

T型梁桥先简支后连续施工工法

鲍益生

武义县交通运输技术中心 浙江 金华 321200

摘要：T型梁桥先简支后连续施工工法是一种结合预制装配效率与连续结构性能的桥梁建造技术，其核心是通过体系转换将预制简支梁变为连续受力体系。

T型梁桥先简支后连续施工工法通过标准化预制与精准体系转换，平衡了施工效率与结构性能，是现代中等跨径桥梁的主流工艺。该工法通过工厂预制与现场体系转换的结合，实现了效率、质量与成本的平衡，成为现代中小跨径桥梁的主流技术之一。其成功应用依赖于临时支座精度、湿接缝质量及同步体系转换等核心环节的精细化控制。

关键词：T型梁桥；先简支后连续；施工工法

随着我国经济的快速发展，桥梁的建设也越来越多，桥梁的结构类型及施工工艺也不断地增加。在高等级公路桥涵中，主要以多孔中跨径桥梁为主。对于行车速度要求较高的桥梁，必须具备良好的连续性，但简支连续梁桥由于易开裂的缺点，使它在连续桥中所处地位较低。而现浇连续桥梁的施工较为复杂，所需的施工周期较长，适应不了高速发展的需求。

1 T型梁桥先简支后连续施工工法

(1) 定义。该工法是一种桥梁建造技术，通过预制简支T梁并在墩顶现浇连续段，将多跨预制梁转换为连续受力体系。核心流程包括：预制T梁时预留负弯矩钢束孔道→架设至临时支座→浇筑墩顶湿接头→张拉负弯矩预应力束→拆除临时支座实现结构体系转换，形成连续梁结构。其本质是利用二次张拉和湿接头混凝土浇筑，使简支体系转变为刚度更大、伸缩缝更少的连续体系。

(2) 背景。传统桥梁的局限性：传统连续梁需支架现浇，施工周期长、成本高，且影响桥下通行/通航；而普通简支梁桥跨中挠度大、伸缩缝多，行车舒适性差。

技术需求驱动：为平衡施工效率与结构性能，20世纪后期发展出该工法，既保留简支梁工厂化预制优势，又通过体系转换实现连续梁的受力性能。适用于跨径16~35m（经济跨径 $\leq 30\text{m}$ ）的多跨公路桥，尤其需减少桥下干扰或提升行车平顺性的场景。核心优势：经济效益：减少支架投入，预制标准化缩短工期，降低综合成本；性能提升：连续体系减少80%伸缩缝，显著改善行车平稳性及梁体抗变形能力；适应性：可应用于曲线半径 $>400\text{m}$ 的弯桥，满足现代高速公路对线形和承载的需求。通过“预制装配化+体系转换”解决了中等跨径桥梁经济性与结构性能的矛盾，成为现代公路桥梁的主流工艺。

2 T型梁桥先简支后连续施工工法分析重要性

T型梁桥采用先简支后连续施工工法具有显著的技术与经济价值，其重要性主要体现在以下几个方面：

(1) 提升结构性能与耐久性。改善受力性能：通过体系转换（拆除临时支座、张拉负弯矩预应力束），将简支受力状态转化为连续梁结构，显著减小跨中弯矩与挠度，增强整体刚度，提升桥梁承载能力与抗变形性能。减少伸缩缝数量：连续体系大幅减少桥面伸缩缝，避免跳车现象，提高行车平顺性与舒适性，同时降低后期维护成本。控制次生应力：相比传统连续梁，该工法产生的徐变次内力更小，对混凝土收缩、温度变化等引起的附加应力适应性更强。

(2) 优化施工效率与成本。缩短工期：预制梁段可工厂化批量生产，与现场墩台施工同步进行，大幅缩短建设周期；湿接缝施工和体系转换工序集成度高，减少现场支模时间。降低施工难度：简支安装阶段无需复杂支撑体系，尤其适用于跨河、跨路等无法搭设支架的情况，减少对交通和环境的干扰。节约成本：标准化预制减少模板重复使用率，规模化施工降低人工与机械成本；临时支座可循环利用，进一步控制造价。

