

大跨径桥梁悬臂浇筑线形控制技术分析

郭皓哲

新疆北新土木建设工程有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】：大跨径桥梁悬臂浇筑期间，梁段自重、挂篮刚度、预应力张拉、混凝土时变变形和温度场共同改变梁端高程，早期偏差会沿后续放样基准传递。本文分析长悬臂梁段阶段变形与合龙口偏差表现，梳理立模标高预拱度、挂篮补偿、收缩徐变修正、测点反馈和边中跨合龙匹配等控制措施。线形控制应把设计成桥曲线拆解为施工阶段目标值，利用同名测点和分段修正量约束模板、张拉与合龙参数，使体系转换后的桥面纵坡、梁底曲线和轴线位置保持连续。

【关键词】：大跨径桥梁；悬臂浇筑；线形控制；立模标高；合龙段

DOI:10.12417/2811-0528.26.18.028

引言

大跨径连续梁桥和连续刚构桥在悬臂浇筑阶段处于变化的临时受力体系，已浇梁段、挂篮和临时固结共同决定梁端几何状态。线形偏差不是单次测量误差的简单累积，模板放样、混凝土龄期、钢束张拉和日照温度会在不同施工时点改变高程、转角和轴线位置。施工控制把设计成桥线形转化为阶段目标，并在浇筑、张拉、挂篮前移和合龙前完成参数回写，避免合龙口集中调差损伤桥面纵坡和箱梁底缘连续性。

1 悬臂浇筑线形变形特征与偏差表现

1.1 长悬臂梁段阶段变形累积特征

悬臂浇筑从墩顶块向两侧逐段外伸，梁段自重和挂篮荷载使悬臂端弯矩、挠度和转角随节段数量增加而放大。近墩梁段刚度储备较高，变形主要来自后续荷载的二次作用；靠近悬臂端的梁段受挂篮前移、湿接缝龄期和临时施工荷载影响更敏感，终凝后的残余下挠会进入下一节模板基准^[1]。若浇筑前目标高程没有扣除上一节残余偏差，后续梁段会继续偏离设计曲线。线形变形累积的控制重点在于识别弹性挠度、时变下挠和测量扰动来源，把能够随卸载恢复的挂篮变形同箱梁永久线形分开处理。

1.2 合龙口几何偏差集中状态表现

合龙口是两侧悬臂线形误差汇集的位置，高程差、轴线错位和梁端转角差会同时影响合龙段模板安装、临时锁定和混凝土浇筑。边跨合龙受支架沉降、边墩约束和临时配重影响较多，中跨合龙更依赖两侧悬臂端在同一温度时段下的相对状态^[2]。高程偏差通常表现为梁顶中心点同向偏高或偏低，轴线偏差容易在左右腹板测点中出现差异；若左右腹板高程差方向相反，梁端可能存在扭转。合龙口几何状态依靠稳定时段连续观测，并把温度、临时荷载和张拉批次写入同一记录，避免日照临时翘曲被误判为永久偏差。

2 大跨径桥梁线形控制措施

2.1 梁段施工立模标高预拱度分段设定

梁段立模标高由设计阶段目标高程、施工预拱度、挂篮弹性补偿、温度修正和上一梁段残余偏差共同确定。预拱度不能按跨径简单线性分摊，墩旁节段主要承担后续悬臂荷载传递，悬臂端节段直接影响合龙口相对高程^[3]。以4m梁段为设计情景，设计阶段目标高程为32680mm，预拱度取18mm，挂篮补偿量取6mm，温度修正量取2mm，上一梁段残余偏差为-4mm时，立模控制标高为32710mm；相对设计目标的修正量为30mm。连续2节同向残余偏差达到8mm时，回调节数宜为2节~3节，单节回调量控制在3mm~5mm，避免合龙前一次性调差造成梁底曲线折角，并使各修正量进入同一计算关系。立模标高合成关系如下。

$$H_i = H_d + f_p + \Delta f_g + \Delta f_t - e_p \quad (1)$$

式(1)中， H_i 、 H_d 、 f_p 、 Δf_g 、 Δf_t 和 e_p 分别对应立模控制标高、设计阶段目标高程、施工预拱度、挂篮弹性变形补偿量、温度场修正量和上一梁段残余高程偏差，单位均为mm。补偿量和温度修正量进入加项，残余高程偏差进入扣减项，下一节模板控制值同时承接设计目标和上一施工阶段的实测差值。

2.2 挂篮弹性变形补偿参数实测调整

挂篮主桁、底篮吊杆、前横梁和后锚体系在浇筑荷载作用下会产生弹性变形，模板若只按空载位置放样，混凝土入模后梁段底缘、腹板和顶板控制点会同步下移。压载试验覆盖空篮、半载和等效浇筑荷载状态，记录前支点、吊杆端和底模跨中读数；卸载后可恢复部分进入弹性补偿，不可恢复部分进入设备状态检查^[4]。挂篮前移锁定后，轴线、底模高程和腹板垂直度在同一测站体系中复测，防止承重体系偏转被误判为梁体永久线形偏差。连续浇筑后吊带孔磨损、销轴间隙和底篮拼缝会改

