外露长度应不小于30mm，且应不小于1.5倍预应力筋直径。锚具应采用封端混凝土保护，当需长期外露时，应采取防止锈蚀的措施。

**8** 持荷5分钟后，应一端先回油锚固，另一端应力补足后锚固。

**9** 在预应力筋张拉、锚固过程中及锚固完成后，均不得大力敲击或振动锚具。预应力筋锚固后需要放松时，对夹片式锚具宜采用专门的放松装置松开。

**10** 预应力筋在实施张拉或放张作业时，应采取有效的安全防护措施，预应力筋两端的正面严禁站人和穿越。

**11** 过程中出现滑丝、断丝、夹片破裂、锚垫板变位破裂、千斤顶漏油、压力表不回零等问题时，应停止张拉，待查明原因并采取有效措施纠正问题后，方可继续施工。

**【条文说明】**钢束、钢绞线的断丝滑移限制检查项目应包括每束钢丝断丝或滑丝不多于1根、每束钢绞线断丝或滑丝不超过一丝、每个断面断丝之和不超过该断面钢丝总数的1%；螺纹钢筋不允许出现断筋或滑移。

**表8.3.10 预应力筋张拉初应力取值范围**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 预应力筋长度(m) | *L*≤30 | 30<*L*≤60 | 60<*L*≤100 | *L*>100 |
| 张拉初应力 | 10%≤*σcon*<15% | 15%≤*σcon*<20% | 25% | 现场试验确定 |