(3) 保障工程质量与安全。预制质量可控：工厂环境确保混凝土振捣、养护及预应力张拉精度，避免现场施工环境干扰，提升梁体耐久性。关键工艺标准化：

临时支座高程需精确控制，防止张拉应力偏差；湿接缝钢筋焊接与混凝土密封性直接影响结构整体性；体系转换时需同步对称拆除临时支座，避免应力集中。

安全风险可控：简支吊装阶段施工风险低于现浇连续梁高空作业，体系转换过程通过分级张拉与同步卸载实现平稳过渡。

3 T型梁桥先简支后连续施工原理

T型梁桥“先简支后连续”施工原理的核心是通过分阶段结构体系转换，将预制简支梁转换为连续受力体系。其核心力学机制及工艺逻辑如下：

(1) 分阶段受力原理。简支阶段（预制与架设），T梁在预制场按简支梁结构预制，此时梁体仅承受自重及预加力，两端支座处弯矩为零，跨中承受正弯矩。预制时需预埋墩顶负弯矩区的扁形金属波纹管，为后续连续体系预留预应力通道。连续阶段（体系转换），湿接头连接：架设后浇筑墩顶横梁及湿接缝混凝土，将相邻跨T梁连成整体，形成临时超静定结构。负弯矩张拉：对称张拉墩顶预应力束，在梁体顶部产生负弯矩，抵消跨中正弯矩，使结构由简支受力转为连续梁受力状态。支座转换：拆除临时支座（如砂筒或硫磺支座），梁体落至永久支座，完成由简支到连续的力学体系转换。关键转换逻辑：初始简支状态仅承担一期恒载（自重）→连续状态承担二期恒载（桥面铺装、护栏）及活载，通过预应力重分布优化梁体应力。

(2) 关键技术原理。负弯矩预应力作用，墩顶张拉的预应力束产生反向弯矩，显著降低跨中正弯矩（降幅可达30%以上），减少梁体挠度，提升结构刚度。公式表达： $M_{\text{连续}} = M_{\text{简支}} < M_{\text{负弯矩}}$ ，其中跨中弯矩 $M_{\text{连续}} < M_{\text{简支}}$ 。临时支座功能，临时支座在架设时承受梁体荷载，确保简支受力状态；体系转换时需同步卸载，避免梁体受力不均导致开裂。湿接头力学贡献，现浇混凝土将多跨T梁粘结为整体，传递剪力与弯矩，形成连续梁的刚性节点。

(3) 力学优势。跨中弯矩，较大，减少20%~40%；伸缩缝数量，每跨1道，每联仅2道；行车平顺性，颠簸（跨间跳车），连续无跳车；适用跨径， $\leq 25\text{m}$ （经济跨径），16~35m。

4 T型梁桥先简支后连续施工操作要点

以下是T型梁桥“先简支后连续”施工的核心操作要点及质量控制要求，综合高可信度施工规范整理：

(1) 预制阶段关键技术。负弯矩预应力孔道预埋，T梁预制时同步安装扁形金属波纹管，内穿橡胶管形成预留孔道，混凝土终凝后抽出橡胶管确保孔道贯通；锚垫板须垂直管道轴线安装，孔道端部用软塞封闭防堵塞。定位钢筋间距 $\leq 0.8\text{m}$ ，严格控制管道坐标偏差（ $\pm 5\text{mm}$ ），避免钢绞线穿束时形成折线。

(2) 架设与临时支撑。临时支座安装，采用砂筒或硫磺砂浆支座，顶面高程精确至 $\pm 1\text{mm}$ ，确保与永久支座顶面齐平。临时支座与永久支座中心重合，安装后同步

