

ICS 93.040

CCS P 28

团 体 标 准

T/JSJTQX 38—2023

节段梁短线法智能匹配预制施工 技术规程

Technical specification for intelligent matching construction of segmental beam
prefabrication by short-line method

2023-05-20 发布

2023-06-01 实施

江苏省交通企业协会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 基本要求	5
5 智能匹配系统	5
5.1 一般要求	5
5.2 智能测量仪器	5
5.3 模板及模板空间位置智能调节硬件设施	6
5.4 软件系统	7
6 坐标系与控制点	8
6.1 坐标系	8
6.2 控制点	8
7 智能匹配施工	10
7.1 一般要求	10
7.2 施工工序	10
7.3 模板初步就位安装	10
7.4 端模测量	11
7.5 浇筑梁段控制点测量	12
7.6 匹配梁段放样（定位）测量（智能匹配调节）	12
7.7 钢筋加工安装	12
7.8 混凝土浇筑施工	12
7.9 测量控制点的埋设	13
7.10 养生、脱模	13
8 线形控制	13
8.1 一般要求	13
8.2 模板安装精度控制	13
8.3 匹配梁段定位	13
8.4 模板变形与变位控制	14
8.5 测量精度	14

T/JSJTQX 38—2023

8.6 线形纠偏	14
附录 A（资料性） 预制场台座及测量塔沉降监测方法	15
附录 B（资料性） 匹配梁段放样（定位）测量方法	17
附录 C（资料性） 坐标转换及线形计算方法	18
附录 D（资料性） 线形纠偏方法	20

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省交通企业协会提出并归口。

本文件起草单位：江苏省交通工程建设局、中交一公局集团有限公司、常州交通建设管理有限公司、江苏大学、镇江市综合交通事业发展中心、江苏森淼工程质量检测有限公司、无锡市航道工程有限公司、江苏省交通技师学院。

本文件主要起草人：王博文、孙凯、吕牧、陈云平、束国强、李镇、夏鹏飞、薛华、顾江鸣、沈波、沈孔健、李响、郦辉忠、魏维、欧定福、纪玉国、李宁、张鑫、高坤、周建国、邢海龙、周晨、陈雨、李玲、王鹏泽、李静、郭永涛、汪军伟、郑午、俞科峰、黄建科、曾强、陈光林、雷松、汤勤、顾曦辰、郭朝军、张素娟、王扣琴、张建伟、胡未艾、张瑜、吴伟光、曹妍、章荣福、王芮文。

本文件由镇江市综合交通事业发展中心研究员级高级工程师章荣福、江苏省交通技师学院正高级讲师曹妍、研究员级高级工程师王芮文、江苏省交通工程建设局研究员级高级工程师夏鹏飞、李镇任主审。

节段梁短线法预制智能匹配施工技术规程

1 范围

本文件规定了节段梁短线法预制智能匹配施工基本要求、智能匹配系统、坐标系与控制点、智能匹配施工、线形控制等内容。

本文件适用于公路桥梁节段梁短线法预制施工。铁路与市政工程桥梁节段梁短线法预制施工可参照执行。

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。

- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- CJJ/T 293 城市轨道交通预应力混凝土节段预制桥梁技术标准
- DB32/T 4321-2022 公路工程施工安全管理信息系统技术规范
- T/JSJTQX 27—2022 高速公路桥梁混凝土构件冬期施工技术指南
- T/JSJTQX 31—2022 江苏省公路水运工程工地试验室仪器设备管理规范
- T/JSTERA 18—2020 高速公路预制梁电蒸汽养生施工技术规程
- T/JSJTQX 35—2023 国省干线公路工程信息化建设指南
- T/JSTERA 44—2023 桥梁预制构件生产智慧化通用要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

短线法 short line method

预制台座底模长度为一个节段长度，依次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。

[JT/T 293-2019, 定义2.1.8]

3.2

节段梁 segmental beam

用于拼装主梁或桥墩的混凝土预制梁段。

3.3

整体坐标系 global coordinate system

整个桥梁所处的实际空间位置，也称为总体参考系统。

3.4

局部坐标系 local coordinate system

以固定端模中心为坐标原点的参考系统，通常以左手定则建立，也称预制单元参考系统。

3.5

精调标架 fine adjustment of standard frame

一种能够自动调节竖直度的棱镜支架，由两个精密棱镜和高精度倾角传感器组成。

3.6

匹配节段 matching segment

节段匹配浇筑时，作为一侧端模的已预制完成节段。

[JT/T 293-2019, 定义2.1.8]

4 基本要求

- 4.1 节段梁预制施工应满足预制施工智慧化要求，智慧化工地建设宜按T/JSTERA 44—2023和T/JSJTQX 35—2023执行。
- 4.2 预制场应按DB32/T 4321—2022的要求建立安全管理信息系统。
- 4.3 应根据节段梁数量、工期要求、资源投入、技术要求等因素确定智能匹配预制台座的数量。
- 4.4 根据场地情况每个台座可设置1个~2个测量塔，双测量塔方案时，两个测量塔中心的测量控制点连线应与固定端模中线重合；单测量塔方案时，测量塔应设置在台座轴线上。
- 4.5 测量塔上采用定制可左右移动的强制对中底盘以减小架设仪器时的对中误差。
- 4.6 测量塔基础宜采用管桩基础，入土深度根据地质条件而定，宜确保测量塔不产生沉降，并应定期进行测量塔和台座的沉降观测。沉降观测方法见附录A。
- 4.7 测量塔顶面高度宜高出预制梁成型后顶面2m~3m。
- 4.8 测量塔桩内宜浇注填芯混凝土，塔身采用土工布双层包裹，塔身四周不应放置其它任何物体。

注：为减小塔身在外围因素影响下的位移和沉降，桩内浇注填芯混凝土。为防止测量塔由于热胀冷缩的作用产生变形，影响测量精度，塔身采用土工布双层包裹。进出测量塔时采用悬梯，并架设操作平台，塔身四周不放置其它任何物体，给测量作业创造良好作业环境。

5 智能匹配系统

5.1 一般要求

- 5.1.1 节段梁短线法匹配预制施工全过程宜采用智能化测量和施工设备进行。
- 5.1.2 节段梁短线法智能匹配系统包括硬件和软件系统。硬件包括智能测量仪器、模板和模板空间位置智能调节硬件设施，软件系统包括智能控制平台、控制云台、智能测量和智能匹配施工相关配套软件。
- 5.1.3 节段梁短线法智能匹配系统设计应以人工匹配方法为基础进行，质量要求应不低于人工匹配质量。人工匹配方法见附录B。

5.2 智能测量仪器

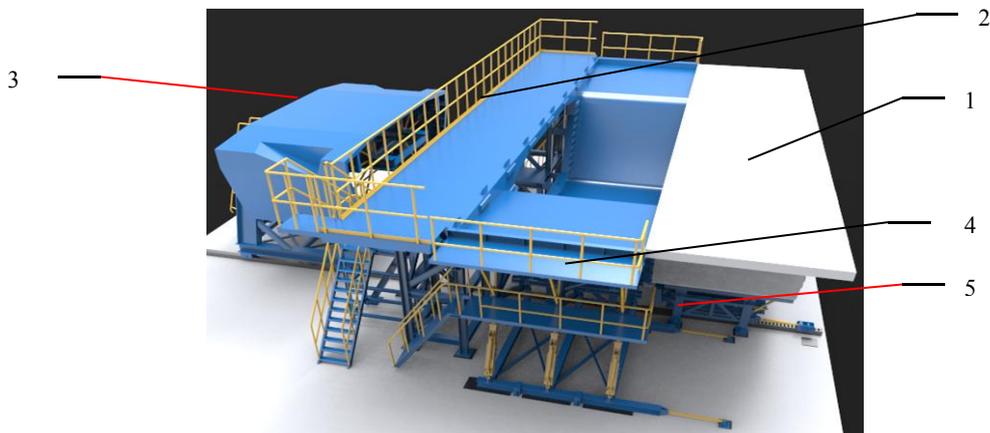
- 5.2.1 智能测量仪器应包括全自动测量机器人、高精度水准仪和棱镜等。
- 5.2.2 全自动测量机器人应能实现自动跟踪测量和数据自动处理，测角精度为1"，测距精度为1mm+2ppm。
- 5.2.3 全自动测量机器人应能提供数据接口，且接口应对模板空间位置智能调节设施控制器开放。
- 5.2.4 高精度水准仪每公里往返测高程偏差值应不大于0.7mm。
- 5.2.5 高精度仪器应带自动警示功能，如超出其额定的工作环境自动警告，并能自动停止工作。
- 5.2.6 采用适合近距离测量的高精度小棱镜，同时尽可能降低棱镜杆高度，减少整平误差对测量精度