变局部刚度,标准梁段、跨中前控制梁段和合龙前梁段均应重新校核弹性量。

2.3 箱梁梁段收缩徐变变形阶段修正

箱梁混凝土收缩徐变对线形的影响具有滞后性,浇筑初期主要表现为弹性挠度,龄期增加后预应力损失、截面应变重分布和干缩会继续改变梁端转角。悬臂两侧梁段龄期不同,近墩块经历的荷载历史更长,悬臂端梁段对温湿度变化更敏感,单一徐变系数会掩盖分段差异^[5]。修正时按梁段龄期、截面刚度、环境湿度和张拉时间建立分段系数,将已浇梁段连续观测下移趋势转化为后续立模修正量。若实测高程在张拉后短期回升、后续仍缓慢下移,修正项进入后续节段预拱度;若高程突变伴随腹板裂缝、支架沉降或临时荷载变化,则先排查施工状态,不能把异常读数直接归入徐变模型。

2.4 梁端测点高程反馈修正参数调节

梁端顶板中心点、左右腹板点、底板控制点和轴线点在每节浇筑前后、张拉前后和挂篮前移后保持同名复测,棱镜高度、测站路线和记录格式固定,才能把结构变化从仪器换站或临时遮挡中分离出来。顶板中心点实测高程 32692mm、目标高程 32696mm 时,高程差值为-4mm,扣除 1mm 温度修正并结合 5mm 张拉上拱量后,下一节立模调整量取 3mm;左腹板点高程差值为-6mm 且轴线侧向偏差达到 5mm 时,模板调整要与挂篮横向定位同步处理。反馈参数不把全部误差压入下一节模板,而是按测点位置、偏差方向和施工阶段把可调部分分配到立模、张拉和合龙准备中。

2.5 边中跨合龙段高程连续匹配参数设定

边中跨合龙段控制把两侧梁端高程、轴线、转角、临时配重和温度时段放在同一匹配条件中,不能只处理合龙口单点高差。边跨合龙前核对支架沉降、边墩约束和现浇段标高,中跨合龙前选择温度变化缓慢的观测窗口,比较两侧梁顶中心、左右腹板、底板控制点和临时固结解除前后梁端转角的相对状

态。两端整体高差方向一致时,配重和临时锁定优先处理高程平衡;左右腹板差值方向相反时,先检查梁体扭转、挂篮残余偏位和临时固结状态。合龙段模板只吸收剩余毫米级差值,浇筑顺序、锁定时间和后续张拉批次保持记录,成桥线形实测再按跨中、墩顶附近和合龙段两侧进行分级处置。梁端测点反馈关系如图 1 所示。

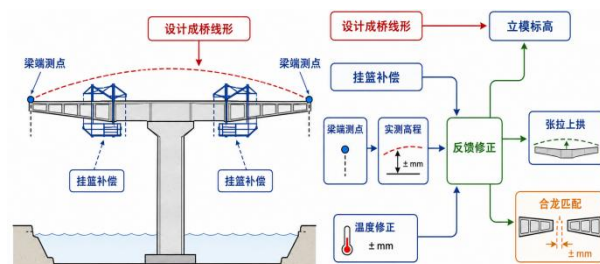


图1 大跨径桥梁悬臂浇筑线形反馈控制示意

图1中,左侧桥梁立面把梁端测点布置在两侧悬臂端,红色虚线表示设计成桥线形;右侧反馈修正节点同时接收挂篮补偿、实测高程和温度修正,并把修正结果分别传递到立模标高、张拉上拱和合龙匹配。绿色箭头指向后续控制动作,橙色合龙匹配节点突出合龙口剩余差值,说明测点读数不是孤立记录,而是下一节模板和合龙参数的调整入口。

3 结语

大跨径桥梁悬臂浇筑线形控制应从长悬臂阶段变形和合龙口偏差表现入手,把立模、张拉、挂篮前移和合龙测量纳入连续参数序列。立模标高吸收预拱度、挂篮补偿、温度修正和上一节残余偏差,挂篮补偿以压载实测区分弹性量和设备残余变形,收缩徐变修正按梁段龄期、截面刚度和张拉时间分段更新。梁端测点反馈把高程差值、温度修正、张拉上拱和下一节立模调整量连接起来,边中跨合龙匹配再压缩两侧梁端剩余差值。计算曲线、同名测点和施工动作保持一致后,桥面纵坡、梁底曲线和轴线位置才能延续设计线形。

参考文献:

- [1] 郑重.曲线形梁拱组合体系桥梁施工监测与线形控制技术研究[J/OL].公路,2026,(7):230-237[2026-07-30].<https://link.cnki.net/urlid/11.1668.U.20260707.1528.058>.
- [2] 汪珍珍.大跨径桥梁悬臂浇筑施工线形控制精度提升策略研究[J].智能建筑与工程机械,2026,8(3):15-17.
- [3] 周柏宇,彭林.高墩大跨径连续刚构桥梁施工线形控制技术分析[J].交通世界,2023,(19):178-180.
- [4] 李玉明.高墩大跨径连续刚构桥梁施工线形控制技术研究[J].黑龙江交通科技,2022,45(2):95-97.
- [5] 吴皓.悬臂浇筑法在大跨径桥梁施工中的技术应用研究[J].现代工程科技,2026,5(9):97-100.