

# 曲线桥T梁预制及安装施工工艺

贾洪斌

中交水利水电建设有限公司

**摘要：**交通基础设施项目的大力发展，使得桥梁工程建设日益增多，对桥梁实体及外观质量要求越来越高。而本文主要结合某市一工程实例，分析了曲线桥T梁预制、安装等环节的施工工艺，并提出了施工质量控制措施。

**关键词：**曲线桥；T梁；预制；安装；施工质量

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.15.031

**引言：**T梁在桥梁中广泛应用，曲线桥因半径较小，横坡大，预制架设时因角度变换大，梁体长度变化较多，导致T梁在预制、架设时存在较多质量问题。对此，文章结合某桥梁实例，从多个方面分析小半径曲线上T梁的预制、安装环节，通过明确相应的施工工艺，有效增强施工质量，提高曲线桥T梁整体施工水平，更好助力交通基础设施建设与发展。

## 一、工程概况

本文主要以某市一桥梁为例，该段桥梁全宽从33米逐渐变到46.2m，桥梁上部结构采用25~30m预应力混凝土T梁，其结构为先简支后连续，桥跨布置结构共七联长686m。其中有三联半径在960m的平曲线上，属于小半径曲线桥，在预制T梁顶面横坡，有2%的直线段，2%、4%的曲线段。该桥属于小半径曲线桥，前后盖梁不同角度，导致T梁预制、安装施工存在较大难度。

## 二、曲线桥T梁预制

### （一）预制场布设

T梁预制场的布置一般布设在主线外且紧邻主线桥位，便于后期梁体运输。项目共有预制梁片2400片，制梁周期14个月，单片梁占用台座13天，共设置2条生产线共79个T梁台座，按每月制梁  $79 \times 2.3 = 182$  片计算。台座设计了2.5cm反拱，T梁预制时为均布荷载分布，无集中荷载产生，但T梁张拉后发生弹性上拱，T梁的自重全部集中于两端部，地基反力会集中于梁体两端区域，需对T梁预制台座的两端部要进行局部处理<sup>[1]</sup>，以满足地基的受力要求，经计算要求处理后地基承载力不小于180Kpa。T梁台座结构设计为：预制台座两端设置长300cm\*宽300cm\*高50cm的C30钢筋砼扩大基础。场站共配置6台10吨用于钢筋安装、模板拆除，2台100吨

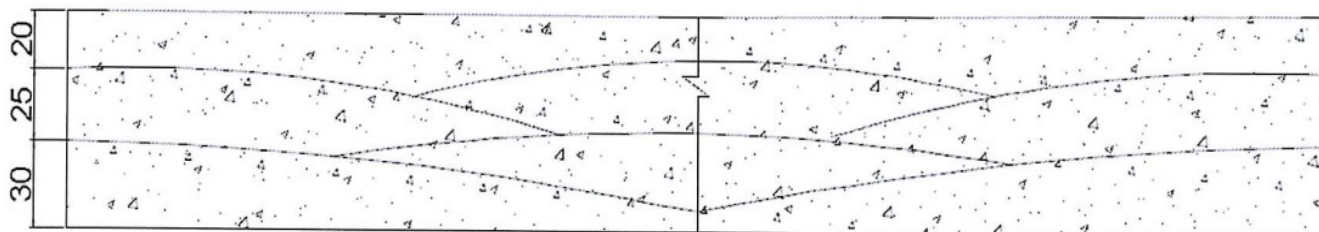
龙门吊进行移梁。

### （二）外模板设计与加工

T梁模板选用专业厂家加工制作，侧模采用型钢做骨架，焊接成型，钢板作面板，机械冷压成型。为了后期拆模方便，T梁设计加工时可以将T梁翼缘板腹板、横隔板与腹板直角连接部分加工成半径5cm半径的圆弧倒角，避免拆模时损坏混凝土表面。翼缘板模板按照高低边进行配置，因本项目有2%、4%两种坡度，在制作模板时统一采用3%的坡度进行高低边模板配置，确保临近的两榀T梁钢筋架设完成后不会出现较大错位。T梁长度差异较大，需要合理计算配置调节段模板位置和长度，保证梁体长度准确，尽量减少模板配置。为了保证梁体外观质量，外模设计加工时采用6+1mm的复合不锈钢模板。