的影响。

5.2.7 棱镜杆宜采用精调标架，实现自动对中功能。

5.3 模板及模板空间位置智能调节硬件设施

5.3.1 模板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、底模及底模三维调节台车以及模板液压系统。见图1。其中，活动端模只用于首节段梁预制。



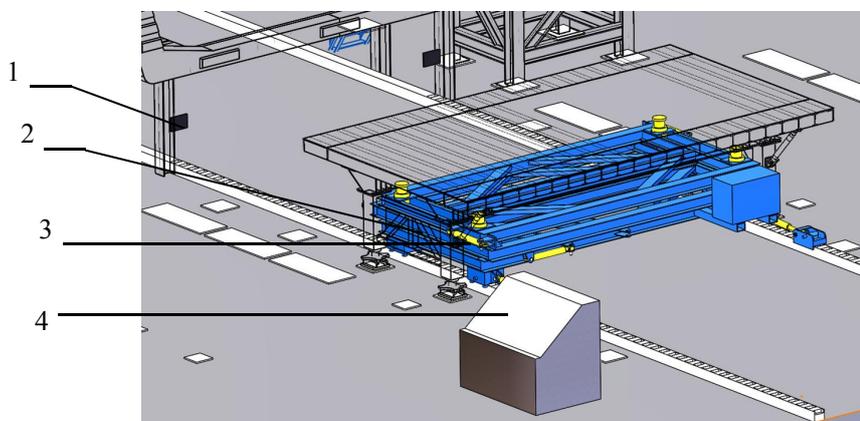
标引序号说明：

- 1——匹配梁；
- 2——固定端模及支架系统；
- 3——内模及移动支架系统；
- 4——外侧模及支架系统；
- 5——底模及底模三维台车。

图 1 节段梁模板

5.3.2 模板空间位置智能调节硬件设施应包括三维液压调节台车、多传感信息融合定位复测系统、控制器，三维液压调节台车由三维台车和液压组件组成。见图2。三维液压调节台车应可实现横向、纵向和竖向的平移和水平方向的旋转，并能进行三维坐标的精准调节，调节误差应不大于2mm。

注：在局部坐标系中，以安装于台车及模板上的精准激光传感器为核心进行坐标变换和监测。匹配台车传感器分为距离传感器、倾角传感器和压力传感器。这些传感器在模板和匹配梁调节过程中，即时自动测量并检测相关实际数据，通过软件运算与分析，自动计算并判断、感知是否节段梁所处状态。结合匹配梁及模板位置分析信息，将所得数据传送至解算程序中计算当前控制量，并使千斤顶执行此控制调节量。反复控制液压油缸执行匹配调节命令。



标引序号说明：

- 1——多传感信息融合定位复测系统；

- 2——三维调节台车；
3——液压组件；
4——液压控制器。

图2 模板空间位置智能调节硬件设施

5.3.3 多传感信息融合定位复测系统应包括位移传感器、角度传感器和压力传感器，应能精确感知位置移动，为智能调节提供数据反馈，是液压控制系统的调节和判定依据。多传感信息融合定位复测系统应能与测量系统和液压自动控制系统实现数据互联互通。

5.3.4 液压组件应能在自动调节模式下达到与目标坐标的偏差在 $\pm 2\text{mm}$ 内，在手动模式下，匹配梁可实现 0.5mm 的单次最小调节量，可微调至距离目标坐标 1.5mm 范围内。

5.4 软件系统

5.4.1 智能匹配软件系统应能通过无线传输的方式发出和接收数据、指令。

5.4.2 智能匹配软件系统由智能测量控制软件、模板空间位置智能调节软件系统组成。

5.4.3 智能测量控制软件应具备以下功能：

- 提供数据下载和传输，并能将数据与智能液压控制系统互通互联；
- 观测数据能实时查看、自动存储，测量结束后能自动导出数据、自动生成成果报表；
- 能进行自动计算和数据处理；
- 能将本次测量数据与上次测量数据进行自动对比，并将差值发送给模板空间位置智能调节硬件设施控制器，指令模板空间位置智能调节硬件设施控制器执行调节命令；
- 具有存储和输出功能，能将测量数据传输至计算机；
- 通过对测量机器人和棱镜的改造实现自动追踪测量；
- 基础功能中包含对线形质量的评估和对线形误差超限预警等；
- 系统数据主要由理论数据与实测数据组成，具体包括实际测量的坐标值、理论计算的坐标值以及与计算各坐标的相关参数等。能实现误差自动修正功能以及计算匹配节段理论坐标值，指导节段梁的预制工作，满足常规的线形控制需求。

5.4.4 模板空间智能匹配系统软件包括液压控制软件、测量机器人与液压控制系统双向传输软件等。应满足以下要求：

- 液压控制软件能实现手动控制和远程控制；
- 能接收测量机器人、多传感信息融合定位复测系统的测量及复测数据，并能判断数据是否符合要求，可传送数据给测量机器人；
- 智能匹配软件系统应根据人工指令或接收测量机器人发出的数据信息向液压控制器传递指令，千斤顶运转实现模板高程和位置智能调节；
- 模板高程和位置智能调节过程中，智能调节软件应能接收多传感信息融合定位复测系统监测数据，并向液压控制器传递命令，进行重复匹配校核；
- 软件的基础功能中包含对线形质量的评估和对线形误差超限预警等；
- 能以不同的颜色区分不同的精度级别，并对过大的偏差提出警示，以便的查找出问题节段；
- 具有预制误差自动调整的功能。

注1：在每块梁段的预制完毕过程中，该梁段施工误差将在该块梁段移至配合梁段的位置时，测量软件系统将自动比较匹配段各测点的实测值与所给定的理论目标值的差别，并提出配合梁段各测点目标值，同时，可精确计算出成型梁段在匹配位置时应处的空间位置。

注2：软件将桥梁整体坐标转换为每块梁段的预制坐标下的6个控制测点坐标用于施工控制。当预制 n 号梁段时产生的误差直接表现为 $n-1$ 号梁段(即匹配梁段)发生了移位或偏角。 n 号梁段的误差为梁段轴线长度误差 ΔL 和平面转角 Q_p 以及竖向转角 Q_L ，则施工控制中 $n+1$ 号梁段的长度要增加 $-\Delta L$ ，角度要旋转 Q_p 和 Q_L ，由 n 号梁段在匹配位置的坐标进行调整。每一块梁段在预制过程中皆要进行误差识别和调整，梁段在预制过程中每一块梁的误差不积累。针对梁段扭