检测各支点反力平衡。T梁吊装定位，架桥机逐孔安装，梁靴尺寸与支座垫石标高误差 $\leq 2\text{mm}$ ，避免相邻梁端高差过大影响预应力管道对接。

(3) 连续段施工核心工艺。湿接缝与横梁施工，先焊接横隔板钢筋，再绑扎墩顶连续段钢筋；钢筋搭接长度 $\geq 35d$ （ d 为钢筋直径），焊接位置避开预应力管道。模板密封处理防止漏浆，现浇前对结合面凿毛并冲洗浮渣，混凝土分层浇筑振捣密实。负弯矩钢绞线穿束，采用“先穿 $\phi 10$ 钢筋引孔→钢绞线端头焊接牵引→卷扬机辅助穿束”工艺，遇堵塞时疏通管道后二次穿束。

(4) 体系转换核心控制。预应力张拉，待现浇段强度 $\geq$ 设计值85%后，对称张拉墩顶负弯矩钢束（顺桥向、横桥向同步张拉）；采用双控法（张拉力+伸长量），伸长量偏差 $\leq \pm 6\%$ 。短束（ $\leq 25\text{m}$ ）单端张拉，长束（ $> 25\text{m}$ ）两端张拉，分级加载至控制应力103%持荷5分钟锚固。孔道压浆，压浆料抗压强度 $\geq 50\text{MPa}$ ，压力0.5~0.7MPa；先压水清孔，再压浆至另一端流出浓浆后封闭，24h内完成。

临时支座拆除，压浆完成5~7天后，同步对称卸载临时支座（如砂筒放砂）；逐联拆除，避免单墩突发卸载引起应力重分布。

(5) 质量控制关键项。支座安装，永久支座无悬空，临时支座顶面水平高差 $\leq 2\text{mm}$ 安装后复测，防止偏压；湿接头浇筑，混凝土坍落度 $120\pm 20\text{mm}$ ，振捣避开波纹管模板密封防漏浆，浇筑中实时监测管道；临时支座拆除，全联同步操作，下落速度 $\leq 5\text{mm/min}$ ；备用千斤顶应急，防卡阻导致梁体扭裂；孔道压浆，浆体水胶比 ≤ 0.34 ，压浆压力0.5~0.7MPa，出浆口流出浓浆后持压 $\geq 3\text{min}$ ，压浆后24h内封锚防锈蚀。

5 T型梁桥先简支后连续施工应用场景

T型梁桥“先简支后连续”施工技术通过分阶段体系转换，在特定场景下可显著提升施工效率与经济性。其核心应用场景如下：

(1) 典型适用场景。山区公路桥梁，适应地形高差大、运输受限环境，预制梁分段运输至现场拼装，避免大型构件长途运输难题。适用于弯桥（平曲线半径 $> 400\text{m}$ ）及纵坡 $\leq 4\%$ 的桥型，通过调整预制梁角度适应复杂线形。案例：某山区高速桥跨径25m，采用该工艺减少支架搭设70%，工期缩短30%。城市高架与跨线桥，减少下方交通干扰：预制梁快速吊装，大幅缩短占道施工时间。优化行车舒适性：减少伸缩缝80%以上，消除跨间跳车现象。中等跨径桥梁（16~35m），经济跨径 $\leq 30\text{m}$ ，平衡预制效率与连续结构性能，材料用量比简支梁

减少15%~20%。适用于跨河、跨路、陡峻山腰线桥梁等需减少桥墩数量的场景。

(2) 技术优势驱动的场景选择。工期紧张,梁体预制与下部结构同步施工,缩短总工期30%,应用在短期内完成体系转换;减少现场作业,85%工序工厂化预制,降低高空作业风险,应用在城市快速路项目减少现场工人50%;提升结构耐久性,连续体系减少伸缩缝渗水病害,延长使用寿命。

