

# 团 体 标 准

T/CSPSTC XXX—2021

---

## 短线法节段预制拼装桥梁 监控量测技术规程

Technical specification for monitoring and measuring of segmental  
precast assembled bridges by short-line method

（征求意见稿）

2021-XX-XX 发布

2021-XX-XX 实施

---

中国科技产业化促进会 发布



目 次

目次..... I

前言..... II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 基本要求..... 3

5 资料收集及参数获取..... 4

6 监控理论分析..... 5

7 节段预制阶段控制内容及规定..... 7

8 拼装阶段控制..... 14

9 9 节段拼装阶段监控测试..... 17

10 数据分析与反馈控制..... 20

11 监测成果要求..... 22

附录 A（资料性） 文件格式及内容要求..... 23

参考文献..... 30

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

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XXXX提出。

本文件由中国科技产业化促进会标准委员会归口。湖南省交通规划勘察设计院有限公司负责具体技术内容解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送湖南省交通规划勘察设计院有限公司（地址：湖南省长沙市望城区月亮岛路湖南省交通规划勘察设计院有限公司）。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

# 引 言

短线法节段预制拼装桥梁施工工艺具有大规模工厂标准化预制、环保、施工质量好，可缩短施工工期等特点，现场施工时可节约施工支架费用及减少对桥下净空的影响，在城市交通影响大或对环境保护要求高的区域使用具有非常明显的优势。从目前短线法节段预制拼装桥梁应用看，短线预制拼装工艺适用条件随着线形复杂变化、桥梁跨度增大，使用环境变化，短线法节段预制拼装施工中受各因素影响日趋复杂，施工控制面临的技术挑战越来越大，也更加依赖施工监控量测的技术指导。目前与短线法节段梁预制与拼装相关的标准主要从设计和施工验收角度出发编制，暂无与短线法节段预制拼装监测量测工作相关的技术标准。面对复杂多变的节段施工需求，在控制要求上存在诸多盲区。短线法预制拼装施工监控的技术资料是记录和反映桥梁施工过程的重要资料，需作为桥梁交工和竣工的初始技术资料归入桥梁的养护技术档案。对于桥梁的养护而言，施工监控的技术资料不仅是进行比对的基准资料，也是了解桥梁永久作用状态的历史档案。本文件规定的施工监控的技术资料除了文字资料和影像资料外，还包括建立的水准和位移测量系统（基准点、永久观测点等）。短线法预制拼装施工监控工作主要包括施工过程仿真计算、预制控制方法、拼装控制方法、参数监测、监测数据分析和反馈控制等工作。在采用本文件进行监控工作时，还需符合国家及行业现行标准、规范的相关规定，包括：设计规范、施工规范、测试标准、验收标准、行业管理规定等。

本规程根据节段法悬臂拼装、节段法逐跨拼装施工两种施工工艺流程，主要规定了施工监控量测过程中不同施工阶段下控制方法、测点布置、测点放样及数据采集的精度、误差的识别及纠偏方法等关键性工作问题，对推进该技术发展和提高工程应用质量工作具有指导意义。



# 短线法节段预制拼装桥梁监控量测技术规程

## 1 范围

本文件规定了短线法预制拼装施工监控工作内容、实施方法、质量标准以及成果要求。  
本文件适用于适用于采用短线预制拼装施工的桥梁施工监控工作开展和施工技术指导。

## 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。

CJJ 2 城市桥梁工程施工与质量验收规范  
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准  
TB 10415 铁路桥涵工程施工质量验收标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**节段** segment

用于拼装主梁或桥墩的混凝土预制段。

### 3.2

**短线法** short-line match-casting

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，固定的端模作为另一侧端模，逐段预制的方法。

### 3.3

**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。

### 3.4

**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。

### 3.5

**逐跨拼装** span-by-span construction

利用架桥机等拼装设备，将预制好的整跨节段同步吊装并拼接，并逐跨施加预应力的施工方法。

3.6

**悬臂拼装** balanced cantilever construction

从桥墩开始，两侧对称拼装预制节段形成 T 形悬臂结构，最后通过合拢实现结构体系转换的施工方法。

3.7

**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。

3.8

**施工监控** construction monitoring and control

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

3.9

**监控量测** monitoring

在桥梁施工过程中，为满足施工控制需要，对结构受力状态、几何状态或环境参数等进行现场量测的工作总称。

3.10

**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节段间相对几何关系，在预制、架设过程中实现桥梁线形的精确测量和几何控制的技术。

3.11

**线形控制** geometry control

在桥梁施工过程中，通过监控量测、误差分析、参数及结构状态调整，控制施工中结构线形状态的工作总称。

3.12

**内力控制** internal force control

在桥梁施工过程中，通过监控量测、误差分析、参数及结构状态调整，控制施工中的结构受力状态的工作总称。

3.13

**反馈控制** feedback control

通过对已成结构实际状态与其预测状态间的误差进行识别与分析，从而对桥梁施工状态进行判别，并根据判别结果对后续施工控制参数进行调整与控制的工作总称。

### 3.14

#### 设计符合性计算 checking calculation of design

在桥梁施工监控实施前期，根据桥梁施工图对其主体结构施工过程及成桥状态强度、刚度和稳定性计算，并与设计文件进行比较分析。目的是实现设计与控制分析中对相关参数取值与施工技术要求的一致性。

### 3.15

#### 控制计算 calculation for controlling

为获得桥梁各个施工阶段结构内力状态和几何状态，而对桥梁主体结构进行设计符合性计算、事前模拟计算和过程跟踪计算的工作总称。

### 3.16

#### 预制线形 geometric Shape of precast construction

预制构件预制外形和几何尺寸。

### 3.17

#### 几何状态 geometry state

在某一施工时刻，桥梁结构的几何位置状态。

### 3.18

#### 内力状态 internal force state

在某一施工时刻，桥梁结构的受力状态。

### 3.19

#### 成桥状态 accomplishment state of bridge

二期恒载施加完成后，桥梁结构几何状态和内力状态的总称。

## 4 基本要求

4.1 短线法预制拼装施工监控应依据现行的国家行业标准、合法有效的设计文件、施工方案进行。监控工作开展前应熟悉相关设计、施工文件资料，充分了解结构特点、设计意图、施工工艺等，把握控制重点及难点。

注：当现行标准、规范之间出现不一致情形，按照要求高者或专业标准执行；项目建设期间，如国家或有关部门颁布了新的技术标准或规范，则由业主决定是否采用新颁布标准或规范。

4.2 短线法预制拼装施工监控分析的有关参数取值应准确，采用实测数据时应保证测试方法正确、可靠。

注：短线法预制拼装施工监控在事前模拟计算时，参数可采用规范规定的及符合设计要求的相关参数进行计算，事

中施工过程中计算参数宜采用现场试验得到的数据，如混凝土的强度、弹性模量、预应力损失等。

4.3 短线法预制拼装施工监控开展过程中的监控要求、监控数据、监控成果等信息应以施工监控指令文件、技术联系单和施工监控报告的形式向相关单位进行报送和传达。

4.4 短线法预制拼装施工监控应包含节段线形控制数据计算、施工全过程的仿真控制分析、预制及拼装现场监测，节段预制控制及分析、节段拼装控制及分析等工作内容。

注：短线法监控计算包括节段划分复核及几何控制数据计算、设计符合性计算、事前模拟计算和施工过程模拟计算。施工监测包括应力（内力）监测、线形监测、温度监测和必要的环境影响因素监测。通过施工过程监测数据与理论数据对比分析，利用短线法几何分析控制程序进行预制及拼装的误差预测，提出反馈意见。

4.5 短线法节段预制及拼装施工控制应采用与项目匹配的几何分析控制软件，并确认软件的适用范围和计算结果的准确性。

注：节段预制及拼装匹配分析宜采用在类似短线法施工项目上得到运用并验证正确的几何控制程序。短线法几何控制程序在项目开展运用前应进行程序适用性确认，确保程序分析功能满足需要。对于新开发的几何控制程序，应与运用成熟的程序进行全面的验证对比，也可采用 CAD 图放样的方式进行程序计算线形与真实线形相比对的方法验证程序的正确性，并宜通过一个以上较大规模节段短线法施工项目进行控制程序正确性的检验。本说明中运用成熟程序是已在多个有代表性项目使用，并经检验在各种线形状态下计算结果准确的几何控制程序。

4.6 短线法预制拼装施工控制，宜以线形控制为主、应力控制为辅。

## 5 资料收集及参数获取

### 5.1 资料收集

5.1.1 施工监控工作开展之前应收集不少于以下资料：

- 审查通过批准的设计图纸；
- 评审通过并获得批复的施工方案及相关的专项施工方案；
- 涉及变更和施工调整资料；
- 项目涉及的重要设计规范、施工规范和验收规范。

注：技术资料是施工监控工作开展的依据，监控方需认真研读收集到的相关资料，确保理解设计意图与施工方案，把握项目监控的重点及难点，对施工及设计技术资料中存疑的地方，应及时与相关方沟通。

### 5.2 监控参数分类及来源

5.2.1 节段监控应将各类对结构变形、受力存在显著影响参数进行识别，确定其对桥梁监控的影响性质和规律。节段监控参数包含以下几类：

- 材质类：包括混凝土容重、弹性模量、强度等级、温度膨胀系数，预应力材料的弹性模量、松弛系数等；
- 结构空间尺寸类：包括节段长度、断面高度，顶底板宽度、各结构部位厚度等。对于结构受力还需考虑预应力空间分布偏差；
- 外部环境影响类：季节温差、日照温差、湿度；
- 综合影响类：收缩、徐变、预应力孔摩阻及偏差系数；
- 其它类：临时荷载、地质类别、结构临时固结及支撑体系。

5.2.2 主要监控参数取值应根据计算分析和控制需要进行合理确定，参数取值来源包括设计规范查取、经验取值和现场实测等。

5.2.3 设计符合性验算的计算参数应按照设计文件及规范取值进行验算分析。

5.2.4 仿真计算分析的参数取值应优先采用现场实测参数，对于现场暂无获取条件的参数可参照类似

项目经验取值，或按照设计规范查取。仿真分析中临时荷载、临时支撑、架桥机、拼装吊机等相关的重量、尺寸、刚度等参数应根据施工方案确定。

5.2.5 节段预制阶段应尽早开展混凝土弹性模量、容重测试等试验，试验实施应依据相关规范开展。

5.2.6 预制节段宜尽早进行称重测试，预制开始后应逐片对节段进行称重，直至获取较稳定的自重偏差规律，根据称重结果对结构自重参数进行合理修正。在混凝土原材料或配合比出现变化时，应重复进行称重测试。大跨悬臂拼装结构宜对节段逐片称重。