曲的检查及修正，软件系统将自动检查及修正在预制过程中由于梁段扭曲变形所产生的误差。如果发现有 5mm 的不同，系统将以红色警示相关的测点，并建议加强预制过程中的质量控制。

注 3：当已浇筑的梁段移至匹配梁段处前，应将此梁段的几何测点的测量结果输入至软件以确定已浇筑梁段在作为配合梁段时的目标位置(包括施工误差的纠正)。

6 坐标系与控制点

6.1 坐标系

6.1.1 应建立短线匹配法测量控制基准，控制基准应为台座轴线与测量塔的共线。

6.1.2 台座基准直角坐标形式应根据现场台座构造建立左手或右手坐标系。以右手体系为例，以台座轴线为X轴，Y轴垂直于X轴构成右手坐标系，Z轴垂直于XY平面方向向上，见图3。

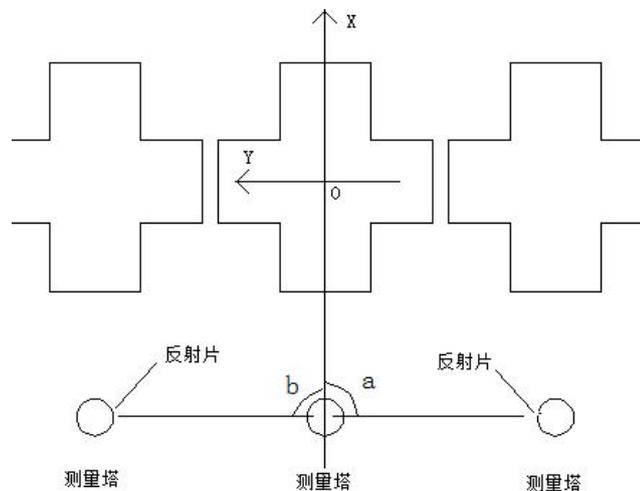


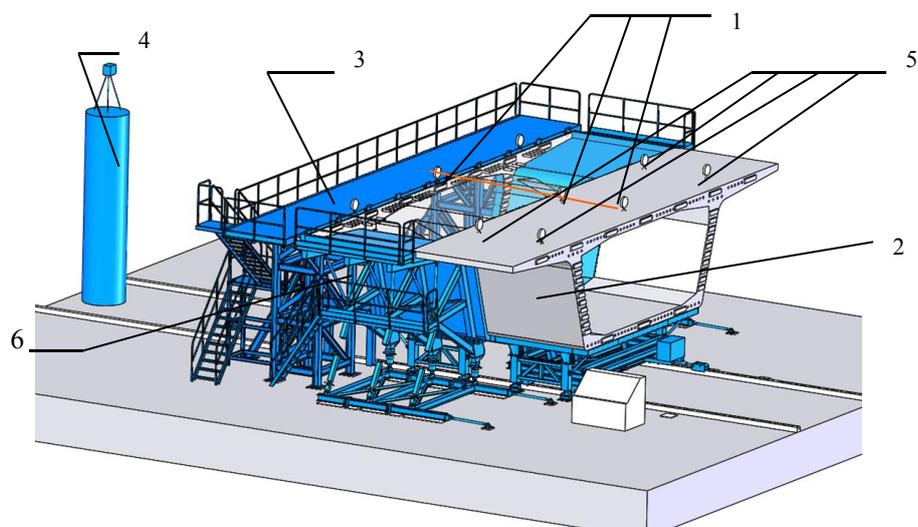
图 3 台座坐标基准（右手坐标）

注：图 3 中，X 轴方向由测量塔指向台座，Y 轴方向向左。根据上述定义，测量塔和 O 点的 Y 坐标值应为 0。X 坐标轴方向由预制梁段的预制方向决定，确定了 X 坐标轴方向后 Y 轴方向也随其确定。在实际施工中，安装模板后，台座上的轴线被挡而无法从测量塔直接观测，为此，完成台座轴线放样后，在测量塔左右相邻的测量塔上各安装一个反射片作为匹配测量的定向点（校核点），并精确观测轴线与左右测量塔的夹角 a、b。匹配测量时，定向照准左右相邻的任一测量塔，旋转 a 或 b 即为轴线方向，另一点用于校核，同时检查固定端模中点，是否满足精度要求；若超限，则检查原因，消除误差。采用相邻测量塔上的反射片做后视可以无需在测量塔上安装后视棱镜，同时进行多个梁段的生产，提高生产效率，同时避免了棱镜整平过程中带来的误差。实际生产时定期对后视反射片进行检核。

6.1.3 坐标系建立后，应进行线形计算。线形计算方法见附录 C。

6.2 控制点

6.2.1 在预制场内，每一个预制节段梁应采用 6 个控制点用来控制平面位置，分别为埋在腹板顶面上的 4 个控制标高的镀锌十字头螺栓（FL，FR，BL，BR）和埋于顶板中线上的 2 个倒 U 形水平定位钢筋（FH，BH）。见图 4。



标引序号说明:

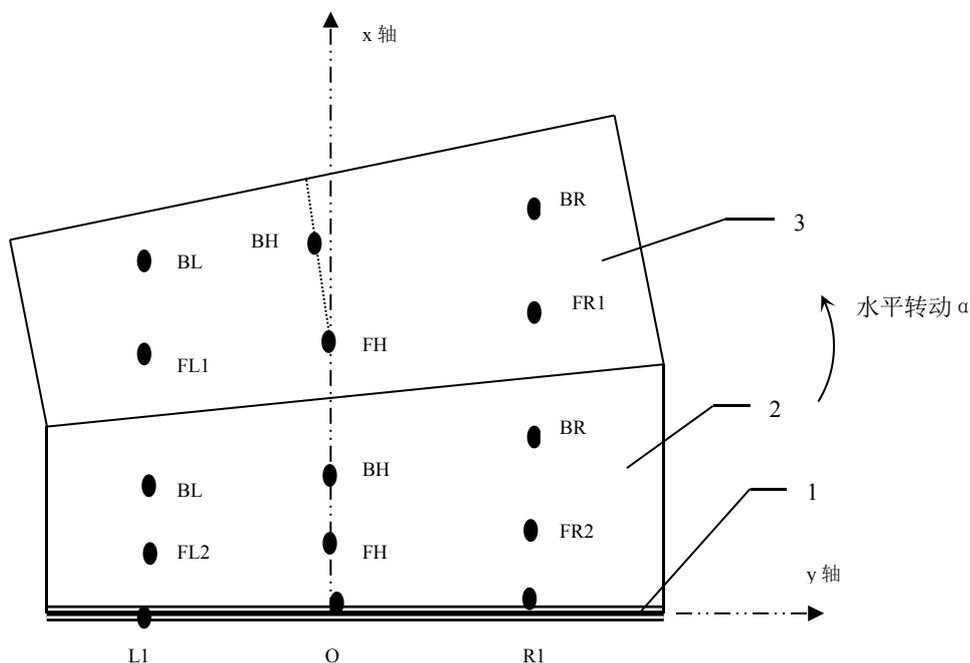
- 1——中线及中线监测点;
- 2——匹配梁;
- 3——固定端模及支架系统;
- 4——测量塔;
- 5——匹配梁监测点;
- 6——外侧模及支架系统;

注: 由于U形圆钢在混凝土中不会有较大幅度的左右晃动, 所以选其作为控制轴线的预埋件, 镀锌十字头螺栓因具有螺纹而不会上下移动, 可用其控制梁段高程。要求2个U形圆钢分别离梁段前端面和后端面约15cm, 且穿过测量塔基线; 4个镀锌十字头螺栓安放在梁段翼缘板和腹板交接处, 并同时要求距前端面和后端面约15cm。预埋件只是用作相对位置的参考, 后续工作会测定其在预制坐标系下的坐标值, 尽量埋设在所规定的位置但无需绝对准确。