### （三）混凝土浇筑

模板、钢筋、管道、锚具经验收合格后，即可浇筑砼。浇筑需要注意的问题：①C50混凝土塌落度采用160~200mm。②采用附着式和插入式振捣器共同振捣，附着式振捣器采用高频振捣器功率为1KW，每一套模板使用30个振捣器。振捣以附着式振捣为主，采用Φ50mm插入式振动棒振捣为辅。梁体两侧的附着式振动器要交错V字型布置，以免振动力互相抵消；高频振动器的振捣时间控制在30~40秒。③浇筑时距梁端2~3m处布料，浇至梁端40~50cm时，再从梁端布料，砼到锚具上方后采用“分层浇筑，逐级推进”的浇筑方法，即混凝土采用水平分层，纵向分段的浇筑方式，浇筑方向从梁的一端循序进展至另一端，在梁将近另一端时为避免梁端混凝土产生蜂窝等不密实现象<sup>[2]</sup>，改从另一端向相反方向投料，在该端4~5m处合拢，分层下料、振捣，每层厚度不超过30cm，振捣位置应在梁肋中心按间距30cm振捣，振捣到混凝土不再冒气泡、泛浆为止，浇筑上层混凝土时，必须在下层混凝土振捣密实后浇筑，振捣棒应插入下层混凝土5~10cm深，以达到消除施工分界线和使混凝土有良好的密实性，分段长度4~6m，必须在下层混凝土初凝前浇筑上层混凝土，保证接缝处混凝土的良好结合，浇筑到顶后及时整平、收浆。



T梁浇筑顺序示意图

(四) 曲线桥T梁预应力施工

1、在穿束施工中，主要运用整体穿束方式完成钢绞线穿束。施工人员需要在下料后按照钢绞线长度，做好相应孔道的分束、编号工作，保证每根钢绞线两端可以同时编号，并且分好后，可以按照1.5m-2m距离扎丝处理。在穿束过程中，需要先使用单根钢丝，以人工方式穿过波纹管孔道，并将牵引头的拉环挂在端部，另一头连接卷扬机，使得钢绞线可以全部穿入进波纹管孔道，并在穿过后，注意测量好两端外漏长度，保证两端相等，而后将锁套、拉环等拆除，即可完成穿束<sup>[3]</sup>。

2、在张拉环节中，主要运用智能化张拉设备，当梁体强度达到设计强度90%后，并且混凝土至少达到10天后，才能进行预应力钢束张拉。在张拉过程中，如果使用时间大于6个月、张拉次数多于300次，使用时千斤顶或压力发生异常，千斤顶检修或更换配件后，必须重新对张拉机具进行重新标定。如表1所示，为张拉程序。

表1 后张法预应力张拉程序

预应力钢筋	张拉程序
N2、N3钢绞线束 (以设计图纸为准)	(1) 0→初应力 (10% σ <sub>con</sub> ) →50% σ <sub>con</sub> (持荷5min锚固)，
	(2) 50% σ <sub>con</sub> (持荷5min锚固) →100% σ <sub>con</sub> (持荷5min锚固)
N1钢绞线束	0→初应力 (10% σ <sub>con</sub> ) →100% σ <sub>con</sub> (持荷5min锚固)

注意：(1) 中 σ<sub>con</sub> 为张拉时的控制应力，包括预应力损失值；(2) 两端同时张拉时，两端千斤顶升降压、划线、测伸长、插垫等工作基本一致。

3、对于曲线桥梁的预应力孔道压浆，孔道压浆施工需要选用真空辅助压浆工艺，主要目的就是提高压浆质量稳定性，强化施工安全。

4、施工人员需要在完成钢束张拉后，做好预制梁封锚端混凝土的浇筑，防止锚具出现锈蚀情况。封端混凝土过程中，必须仔细振捣，确保其密实光洁性，同时，必须做好浇筑后的养护，以免出现裂缝<sup>[4]</sup>。

(五) 边梁侧弯控制

分析曲线桥T梁在张拉、吊装两个环节，不难发现，边梁会出侧弯情况。边梁横向抗弯刚度与正截面抗弯刚度相比要小很多，加之梁体横截面内存在横向偏心布置的预应力钢束，施工张拉时在横向弯矩的作用下会使T梁产生侧向弯曲，严重时梁体内会产生比较大的拉应力甚至开裂。

采用Midas/civil建立有限元计算模型，利用三维梁单元模拟主梁，考虑结构自重、预应力作用、混凝土收缩徐变作用的影响，全梁共建立单元24个，节点46个，利用刚度很大的只受压单元模拟预制平台对梁体的支撑作用，预应力作用摩擦系数取值为 μ=0.25，k=0.0015，混凝土收缩徐变效益按照规范进行计算，根据拟定张拉次序进行施工阶段划分，共划分21个施工阶段。主要进行了以下分析：