张拉控制应力不应超过0.7$f\_{pk}$（负弯矩张拉控制力不应超过0.6$f\_{pk}$），$f\_{pk}$为体外预应力钢筋的抗拉强度标准值。

**8.4 体内预应力**

**8.4.1** 管道安装后，在其附近进行焊接作业时必须对管道采取保护措施。

**8.4.3** 灌浆套筒、灌浆金属波纹管安装：

**1** 安装前应按厂家提供的检验报告、产品说明书，检查外观质量、尺寸和配件等。

**2** 全灌浆套筒预制安装端和钢筋连接接头应放入止浆塞，确保密封牢固。

**3** 压浆管、出浆管与对应压浆口、出浆口的连接应密封牢固，长度应根据承台、墩柱以及盖梁尺寸预留准确，用止浆塞塞紧，上端出浆时端部应采取密封保护措施。

**4** 灌浆套筒浇筑端应采用装有定位销的定位板进行定位，安装允许偏差为±2mm。

**5** 灌浆金属波纹管应采取内衬钢管等措施。

**8.4.4** 施工时，预应力筋张拉完毕经检查合格后，应尽早压浆，压浆前应全面检查预应力管道、压浆孔、排气孔、泌水管等是否畅通。对抽芯成型的混凝土管道宜用水冲洗后压浆，对预埋管成型的管道不得用水冲洗，必要时可采用压缩空气清孔。

**8.4.5** 体内预应力筋的施工应符合下列规定：

**1** 纵向预应力钢筋管道压浆时，管道内的负压不应小于0.06MPa。

**2** 进行预应力筋作业时，严禁采用加热焊接或电弧切割在预应力筋附近对其他部件进行气割，焊接时应防止预应力筋受焊接火花或接地电流的影响。

**3** 预应力筋采用先穿束法或后穿束法穿入管道应根据结构特点、施工条件和工期等要求确定。

**4** 后张法有粘结预应力筋张拉完毕并经检查合格后，应尽早压浆。

**5** 压浆前，对锚具夹片空隙和其他可能漏浆处，需采用高标号水泥浆或结构胶等封堵，待封堵料达到一定强度后方可压浆。

**7** 切割后预应力筋的外露长度应不小于30mm，且应不小于1.5倍预应力筋直径。锚具应采用封端混凝土保护，当需长期外露时，应采取防止锈蚀的措施。

**8** 锚具封闭前应将周围混凝土冲洗干净，凿毛，对凸出式锚头应配置钢筋网片。

**9** 锚具封闭宜采用与构件同强度等级的细石混凝土，也可采用微膨胀混凝土、低收缩砂浆等。

**10** 预应力筋锚具封闭前，无粘结筋端头和锚具夹片应涂防腐蚀油脂，并套上塑料帽，也可涂刷环氧树脂。

**8.4.7** 竖向、横向预应力施工应遵从清孔、预应力筋安装、油压表及千斤顶配套安装、张拉、持荷、检测、补拉（如需要），切除多余精轧螺纹钢、压浆、封锚的标准工序。

**【条文说明】**1 竖向预应力筋安装的控制重点是毛板端头伸入长度，以连接器部位的钢筋端部居中控制。

2 竖向预应力筋要张拉及时，要求滞后纵向预应力张拉，且应逐根张拉，严禁遗漏。

3 张拉前先清理张拉槽，竖向预应力筋伸入连接器长度符合要求。

4 压浆后应从压浆孔和出浆孔检查压浆的密实情况，如有不实，应及时补灌，保证管道完全密实。

5 各节段先张拉纵向再横向再竖向，并及时压浆。

6 当预应力管道与普通钢筋位置发生冲突时，允许进行局部调整，调整原则是先普通钢筋，后竖向、横向预应力钢筋，保持纵向预应力钢筋管道位置不动。

7 横向预应力筋张拉时按照先中间后边缘的顺序将梁体左右对称束同时张拉。

**8.4.8** 环形预应力施工宜采用分离式交叉搭接法。

**【条文说明】**分离式交叉搭接法既便于预应力张拉，又便于施工时拆模。预应力施加较均匀，避免张拉端部应力集中而造成端部预压应力过大，同时可补充跨中原有预应力损失。

**8.4.9** 环形同跨预应力筋均应分批张拉。

**8.4.10** 环形预应力张拉应通过测试摩阻力，调整管道摩阻力系数和管道转角系数确定理论伸长值与张拉力。

**【条文说明】**张拉伸长值采用以张拉力为主，伸长值校验的方法控制，调整采用预先张拉法。

**8.4.11** 环形预应力张拉时应做到管道、锚环与千斤顶三对中，张拉过程应均匀，张拉完毕后应检查端部和其他部位是否有裂隙。

**8.5 体外预应力**

**8.5.1** 体外预应力筋的施工应符合下列规定：

**1** 在运输及施工过程中，应对成品体外预应力护套进行保护。

**2** 使用时完全暴露于空气中，应保证其耐久性。

**3** 锚具应设置全密封防护罩，对不可更换的可在防护罩内灌注水泥浆或其他防腐蚀材料；对可更换的应保留必要的预应力筋长度，在防护罩内灌注油脂或其它可清洗的防腐蚀材料。

**【条文说明】**体外束的防腐材料应满足下列要求：

1 水泥基压浆料在施工过程中应按填满外套管，连续包裹预应力筋全长，并使气泡含量最小为标准进行施工；套管应能承受1.0N/mm2的内压强度；

2 防腐蚀材料的耐久性能应与体外束所处的环境类别和相应设计使用年限的要求相一致。

3 对刚性外套管，应具有可靠的防腐蚀性能，使用一段时间后，应重新涂刷防腐蚀涂层；对高密度聚乙烯等塑料外套管，应保证长期使用的耐老化性能，必要时进行更换。

**8.5.2** 穿索安装可采用整体穿束或人工单根穿束，对箱形截面梁，应对称布置在梁腹板的内侧。

**【条文说明】**体外索钢绞线穿索安装采用人工单根穿束的步骤如下：

1、检查转向器设置，走势应平滑顺直，曲线顺畅，无死弯硬折，无破损。穿索前应将转向器孔擦拭干净，并在孔内涂抹少量黄油。

2、在指挥下，将第一根从通过孔处穿入，到达转向器内。

3、将从索盘上牵入整个穿索通道，直至到达一端锚具处，在梁内各个转向器分管入口处经人工将钢绞线逐一向前穿送，在每个转向器处的弯折角不宜大于15°。再将钢绞线反向牵引到后端锚具处，预留足够的张拉长度后，安装夹片锚固，另一端做同样处理。