5.2.7 节段体外索、体内预应力束的预应力损失在计算分析阶段按设计规范取值，在有类似项目实测数据参数时，可按经验取值。在节段拼装施工时，应选取有代表性的预应力体外索或体内束类型开展预应力损失测试，每类体外索（预应力束）应选取不小于3组有代表性的索（预应力束）进行测试。

5.2.8 混凝土收缩、徐变一般根据设计规范规定开展计算分析，仿真分析时应根据材质参数、桥梁结构尺寸、温湿度环境、加载时间特征合理确定计算系数。

5.2.9 材质膨胀系数应按规范规定取值。

5.2.10 季节温差、日照温差对结构变形、受力的影响，应事先通过结构理论计算确定温度对结构变形、受力变化的敏感系数，事中通过实测温度与变形、受力的关系来修正温度相关影响。

5.2.11 对于施工过程中可能出现沉降的地质类型，在施工阶段应加强桥梁结构沉降监测，在节段拼装控制中应考虑可能沉降对线形控制影响及确定调控措施。

5.2.12 采用逐跨拼装施工，应在各结构类型首跨预制及拼装过程中识别各敏感参数的取值偏差，为后续其它同类桥跨的节段预制、节段拼装控制提供指导。对于悬臂拼装施工，应在施工前期尽早识别并修正主要敏感参数，通过反馈控制手段减少偏差。

5.2.13 采用实测方法确定参数取值时，所采用的测试和评定方法、试验条件要求应符合相关试验检测标准规定。对于实测结果的准确性、可靠性应根据参数性质采取合理方法进行检验和评估。

## 6 监控理论分析

### 6.1 节段几何数据信息及验证方法

6.1.1 节段几何控制信息应包括桥梁平面控制数据、桥梁高程控制数据、节段长、节段高等。

注：梁长分为左侧顶板梁长、右侧顶板梁长、左侧底板梁长、右侧底板梁长等；梁高分为小里程侧梁高、大里程侧梁高。

6.1.2 节段划分一般规则如下，箱梁节段平面分割原理见图1，箱梁节段立面分割原理见图2：

- 节段划分基准线宜采用箱梁顶板顶面中心线，在平面上节段接缝应垂直于节段箱梁中心线，立面上节段接缝面应垂直于箱梁顶板。
- 曲线段处节段划分采用以直代曲方式，直线两端控制点为节段接缝面与箱梁设计中心线相交点。
- 在连续桥墩位置，节段划分以顶板顶面中心与桥墩中心线重合为原则。

注：节段划分原则主要由节段预制工艺的特点决定，一般在设计阶段结合预制工艺规定对主梁节段进行了划分；本节节段划分规则适用于对设计图纸中节段划分进行复核，以及对设计图纸中未明确交待划分内容提供指导。

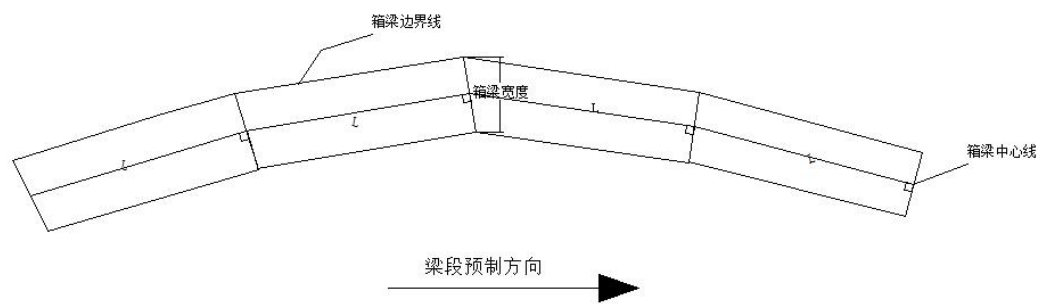


图 1 箱梁节段平面分割原理

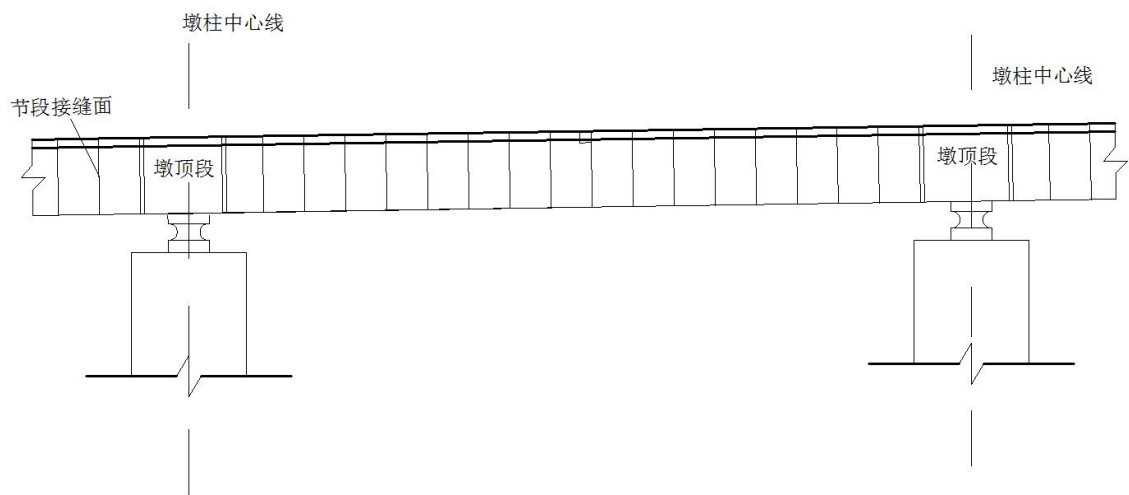


图 2 箱梁节段立面分割原理

6.1.3 节段几何控制数据应进行数据准确性的验证。

注 1：监控开展前依据设计图纸对结构整体线形、节段划分的相关控制数据准确性进行全面复核，并对不一致控制数据与设计方校对，确保基础控制数据的准确。

注 2：节段几何控制数据由监控方、施工方、监理方独立计算并经设计确认无误后作为施工监控基础数据。

6.2 监控仿真计算分析

6.2.1 短线法拼装梁桥施工仿真计算宜采用有限元方法，施工过程仿真计算采用的构件刚度、重量、边界条件、构件连接关系等过程应与施工实际状态保持一致，能反映出施工过程受力、变形状态。

6.2.2 计算分析工作包括设计符合性计算、施工监控仿真计算、监控控制数据计算三个部分。

6.2.3 设计符合性计算按照设计图纸进行施工监控总体计算，并与设计计算主要结果进行相互校核，以确保控制的目标不与设计要求产生偏差。本阶段计算应包含以下内容：

- 结构主要参数及设计方案中施工工序合理性校核；
- 施工关键阶段受力安全校核；
- 成桥合理状态线形、内力校核；
- 长期收缩、徐变效应计算及校核。

6.2.4 施工监控仿真计算以设计符合性计算模型为基础, 根据实际确认的施工步骤(过程)、施工周期、临时结构、临时施工荷载等, 利用经合理取值的参数计算各施工阶段的内力、变形及其它监控目标参数理论值, 验算各施工阶段结构安全性并提出相应的施工建议。

注: 桥梁设计阶段通常采用参数理论值或理想状态进行计算分析, 比如: 材料的设计弹性模量、理论重量、理想状态下施工时间、施工顺序等。在施工监控计算阶段应尽可能采用与实际一致的参数进行仿真模拟分析。采用架桥机拼装时, 架桥机宜与主体结构应作为整体进行仿真分析。

6.2.5 监控控制数据计算分析包括参数敏感性分析、线形数据计算、内力状态计算。

6.2.6 参数敏感性分析应在施工仿真计算模型上进行, 分析参数变化对计算结果的影响程度。

注: 参数敏感性分析的目的是掌握控制计算模型中计算参数对计算结果的敏感性, 明确施工控制关注的重要参数, 确定重要参数的最大容许误差, 评价其对线形和内力的影响。

6.2.7 节段线形控制计算应以施工仿真计算模型为基础, 计算成果应包括:

- 收缩徐变影响结束时的主梁线形;
- 二期铺装完成时主梁线形;
- 主梁施工过程各阶段主梁安装线形;
- 节段预制线形。

6.2.8 节段内力状态的控制以施工仿真计算模型为基础, 计算结果应包括:

- 收缩徐变影响结束时, 主梁、桥墩控制截面应力;
- 二期铺装完成时主梁、桥墩控制截面应力;
- 各施工阶段主梁、桥墩控制截面应力。

6.2.9 结构计算分析应采用成熟的商业软件进行计算分析或其它有较多工程验证的程序进行分析, 并使用二种以上程序进行校核。

注: 本条提到的成熟商业软件指采用杆系有限元法, 通行采用 MIDAS、桥梁博士等计算软件、右侧顶板梁长、左侧底板梁长、右侧底板梁长等; 梁高分为小里程侧梁高、大里程侧梁高。

## 7 节段预制阶段控制内容及规定

### 7.1 一般规定

7.1.1 短线法节段预制监控前期应充分了解预制施工工艺和施工设备的特点, 了解影响节段预制匹配误差产生主要因素, 并在节段匹配分析过程中加强识别和控制。被匹配梁施工完成后应及时进行数据采集及匹配误差分析, 节段之间匹配误差应满足线形控制需要。

7.1.2 相邻节段之间除外形尺寸满足控制要求外, 应保证预应力孔道、体外索转向体系的空间位置关系满足设计要求。

### 7.2 节段预制控制规定

7.2.1 节段预制应采用仿真计算分析确认的无应力状态线形作为预制线形。

7.2.2 预制阶段施工应对预制梁轴线、高程、节段长等几何参数进行监控。监控控制数据以预制监控指令形式发送相关参建单位, 指令单内容应包含待浇节段编号、匹配节段的六点定位坐标, 待浇节段左右梁长等校核信息。

7.2.3 节段监控测点采用六点定位方法见图 3, 具体布置要求如下:

- FH、BH 测点宜布置在箱梁顶板中心线上, FL、BL、FR、BR 测点, 宜布置在箱梁顶板上与腹板交界处;
- FH、BH 测点布设可采用埋设镀锌十字头螺栓、U 型钢等方式, 其它测点布设宜采用镀锌十字头螺栓埋设, 埋设位置应注意避开钢筋等预埋件的影响, 并应保证测点清洁;
- 测点应在混凝土浇注后初凝前进行埋设, 并应尽可能保持竖直、稳固, 测钉埋设露出混凝土表面应不超过 1 mm;
- 图中 d 值宜取不大于 20 cm 的一固定值, 并保证测点不会在脱模中随混凝土开裂破坏。

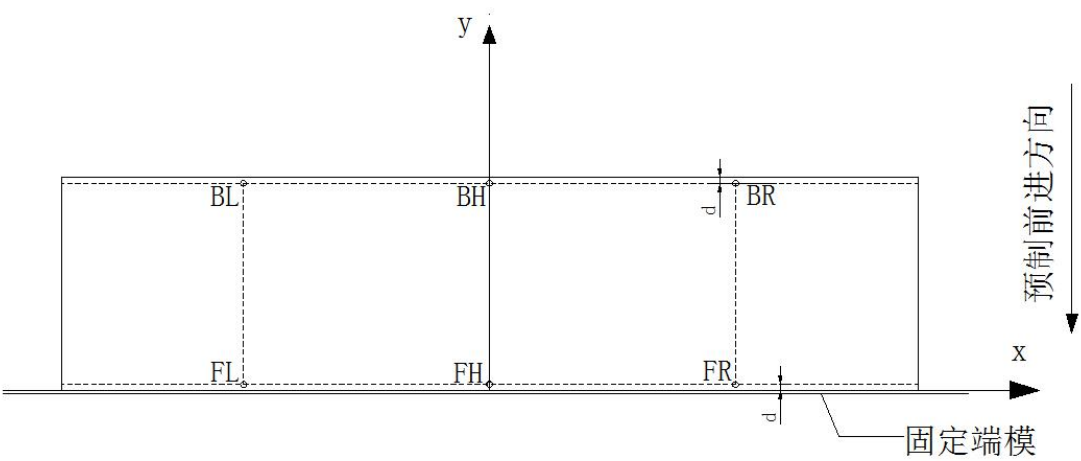


图 3 测点平面布置

7.2.4 节段预制控制分析应以计算的节段预制线形为基础，综合已施工节段预制误差，纠偏方法等确定后续节段的控制数据；预制误差较小时可采用直接调整法，当预制误差过大时应采用分段调整法。

注：假设  $i$  节段制作成型后，匹配节段  $i-1$  相对于初始定位位置发生一偏移角  $\theta$ ，如图 4 所示。但拼装时，是先拼装  $i-1$  节段，再拼装  $i$  节段，因此  $i-1$  可看作没有转动，而是对  $i+1$  节段的线形进行调整，调整的方法有直接调整法与分段调整法。

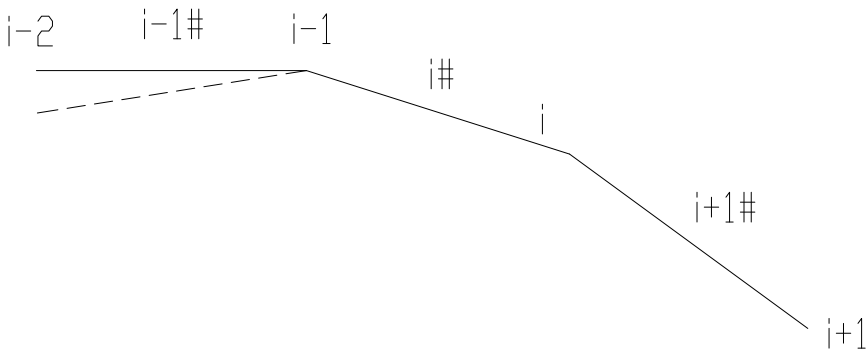


图 4  $i-1$  节段误差示意图

a) 直接调整法。

当预制误差较小时，可以采用直接调整方法。直接调整方法即浇注下一段时采取一次性调整的方法，如图 5 所示。

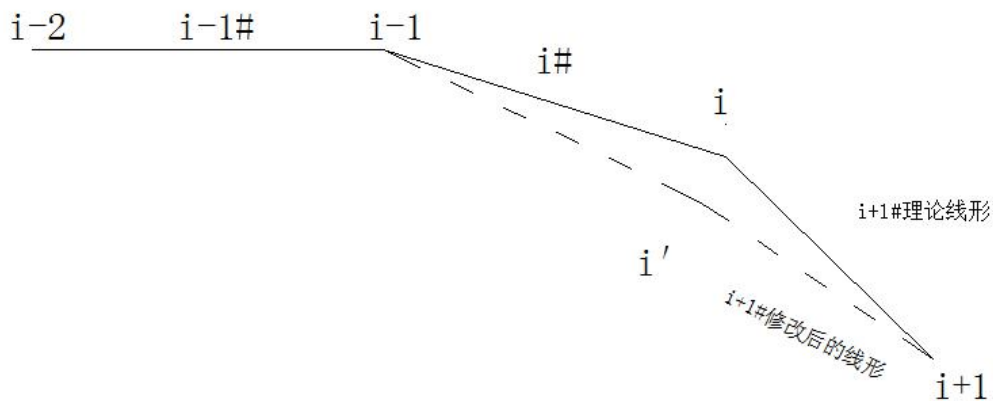


图 5 误差直接调整示意图

b) 分段调整法

当预制误差较大时，为了保证预制线形的平顺性，需采用分段调整法，分段调整法即通过后续几个节段来调整误差，如图 6 所示。

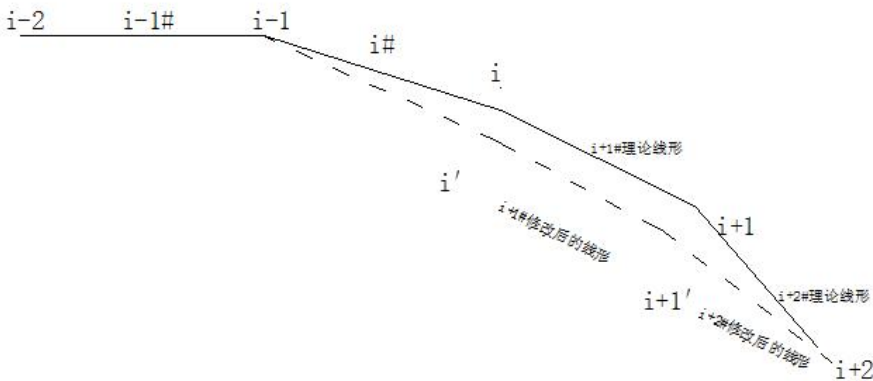


图 6 误差分段调整示意图

7.2.5 节段预制完成后应对节段混凝土强度、结构尺寸、孔道偏差、端面垂直度、平整度、横坡进行质量检测，检测方法及允许偏差要求应符合表 1。

表 1 节段预制检查项目

| 项次 | 检查项目       | 允许偏差（mm） | 检查方法     |
|----|------------|----------|----------|
| 1  | 混凝土强度（MPa） | 在合格标准内   | -        |
| 2  | 节段长度（mm）   | -2，0     | 尺量：每节段3处 |

表 1（续）

| 项次 | 检查项目      |       | 允许偏差（mm） | 检查方法                       |
|----|-----------|-------|----------|----------------------------|
| 3  | 断面尺寸（mm）  | 梁高    | ±5       | 尺量：每个节段检查2个断面              |
|    |           | 顶宽    | ±5       |                            |
|    |           | 底宽    | ±5       |                            |
|    |           | 顶、底板厚 | +3，-0    | 尺量：各2处                     |
|    |           | 腹板厚   | ±3       | 尺量：各2处                     |
| 4  | 孔道误差（mm）  |       | ±2       | 尺量：每孔                      |
| 5  | 端面垂直度（mm） |       | ±5       | 全站仪：检查端块端面2侧腹板             |
| 6  | 平整度（mm）   |       | 2        | 2m直尺检查竖直、水平两个方向及侧面向，每侧面测1处 |
| 7  | 横坡（%）     |       | ±0.15    | 水准仪：每节段检查1~2处              |
| 8  | 预埋件位置（mm） |       | 5        | 尺量：每个                      |

7.3 预制梁场测量控制网的建立与校核

7.3.1 控制网建设的标准要求如下：

- 平面控制网建立的精度不得低于四级边角网精度。测量角度时每站观测 8 个测回，测角中误差不超过 1″；测边时，每条边观测 4 个测回，每测回读数 4 次；
- 高程网建设应按二等水准要求进行测量，往返较差、闭合差应小于 $0.3\sqrt{n}$  mm，n 为总测站数；
- 整体控制网按照平面控制网及高程控制网的技术标准实施。根据制梁台座固定不动的特点，设置一条基线对应控制一个制梁台座的测量控制系统，系统中目标塔、观测塔与固定端(底)模中点在一条直线上，端模水平放置并与直线垂直，将所有基线纳入一个独立的、稳固的监控网中。

注：控制网是预制节段坐标以及高程控制的基础，控制网是由控制点以及校核点共同构成平面以及高程相互关系网。控制点建立在测量塔上，而校核点是在场地边缘外设置的稳定点位，在场地四周对称布置。

7.3.2 单个施工场地应布置 2~4 处校核点，校核点的布设方法如下：

- 校核点宜对称布置；
- 校核点必须保证无沉降；
- 校核点应处于场地边缘的稳定场所，距离硬化路面边缘应在 5 m 以上；
- 校核点周围布置专门的保护措施，避免人工践踏或机械碾压。

7.3.3 测量塔建设应满足如下要求：

- 测量塔必须满足“精度高、变形小、无明显沉降”的要求；
- 两测量塔控制点间连线与其所控制的预制台座上的待浇节段的中轴线应重合；
- 为减小基础沉降影响，宜采用桩基础进行支撑；
- 为避免其他结构物扰动测量塔，测量塔及基础必须和硬化地面断开；
- 必须采取遮挡措施，避免阳光直射对塔身以及测量作业产生的影响；
- 可将测量塔兼作对准塔，控制点连线应与台座端模垂直。