图4 控制点布设图

6.2.2 根据6个点进行节段线形测量和定位检验。

6.2.3 固定端模与待浇节段相接触的一面为固定端, 另外一端为活动端。局部坐标系X轴为节段梁轴线, 方向为固定端指向活动端。X轴与固定端顶板交点为坐标系的原点0; 轴方向以原点0为基准点, 方向向上; Y轴方向根据左手螺旋定则而定。几何控制点和预制坐标系如图5所示。



标引序号说明：
1——固定端模；
2——待浇梁段；
3——匹配梁。

图5 几何控制点和预制坐标系

7 智能匹配施工

7.1 一般要求

7.1.1 应选择每一跨中的首节段先行预制，后分别在两台座上依次匹配预制首节段两侧的悬臂端梁段，宜对称预制。

7.1.2 首节段作为匹配梁应使用两次向两边匹配预制，应能保证相邻节段的拼接精度。首节段梁应浇筑成矩形。

7.1.3 预制台座及轨道安装质量应满足以下要求：

- 模板台座的基础进行加固，当台座受外部荷载时，基底沉降不大于2mm；
- 预制台座顶面纵横方向要保持水平，对其平整度允许误差为±2mm；
- 预制台座轴线与观测塔轴线允许误差±2mm；
- 台座轨道应焊接牢固，严格控制轨道平整度，允许误差为±2mm。

7.2 施工工序

节段梁预制施工流程见图6。

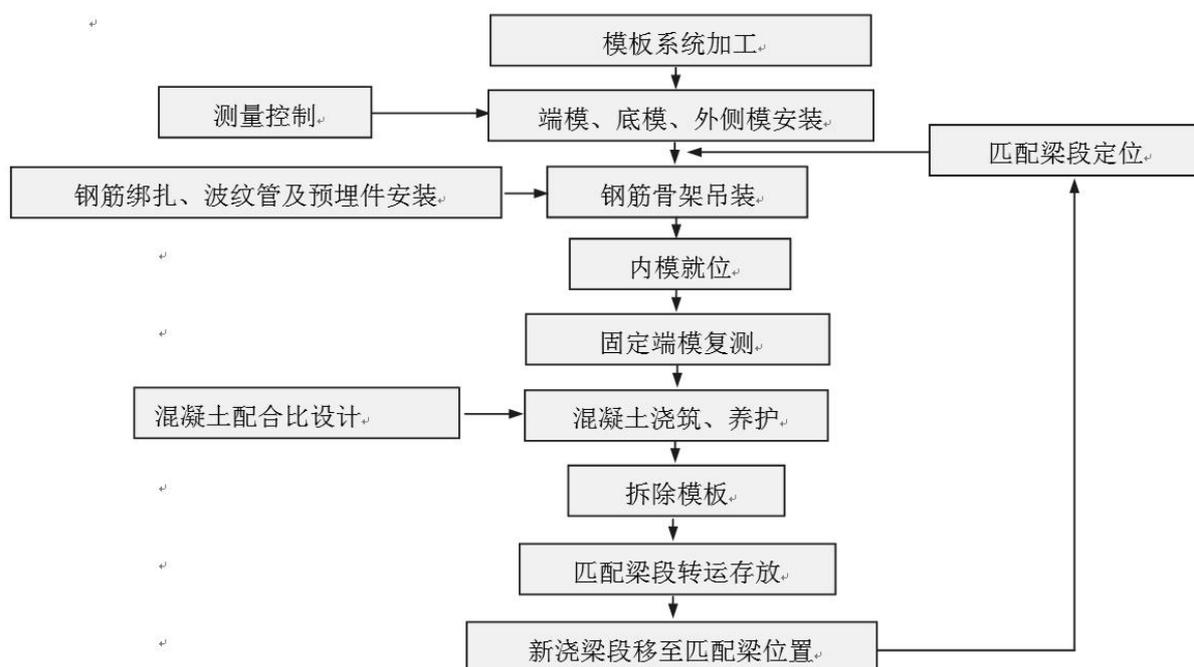


图6 节段梁预制施工流程图

7.3 模板初步就位安装

7.3.1 模板的安装顺序为底模安装、侧模安装、吊入钢筋骨架、内模安装。

7.3.2 除0#梁段外的待浇梁段的端模为固定端模和匹配梁段的匹配面。0#梁端模为固定端模与活动端模。固定端模与端模支架连接，固定在地面上，固定端模的精度要求高，模板安装时需要测量调校平面

位置、水平度和垂直度。

7.3.3 初步安装底模时先定位底模中轴线与两测量塔之间的基线，应采用底模台车上的智能控制液压油缸使两者重合、底模面板保持水平，其次通过纵向智能液压控制系统进行纵向位置调整。当底模位置及标高满足测量控制要求后利用螺旋撑杆支撑在台座的预埋钢板上，最后将底模与固定端模用连接螺栓连接固定。

7.4 端模测量

7.4.1 根据梁段划分原则，起始梁段应为矩形，应在每跨所有梁段中首先浇筑。在浇筑起始端模时，用固定端模控制其前端面线形，还应用活动端模作为其后端面的线形控制工具，其在预制台座上的位置如图 7 所示。

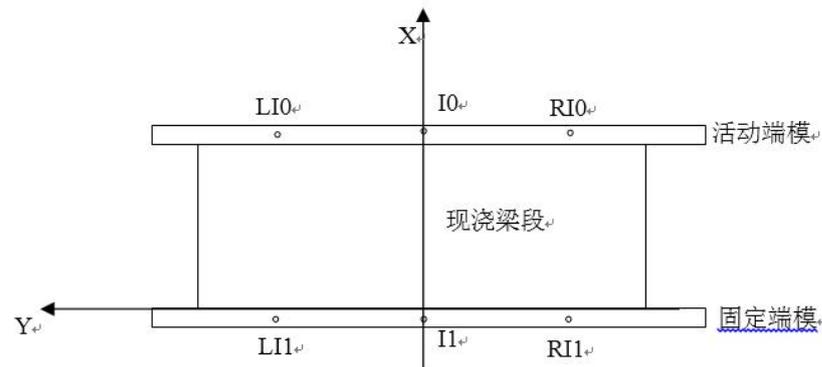


图 7 活动端模、固定端模及现浇梁段的位置关系

7.4.2 现浇梁段的内、外模板及测量视准轴应垂直于固定端模，在固定端模安装时应控制其在水平方向和竖直方向的转角，并满足：

- 模面与现浇梁段中轴线（测量视准线）垂直，且在竖向上保持铅直；
- 上翼缘要进行标高检测，确保其水平度。

7.4.3 固定端模安装测量步骤如下：

a) 中线控制时，在梁段前进方向的测量塔上架设全站仪，相邻位置的测量塔作为后视定向点，并用与台座轴线垂直。固定端模的铅垂性用垂球控制。

b) 水平另一侧测量塔作为定向精度检核。测量固定端模上轴线控制点（中点），通过左右调整使其与测量塔基线重合。

c) 垂直度控制时，测量固定端模左右两个控制点至测量塔的水平距离，调整使其相等，确保固定端模中轴线度；利用全站仪测量对称设置在固定端模翼缘板两侧的 2 个控制点的高程值，调整使其相等确保固定端模的水平度。

d) 固定端模与活动端模的安装控制精度见表 1。

表 1 固定端模和活动端模安装控制精度

项次	控制内容	预设精度
1	中线	±2mm
2	垂直度	±2mm
3	水平度	±1mm

7.4.4 在混凝土浇筑前应对活动端模位置进行复测，检查的内容与其安装时一致，如果发现偏差不足表 1 要求时需解除固定措施，重新匹配定位活动端模。

注：活动端模定位安装完成后，安装侧模、内模并吊入预扎钢筋，准备浇筑起始梁段。在此施工过程中可能由于碰撞、挤压等操作对活动端模的空中姿态产生影响，在浇筑工作进行前要求对活动端模位置进行复测。