4、在通过孔、转向器和锚头处设置PVC套管，穿索通道下设置密目网并按一定间距布置塑料滚轮架。

5、重复上述步骤直至将该束所有安装完毕，穿索时按钢绞线编号从下往上的顺序，依次穿索。

**8.5.3** 体外预应力在转向处应设置转向器。体外索宜锚固在横梁上或顶、底板与腹板内角处凸块上，锚固横梁的厚度、锚固块的长度均不宜小于1000mm。

**8.5.4** 拉索固定端可采用挤压锚；张拉端可采用夹片锚，锚板外应配螺母以整体微调索力，夹片处应设置特殊的防松装置。

**8.5.5** 体外索的转向器可采用集束式转向器（图8.5.5a、b、c）或散束式转向器（图8.5.5d），转向器应保证预应力可靠地传递给结构主体。在箱形截面梁中，可采用隔梁、肋梁或独立的转向块等形式实现转向。转向器处的钢套管鞍座应预先弯曲成型，埋入混凝土中。



a） b） c） d）

**图8.5.5 转向器截面示意**

**8.5.6** 在梁体挠度较大的平直段宜设置定位构造，转向和定位构造可采用块式、底横肋式、带竖肋块式或竖横肋式构造，其适用范围如下：

**1** 块式转向构造，用于转向钢束数量较少的情况，或用于两个转向构造之间钢束的定位；

**2** 底横肋式转向构造，用于横向转向力较大的情况，或用于两个转向构造之间钢束的定位；

**3** 带竖肋块式转向构造，用于竖向转向力较大的情况；

**4** 竖横肋式转向构造简称，用于竖、横向转向力较大的情况。

**【条文说明】**转向构造的尺寸与钢束布置方式、转向器的尺寸有关。

转向构造设计时应考虑添加备用钢束的可能性。

块式和底横肋式转向构造可用作钢束的定位构造，以限制体外预应力二次效应。转向构造设计时应将定位构造综合考虑在一起。定位构造的设置，应考虑设计和施工标准化的要求。

**8.5.7** 转向器内应设置内环筋和外封闭箍筋，内环筋和外封闭箍筋沿转向器长度方向的间距不宜小于100mm，内环筋与转向器上缘之间的净距不宜小于25mm，直径不超过20mm，外封闭箍筋在竖向与内环筋的净距不宜小于50mm。

**8.5.8** 减振器设置条件应满足下列要求：

**1** 体外索自由段索体与梁体竖向自振频率（基频）之比小于5时，应设置减振器；

**2** 体外索锚固点与转向块之间或两个转向块之间的自由段长度不宜超过8m，超过时宜设置减振器，减振器应与结构主体可靠连接。

**【条文说明】**除设置减振器外，也可增设构造措施减弱结构振动。通过调整转向器位置或在转向器间增设减振装置，改变体外索自由段长度，从而改变索的固有频率，避免梁体和体外索发生共振。

钢束的自振频率（基频）应大于梁体3倍～4倍，本标准偏安全地取钢束的基频不小于梁体5倍。桥梁结构基频宜采用有限元方法计算。对于常用的简支梁和连续梁结构，可参照《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）第4.3.2条条文说明中的公式估算基频。

体外索的基频，可近似地按下式计算：



式中：*l*为索段的长度(m)；*T*为钢束的拉力(N)；*W*为体外索的单位长度重力(N/m)。

为便于标准化预制，减振装置及定位构造的间距应以节段长度为模数。由于节段长度一般小于3m，不做振动计算时取不超过3个节段的长度基本与美国AASHTO《节段施工桥梁设计与施工指南》（1998年版）的规定相当。