注：测量塔是短线匹配法预制节段线形控制的主要基础设施，测量时一个塔作为观测塔，另一塔作目标塔。为防止在阳光照射作用下塔身阴阳面因温差而产生变形，测量塔塔身采用挡板包裹。测量塔塔身四周不接触其它任何物体，包

括人员上、下的楼梯、操作平台。为了给测量作业创造良好作业环境，提高测量精度，操作平台除预留仪器观察空间外其余均进行封闭。同时，测量塔顶部搭设遮阳棚，避免阳光直照仪器。

7.3.4 测量塔建设完成后应根据沉降速度每隔 5~10 天对测量塔进行沉降监测直至稳定，以此建立的坐标控制网为标准进行节段的预制。在节段预制期间，应定期进行测量塔变形监测，监测点设置在测量塔底座上，监测点的埋设见图 7。

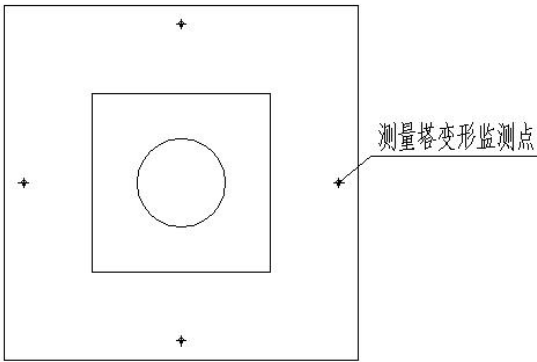


图 7 测量塔变形监控点

7.3.5 测量网控制点以及台座的高程应定期进行复核，复核周期为每月 1 次。

7.4 节段预制线形测量

7.4.1 节段预制阶段测量内容包含高程、坐标、梁长等，预制阶段监控量测所采用设备应满足如下要求：

- 全站仪角度精度要求为 1"，测距精度要求为 1 mm+1 ppm；
- 水准仪高程精度宜采用 DS0.5 级水准要求，即 0.5 mm/km；
- 钢卷尺以及钢尺精度要求为 1 mm。

7.4.2 数据采集时需采集预埋测点的坐标以及高程，对于首梁，仅需采集首梁预埋测点，对于其他节段，增加对匹配节段的测点进行测量。

7.4.3 节段坐标测量需独立测量两个测回，测量标准如下：

- 坐标测量每次单独进行两个测回的测量，差别过大时，进行复测，根据三次测量结果分析差别过大的产生原因。保证两次测回的数据差值在±1mm 以内认为合格，取两次测回的平均值作为最终测试结果；
- 高程测量应当进行两个测回。采用全站仪以及精密水准仪时，两次测量差值在±1mm 以内认为测试合格，取两次测回的平均值作为最终测试结果；
- 必须采取有效的控制手段，以控制测量方法产生的误差，即棱镜与测点之间的位置偏差位于±1 mm 范围内。

注：为减小外界环境温度变化对测量结果的影响，测量应固定在温度相对稳定的时刻进行，同时避免在 6 级以上大风中进行测量作业。

7.4.4 节段浇筑完毕后应对梁长进行测试，梁长测试必须满足以下要求：

- 通过 FH、BH 测点定位轴线，用尺量轴线长，应进行两次单独测量，测量误差在±1 mm 以内时认为测量结果合格，取两次测量结果的平均值；
- 在两侧腹板位置测量梁长，用尺量轴线长，应进行两次单独测量，两次测量之间在±1 mm 以内时认为测量结果合格，取两次测量结果的平均值；

- 对比轴线位置测量结果与两腹板位置测量结果，以校验轴线测量是否出现明显错误；
- 实际梁长与理论梁长相差应控制在-2 mm~0 mm 范围以内。

7.4.5 测量技术指标要求如表 2 所示：

表 2 节段预制测量与精度控制技术指标

| 测量工况                       | 仪器  | 仪器精度                | 测量方法                                   | 允许偏差               |
|----------------------------|-----|---------------------|----------------------------------------|--------------------|
| 测点测量                       | 全站仪 | 角度 1"，距离 1 mm+1 ppm | 两次测量坐标差值±1 mm 平均                       | /                  |
|                            | 水准仪 | 0.5 mm/km           | 两次测量高程差值±1 mm 平均                       | /                  |
| 测点放样                       | 全站仪 | 角度 1"，距离 1 mm+1 ppm | 两次测量坐标差值±1 mm 平均                       | 坐标±2 mm<br>高程±1 mm |
|                            | 水准仪 | 0.5 mm/km           | 两次测量高程差值±1 mm 平均                       | 高程±1 mm            |
| 梁长测试                       | 钢卷尺 | 1 mm                | 选取轴线位置进行测量，各进行两次测量，<br>测量相差±1 mm 时取值平均 | 梁长-2 mm~0 mm       |
| 注：表中水准仪为校核采用，普通高程测量时采用全站仪。 |     |                     |                                        |                    |

7.5 节段模板检验

7.5.1 端模必须在整个施工期间保持竖直、水平和方正，应控制端模中线位置、端模水平度以及竖直度，控制方法以及控制要求如下：

- 固定端模上应对中心位置做精密标记，标记宽度应小于 0.5 mm，通过测量塔以及对准塔轴线控制，调整模板左右位置，使标记与轴线重合，偏差不得超过±1 mm；
- 在模板两侧做同样标记，通过测量调整端模顶左右两个测点，使端模与中线垂直，左右两个测点的距离偏差不得超过±2 mm；
- 利用全站仪测量固定端模左右侧 2 个控制点的高程值，调整使其相等确保其水平度，两点之间的差值不得超过±1 mm；
- 采用垂线法对模板的垂直度进行检验，采用钢尺测量，最大偏差不得超过±2 mm；
- 端模在每个节段预制前都要对以上三项内容进行检查复验；
- 放样后进行复测，均采用两次独立测量原则，两测回差值不得大于±1 mm，以两次测量结果平均为最终测量结果；

7.5.2 模板放样应满足如下要求：

- 相邻模板表面高低差控制精度为 1mm，一道拼接位置检查不得少于 4 处；
- 模板垂直度控制精度为 H/1000，且不大于 2 mm，一个模板检查位置不得小于 4 处；
- 内模板顶面的轴线平面坐标控制精度为±2 mm；
- 模板形成内腔尺寸：长度控制精度-3 mm~-1 mm，每个节段检查位置不得少于 3 处；宽度控制精度-2 mm~+3 mm，每个节段检查位置不得少于 2 处；高度控制精度为-2 mm~0 mm，每个节段检查位置不得少于 4 处；
- 剪力键位置复核：控制精度±2 mm，采用钢卷尺或钢尺进行测量，上、下、左、右各测量 3 处；
- 支座板、锚垫板等预埋钢板位置控制精度为±3 mm，采用钢卷尺或钢尺进行测量；
- 转向块以及锚固块预应力孔道位置控制精度为±3 mm，采用钢卷尺或钢尺进行测量，测量应选择两端及中间三个断面，每个断面检测 2 个垂直方向；预应力孔道直径采用游标卡尺测量，控制精度为 0mm~+3 mm，每个端面检查 3 处；
- 模板在浇筑过程中应进行检查，模板面板中心以及接缝位置的变形不得超过±1 mm，在首节段中面板中央以及面板最不利接缝各布置两个测点。

7.5.3 节段预制施工模板体系加工和安装精度控制精度及检测方法按表 3 进行。

表 3 模板安装精度要求表

单位为毫米

| 序号 | 检查项目        |          | 检查部位         | 检测方法  | 精度要求     |
|----|-------------|----------|--------------|-------|----------|
| 1  | 轨道          | 轴线偏位     | 轨道安装线        | 全站仪   | 2        |
|    |             | 轨距       | 轨道净距         | 卡板    | 2        |
|    |             | 标高       | 轨道顶面         | 精密水准仪 | 3        |
| 2  | 底模          | 轴线偏位     | 中轴线          | 全站仪   | 2        |
|    |             | 标高       | 表面四角点        | 精密水准仪 | 1        |
| 3  | 固定端模        | 平面控制点偏位  | 顶部三控制点       | 全站仪   | 2        |
|    |             | 标高       | 顶部二控制点       | 精密水准仪 | 1        |
|    |             | 倾斜度      | 模板板面         | 全站仪   | H×1/2000 |
| 4  | 侧模及支架       | 翼缘板拐角处标高 | 模板翼缘板与腹板间拐角处 | 精密水准仪 | 2        |
| 5  | 移动端模        | 平面控制点偏位  | 顶部三控制点       | 全站仪   | 2        |
|    |             | 标高       | 顶部二控制点       | 精密水准仪 | 1        |
|    |             | 倾斜度      | 模板板面         | 全站仪   | H×1/2000 |
| 6  | 匹配节段        | 平面控制点偏位  | 顶面2个平面控制测点   | 全站仪   | 2        |
|    |             | 标高       | 顶面四个测点       | 精密水准仪 | 1        |
| 7  | 内模          | 模板间拼装后错台 | 模板混凝土面       | 钢直尺   | 2        |
| 8  | 节段底板外部尺寸    |          | 节段底板外部       | 钢尺    | 2        |
| 9  | 节段底板内腔尺寸    |          | 节段底板内腔       | 钢尺    | 4        |
| 10 | 节段顶板外部尺寸    |          | 顶板处外口        | 钢尺    | 2        |
| 11 | 箱梁顶板内腔尺寸    |          | 顶板处内口        | 钢尺    | 4        |
| 12 | 模板顶部四角对角线尺寸 |          | 底模           | 钢尺    | 4        |
| 13 | 模板底部四角对角线尺寸 |          | 翼缘板          | 钢尺    | 4        |
| 14 | 模板整体长度      |          | 节段中轴线        | 钢尺    | 2        |
| 15 | 模板整体宽度      |          | 翼缘板          | 全站仪   | 2        |