1、梁底反力分析：随着张拉过程的进行，梁体产

生上挠趋势，预制平台对梁体的支撑反力逐渐减小，至N1钢束张拉到100%阶段，只有中跨区段部分产生支反力，其余部分梁体脱离制梁平台，由后续分析可知，当N2、N3张拉到100%之后，梁体全部上拱，脱离制梁平台。

2、不同阶段应力分析：张拉过程中，梁体与台座间压力减小，摩擦力逐步减小，梁体起拱后，摩擦力消失。N3张拉到100%时，横向不平衡受力明显，主梁与台座间压应力最小，摩擦力较小，对横向侧移约束力最弱，处于最不利状态。

3、不同阶段T梁横向侧移分析：存梁60天后T梁横向位移图，跨中横向侧移4.6mm，与刚张拉完成后有所增大，徐变引起的横向侧移变形。

4、预应力管道偏位分析：混凝土入模时，流态混凝土的冲击力和振捣工具的振动作用容易使波纹管的局部发生位移；一般波纹管比应力钢束直径大30mm左右，加上人为因素容易造成孔道位置横向偏差；锚板定位不准可使预应力钢筋在张拉前偏离设计位置<sup>[5]</sup>。综上，横向偏差会加剧张拉过程中梁体的横向变形，有必要分析预应力管道横向定位偏差产生的这种不利影响，并制定预应力管道的横向偏差限值。

结合本次工程项目情况，若想解决T梁侧弯问题，主要采取以下解决方案。

①合理安排张拉顺序及张拉级差，有利于梁体横向侧移的控制。

②张拉完成后，弹性横向侧移越大，存梁期内因混凝土徐变作用，后期横向侧移也会相应增大，因此控制梁体的弹性横向侧移变形和存梁期至关重要。

③施工中加强预应力管道横向定位控制，单束预应力横向定位误差在10mm以内，且所有钢束的同向累计定位误差应控制在30mm以内。保证张拉后的弹性横向侧移。以减小后期的横向侧移增加量。

三、曲线桥T梁的安装施工工艺

(一) 架桥机

在架梁桥机结构中，包含了主导梁、起重小车、纵移桁车、前支腿，中支腿，后支腿，支腿总成、液压泵站、电器设备、吊具等部分。在拼装过程中，需要按照支腿、主导梁、起重小车、纵移桁车、电器设备的顺序操作，施工作业人员在安装完成后，还要做好以下调试。

1、机械、电气设备、液压系统等设备及元器件的检测；

2、①各油缸支腿伸缩试验；②整机纵移试验；③整机横移运行试验；④整机制动试验。

3、架桥机拼装调整完毕，应进行试运行，并应检验架桥机横向、纵向移动，吊梁小车纵向移动。吊梁小车起吊设备运行以及架桥机所有制动系统、液压电气系统情况。

4、起吊额定载荷，进行起升、运行联动试验。

(二) 设置临时支座

对于先简支后结构连续桥跨，T梁安装前需要在连

续端安装临时支座，临时支座采用砂筒、每片T梁连续端采用2个临时支座。临时支座高度按设计永久支座顶面高程控制。30米T梁砂筒的下钢筒采用外径220mm，高度200mm，厚10mm的无缝钢管制作，垫板用厚6mm的钢板焊接在钢管底部。上钢筒选用外径180mm，壁厚10mm，高230mm的无缝钢管焊接而成，垫板厚6mm。对砂筒里的砂有一定的质量要求，砂要细，采用标准砂，并且烘干含水量不大于1%，使用前通过预压确定砂筒的承载力和砂的压缩率。

将加入砂子的砂桶放置于压力机上，记录砂桶受压前临时支座的总高度H1，开始施压，通过压力机的压力表读数控制砂桶的压力，当压力达到验算强度时，停止施压，量测砂桶压实后的高度H2，当砂桶压实后的高度满足设计时，砂桶的预压完成；卸载压力机的压力，拿出砂桶，得出砂桶预压沉降量为H1-H2。

现场要精确进行高程测量，确定每个砂筒实际总高度，实际总高度须考虑到砂的沉降量，要求临时支座上垫板表面要高于永久支座顶面加预压沉降量值，使临时支座受到梁的重量后顶面标高与永久支座顶面标高一致。