7.5 浇筑梁段控制点测量

7.5.1 待现浇梁段混凝土达到设计强度的 75%后，应测量采集 6 个控制点在预制坐标系下的坐标数据。

7.5.2 测量时采用极坐标法，在一个测量塔上设站，另一个作为后视定向，并用相邻的一个测量塔进行稳定性校核。

7.6 匹配梁段放样（定位）测量（智能匹配调节）

7.6.1 将已完成的预制梁段作为匹配梁段，按图 8 的程序启动智能调节系统。

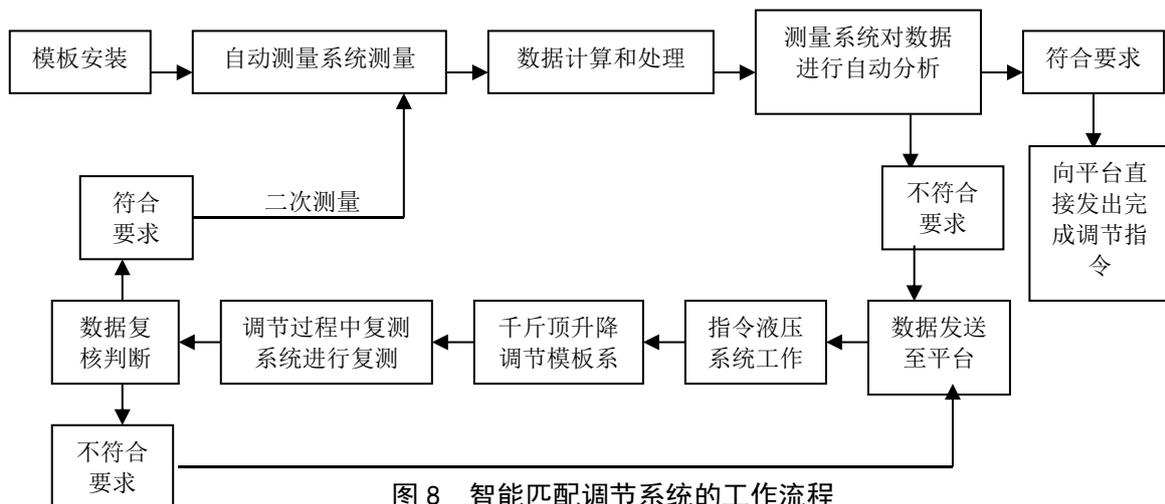


图 8 智能匹配调节系统的工作流程

7.6.2 设 M 梁段为匹配梁，P 梁段为待浇梁。将 M 梁段预制完成后测量的数据以及 M 与 P 梁段相互位置关系输入至智能测量系统，计算得出 M 梁段所处位置。

7.6.3 自动测量计算出 M 梁段的匹配面与 P 梁段固定端模的位置距离。

7.6.4 按最初定位距离数据，对 M 梁段初步定位。底模台车纵向长距离移动通过自动控制系统启动 5t 自动控制卷扬机牵引，细步移动则通过纵向液压智能控制系统进行。横向则通过底模台车上的横向液压千斤顶进行调整。

7.6.5 再次启动智能测量系统跟踪观测 M 梁段顶面测控点精调标架，测量目标点的位置和高程。

7.6.6 测量数据处理程序对测量系统观测的数据进行分析，如测量数据满足预设要求，则测量结束，匹配调节完成；如测量数据不满足预设要求，则将偏差量向智能液压控制系统传输。

7.6.7 智能液压控制系统向液压千斤顶发出运行指令，指令底模台车上的液压千斤顶进行纵、横向及水平标高精确定位。

7.6.8 安设在液压千斤顶和侧模板上的多传感信息融合定位复测系统，同步对匹配梁姿态进行连续校核，当校核后，数据满足预设要求，则将结果传输至测量系统进行二次观测；如果数据不满足预设要求，则将结果传输至智能控制平台，继续指令千斤顶启动调节。

7.6.9 定位后旋下底模上的四个螺旋撑脚，并使其受力，卸落底模台车千斤顶，完成受力支点的转换。

7.6.10 测量系统对 M 梁段再次测量，并输入数据至监控程序，精度达到要求并通过误差校核后合拢侧模。如达不到要求，则重新启动匹配调节程序。

7.6.11 钢筋骨架吊装完成和内模就位后，应对固定端模进行二次复测。

7.7 钢筋加工安装

按图纸和规范的要求进行钢筋的加工与安装，钢筋加工与安装应满足 JTGT 3650 的相关要求。

7.8 混凝土浇筑施工

混凝土的拌和、运输和浇筑应按 JTG/T 3650 执行。混凝土冬期施工应满足 T/JSJTQX 27—2022 的要求。

7.9 测量控制点的埋设

7.9.1 按本文件的规定埋设控制点。

7.9.2 新浇筑的节段箱梁空间位置数据的采集，应在混凝土终凝后与梁段移动前进行采集，并将相关数据录入线控系统中。

7.9.3 测量控制点测量数据经检查无误后可移动梁段到匹配位置。

7.10 养生、脱模

混凝土浇筑完成后，应覆盖塑料薄膜以保水养生。冬期施工养生宜采用智能养生大棚进行，相关要求可参考 T/JSJTQX 27—2022 和 T/JSTERA 18—2020。

8 线形控制

8.1 一般要求

8.1.1 节段预制线型控制主要环节有模板安装精度控制、匹配梁定位精度控制、在混凝土浇筑过程中模板变形与变位控制。

8.1.2 测量控制点与测量控制塔基线是固定端模的基准，应重点控制固定端模板系统精度和底模板安装精度。

8.1.3 在节段进行预制时，匹配梁段三维姿态应满足几何形态的要求，同时考虑：

- a) 当预制节段为直线时，匹配节段梁宜通过平移相应节段长度达到调整线形的目的；
- b) 当预制节段存在竖曲线时，新浇筑节段梁的固定端模始终保持不变并使节段梁中轴线垂直端模，通过调整匹配梁段的匹配面从而形成竖斜面，使匹配梁与待浇梁段之间形成竖向相对偏转角；
- c) 当预制节段存在平曲线时，新浇筑节段梁的固定端模应始终保持不变并使待浇节段中轴线与固定端模垂直，再调整匹配梁段位置与新浇筑节段梁中心线形成平面相对偏转角。
- d) 所有的偏角通过计算转化为坐标的形式再进行测量控制。

8.2 模板安装精度控制

8.2.1 固定端模安装精度要求如下：

- a) 模面竖向垂直，中轴线与测量控制基线重合；
- b) 与测量控制基线成 90° ；
- c) 端模上缘应保持水平；
- d) 水平误差以及端模与中轴线的垂直度误差不大于 2mm。

8.2.2 底模安装精度要求如下：

- a) 底模2m直尺检测平整度不大于2mm；
- b) 底模模面水平，中心线与测量基线重合；
- c) 与固定端模下缘接触良好，无缝隙；
- d) 底模模面与固定端模模面成 90° 。