7.6 预制节段质量验收

节段预制质量应符合表 4 的要求。

表4 预制节段质量验收要求

| 序号 | 检查项目       |              |      | 规定值或允许偏差<br>(mm) | 检查方法                    |
|----|------------|--------------|------|------------------|-------------------------|
| 1  | 混凝土强度（MPa） |              |      | 在合格标准内           | 按现行国家标准GB/T 50107的要求进行  |
| 2  | 预制梁段长度     |              |      | +0，-2            | 尺量，每节段3处                |
| 3  | 断面尺寸       | 高度           |      | ±5               | 尺量，每节段2个断面              |
|    |            | 顶板、底板宽度      |      | +5，-0            |                         |
|    |            | 厚度           |      | +5，-0            | 尺量，各3处                  |
|    |            | 翼缘长          |      | ±5               |                         |
| 4  | 端面平整度(mm)  |              |      | 2                | 2m直尺：检查竖直、水平两个方向，每侧面测1处 |
| 5  | 顶面平整度(mm)  |              |      | 2                | 2m直尺：检查面板纵向, 测3处        |
| 6  | 横坡（%）      |              |      | ±0.15            | 水准仪：每节段检查1-2处           |
| 7  | 端面垂直度(mm)  |              |      | ±5               | 经纬仪或全站仪：检查端块端面2侧腹板      |
| 8  | 轴线偏差量      | 纵轴线          |      | 5                | 经纬仪                     |
|    |            | 横隔梁轴线        |      | 5                |                         |
| 8  | 预埋件        | 支承板、锚垫板等预埋钢板 | 位置   | 5                | 尺量：每件                   |
| 9  |            |              | 高程   | ±5               | 水准仪：每件                  |
| 10 |            |              | 平面高差 | 5                | 水准仪：每件                  |
| 11 |            | 螺栓、锚筋等       | 位置   | 5                | 水准仪：每件                  |
| 12 | 预埋孔        | 吊孔           | 位置   | 5                | 尺量：每孔                   |
| 13 |            | 预应力孔道位置      | 位置   | ±3               | 尺量：每孔                   |
| 14 |            |              | 孔径   | +3，-0            | 尺量：每孔                   |
| 15 | 横隔板厚度      |              |      | +5，-0            | 尺量                      |
| 16 | 转向块厚度      |              |      | +5，-0            | 尺量                      |
| 17 | 横隔板、转向块位置  |              |      | ±5               | 尺量                      |

## 8 拼装阶段控制

### 8.1 一般规定

8.1.1 短线拼装施工工艺分为逐跨拼装施工及悬臂拼装施工, 墩顶块施工分为现浇及预制两种。施工监控应根据施工工艺采用不同控制方法。

8.1.2 拼装开展前应对节段预制偏差情况进行逐跨统计分析, 同时应结合已施工墩顶块施工偏差状况, 对拼装线形进行优化调整作为桥跨拼装控制基础。

8.1.3 在节段拼装控制时应控制湿接缝宽度误差, 若线形调控原因造成湿接缝宽度出现较显著偏差时, 偏差应符合设计规定或征得设计同意。

注: 湿接缝位置为结构的受力薄弱部位, 实际湿接缝宽度与设计偏差过大时会影响结构安全。

8.1.4 节段拼装时应同步进行监测, 监测内容包括结构变形、体外索索力、关键部位受力。

8.2 墩顶段施工控制规定

8.2.1 墩顶段采用现浇施工时应在模板安装阶段对截面尺寸、控制断面坐标进行严格控制，其控制应考虑以下方面：

- 墩顶节段结构变形，包括桥跨节段重量、架桥机重量、预应力张拉等引起的墩顶块变形；
- 墩顶段现浇施工时支架变形对线形产生的影响；
- 墩顶块与拼装段衔接断面控制，应重点关注与拼装节段衔接的控制断面几何尺寸（长度、宽度、厚度、横坡等）、空间位置、预应力孔道等定位控制；
- 墩顶现浇段应选择现浇段悬臂端部作为立模控制断面，测点布置应满足断面尺寸控制需要。

注：墩顶块节段是整跨节段的起止点，为节段拼装线形控制的关键点。采用现浇施工时，在节段尺寸控制、放样定位方面工艺保证度低于预制节段，为节段法施工质量控制的薄弱环节，故必须精确控制墩顶节段偏差。

8.2.2 墩顶段现浇浇筑容许偏差，应满足下列要求：

- 里程允许偏差：±10 mm；
- 轴线允许偏差：±5 mm；
- 高程允许偏差：±5 mm。

8.2.3 墩顶段采用预制施工时其控制应满足如下要求：

- 墩顶预制段质量应满足表 4 中的相关要求；
- 应控制好墩顶块预埋限位装置的空间安装精度，保证墩顶块的安装精度；
- 应考虑桥跨节段重量、架桥机重量、预应力张拉等引起的墩顶块变形。

8.2.4 应考虑架桥机过孔对墩身及已架设节段的高程影响，对高墩应进行墩顶偏位监测。

8.3 逐跨拼装控制规定

8.3.1 节段拼装线形监测测点采用预制阶段埋设的 6 个坐标控制点，拼装数据采集时应尽量保证不转站情况下一次性采集完整 6 个控制点高程及平面坐标实测数据，在条件受限时，非首拼节段可适当减少至 5 个控制点。

8.3.2 首梁拼装施工定位控制应按照如下规定进行：

- a) 首拼梁应进行初定位，初定位阶段应及时核对节段靠墩顶一侧端面与墩顶现浇段对应端面的偏差状况，包括顶板、底板和腹板相对位置的错台状况、预应力孔道对位偏差情况，偏差宜控制在合理范围内。偏差过大时应综合首拼节段与墩顶段对位偏差、桥跨拼装控制线形要求等进行全面论证，合理修正首拼节段控制数据；
- b) 首拼节段终定位需根据初定位修正后的监控指令对其轴向线形、标高等进行精确定位，定位偏差应满足表 5 的要求；
- c) 首拼节段准确安装定位后应及时进行锁定，锁定完成后需对测点坐标进行复核，复核结果应满足定位偏差要求。

表 5 首片梁定位允许误差

| 项目                                             | 最大允许偏差                  |
|------------------------------------------------|-------------------------|
| 里程                                             | ±5 mm                   |
| 高程                                             | ±3 mm                   |
| 轴线                                             | ±3 mm                   |
| 横坡相对高程偏差                                       | 取 0.5 mm/m 与 2 mm 中的较小值 |
| 纵坡相对高程偏差                                       | 取 0.5 mm/m 与 2 mm 中的较小值 |
| 轴线相对偏差                                         | 取 0.5 mm/m 与 2 mm 中的较小值 |
| 注：当施工所用架桥机设备具备整体线形纠偏能力时，可在监控单位指导下适当放宽首梁定位精度要求。 |                         |

8.3.3 首拼节段锁定工艺必须保证不对节段位置造成扰动。锁定措施应牢固可靠，避免后续施工造成首梁移位。

8.3.4 架桥机及吊装天钩系统的调控性能应满足节段拼装定位控制的精细化调整要求。

8.3.5 非首梁节段拼装施工控制按如下规定进行：

- a) 一般情况下宜采用逐节段拼装并严格进行偏差监测及调控的方法进行节段拼装，在当前节段控制到位后由监控方提供下节段拼装控制数据；
- b) 监控单位应及时根据已拼装节段的控制点实测数据进行分析，预测桥跨尾端节段轴线及高程偏差状况，当预测的远端轴线或高程偏差超出允许范围时，应采用合理纠偏措施对后续节段拼装线形进行调整；
- c) 在架桥机设备具备整跨节段线形纠偏能力且施工队伍拼装施工经验丰富的前提下，可由监控方一次性提供整跨所有节段的拼装控制数据，但拼装过程中应及时核对拼装实测数据与控制数据的偏差，偏差不应超过架桥机可控范围。偏差过大时应暂停拼装施工查找原因并进行纠偏调整。

## 8.4 悬臂拼装控制规定

8.4.1 悬臂拼装控制监测点规定同 8.3.1，首梁拼装施工控制要求同 8.3.2 规定。

8.4.2 悬臂拼装非首梁节段的拼装控制基本要求同 8.3.5 a)、8.3.5 b) 规定。拼装控制分析阶段尾端节段线形预测时，对于中间桥跨除满足控制尾端节段轴线、标高控制标准外，应同时满足合拢控制误差的要求。预测合拢误差超出偏差大时，应对拼装线形进行合理调整。

8.4.3 悬臂拼装应及时识别结构自重、预应力张拉等工序下实际变形与理论变形的偏差，根据偏差量对后续节段拼装线形进行合理调控；在预制节段未预制完成的情形下，应根据拼装阶段的实测偏差分析对后续未预制节段的预制线形进行调整。

8.4.4 悬臂拼装阶段应注意控制桥面临时荷载堆放，悬臂两端不平衡重量控制在设计允许范围内；结构计算分析进行修正时应考虑临时荷载对结构变形、受力的影响。桥面临时荷载堆放及移动应有严格规定，不宜对线形监测及分析产生过大干扰。

8.4.5 节段控制点测量及节段安装定位时应考虑日照温差对结构线形的影响。一般情况下悬臂拼装结构应将节段拼装定位、控制点测量时间安排在夜间、清晨或阴天气温稳定环境下，中小跨度悬臂拼装在施工安排较紧张的情况下，节段拼装定位的时间可合理放宽，但应对温度影响进行合理修正。

8.4.6 悬臂拼装线形控制应加强变形监测及分析，准确识别出现拼装控制误差的主要原因，借助反馈控制来对线形进行纠偏。

8.4.7 节段拼装施工过程线形偏差超出允许偏差时，应合理采取措施进行线形纠偏，纠偏方法的使用应以不影响桥梁结构长期受力安全和耐久性为原则，同时不应造成过明显错台现象。

8.4.8 悬臂拼装施工过程应加强桥墩不平衡及偏心受力、墩顶临时固结、墩顶节段临时支架体系受力安全控制。

8.4.9 合拢前两侧合拢标高偏差过大时，可通过合拢口两段配重进行偏差调整，但额外配重大小应结合桥梁计算分析确定，不应超出合理受力许可范围。

## 8.5 节段拼装线形控制标准

8.5.1 逐跨拼装节段与现浇梁之间对位尺寸偏差宜控制在 10 mm 以内。孔道对位偏差宜控制在预留孔道可调节范围内，孔道对位偏差过大时应通过计算分析确定结构受力安全性。

8.5.2 节段悬臂拼装合拢高差控制在 20 mm，并保证合拢口两侧线形的平顺，无突变；合拢口轴线相对误差为 $\pm 10$  mm。

8.5.3 桥梁施工完成后，主梁线形应满足相关行业施工与质量验收规范对悬臂拼装预应力混凝土梁线形的容许偏差。

注：城市桥梁应满足 CJJ2 对悬臂拼装预应力混凝土梁线形的相关规定；公路桥梁应满足 JTG F80/1 对悬臂桥梁的拼装预应力混凝土梁线形的相关规定；铁路桥梁应满足 TB 10415 对悬臂桥梁的拼装预应力混凝土梁线形的相关规定。

