

# 顶推滑移技术在钢结构桥梁施工中的应用

高卫祥

中国水利水电第十二工程局有限公司

**摘要：**在当下，钢结构桥梁因其具有强度高、自重轻、施工周期短等优点，在桥梁工程中得到了广泛地应用。顶推滑移技术作为一种先进的施工方法，为钢结构桥梁的建设提供了高效、可靠的解决方案。基于此，本文首先阐述顶推滑移技术的定义和原理，其次阐述顶推滑移技术在钢结构桥梁施工中的应用优势，再次分析一个顶推滑移技术在钢结构桥梁施工中的应用案例，最后提出几条顶推滑移技术在钢结构桥梁施工中的应用策略，以供参考。

**关键词：**顶推滑移技术；钢结构桥梁；施工应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.24.050

## 引言

在当前，人类社会的交通运输需求持续扩大，随之而来的是桥梁建设工程的不断规模扩大和数量增长。其中，钢结构桥梁因其高强度、低质量以及施工期短等一系列优点已在桥梁建设中占据了主导地位。然而，面对复杂的地形和环境因素传统的桥梁建设方式常常面临施工困难、工期长久及成本高昂的问题。因此，为了提高施工的效率和质量，在钢结构桥梁的施工过程中，顶推滑移技术开始越来越被广泛应用。

## 一、顶推滑移技术的定义和原理

### （一）定义

顶推滑移技术是一种在工程建设领域中得到广泛使用的先进工程施工方法。简单地说，这种技术是使用特制的顶推设备和滑移装置，将大型结构物按照预定的路径逐步推移或者滑动，其关键在于精确的力学计算以及独特的设备设计。顶推设备需要能够产生足够且稳定的推力，以克服结构体在移动过程中所遇到的各种阻力；同时，滑移装置要能确保大型结构体在滑动过程中的稳定性和准确性。在实际的工程应用中，顶推滑移技术往往被应用在桥梁建设、大型钢结构安装等多种工程场景中。例如，在桥梁建设过程中可以用顶推滑移技术将预制好的梁段逐步推移到位，从而能够提高施工进度，以及节省工作现场的操作时间。

顶推滑移技术所具备的优势在于，它在有限的施工空间内完成大型结构的安装，同时降低对周围环境的影响。而且，由于整个施工过程较为可控，所以这种施工技术能有效保障施工的质量和安全性。

### （二）原理

顶推滑移技术关键在于理解车辆动力传输和差速器的工作方式。当车辆转弯的时候，它利用调节车辆动力输出和不同轮胎的旋转速度，实现内侧和外侧轮胎产生不同程度的滑移能提升车辆的操控性和稳定性。在此技

术中，差速器是一个能将驱动力传输到各轮胎的装置，经常包括环齿和行星齿轮。当车辆沿直线行驶，差速器将驱动力均匀分布在两个驱动轮以保持车辆稳定。然而，车辆转弯因为内侧和外侧轮胎行驶的路径长度不同，所以它们所需的旋转速度也会不同。在这种情况下，差速器调整内侧和外侧轮胎的旋转速度，在转弯时使得内侧轮胎旋转更快外侧轮胎旋转更慢。顶推滑移技术在车辆转弯时利用差速器根据车辆的转向角度和转速信号，自动调节两侧轮胎的旋转速度会使内侧轮胎旋转速度稍有增加，外侧轮胎旋转速度稍有降低，从而产生滑移效应。滑移可以减少车辆转弯时的侧滑现象，增强抓地力，提高稳定性和操控性。内侧轮胎的相对滑移能够帮助汽车更好地适应不同转弯半径，从而减少转弯时的不稳定性，并且提供更为精准的转向反应。

## 二、顶推滑移技术在钢结构桥梁施工中的应用优势

### （一）施工效率显著提升

相比于传统的桥梁施工方法该技术可以减少现场操作时间，简化施工流程，降低工期延误的风险。鉴于顶推滑移技术钢结构可以在工厂内完成预制和组装，然后运输到施工现场，快速展开安装工作，既优化了生产环境又保证构件质量和精度。同时，顶推滑移技术可以连续不断地进行作业避免了其他施工方式因各种因素而频繁中断和调整的问题，大大提高了施工效率。另外，这项技术对施工场地要求相对较低，无须占用过多空间即便在狭窄的区域也能自如展开施工，在一些如城市中心、山区峡谷等空间受限的环境，顶推滑移技术仍能发挥巨大效用，保证施工按计划进行。

