

# T形刚构转体桥施工监控要点总结

李才 孙玉

山东省交通科学研究院, 中国·山东 济南 250102

**摘要:** 对 T 形刚构转体桥, 为保证结构成桥状态结构恒载内力及线形符合设计要求, 桥梁施工监控必不可少。对于满堂支架法施工的 T 形刚构桥, 需重点监测应力、线形和一次落架后的下挠量。利用有限元分析软件 midas Civil 建立模型, 分析确定了应力监测点和线形监测点, 分析了一次落架后梁体实际挠度大于理论值的原因, 最后总结出满堂支架法 T 形刚构桥施工监控的要点。

**关键词:** midas Civil; 满堂支架; T 形刚构; 施工监控

## Summary of Key Points for Construction Monitoring of T-shaped Rigid Frame Swivel Bridge

Li Cai, Sun Yu

Shandong province traffic science study institute, China Shandong Jinan 250102

**Abstract:** For T-shaped rigid frame rotating bridges, in order to ensure that the dead load internal force and linearity of the structure meet the design requirements when the bridge is completed, bridge construction monitoring is essential. For T-shaped rigid frame bridges constructed using the full support method, it is necessary to focus on monitoring the stress, alignment, and deflection after a single drop. A model was established using the finite element analysis software Midas Civil, and stress monitoring points and linear monitoring points were analyzed and determined. The reason why the actual deflection of the beam body was greater than the theoretical value after a single drop of the beam was analyzed. Finally, the key points for monitoring the construction of the T-shaped rigid frame using the full support method were summarized.

**Keywords:** Midas Civil; Full framing; Trigid frame; Construction monitoring

## 0 引言

桥梁的建成往往要经过复杂的工序, 对于特殊结构桥梁在施工期间往往还要经过结构体系转换<sup>[1]</sup>, 因此桥梁施工监控至关重要。施工监控伴随着桥梁的整个施工过程<sup>[2-4]</sup>, 对于 T 形刚构桥, 主要对桥梁结构的线形和内力进行监控量测, 同时将实测值与理论值进行对比分析偏差产生的原因, 并不断地修正理论计算模型, 再将修正模型的计算值用于指导后续的施工, 使得结构在保证安全的前提下, 最终达到设计目标<sup>[1-6]</sup>。

T 形刚构桥的施工方法有挂篮法<sup>[7-8]</sup>和满堂支架法<sup>[9]</sup>, 挂篮法的施工监控同连续刚构桥, 其施工监控是“预测-施工-测量-修正-预测”的循环过程<sup>[10-14]</sup>, 预测和测量可以相互验证, 前期的施工误差可以在后续施工中进行调整, 这样最终的成桥状态与设计值的偏差不会太大; 满堂支架法是所有悬臂梁段均在支架上施工完成, 然后一次落架, 落架后梁体会有较大的挠度, 此挠度必须通过施工监控精准预测, 否则可能导致成桥后的内力、线形等达不到设计状态, 甚至梁体无法合龙, 所以满堂支架法的 T 形刚

构桥的施工监控要求具有较高的精度和较大的难度。

## 1 概况

### 1.1 设计资料

某桥梁为跨越铁路, 设计 T 形刚构桥, 采用转体施工法, 在平行于既有铁路的位置施工 T 形刚构, 然后采用平转的方式转至设计位置。转体部分跨径组合为 60m+60m。结构体系采用 64m+64m 变高度预应力混凝土箱梁。上部结构采用大悬臂单箱三室斜腹板箱型截面, 中支点处梁高 6m, 边支点处梁高 2.8m, 梁底线形按二次抛物线变化, 端部直线段长 6.92m。底板宽 21.688~20.089m。整幅桥面宽 30.7m, 横截面布置: 0.5m (SS 级防撞护栏)+1.5m (缓冲带)+0.6m (SX 级防撞护栏)+11.75m (车行道)+0.5m (SS 级防撞护栏)+1.0m (中分带)+0.5m (SS 级防撞护栏)+11.75m (车行道)+0.6m (SX 级防撞护栏)+1.5m (缓冲带)+0.5m (SS 级防撞护栏)。

箱梁采用三向预应力体系, 其中纵向预应力采用 19- $\phi$ s15.2, 15- $\phi$ s15.2 及 12- $\phi$ s15.2 钢绞线, 预应力采用顶、底板及腹板布束方式且尽量靠近腹板位置。

下部结构中墩采用墩梁固结，箱型截面，墩身纵横向尺寸 1100×600cm，墩壁厚度 100cm。主墩基础为钻孔灌注桩基础，承台分上下两层，上承台兼做转体支座的上转盘，高 3.9m。