9 9 节段拼装阶段监控测试

9.1 一般规定

- 9.1.1 逐跨拼装施工桥梁监测内容应包括主梁线形监测、体外索预应力监测等内容，根据实际需要宜包括主梁应力、墩柱应力、桥墩沉降、架桥机主桁梁变形监测、临时吊杆力监测。
- 9.1.2 悬臂拼装施工桥梁监测内容应包括主梁线形监测、主梁变形（节段拼装前后变形、预应力张拉前后变形）监测，主梁应力监测、主梁温度监测、桥墩沉降、体外预应力张拉监测。
- 9.1.3 当桥梁拟建立运营期监测系统时，施工监控测点宜结合后期实际需要布置，宜采用技术先进、可靠良好的监测仪器设备。

9.2 应力监测规定

9.2.1 应力监测元件应选择稳定性较好、精度较高的应变传感器，其耐久性应满足整个桥梁监控监测期的要求，且宜选用集温度、应力测试一体的应力传感器。

注：应力监测可采用振弦式传感器、光纤式传感器、电阻应变式传感器。应力测试传感器根据预置方式可分为表贴式和埋入式。表贴式通过基座附着在结构物表面，混凝土结构应尽量避免使用。埋入式又分为混凝土计和钢筋计，混凝土计直接埋入混凝土内部，钢筋计需要焊接在结构物内部钢筋上。

为了消除混凝土内部实测应变受温度、收缩影响，在布置应力测点时，可同时埋设工作应变计和无应力计，分别测得混凝土应变和温度、收缩应变。

9.2.2 应力监测断面的选取应根据施工仿真计算分析确定，选取施工过程中各类受力最不利或有代表性的断面作为应力监测断面。应力监测断面上应力测点数量应根据受力分布规律、截面形式、断面箱室数量、横向宽度等因素合理确定。断面测点位置应结合横断面受力分布特点确定，对称横断面上测点布置宜对应采取对称分布方式。

注 1：主梁应力监测截面布置，应为主梁施工过程中的控制性截面，主要为墩顶附近截面、跨中截面和主梁截面变化处截面。主梁应力监测截面测点布置，应根据截面形式和截面宽度确定。对于多箱室的混凝土主梁截面其他异形截面，应以能满足控制主梁截面总体应力为目的设置。

注 2：桥梁墩柱应力监测截面一般选择墩顶、墩底附近的应力较大截面，一个截面的测点不应少于 4 个。

注 3：主梁应力监测截面一般选择主梁根部、L/4、跨中以及其他控制截面，测点布置在截面的上下缘位置，每个测试断面测点不宜少于 4 个，如图 9 所示。

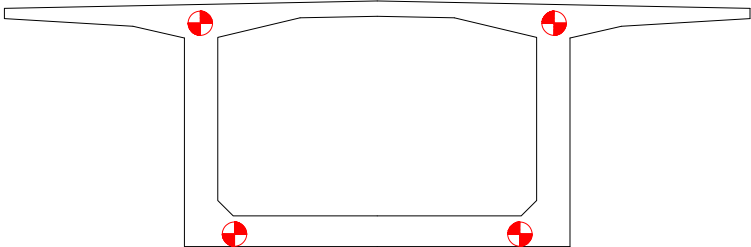


图 9 混凝土箱梁截面应力测点布置示意图

9.2.3 应力测点监测频率应满足结构施工过程受力安全控制要求，根据施工工艺及工序特点合理布置测试时机，监测频率应能反应出施工过程中控制断面的受力变化规律。对于悬臂拼装结构，宜对各节段

安装前后、预应力张拉前后、结构体系转化前后等工序进行应力监测。对于逐跨拼装结构，应选取有各跨度结构有代表性桥跨进行应力监测，一般应选首拼桥跨进行监测；在节段起吊阶段宜对桥墩、架桥机关键控制截面监测，依据计算分析在全过程中选取多个时机对断面开展监测，所选取时机应包含全跨梁起吊完成阶段；在预应力张拉阶段宜对预应力索、架桥机、桥墩、主梁关键断面进行应力监测，所选取时机依据施工工艺、关心受力断面的受力规律监测需要确定。如遇施工异常情形，应从受力安全监测要求合理确定监测频率。

### 9.3 温度监测规定

9.3.1 温度监测元件分辨率应不小于  $0.5^{\circ}\text{C}$ ，承台等大体积温度监测宜采用自动化采集设备测试。

9.3.2 温度监测断面与测点布置应结合桥梁结构特点、地理环境方位及日照方向等合理确定。一般应符合下列要求：

- 采用悬臂拼装桥梁且跨径超过 100 m 的桥梁宜单独设置温度场测试断面；
- 主梁的温度监测截面可设在主跨 1/4 跨径位置附近，在监测截面的上、下、左、右位置均应设置温度测点，每个位置应沿混凝土箱壁厚度方向的外、中、内布置且不宜少于 3 个温度测点，如图 10 所示；

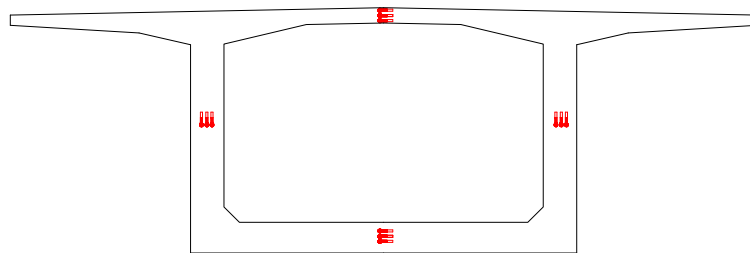


图 10 箱梁温度测点布置示意图

- 主梁其它温度监测断面与测点宜同于应力监测等，宜选用集温度、应力测试一体的应力传感器。

9.3.3 温度监测工况与频率应符合下列要求：

- 悬臂拼装施工到大悬臂状态，结构变形受温度影响显著时，应进行 1 次 24 小时全断面温度场测试；
- 不同季节，天气显著变化时，应进行 1 次 24 小时全断面温度场测试，测试结果可反映不同季节、日照下主梁截面的温度场；
- 合拢前进行 1 次 24 小时全断面温度场测试；
- 主梁其它温度监测断面测试宜与应力监测同步进行。

### 9.4 体外预应力张拉监测

9.4.1 在体外索张拉施工工艺保证度存在显著不确定性或存在怀疑，以及从设计角度对体外索张拉效果提出较高要求时，应对体外索开展索力监测。

9.4.2 体外索的监测数量，监测索的类型应根据体外索长度、空间布置特点、索束数量特点进行合理确定，监测索数量、类型上应能从整体上反应整跨体外索的张拉效果。

9.4.3 体外索索力监测包括索力动测法、锚索计法和磁通量传感器法，应根据体外索跨度特征、现场条件等因素合理确定测试方法。有条件时可联合使用上述方法进行体外索的监测。

注：体外体外预应力张拉监测的主要目的是对体外索张拉力和施工过程中钢束的永存应力与张拉应力的相关关系进行监测，建立起相应的函数关系，在监测研究的基础上对控制张拉应力和张拉工序进行优化定性，形成科学合理的控制张拉工艺，实现结构的实际永存应力能够满足设计的要求。

磁通量法现场测试限制条件较少且可重复进行测试，但对索进行标定，要求较高，同时测试成本较高。索力动测法测试成本较低，但在外索分段长度较短时误差大，且转向块约束条件也会对索力评价产生影响。锚索计法相比其它两种方法准确度高，但监测完成后滞留在锚头位置，不可重复利用造成投入成本高，锚索计不是结构本身设计组成部分，过多使用时在一定使用年限后可能出现锈蚀等原因造成工程隐患。

体外预应力张拉监测可通过锚索计对张拉力进行校对，同时采集张拉前后的伸长量资料，对张拉力进行对比验证。体外索张拉阶段损失量评估可采用如下方法：

- 在体外索分阶段张拉时，张拉力通过锚索计进行验证，抽取部分体外索索段采用索力动测法采集各阶段的频率值与对应的张拉力。以此确定体外索测试索段的修正系数 K 值；
- 在同跨其它体外索张拉时或体外索张拉完成的一定时间后，对抽取的索段进行频率测试。通过频率的变化和修正的 K 值，可计算出体外索预应力损失值参考值。

## 9.5 拼装阶段线形监测

### 9.5.1 线形监测设备应符合下列要求：

- 主梁拼装坐标宜采用全站仪进行测试，其测角精度不低于  $1''$ ，测距精度不低于  $1+1 \text{ ppm}$ ，且能满足施工监测需要；
- 墩台沉降、高程测量采用水准仪测量，其等级精度宜不低于 DS2 级水准要求，且能满足施工监测需要。

### 9.5.2 线形监测断面与测点布置应符合下列要求：

- 墩台线形监测断面宜布置于墩台顶面，不少于 4 个监测点；
- 墩顶现浇段应选择现浇段悬臂端部作为立模控制测点，测点布置应满足断面尺寸控制需要；
- 拼装主梁线形监测测点应采用预制阶段埋设的 6 个控制点；
- 逐跨拼装主桁架变形监测测点宜布置在主桁架 4 分点位置处。

### 9.5.3 逐跨拼装施工线形监测频率应满足如下要求：

- 墩台沉降在墩柱施工期间宜每施工 3 至 5 个节段测量一次；
- 墩顶现浇段立模阶段及浇筑完成后应各进行一次测量；
- 架桥机安装完成、梁段起吊完成宜对桥墩沉降、主桁架变形各监测一次；
- 首梁锁定前后应对该节段六点坐标测量一次；
- 每片梁拼装定位完成后宜对节段六点坐标测量一次；
- 整跨拼装完成宜对桥面标高、轴线各测量一次；
- 整跨预应力张拉、主梁落架完成后宜各对桥面标高、主桁架变形各测量一次；
- 桥面铺装施工完成宜对桥面标高、轴线、桥墩沉降各测量一次；
- 主梁落架完成至桥面铺装施工工期过长时宜适当加密桥墩沉降监测频次。