### （三）架桥机过跨安装

#### 1、运（喂）梁

①当运梁车将T梁前段送至前起吊天车下方时，捆绑、吊梁使T梁前段脱离前运梁车，在T梁前段脱离前运梁车状态下利用前起吊天车与后运梁车将梁向安装孔移运，运行速度为3m/min，待T梁后端送到后起吊天车下方时再捆绑，吊起T梁后端，T梁全悬吊状态下利用前起吊天车进行移梁就位。运梁车在运梁时两车都采用相同的速度，当前起吊天车吊梁后，起吊天车和后运梁车以3m/min的速度运行，直到后起吊天车起吊梁后，两个天车以3m/min的速度吊梁前行直至两桥墩正上方，喂梁工作完成，两运梁车返回运梁。

②当运梁车将T梁前段送至前起吊天车下方时，捆绑、吊梁使T梁前段脱离前运梁车状态下运行，运行速度为3m/min，起吊高度以T梁的底部与运梁车后端托架不接触、不碰撞为准。

③待T梁后端送到后起吊天车下方时再捆绑，吊起T梁后端，起吊高度以T梁的底部与运梁车后端托架不接触、不碰撞为准。

同时启动前、后起吊天车以3m/min速度吊梁前行，直到预制梁正好在两桥墩正上方；喂梁工作完成，退出运梁车，两运梁车返回运梁。

#### 2、携梁横移

为保证梁板准确就位，架桥机需横移对位，使得架桥机中心线处于与安装位置轴线同一直线上。未移动前，必须先检查各行程限位开关是否正常，正常后启动开始横移。首先前、后吊梁小车将T梁纵向吊运到前跨位，当梁体纵向位置符合下落的条件时，控制横梁卷扬机，将梁板缓缓下放，使梁板距安装面距离约10-20cm的距离停止下落，核对梁板平面位置后（轴线和梁端线是否与测量定位一致）再就位梁板，若梁板有偏差，可

纵横向微调横梁或架桥机，使梁板安装就位。梁板安装前计算桥面的整体宽度，在该孔安装结束后及时检查复核。

如果梁体的横向位置距离安装位置相差过多，应先使用整机横移的方法，待距离缩短到起重小车横移范围以内时，使用起重小车横移准确对位。

## 四、提高曲线桥T梁施工质量的对策

### （一）纵横坡控制

#### 1、纵坡控制

桥梁线型纵坡尺寸较多，T梁预制时梁底预埋钢板安装精度不高。为确保支座水平、避免梁底钢板与支座顶出现间隙造成支座受力不均匀的情况，在预制T梁施工时梁底预埋一块1.5cm水平钢板，在T梁安装时根据桥梁纵坡在梁底水平钢板下焊接一块中心厚1.5cm的楔形钢板，楔形钢板与梁底预埋钢板及支座上钢板采取沿梁肋两侧不连续点焊连接。楔形钢板坡度根据梁安装时支座顶面与梁底水平夹角采用机床车铣加工，准确度较高，能较好的保证梁体标高。

#### 2、横坡控制

T梁预制时顶板坡度严格控制，每片T梁架设完成后，由测量人员对T梁安装高程、支承中心线进行复测，T梁安装高程偏差要求在±10mm之间，支承中心线偏差要求≤5mm。

每跨T梁架设完成后，由测量人员对相邻梁、板顶面高差进行复测，要求偏差≤10mm。

### （二）垂直度与轴线的把控

如果两T梁翼缘连接未能达到直顺情况，施工人员需要在规定范围内，合理调节T梁垂直度，具体方法有：运用锤球吊线、用卷尺量T梁中心与锤球线间的水平距离。除此之外，在控制T梁轴线时，施工作业应当明确画出T梁端线与中心线位置，并借助锤球吊线对轴线进行定位，确保中心与端头线可以同盖梁保持相同。

## 五、结束语

通过本文以某一桥梁为例分析的曲线桥T梁预制与安装等施工工艺，不难发现，除了各个环节需要注重的施工要点之外，还要加强T梁标高控制以及垂直度与轴线的把控，从而保证曲线桥T梁整体施工质量。

## 参考文献

- [1] 崔通，程宝康，管秀洋，薛睿琦. 曲线桥预制T梁纵向线形及同跨安装偏差控制施工技术探析[J]. 科技创新与应用，2022，12（27）：193-196.
- [2] 程宝康，管秀洋，薛睿琦. 曲线桥预制边梁顶板内外悬臂钢筋定位调节技术研究[J]. 江西建材，2022（08）：180-181+186.
- [3] 王岩，张立人. 半径74m曲线桥预制T梁架设施工技术[J]. 交通世界，2021（08）：146-148.
- [4] 张明刚. 100m小半径曲线桥预制T梁架设技术探讨[J]. 工程建设与设计，2018（07）：130-132.
- [5] 柴正富. 小半径曲线桥30m预应力T梁的预制[J]. 铁道标准设计，2007（06）：30-33.