8.2.3 外侧模主要检查翼缘板端部标高以及与固定端模闭合情况。

8.3 匹配梁段定位

8.3.1 节段梁的理想线形应通过匹配梁段的空间位置测量来实现。

8.3.2 匹配梁段的空间几何定位测控点应设有 6 个，平面测控点 2 个，高程测控点 4 个。测控点埋设在匹配梁段顶板上，埋设误差不大于 20mm。

8.3.4 采用底模台车进行匹配梁三维精确定位。通过测控匹配梁段顶面上的 6 个控制点，用底模台车上的自动控制油压千斤顶进行调整来实现。

8.3.5 应考虑钢筋混凝土浇筑过程匹配梁对混凝土侧压力位移的影响。应将匹配面到固定端模的距离减小 5mm 作为匹配梁定位控制的距离。

8.3.6 匹配梁定位误差控制应满足沿中线的测点的偏差应小于 2mm，沿腹板的测点的偏差应小于 1mm。

8.4 模板变形与变位控制

8.4.1 匹配梁定位完成后，利用顶升螺杆使待浇梁段底模与匹配梁贴紧，再将待浇梁段底模与匹配梁底模用连接螺杆锁定与固定端模对拉锁定。

8.4.2 应通过支架上的可调支撑杆调整侧模，侧模顶口和底部通过对拉螺杆对拉。侧模支架通过预埋螺栓与预制台座连接。

8.4.3 侧模与侧模支架铰接位置应无缝隙，限位板螺栓应拧紧以防侧模在浇注混凝土过程中产生位移。

8.4.4 检查侧模与固定端模、匹配梁段的闭合后空隙不超过 2mm。

8.4.5 侧模调整完成后，应重新测量匹配梁与固定端模间的相对位置，确保无误后再进行下道工序施工。

8.4.6 在检测模板变位的同时检测预制台座地基变形情况，及时调整监控目标数据。

8.5 测量精度

8.5.1 测量时应采取技术措施，降低环境和人为的不利影响。

8.5.2 测量仪器应按 T/JSJTQX 31—2022 的规定校检。

8.5.3 用土工布包裹测量塔、在测量测量塔上搭设遮阳棚，防止阳光温差变形。

注：测量基准为两测量塔的对中线，因测量塔在日照作用下会产生变形可能影响测量精度。

8.5.4 在施工过程中对测量塔基础进行保护并定期校检测量塔的标高和平面位置。

8.5.5 当风速 6 级以上、昼夜温差超过 20℃时停止测量作业。

8.6 线形纠偏

在测量过程中出现节段梁偏差，应及时进行线形纠偏。线形纠偏的方法见附录D。

附录 A
(资料性)
预制场台座及测量塔沉降监测方法

A.1 应定期对台座和测量塔进行沉降观测，发现沉降变形，必须加以修正。每个台座布设 4 个沉降点，台座沉降点布设如图 A.1。

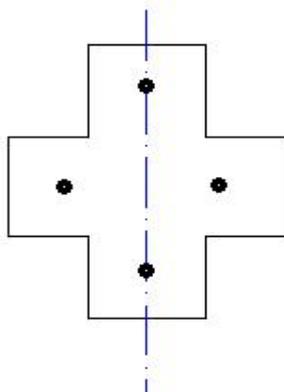


图 A.1 台座沉降点布设示意图

A.2 每个测量塔底座各布设 1 个沉降点。沉降点布设如图 A.2。

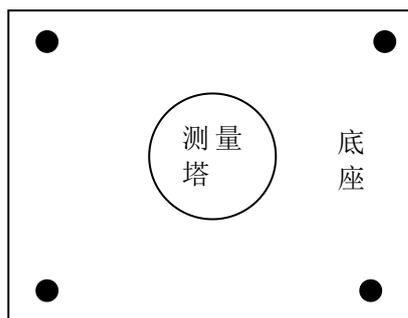


图 A.2 测量塔沉降点布设示意图

A.3 应在视野开阔的位置按规范要求埋设一个水准基点作为沉降基点。

A.4 采用单程闭合（或往返）观测的作业模式。观测宜采用“后—前—前—后”的观测方法，根据路线土质选用重量不轻于 1kg 的尺台作为转点尺承。测站上观测顺序和方法、观测限差要求，观测的时间和气象条件，间歇与检测，区段及同一测段往返测等的具体要求均应按照勘测规范的规定执行。

A.5 水准视线长度，视距较差等按表 A.1 执行。

表 A.1 水准视线长度、视距较差要求

测量等级	视线长(m)	前后视较差(m)	前后视累积差(m)
二等	≤50	≤1.0	≤3.0

A.6 测量线路限差按表 A.2 执行。当超限时该路线进行重测，必要时对相邻已知点检测。

表 A.2 测站观测限差

等级	检测间歇点高差之差	往返较差、附和或环线闭合差	检测已测测段高差之差
二等	≤2mm	≤4 \sqrt{L}	≤12 $\sqrt{L_i}$

- A.7 外业观测数据由仪器自动记录在随机的 PCMCIA 存储卡中，存储卡应安全可靠，以防信息丢失。
- A.8 观测高差应进行正常水准面不平行、路（环）线闭合差改正。拼环时应分析起算点的兼容性。
- A.9 以国家一、二等水准路线点成果作为高程起算点进行平差。平差采用控制网平差软件进行，构成结点网或附合路线进行平差计算。

附录 B
(资料性)
匹配梁段放样(定位)测量方法

B.1 起始梁段混凝土达到设计强度的 50%后,拆掉其内模并松开侧模,启动卷扬机,通过埋设于预制台座上的导向滑车牵引底模作纵向较长距离的移动,用钢卷尺测出匹配梁与固定端模间的距离使其大致等于下一块梁段的长度,实现匹配梁段的初步定位,见图 B.1。

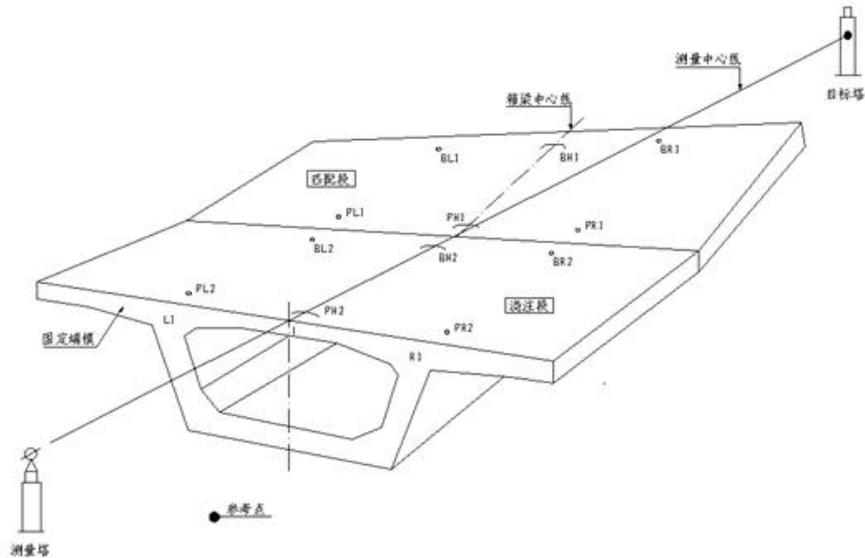


图 B.1 预制梁段匹配定位

B.2 精确匹配定位时,首先通过水准仪调整梁段的高程。

注:由于计算出的理论匹配坐标值是在预制坐标系下并以固定端模作为高程控制基准的,所以,在匹配梁段精确定位时用固定端模高程值作为后视,分别测量点 LI1、I1、RI1 的高程值,并取平均值作为后视读数。分别测量匹配梁段上点 FR1、BR1、FL1、BL1 的标高,通过底模台座上的油压装置多次调整趋近四个控制点的高程,调整误差须控制在 $\pm 1\text{mm}$ 以内。

B.3 在梁段标高调整完成后,开始调整梁段轴线。在一个测量塔上架设仪器,另一测量塔作为后视定向,并用相邻的一个检核校对。定向完成后须复核固定端模原点坐标,如若有误差,应重新定向找出误差;如无误差则进行轴线调整。