### 9.5.4 悬臂拼装施工线形监测频率应满足如下要求：

- 墩台沉降在墩柱施工期间宜每施工 3 至 5 个节段测量一次；
- 墩顶现浇段立模阶段及浇筑完成后应各进行一次测量；
- 首梁锁定前后应对该节段六点坐标测量一次；
- 每片梁拼装定位完成后、预应力张拉完成后宜对节段六点坐标各测量一次；
- 单跨合拢后、预应力张拉后宜对桥面标高、桥墩沉降各测量一次；
- 全桥预应力张拉前后宜各对桥面标高、桥墩沉降各测量一次；
- 桥面铺装施工完成后宜对桥面标高、轴线、桥墩沉降各测量一次；
- 施工过程中若由于一些原因，某施工工序拖延时间较长，宜在下道工序开展前要对上道工序线形进行复测。

注：为尽量避免温度对线形观测结果的影响，线形观测在清晨早 6:00~8:00 温度变化较小的时段内进行，其中夏秋季在早上 6 点 30 之前完成测试、冬春季节在早上 8 点之前完成测试。

#### 9.5.5 线形基准点复核与联测应符合下列要求：

- 上部主梁结构开始施工前，应对线形基准点进行联合测量；
- 悬臂拼装桥梁全桥跨由于节段安装施工持续时间较长，应每月对基准点进行复核测量。
- 悬臂拼装施工合拢前 2~3 个节段，应对基准点及主梁悬臂节段前端高程进行联合测量。

9.5.6 合拢施工前应对两端悬臂节段的轴线、高程和梁长受温度影响的偏移规律进行观测，并应根据实际观测值进行合拢的施工计算，确定准确的合拢温度、合拢时间及合拢程序。

### 10 数据分析与反馈控制

#### 10.1 一般规定

##### 10.1.1 数据分析和施工控制包括以下工作：

- 识别当前桥梁结构受力状态、几何状态；
- 判别桥梁施工状态是否处于预控状态；
- 当桥梁施工状态偏离预控状态时，预测桥梁施工误差对后续施工过程中结构受力状态与几何状态的影响；
- 确定是否发出安全预警；
- 决定是否对施工过程预控数据或施工工艺实施调整或变更。

注：桥梁施工受力状态、几何状态等识别的主要目的是，判断当前工况下，状态结构实际状态（如标高、线形、内力等）是否与模拟计算预测的理论状态相符、或结构实际状态与理论状态间存在的误差。

桥梁施工是否处于预控状态（误差限值范围）的判断可通过将现场监测数据与依据施工过程模拟计算事先制定的预控目标状态数据的比较分析得出。

当桥梁施工过程偏离预控目标状态时，需要对其误差的影响程度进行分析，重点是对下一阶段施工目标状态的影响预测及桥梁施工监控最终目标的影响分析，从而为是否对桥梁施工过程预控数据或施工工艺进行调控提供决策依据。

对施工过程预控数据或施工方案是否实施调整或变更须根据桥梁施工误差影响预测分析结果进行判断。对于施工工艺关系不大的误差影响，可以通过调整施工过程预控数据实现调控；对关系到施工工艺甚至施工方案的误差，则需要变更既有施工工艺或方案。

##### 10.1.2 数据分析与施工控制应搜集下列监测数据：

- 5.2.2 中所列计算分析所需参数；
- 施工过程已完成结构的应力、内力；
- 施工过程中结构标高、线形、位移；
- 施工过程中结构温度；
- 其他对施工过程结构状态有影响的参数。

#### 10.2 监测数据分析

##### 10.2.1 混凝土结构应力、内力、标高、线形、位移监测数据分析需考虑的因素：

- 混凝土弹性模量误差影响；
- 结构体系温差与构件截面温度梯度的影响；
- 自重误差及施工荷载变动的影响；
- 结构刚度误差的影响；
- 预应力误差的影响；
- 混凝土收缩与徐变误差影响。

10.2.2 监测数据误差的识别和调整可考虑 10.2.1 中所列因素，通过误差影响及状态预测分析方法进

行分析识别与调整，常用的方法有：最小二乘法、Kalman 滤波法、灰色系统理论法、人工神经网络法。

注：通过结构的分析计算可以确定桥梁结构各施工阶段的中间理想状态，但是在实际施工中，结构的实际状态总是与其理想状态不吻合。究其原因，主要由设计参数误差、施工误差、测量误差、结构分析模型误差等综合干扰因素所致，因而必须运用必要的理论和方法调整这些误差。

### 10.3 施工反馈

#### 10.3.1 拼装阶段施工反馈应以拼装施工监控预制指令单形式实施，并符合下列要求：

- 施工监控指令需包含桥梁施工过程信息、已完成结构状态调整要求、下阶段施工的调控参数、施工状态调整改进办法、补救措施、施工工艺或方案变更要求、预警信息、暂停施工指令、施工整改要求；
- 桥梁的受力状态误差或几何状态误差超出本标准限值，但已完成结构还处于可立即调整状态时，施工监控指令需提出已完成结构状态调整要求和下阶段施工的调控参数；
- 桥梁的受力状态误差或几何状态误差超出本标准限值，且已完成结构处于不可立即调整状态时，施工监控指令需提出施工状态调整改进办法、补救措施及下阶段施工的调控参数；
- 桥梁的受力状态误差或几何状态误差对施工监控目标的实现造成过大影响，需要变更施工工艺或方案时，施工监控指令需及时发出变更指令，并由施工单位制定并按程序审批后实施；
- 当结构状态出现异常，并危及结构安全时，需及时预警，立即发出暂停施工指令，责令整改。

#### 10.3.2 根据告警事件的严重程度，分为提示、警告、报警的三级区别对待。

注：结构状态出现异常并危及结构安全时，预警是施工监控中安全控制的基本要求，监控方需要准确把握，及时发出针对所有参建单位的暂停施工及采取安全保障措施的指令。

结构状态出现异常主要包括结构应力超限、结构变形超限等。结构应力、变形安全控制值是根据桥梁的结构形式和材料参数，进行模拟计算，依据相关规范和标准，在考虑相需安全系数后确定。

#### 10.3.3 桥梁现场施工过程及成桥状态几何监测值与理论值误差超过本标准限值时，可采取下列反馈控制措施。

- 对于施工过程及成桥几何状态可调整的桥梁，下列误差应在当前施工或成桥状态直接调整。
  - a) 墩顶现浇段立模偏差（轴线、里程、标高）。
  - b) 首拼节段定位偏差（轴线、里程、标高）。

——对于施工过程及成桥几何状态不可调整的桥梁，下列误差应以当前施工状态为基础，对后续的下列施工状态数据进行反馈控制：

- a) 节段安装偏差（轴线、标高）

#### 10.3.4 桥梁施工过程结构受力状态监测值与理论值误差超过本标准限制值时，应在保证结构安全的前提下，采取下列针对性的反馈控制措施：

- 通过减少临时荷载或调整临时荷载位置改善受力；
- 采用临时配重，调整临时配重位置、大小改善受力；
- 通过调整施工工序、工艺，调整结构受力状态；
- 采取局部加固或增设临时辅助设施等措施改善后续施工中结构受力状态。

注：桥梁施工过程结构受力超过限值可能由以下因素造成：

- 量测失真；
- 临时荷载超限或位置不正确；
- 桥梁结构施工过程分析不全面深入，导致局部高应力未纳入控制，施工工序（工艺）不合理；
- 桥梁结构设计本身与所采取的施工方法不完全匹配，由缺少相应的辅助措施；
- 施工监控技术与施工管理差，导致结构控制性受力部位失控，或未及时监测到结构受力，或监测到结构不利受力状态但未得到及时处置等。

#### 10.3.5 当预测到的极端气温、雪载、风载等超过设计和规范限值时，应及时发布暂停施工或其他应对

措施指令。

注：气温(高温、低温)、雪载、风载等超过施工控制限值是为了确保桥梁施工过程结构安全，根据桥梁所处环境条件和施工控制分析，事先确定的桥梁正常施工环境条件。

## 11 监测成果要求

11.1 施工监控成果需包括施工监控方案、设计符合性计算报告、施工监控指令或联系单、周报与月报、施工监控阶段报告和施工监控总报告。

11.2 施工监控方案需包含项目概况、监控依据与标准、工作内容、施工监测、人员及设备安排等内容。

注：施工监控方案（或大纲）是指在施工过程中对桥梁施工监控的工作思路和监控方法进行的总体陈述。

11.3 设计符合性计算报告需包括计算技术标准、计算依据、计算模型、主要参数取值、施工阶段及运营阶段计算结果等内容。

注：设计符合性计算报告是为了实现设计意图而必须进行的一个计算过程，并采取与设计单位相同的计算参数和设计图纸进行总体复核性计算。

11.4 施工监控指令或联系单是监控单位对桥梁结构施工过程实施控制的直接体现。具体内容与要求见 10.3.1。

11.5 短线法预制拼装施工监控指令应包括：

- 关于收集主桥恒载实际恒载参数的指令；
- 关于节段预制的指令；
- 关于墩顶现浇段立模高程的指令；
- 关于节段拼装线形的指令；
- 多跨连续梁应提供关于支座偏移的指令；
- 悬臂拼装施工应提供关于合拢段的指令。

11.6 周报、月报是监控单位将每周或每月的施工监控情况进行汇总。

注：周报、月报需包括本时间段内的施工进展情况，监控量测情况，当前结构的线形和受力状态评价，目前施工存在的问题，对后续施工提出建议及解决办法等。

11.7 施工监控阶段报告是对特定施工阶段或者工况的监控情况总结，如节段预制（拼装）完成、合拢段施工完成后等。

注：施工监控阶段报告需包含特定施工工况相关的监测数据，对监测数据与监控计算进行对比和分析，对特定结构的线形和受力状态进行阶段评价，为后续施工提出建议及解决办法等。