设置减振材料的定位构造也可作为一种减振装置。

**8.5.9** 减振器安装应根据实际索体位置，同时结合理论点位置确定减振器的安装位置，并将其固定。固定方式可采用支撑架与梁体焊接的形式。

**8.5.10** 减振器宜采用专用橡胶减振器制作，其性能应符合相应的产品标准；也可采用特殊阻尼索制作。

**8.6 预应力防腐**

**8.6.1** 预应力筋应根据所处环境以及结构特点等条件采取相应的防腐蚀措施。

**【条文说明】**包括防腐蚀、锚固区自防腐蚀以及传力节点防腐蚀。

**8.6.2** 体内预应力筋管道在接缝处应采取密封措施。

**8.6.3** 体外索端部、转向器及钢绞线束的防腐处理应符合下列规定：

**1** 端部锚头处可采用防护罩、切除多余、安装防松压板、注胶、涂蜡油、安装密封垫圈等措施防腐；工作锚具及承压板裸露的表面应涂以防腐涂料后浇筑混凝土进行封闭。

**2** 转向器宜采用不锈钢件、镀锌钢件等抗腐蚀钢材，同时装置表面宜采用非金属防腐涂料进行保护。

**3** 钢绞线束应设置保护层以隔离腐蚀介质，金属保护层宜采用镀锌层防腐，非金属保护层宜采用环氧树脂涂层防腐；同时束体外宜设置套管，钢绞线张拉完成后，在套管内灌注填充材料进行防腐处理。

**4** 防腐蚀材料在体外索的加工制作、运输、安装和张拉等过程中，应保持稳定性、柔性以及无裂纹，并在要求范围内不流淌。

**5** 防腐蚀材料的耐久性能应与所处环境类别和设计使用年限的要求一致。

**8.6.4** 体外套管可采用钢套管、塑料套管、钢管加强的塑料套管、不锈钢或铜皮包装的套管等；对拉索体系应采取可靠的防腐蚀措施和耐老化措施。

**【条文说明】**防腐蚀措施可根据使用条件和结构主要性能等因素组合使用，必要时可考虑更换。防腐蚀措施有：

1 钢丝镀层配套整索挤塑护套；

2 单根钢绞线镀（涂）层；

3 单根钢绞线镀（涂）层配套挤塑护套；

4 单根钢绞线镀（涂）层配套整索高密度聚乙烯护套。

外套管的防腐蚀措施应符合下列规定：

1 刚性外套管应具有较好的防腐蚀性能，使用一段时间后应重新涂刷防腐蚀涂层。

2 高密度聚乙烯等塑料套管应保证长期使用的耐老化性，必要时需对其进行更换。

3 对不可更换的体外束，可在防护罩内灌注水泥浆或其他防腐蚀材料。

**8.7 检查验收**

**8.7.1** 预应力验收时，应检查下列文件和记录：

**1** 预应力筋合格证和检验报告。

**2** 预应力用锚具、夹具和连接器合格证、抽检记录或检验报告。

**3** 波纹管合格证和抽检记录。

**4** 张拉千斤顶及油压表的配套检验记录。

**5** 波纹管铺设的隐蔽工程验收记录。

**6** 预应力筋张拉记录。

**7** 管道压浆记录及试块立方强度试验记录。

**8.7.2** 后张预应力孔道应采用专用压浆料或专用压浆剂配制的浆液进行压浆。**【条文说明】**预应力施工验收，除检查文件、记录外，还应进行外观抽查。

**8.7.3** 预应力张拉施工质量检测各项目的控制要求和允许偏差应符合表8.7.3-1～8.7.3-5。

**表8.7.3-1 预应力管道制作安装允许偏差**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项目 | 允许偏差(mm) | 检测方法和频率 |
| 管道坐标 | 长度方向 | 30 | 抽查30%，每根查10个点 |
| 高度方向 | 10 |
| 管道间距 | 同排 | 10 | 抽查30%，每根查5个点 |
| 上下层 | 10 |

**表8.7.3-2 张拉过程控制频率**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 控制频率 | 类别 | 控制频率 |
| 一般桥梁预应力筋 | ≥10% | 桥梁合龙段预应力筋 | ≥20% |

**表8.7.3-3 张拉控制精度**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 控制精度 |
| 张拉同步性 | 预应力筋 | ±2% |
| 张拉控制应力 | 预应力筋 | ±1.5% |

2 关键项目

|  |  |
| --- | --- |
| 类别 | 检测频率 |
| 预应力筋 | 一般预应力筋 | ≥10% |
| 体外筋、环形筋、无粘结筋、竖向筋、负弯矩段筋 | ≥15% |
| 边、中跨合龙段预应力筋 | ≥20% |