B.4 轴线调整时分别在 FH1、BH1 上架设强制对中杆,测出其 Y 轴坐标值。记其中一个与理论值差值为 a ,另一个为 b ,则通过梁段底部的液压千斤顶整体平移匹配梁段 $|(a+b)|/2$,再扭转 $|(a-b)|/2$,使梁段处于理论匹配位置,调整过程需要多次趋近复核。

B.5 完成匹配梁的标高及平面轴线定位后,调整匹配梁段梁长,在点 FH1 和 BH1 上架设棱镜,通过全站仪测出的 X 轴坐标值,用千斤顶整体平移匹配梁。根据本工程前期对所用混凝土膨胀因素及侧压力的实验研究,匹配梁段定位时 X 值要求比理论值小 $3\text{mm}\sim 5\text{mm}$ 。

注 1:调整梁长时会引起轴线微小的变化,此时需要再次调整轴线控制点 FH1、BH1,使其符合要求。最后测量每个点的坐标,每个点的坐标值与匹配理论数据的差值小于等于 $\pm 3\text{mm}$ 。如若超出允许范围,则需要从控制点标高开始重新调整。

注 2:类似于安装活动端模,匹配梁完成定位后,安装侧模、吊入预扎钢筋、安装内模,准备浇筑起始梁段。由于施工的影响,要求浇筑前再进行一次匹配梁段的复测工作,测量出固定端模上三点 LI1、I1、RI1 及匹配梁上六点 FR1、FL1、BR1、BL1、FH1、BH1 的坐标,并与理论匹配坐标比较。如若发现差值超出范围,则需要松开固定支座、内模和侧模重新进行梁段的匹配工作。

附 录 C
(资料性)
坐标转换及线形计算方法

C.1 测量高程的基准为：模板安装验收合格后，以固定端模中点高程为0，换算测量塔高程。匹配测量时，固定端模中点高程和测量塔高程互为检核。

C.2 短线匹配法智能预制应通过控制各预制节段匹配的空间位置达到节段拼装后梁体的线型满足设计线型的要求。应建立总体参考系统和预制单元参考系统2个参考数据系统作为预制单元定位的运算依据。

C.3 短线法预制坐标计算应在2个坐标系下相互转换以达到预制精度。

C.4 短线匹配法在预制阶段每次固定端模不动，现场设置以待浇节段为基准的相对坐标系。测量中线上两个点可计算确定出匹配节段在水平方向上的转角，测量两侧腹板轴线上2个点可计算出匹配节段在竖直方向上的偏转角。

C.5 在预制场建立局部坐标控制网，应将该节段梁的坐标值转换为该节段梁在局部坐标系内的坐标值。

C.6 应将匹配梁自身局部坐标系下的坐标值转换为待浇节段梁的坐标值以精确进行匹配梁的定位。

C.7 短线法预制阶段匹配梁控制点坐标计算公式推导涉及的关键参数主要包括平面偏角和竖向偏角。根据设计资料确定相邻节段梁之间的理论平面偏角和理论竖向偏角；再由预制场采集的实测坐标值推导出预制阶段节段梁从待浇段移到匹配段的平移坐标参数及匹配梁段的坐标计算公式。

C.8 在线形计算前，应先对匹配梁和待浇梁的坐标进行转换。坐标转换的方法如下：

a) 把局部坐标系转换成整体坐标系。依据事先设定好的值，通过计算分别得出局部坐标系中的原点0以及 x、y、z 轴在整体坐标系中的坐标值和方向余弦值；假设 x、y、z 坐标轴的方向余弦分别是 i_1 、 m_1 、 n_1 ； i_2 、 m_2 、 n_2 ； i_3 、 m_3 、 n_3 ，则在整体坐标系中，0的坐标值应为 (X_0, Y_0, Z_0) ，通过公式(C.1)完成局部坐标到整体坐标的转换。

$$\begin{aligned} Y &= i_1 \times x + i_2 \times y + i_3 \times z + Y_0 \\ X &= m_1 \times x + m_2 \times y + m_3 \times z + X_0 \\ Z &= n_1 \times x + n_2 \times y + n_3 \times z + Z_0 \end{aligned} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

X、Y、Z —— 整体坐标系中的三维坐标；

x、y、z —— 局部坐标系中的三维坐标；

i_1 、 m_1 、 n_1 —— x、y、z 坐标轴的方向余弦。

b) 将整体坐标系转换成局部坐标系，可按公式(C.2)进行：

$$\begin{aligned} x &= i_1 \times (Y - Y_0) + m_1 \times (X - X_0) + n_1 \times (Z - Z_0) \\ y &= i_2 \times (Y - Y_0) + m_2 \times (X - X_0) + n_2 \times (Z - Z_0) \\ z &= i_3 \times (Y - Y_0) + m_3 \times (X - X_0) + n_3 \times (Z - Z_0) \end{aligned} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

X、Y、Z —— 整体坐标系中的三维坐标；

x、y、z —— 局部坐标系中的三维坐标；

i_1 、 m_1 、 n_1 —— x、y、z 坐标轴的方向余弦

c) 局部坐标系间的转换。通过公式(C.1)和公式(C.2)，可实现两个局部坐标之间的相互变换，

即服从“局部A-整体-局部B”的原则。

注1: 在线形计算前, 应先对匹配梁和待浇梁的坐标进行转换, 双方在各自的系统中均属于局部坐标系, 对于待浇梁而言, 若要得到正确的匹配梁的相对位置, 则需要把匹配梁上面的六个控制测点的位置转换成待浇梁中的局部坐标。

注2: 生产测量控制的具体操作过程为: 假设要匹配的梁为 n , 确定该匹配梁的相对位置, 需要先把该匹配梁上的6个控制测点转换为以桥梁为基准的整体坐标, 然后通过公式转换, 即可得到其在待浇节段中的局部坐标。

C.9 线形计算按如下方法:

- a) 在局部坐标系内, 测量预制的第一片梁测钉的坐标, 再转换到整体坐标系下的坐标;
- b) 在整体坐标系下, 计算匹配梁段的坐标;
- c) 转换到预制坐标系下的匹配梁段的坐标。

注: 以往的坐标计算需要在两种坐标系下互相转换, 比较繁琐, 也容易出错。

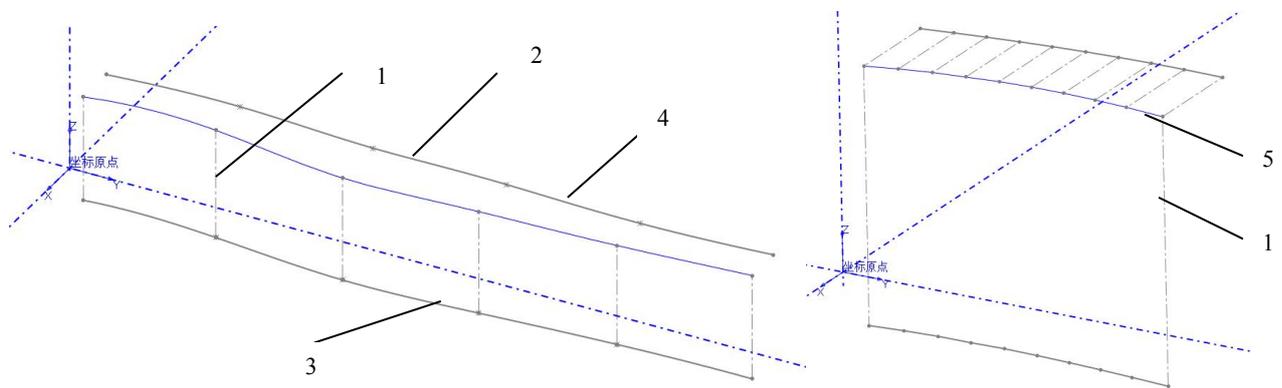
C.10 当以直线代替平曲线时, 线形计算按如下方法:

- a) 根据设计线形要求, 将节段梁的平曲线以直线代替曲线的方式计算2个节段之间的相对偏转角。
- b) 确定待浇梁段埋置的测钉位置, 根据局部坐标系确定待浇梁段测钉的坐标;
- c) 根据待浇段与匹配梁段之间的关系, 确定在局部坐标系匹配梁段测钉的坐标, 计算出匹配梁段与待浇梁段之间空间状态下的差值;
- d) 由梁场建立的坐标系, 测量首片节段梁的坐标, 根据匹配梁段与待浇梁段之间的关系, 计算出匹配梁段的位置。
- e) 每跨第一节段只设活动端模, 无匹配梁段, 且第一节段梁预制应为有规则的矩形。

附录 D
(资料性)
线形纠偏方法

D.1 应通过三维控制系统对采集数据进行分析,计算制造误差,得到下片梁的预测拼装线形,以此确定下片梁的理论匹配位置,最后使成桥几何线形达到设计要求。

D.2 节段预制时,宜取节段顶面中心线的长度作为预制长度,各节段中心线组成的折线将形成梁体的线形,同时节段之间接缝顶缘横线的坡度反映了桥梁的桥面横坡与节段姿态。节段梁曲线桥梁的线形与姿态可用图D.1表示。

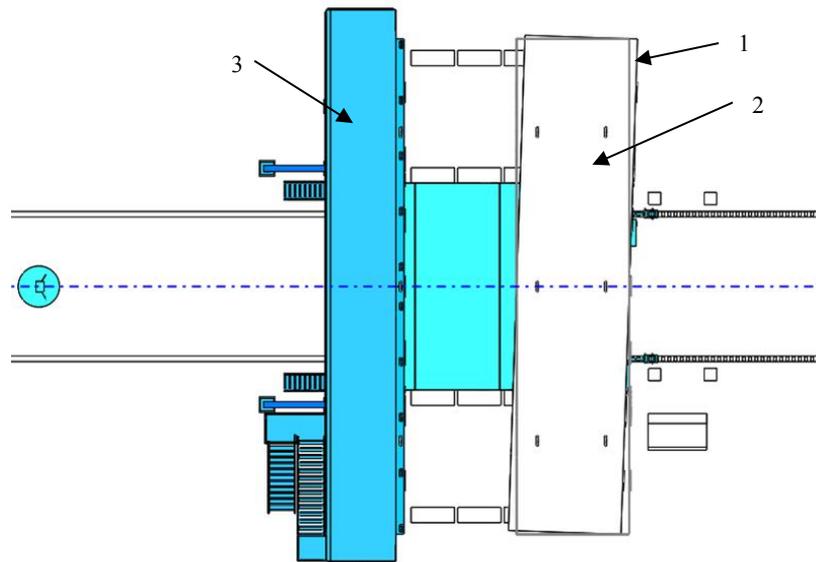


标引序号说明:

- 1——桥墩中心线;
- 2——桥梁实际线形;
- 3——水平投影,水平曲线控制线;
- 4——立面投影,竖曲线控制线;
- 5——采用“以折代曲”,用折线拟合实际线型

图 D.1 节段梁曲线桥梁的线形

D.3 平曲线节段线形与误差纠偏调整时,应将折线段投影至平面内,投影产生的折线段用来拟合平曲线,也即以预制指令单控制点的 x 、 y 坐标来控制平曲线。将节段从浇筑位置移动到匹配位置上,当控制点的 x 、 y 坐标调整到位,形成所需平面折角。新浇节段的端模位置不动并使其与节段轴线垂直,新浇节段的匹配端面采用斜面,以便于钢筋骨架制作、剪力键设置和节段外形调整。图D.2。

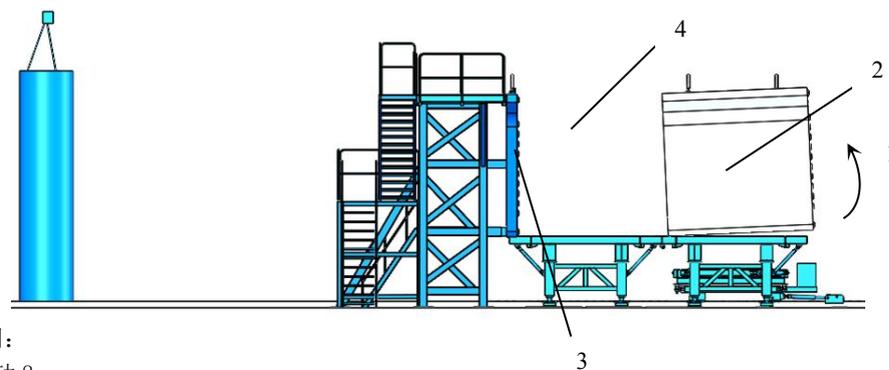


标引序号说明:

- 1——调整水平方向角度 α ;
- 2——匹配梁;
- 3——固定端模;

图 D. 2 平曲线预制图

D.4 竖曲线节段线形与误差纠偏调整时,将折线段投影至立面内,投影产生的折线段用来拟合竖曲线,也即以预制指令单控制点的 Y、Z 坐标来控制竖曲线。将节段从浇筑位置移动到匹配位置上,当控制点的 Y、Z 坐标调整到位,形成需要的立面折角。图 D.3。

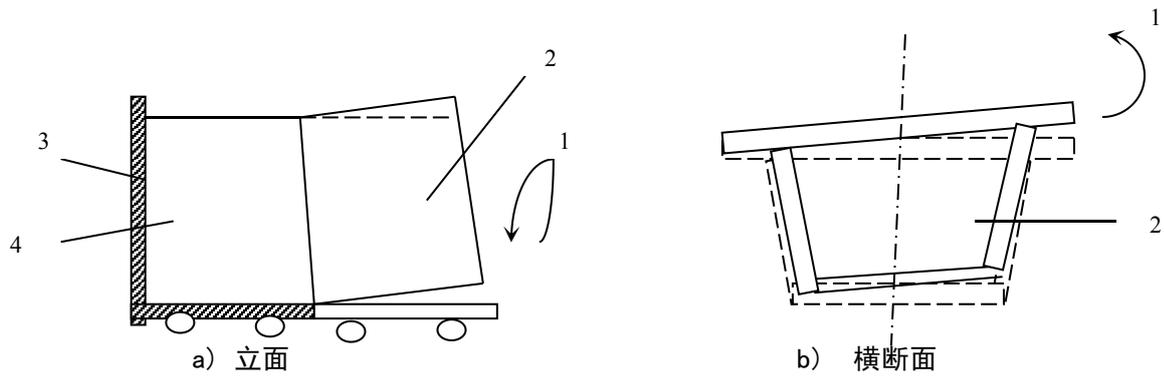


标引序号说明:

- 1——竖直转动 β ;
- 2——匹配梁;
- 3——固定端模;
- 4——待浇梁段

图 D. 3 竖曲线预制

D.5 扭转节段线形与误差纠偏调整时,应对节段进行扭转调整以避免节段出现左右高度不同的累计误差效应,将控制点调整到位,形成需要的扭转角度 γ , 见图D.4。



标引序号说明：

- 1——在横断面内转动 γ ；
- 2——匹配梁；
- 3——固定端模；
- 4——待浇梁段

图 D.4 扭转节段线形与误差纠偏