桥梁设计荷载：1.3 公路 I 级。公路等级：高速公路。车道数：双向四车道。路面横坡：双向 2%。

### 1.2 施工方法

本工程在主墩施工完毕后，搭设满堂支架分段施工主梁，主梁分 4 个节段，1 号节段、2 号节段和 3 号节段长度均为 24m，4 号节段为合龙段，长度 4m。1 至 4 号节段均采用满堂支架法施工，3 号段预应力筋张拉完成后一次性落架，然后转体至设计位置，施工 4 号节段。

## 2 施工监控方案分析

### 2.1 模型分析

运用有限元计算软件 midas Civil 建立该 T 形刚构桥梁的模型，并按照施工方法划分施工阶段。有限元模型见图 3。由于该 T 形刚构桥在施工过程中经过多次的体系转换，在划分施工阶段时如何添加边界条件和施工阶段荷载以及如何准确模拟荷载大小，都会对模型的分析结果产生剧烈的影响，因此，需充分了解施工条件结合经验建立模型，并在施工监控中根据实测值不断修正模型参数，直至理论值与实测值相吻合。根据施工方案，该模型共划分为 10 个施工阶段。

### 2.2 监控重点难点分析

通过模型分析可知，落架后悬臂端部会有较大的挠度，理论计算值为 139mm，主梁内力也会有较大变化。如何保证落架后的挠度和内力变化尽可能的接近模型计算值是施工监控的重点。挠度和内力主要由自重和预应力引起，同时受温度影响。

1 至 3 号节段在满堂支架上施工完成，每个节段均包含的施工步骤为：满堂支架搭设 - 预压 - 模板架设 - 钢筋安装 - 浇筑混凝土 - 张拉预应力。预压的目的是为了消除非弹性变形和验证支架的安全性，同时也可以通过预压过程监测找出节段重量和弹性变形间的线形关系。

### 2.3 监测点布置

挠度监测点应布置在具有代表性的位置 and 变化较大处，应力监测点应布置在结构受力的关键部位和内力变化较大处。通过模型分析可知，落架前后主梁挠度和内力变化最大，有限元模型中落架前后主梁挠度图见图 1 和图 2，图中显示节段的端部挠度变化较大，内力最大处在两个悬臂的根部，因此施工监控中应重点监测节段端部的挠度和

悬臂根部的应力。将挠度监测断面布置在每个节段的端部和中间，断面间隔为 12m，挠度测点布置在箱梁顶板，横桥向每个断面 3 个测点，分别位于箱梁中心线和边腹板正上方。应力监测断面布置在悬臂根部、跨中和合龙段，每个断面上在腹板上缘和下缘均布置监测点。

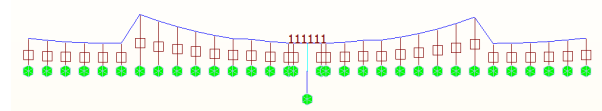


图1 落架前主梁挠度

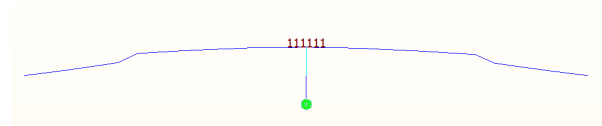


图2 落架后主梁挠度

## 3 监测结果分析

### 3.1 挠度监测结果

挠度监测结果表明 1 至 3 号节段施工过程中挠度变化与理论计算相符，实测值略大于理论值，落架后挠度实测值大于理论值，最大差值 8mm。落架后的挠度见表 1，落架挠度实测值与理论值对比见图 3，挠度值正值表示向上，负值表示向下。

表1 落架挠度 ( mm )

断面	实测值	理论值	差值
①	-147	-139	-8
②	-108	-100	-8
③	-67	-61	-6
④	-29	-27	-2
⑤	-8	-7	-1
⑥	0	0	0
⑦	-7	-7	0
⑧	-28	-27	-1
⑨	-67	-61	-6
⑩	-108	-100	-8
(11)	-146	-139	-7