**表8.7.3-5 预应力筋有效应力检测质量汇总**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 允许偏差 |
| 不均匀度 | 有效预应力同束不均匀度 | ±5% |
| 有效预应力同断面不均匀度 | ±2% |
| 大小 | 单根钢绞线有效预应力大小 | ±5% |
| 整束平均预应力大小 | ±5% |

**8.7.4** 宜将张拉施工质量检测的结果当日形成报告，对预应力张拉施工质量进行综合分析。

**9 安全与环境保护**

**9.1 安全管理**

**9.1.1** 混凝土桥梁节段预制拼装施工过程中的安全管理除应符合本标准的要求外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

**9.1.2** 边通车边施工地段，应进行交通组织设计，制定专项施工方案，并报交管部门批准后实施，同时设置交通防护、警示和引导标志。

**9.1.3** 施工现场的临时便道应保持畅通，并应设置相应的安全标志。

**9.1.4** 施工现场生产设施及高耸生产设备，应符合防风、防火、防暴、防震、防雷击的规定。

**9.1.5** 施工过程中遇暴雨、大风等恶劣天气，应立即停止施工，并采取锚固措施。

**9.1.6** 施工区域临时用电设施应符合《建设工程施工现场供用电安全规范》（GB 50194）和《施工现场临时用电安全技术规范》（JGJ 46）的规定。

**9.1.7** 施工区域应配备足够的消防设施、设备，并符合《建设工程施工现场消防安全技术规范》（GB 50720）的规定，施工人员应熟悉消防设施、设备的使用方法。

**9.2 环境保护**

**9.2.1** 混凝土桥梁节段预制拼装施工过程中的环保及文明施工除应符合本标准的要求外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

**9.2.2** 需要占用、破坏、移除绿化时，应编制专项方案，明确范围、时间，并应报相关部门审批通过。

**9.2.3** 施工过程中应重点控制作业区扬尘。对施工现场的主要道路，宜进行硬化处理，并宜采取覆盖、洒水等控制措施。对可能造成扬尘的露天堆储材料，应采取扬尘控制措施。

**9.2.4** 施工过程中应采取可靠的降低噪声措施，并应符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523）的规定。施工作业时应采取必要措施，降低由机械设备和工艺操作产生的噪声。

**9.2.5** 施工过程中应采取光污染控制措施。对电焊等可能产生强光的施工作业，应采取避免弧光外泄的遮挡措施，并应避免在夜间进行电焊作业。

**9.2.6** 对施工过程中产生的污水应采取沉淀、隔油等措施进行处理，不得直接排放。

**9.2.7** 不可循环使用的建筑垃圾应收集到现场封闭式垃圾站，并应清运至有关部门指定的地点。可循环使用的建筑垃圾应回收利用，并应进行记录。

**本标准用词说明**

**1** 为了便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首选应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

**2** 条文中指明应按其它有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

**引用标准名录**

1、《城市桥梁设计规范》（CJJ 11）

2、《公路工程技术标准》（JTG B01）

3、《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）

4、《公路圬工桥涵设计规范》（JTG D61）

5、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG D62）

6、《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG D63）

7、《公路工程抗震规范》(JTG B02)

8、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650)

9、《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ 166)

10、《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107)

11、《钢筋焊接及验收规程》（JGJ 18）

12、《城市桥梁工程质量检验评定标准》（CJJ 2**）**

13、《钢结构设计标准》(GB 50017)

14、《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》（JT/T 722）

15、《环氧涂层七丝预应力钢绞线》（GB/T 21073）

16、《单丝涂覆环氧涂层预应力钢绞线》（GB/T 25823）

17、《预应力混凝土用钢丝》（GB/T 5223）

18、《预应力混凝土用钢绞线》（GB/T 5224）

19、《环氧涂层预应力钢绞线》（JG/T 387）

20、《无粘结钢绞线体外预应力束》（JT/T 853）

21、《填充型环氧涂层钢绞线体外预应力束》（JT/T 876）

22、《钢筋套筒灌浆连接应用技术规程》（JGJ 355）

23、《钢筋连接用套筒灌浆料》（JG/T 408）

24、《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1)

25、《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370)

26、《预应力混凝土用金属波纹管》(JG/T 225)

27、《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》(JT/T 529)