(3) 限制性场景。大跨径桥梁(>40m):梁体自重太大,临时支座承载力要求高,经济性劣于悬臂浇筑。小半径弯桥(<250m):曲率过大导致预应力张拉偏差,需增设抗扭构造。软基沉降区:支座不均匀沉降易引发连续体系开裂,需严格地基处理。

(4) 应用实践:该工法场景,在义武公路方坑一号桥、方坑二号桥、沈家特大桥、外八仙大桥、跨330国道桥、S312改建工程宅口陈中桥等一级公路T型桥梁中,得到成功应用,效果良好。

6 T型梁桥先简支后连续施工未来发展趋势

T型梁桥先简支后连续施工工法的未来发展趋势主要体现在材料革新、智能建造和绿色施工三大方向,具体发展路径如下:

(1) 材料与结构性能升级。高性能材料应用,碳纤维增强混凝土:替代部分钢筋,显著降低梁体自重30%以上,提升抗裂性与耐久性。智能预应力钢束:植入光纤传感器,实时监测张拉力与服役期应力状态,实现结构健康自诊断。结构优化设计,推广变截面T梁,减少跨中弯矩应力集中,适配40m以上跨径需求。

负弯矩区采用局部UHPC(超高性能混凝土),抑制桥面开裂风险。在桥梁连续部位现浇混凝土中掺加玄武岩纤维,以提高结构的整体强度与抗裂性能。

(2) 智能建造技术深度集成。数字化施工控制,BIM+3D扫描:预制阶段全程建模,自动校验预应力管道坐标偏差($\leq 3\text{mm}$)。AI应力监测系统:体系转换时同步采集支座反力与梁体应变,动态调整卸载顺序。自动化工艺革新,机器人焊接湿接缝钢筋:定位精度达 $\pm 1\text{mm}$,避免人工焊接质量波动。无人化压浆设备(智能

压浆设备):精确控制压浆压力(0.5~0.7MPa)及水胶比,杜绝孔道空洞。

(3) 绿色施工与可持续性提升。低碳技术应用,临时支座采用可降解硫磺砂浆,拆除后材料自然分解,减少固废污染。推广光伏养护棚,预制场能耗降低40%。

资源循环利用,旧桥拆除T梁经无损切割技术处理,70%以上构件用于新建桥梁临时支撑。

(4) 新型应用场景拓展。复杂环境适应性升级,研发耐盐蚀预应力体系,波纹管镀锌层厚度 $\geq 100\mu\text{m}$,以适应高腐蚀条件下的桥梁。地震带项目采用耗能型临时支座,抵消体系转换时的动力冲击。大跨径延伸,通过分段预制+现场胶拼工艺,将适用跨径突破至50m级。

先简支后连续结构形式相对于传统意义上的连续梁而言,施工难度大大降低,使得结构连续这一目标得以实现,结构承载能力有了大幅提升,梁部的伸缩缝被明显缩减,桥面横向裂缝产生的问题也被有效的解决了。T型梁桥先简支后连续施工工法将持续向轻量化、数字化、低碳化演进,数字孪生技术实现施工全过程虚拟调控,工期误差可控在5%以内;弯矩区智能张拉、临时支座同步控制等工艺将纳入国家施工标准。随着施工工艺的不断完善,此工法具有越来越广泛的运用前景。

参考文献

- [1]李新.先简支后连续梁桥施工技术.交通世界,2022(32):119-120.
- [2]丁松.先简支后连续桥梁施工技术方案.交通世界,2022(03):82-83.
- [3]洪晓丁.先简支后连续桥梁体系施工优化研究.华南理工大学,2022.
- [4]张如.先简支后连续梁桥的理论设计与施工研究.吉林大学,2020.
- [5]陈明.先简支后连续结构体系研究.浙江大学,2022.
- [6]李阳.先简支后连续桥梁结构体系的应用研究.福州大学学报(自然科学版),2020(05):77-81.
- [7]李艳.先简支后连续T型梁桥的设计及施工工艺[J].西部探矿工程,2022(4):182-184.