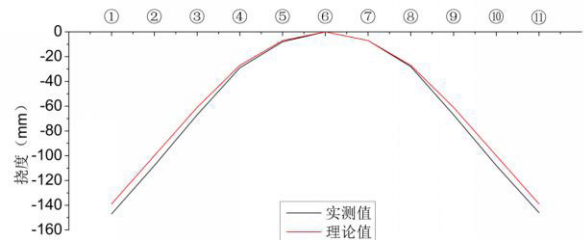


图3 落架挠度变化图

### 3.2 应力监测结果

应力值正值表示受拉，负值表示受压。应力监测结果表明各施工阶段应力变化与理论计算基本相符，但略有差

异, 实测压应力值均小于理论值。

### 3.3 挠度偏大分析

3.1 中落架后悬臂端挠度比理论值大 8mm, 偏差为 6%。分析挠度偏大原因, 主要有两个方面: 一是混凝土超方, 二是预应力张拉不足或损失<sup>[5]</sup>。混凝土超方可以通过符合结构尺寸计算出超方量, 实测结果表明结构尺寸偏差在规范允许范围内, 无明显偏差。预应力不足可以通过在有限元模型中修改预应力张拉值进行模拟, 将有限元模型中的预应力的张拉值设为设计值的 90% 进行计算, 理论值与实测值对比见表 7, 结果表明理论值与实测值完全吻合。从表 6 和表 7 可知悬臂根部的 C、D 截面压应力实测值始终小于理论值, 且随着施工的进行压应力实测值与理论值的偏差变大, 拆除支架后截面上缘的压应力小于理论值, 实测值约为理论值的 90%, 截面下缘的压应力与理论值吻合较好。应力监测结果表明, 主梁悬臂根部的压应力一直未达到设计理论值, 综合分析说明拆除支架后挠度偏大的原因是施工中预应力张拉不足, 通过对监测结果分析和试算, 推测张拉预应力约为设计值的 90%。

表2 90%预应力时挠度实测值与理论值 (mm)

断面	拆除支架 (90%预应力)		
	实测值	理论值	差值
①	-147	-147	0
②	-108	-108	0
③	-67	-67	0
④	-29	-29	0
⑤	-8	-8	0
⑥	0	0	0
⑦	-7	-7	0
⑧	-28	-28	0
⑨	-67	-67	0
⑩	-108	-108	0
⑪	-146	-147	1

### 4 结语

满堂支架法施工的 T 形刚构转体桥, 一次落架后主梁挠度和内力会有较大变化, 为保证成桥线形符合设计值和施工过程中的安全, 需要重点监控主梁挠度和内力; 通过有限元模型分析, 确定了挠度和应力监测断面。通过实际工程监测结果分析, 找到了挠度偏大的原因为施工中预应力张拉不足, 张拉预应力约为设计值的 90%; 该施工监控项目还告诉我们对 T 形刚构桥施工过程中应力小于理论值的原因有可能是预应力张拉不足, 如偏差过大, 应立即找

出原因, 以防落架后挠度过大。

### 参考文献:

[1] 刘继琛. T 形刚构转体施工监控与线形影响因素研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2016.

[2] 颜小虎. T 形刚构桥转体施工质量控制[J]. 交通世界 (中旬刊), 2020,(4):105-106.

[3] 周庆华. 分节段支架现浇 T 形刚构转体桥施工控制及关键问题研究[D]. 湖北: 武汉理工大学, 2014.

[4] 王士学. 支架现浇 T 形刚构桥梁转体施工关键技术[J]. 交通世界 (上旬刊), 2017,(6):128-129.

[5] 郭志强. 支架现浇连续梁跨越公路施工安全技术管理[J]. 山西建筑, 2018,(20):245-246.

[6] 赵志凯. 桥梁上部结构支架现浇施工技术研究[J]. 交通世界 (运输车辆), 2018,(8):74-75.

[7] 许得江. T 形刚构桥边跨直线段及合龙段的挂篮吊架施工技术[J]. 建筑施工, 2019,41(5):870-872.

[8] 杜永杰. T 型刚构悬臂现浇施工管理与质量控制[J]. 建筑工程技术与设计, 2018,(23):3646.

[9] 朱征平. 采用满堂支架法进行预应力砼连续箱梁桥施工时应注意的几个问题[J]. 江苏交通, 2001,(12):30-31.

[10] 马智侠. 浅谈大跨度 T 构桥梁施工线形与应力控制分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2018,(6):3987-3988.

[11] 钟栋材, 薛飞, 万波等. T 形刚构桥转体施工设计与控制分析[J]. 福建建筑, 2020,(9):83-88.

[12] 罗达仁. 预应力混凝土 T 形刚构桥转体施工监控量测技术[J]. 建筑工程技术与设计, 2018,(32):1912.

[13] 魏庆. 预应力混凝土转体 T 形刚构桥施工监控[J]. 铁道工程学报, 2017,34(8):40-45.

[14] 李广. 铁路 T 形刚构立交桥转体施工原理与施工技术[J]. 安徽建筑, 2019,26(5):97-98.

[15] 祁义辉. 大跨径 T 形刚构桥长束预应力沿程损失及影响效应分析[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2018.

作者简介: 李才 (1986-), 男, 汉族, 山东巨野人, 高级工程师, 研究方向: 桥梁检测与设计。