11.8 监控总报告为桥梁在整个施工过程中的线形和结构应力（应变）等内容进行分析和总结的文件，应将施工过程中关键控制成果和说明、成桥初始状态信息在总报告中提供。

注：施工监控总报告需包含项目概况、监控依据及标准、结构计算、施工阶段监测数据分析、监控成果、成桥运营阶段计算分析、结论及建议等内容。

另外，施工监控总报告中应包括主要结构的计算参数，以及永久测点的坐标等，以后期的管养维护提供基础数据。

在成桥后，将实测成桥状态的线形、应力与相应温度下的理论成桥监控目标线形、应力对比，差值应符合相关规范要求。

11.9 文件格式及内容要求见附录 A。

附 录 A  
(资料性)  
文件格式及内容要求

表A. 1～表A. 7规定了不同文件的格式和内容要求。

表 A. 1 施工监控预制指令单

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------|----|-----------------|----|----|------------------|---|----|------------------|---|---|--|------|--|--|------|--|--|--|----|----|----|----|----|----|-----|--|--|--|--|--|--|
| 编号：XXX 号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 工程名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 日期：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  | 年    月    日 |    |                 |    |    | 台座               |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 分部工程名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                  |             |    |                 |    |    | 工序名称             |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 主送单位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 抄送单位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 根据施工单位所收集到的 XXX 号节段数据，监控单位提出 XXX 号节段的监控指令供施工单位执行。具体指令为：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 测点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 匹配梁控制坐标<br>(放样值) |             |    | 竣工初始坐标<br>(供校核) |    |    | 匹配坐标增量值<br>(供参考) |   |    | 前一节段匹配坐标实测值(供校核) |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | X                | Y           | Z  | X               | Y  | Z  | X                | Y | Z  | X                | Y | Z |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| BL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| FL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| BH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| FH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| BR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| FR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| <div><div>表 2 长度校核表</div><table><tr><td></td><td colspan="3">顶板长度</td><td colspan="3">底板长度</td></tr><tr><td></td><td>SL</td><td>SC</td><td>SR</td><td>SL</td><td>SC</td><td>SR</td></tr><tr><td>实际值</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table><div><p>说明：(1)表中数据单位均为米；(2)待浇段浇筑前应复核固定端模顶部和底部的位置，竣工坐标测量应包括固定端模顶部边线的 5 个点坐标。(3)表 2 长度未考虑固定端模跑位数值、即固定端模在 x=0 的铅锤面内的理论位置。故实际长度校核时应将表中数据再加上前后两次固定端模跑位值的差值进行校核。</p></div></div> |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  | 顶板长度 |  |  | 底板长度 |  |  |  | SL | SC | SR | SL | SC | SR | 实际值 |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 顶板长度             |             |    | 底板长度            |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | SL               | SC          | SR | SL              | SC | SR |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 实际值                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 监控单位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                  | XXX 监控项目部   |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                  | 计算          |    |                 |    |    |                  |   | 复核 |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 监理单位意见： <div>年    月    日</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |
| 施工单位签收： <div>年    月    日</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                  |             |    |                 |    |    |                  |   |    |                  |   |   |  |      |  |  |      |  |  |  |    |    |    |    |    |    |     |  |  |  |  |  |  |

表 A.2 施工监控拼装指令单

| 编号：XXX 号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|------------|-----|------|--|--|---|---|---|----|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|----|--|--|--|
| 工程名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| 日期：                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 年      月      日 | 张数   | 第 1 页共 1 页 |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| 分部工程名称                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 | 工序名称 |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| 主送单位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| 抄送单位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| <p>根据施工单位所收集到的节段预制数据，监控单位提出 XXX 号节段的拼装监控指令供施工单位执行。<br/>具体指令为：</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| <div><div><p>表 1 节段拼装坐标</p><table border="1"><thead><tr><th rowspan="2">点编号</th><th colspan="3">拼装数据</th></tr><tr><th>X</th><th>Y</th><th>Z</th></tr></thead><tbody><tr><td>BL</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>FL</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>BH</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>FH</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>BR</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>FR</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table></div><div><p>小里程方向      大里程方向</p><p>梁中心线</p></div></div> |                 |      |            | 点编号 | 拼装数据 |  |  | X | Y | Z | BL |  |  |  | FL |  |  |  | BH |  |  |  | FH |  |  |  | BR |  |  |  | FR |  |  |  |
| 点编号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 拼装数据            |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | X               | Y    | Z          |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| BL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| FL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| BH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| FH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| BR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| FR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| <p>说明：（1）表 1 中数据均以米为单位。<br/>（2）表中 BL、FL、BH、FH、BR、FR 各点均为该节段在预制过程中对应的控制点。<br/>（3）坐标系统采用 xxx 坐标系统，高程系统采用 xxx 系统。<br/>（4）测量精度要求：2 mm。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| 监控单位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | XXX 监控项目部       |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 计算              |      | 复核         |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |
| <p>监理单位意见：</p> <p>年      月      日</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |      |            |     |      |  |  |   |   |   |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |    |  |  |  |

表 A. 3 XXX 项目施工监控工作联系单

编号：

|      |  |
|------|--|
| 工程名称 |  |
| 主送单位 |  |
| 抄送单位 |  |
| 标 题  |  |
|      |  |

表 A. 4 XXX 项目施工监控预警通知单  
编号:

|      |  |
|------|--|
| 工程名称 |  |
| 主送单位 |  |
| 抄送单位 |  |
| 标 题  |  |
|      |  |

表 A.5 XXX 项目 短纤匹配法制梁模板与预埋件数据采集表

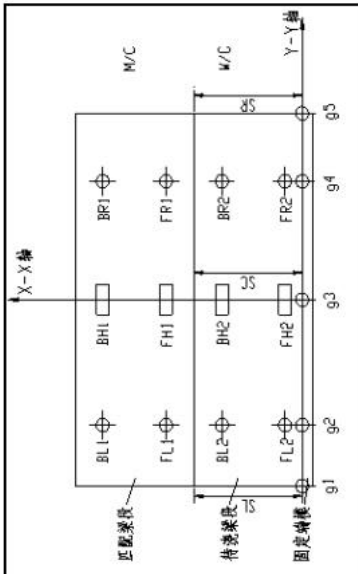
|                |  |                                                                                   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |  |  |
|----------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|---|---|---|----|---|---|---|----|--|--|
| 拼装方向-小里程方向匹配   |  |  |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |  |  |
| 节段编号:          |  |                                                                                   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |  |  |
| 台座编号:          |  |                                                                                   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |  |  |
| 采集日期:          |  |                                                                                   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |  |  |
| 预埋件数据          |  |                                                                                   |   |   | X  | Y | Z | X | Y  | Z | X | Y | Z  |  |  |
| BL1/BH1/BR1    |  |                                                                                   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |  |  |
| FL1/FH1/FR1    |  |                                                                                   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |  |  |
| BL2/BH2/BR2    |  |                                                                                   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |  |  |
| FL2/FH2/FR2    |  |                                                                                   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |  |  |
| 浇筑段外观尺寸        |  |                                                                                   |   |   | SL |   |   |   | SC |   |   |   | SR |  |  |
| 固定端模边线坐标       |  | X                                                                                 | Y | Z | X  | Y | Z | X | Y  | Z | X | Y | Z  |  |  |
| g1/g2/g3/g4/g5 |  |                                                                                   |   |   |    |   |   |   |    |   |   |   |    |  |  |

表 A.6 XXX 项目短线匹配法匹配定位复核表

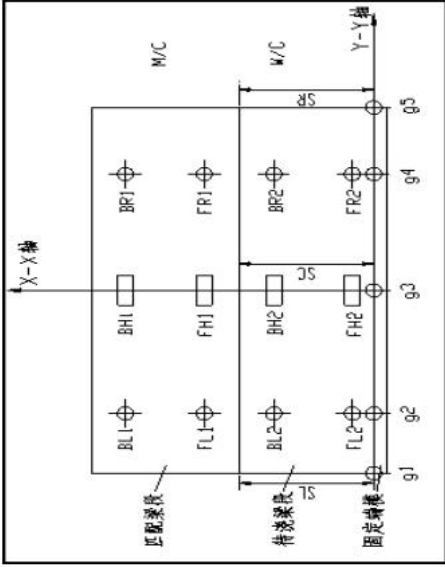
| 拼装方向: |    |   |   | 节段编号: |   |   | 台座编号:      |            |            | 采集日期:                                                                             |  |
|-------|----|---|---|-------|---|---|------------|------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--|
| 测点编号  | 理论 |   |   | 实测    |   |   | 校核         |            |            | 示意图                                                                               |  |
|       | X  | Y | Z | X     | Y | Z | $\Delta X$ | $\Delta Y$ | $\Delta Z$ |                                                                                   |  |
| FL1   |    |   |   |       |   |   |            |            |            |  |  |
| FH1   |    |   |   |       |   |   |            |            |            |                                                                                   |  |
| FR1   |    |   |   |       |   |   |            |            |            |                                                                                   |  |
| BL1   |    |   |   |       |   |   |            |            |            |                                                                                   |  |
| BH1   |    |   |   |       |   |   |            |            |            |                                                                                   |  |
| BR1   |    |   |   |       |   |   |            |            |            |                                                                                   |  |
| g1    |    |   |   |       |   |   |            |            |            |                                                                                   |  |
| g3    |    |   |   |       |   |   |            |            |            |                                                                                   |  |
| g5    |    |   |   |       |   |   |            |            |            |                                                                                   |  |

表 A.7 XXX 项目节段拼装数据采集表

| 拼装方向: |    | 节段编号: |   |    | 温度: |   |    | 采集日期: |       |
|-------|----|-------|---|----|-----|---|----|-------|-------|
| 测点编号  | 理论 |       |   | 实测 |     |   | 校核 | 示意图   |       |
|       | X  | Y     | Z | X  | Y   | Z |    | 大里程方向 | 小里程方向 |
| FL1   |    |       |   |    |     |   |    |       |       |
| FH1   |    |       |   |    |     |   |    |       |       |
| FR1   |    |       |   |    |     |   |    |       |       |
| BL1   |    |       |   |    |     |   |    |       |       |
| BH1   |    |       |   |    |     |   |    |       |       |
| BR1   |    |       |   |    |     |   |    |       |       |

## 参 考 文 献

- [1] GB 50026-2007 工程测量规范
  - [2] GB 50982-2014 建筑与桥梁结构监测技术规范
  - [3] CJJ 11-2011 城市桥梁设计规范
  - [4] CJJ/T 111-2006 预应力混凝土桥梁预制节段逐跨拼装施工技术规程
  - [5] CJJ 293-2019 城市轨道交通预应力混凝土节段梁预制桥梁技术标准
  - [6] JTG 3362-2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
  - [7] JTG D60-2015 公路桥涵设计通用规范
  - [8] JTG/T 3650-2020 公路桥涵施工技术规范
  - [9] 节段预制拼装混凝土桥梁技术标准(送审稿)
  - [10] 公路桥梁施工监控技术规范(送审稿)
-