### （二）施工质量更有保障

在顶推滑移过程中，钢构件的受力能够均衡分布避免了部分区域应力过高的风险，有利于维护钢结构的强度与稳定性。此外，预制和组装工序都在工厂内进行在源头上严控部件的加工精度和质量，明显减低了现场施工可能带来的误差和缺陷。通过精确测量和精细计算，顶推滑移技术能精确确保桥梁的位置和线形没有偏差，从而提高了桥梁的整体质量。顶推滑移技术在施工期间还能对钢结构进行实时的监测和调整，一旦发现潜在问题可以迅速采取解决策略，进一步提升了施工质量的可靠性。

### （三）对周边环境影响小

与传统施工方式相比，这种技术无须大规模基础开挖和填方操作，减少了对周围土地的干扰和破坏。大规模的基础施工会改变土地的本原结构和生态平衡，而顶推滑移技术巧妙地规避了这一问题。施工过程中，噪音会对周边居民的日常生活、学习和休息造成麻烦，粉

尘可能影响空气质量，对居民的身体健康和生态平衡形成威胁。然而，顶推滑移技术有效地减小了这些不良影响，为周边居民带来了更为安宁和洁净的生活环境。同时，由于顶推滑移施工不需要一堆堆的设备和物料堆积在施工现场能始终保持场地的整洁有序，避免对周围交通和环境产生无谓的阻碍，与现代社会倡导的环保和可持续发展理念十分相符。

#### （四）经济效益突出

顶推滑移技术在钢桥施工中的使用实现了经济效益的增长。一方面，施工效率大幅度上升并且工程周期显著缩短，可以有效地削减人力成本、设备租赁成本以及管理成本等各个方面的开销，减少对人力资源的需要，降低劳动力成本。同时，作业周期的缩短可以减少设备的租借时间，降低管理成本。另一方面，在工厂里进行预制和组装可以实现大量的标准化生产，进一步减少制成品的成本。工厂化的生产方式具备更高的生产效率，可以充分利用规模经济效应，降低单元产品的成本。并且，顶推滑移技术对施工场地的要求较低减少了临时使用地和场地平整相关费用的投入。再者，施工质量的提高可以有效地减少后期维护和保养费用，在日常使用中减少维护次数，降低修理费用。

#### （五）施工安全性高

在整个顶推滑移过程中，钢结构的移动总是处在严密受控的状况下有效地防止了意外事故的发生。施工过程中的意外事故常常会引起无法预估的损失，不仅威胁到人员的生命安全，可能还会延误工程进度、增加成本。而顶推滑移技术这一优点，为施工安全提供了强有力的保障。施工人员可以在相对安全的环境中进行作业大大减少了高空作业和有危险性的作业所带来的风险。高处作业时工作人员面临坠落等危险，然而，顶推滑移技术降低了这样的风险，让施工人员的生命安全得到了更好的保护。更重要的是，先进的监测和控制技术能够实时、准确地掌握施工过程中的各种参数和状况，一旦发现有可能的安全隐患就能及时采取有效的应对措施。此外，顶推滑移技术的施工流程相对成熟，施工人员经过专业系统的培训后，能够熟练、准确地掌握操作要点，从而确保整个施工过程可以平稳、有序、安全地进行。

### 三、顶推滑移技术在钢结构桥梁施工中的应用案例

#### （一）案例分析

公司在委内瑞拉承建的某高速公路，包括一座160米长，1100吨重，跨度数量4个（32米+48米+48米+32米），直线型，纵向坡度0.5%的钢结构大桥施工，项目部采用了顶推方案完成了钢结构大桥的安装工作。

##### 1. 前期准备

场地勘察和设计方案确认阶段用时20天，期间对施工场地进行详细勘察，确认地质条件适合顶推滑移施工。

##### 2. 基础施工

基础施工阶段用时20天，包括：（1）地基加固，确保地基承载力满足顶推要求；（2）浇筑轨道混凝土，铺设滑移轨道，确保轨道平整和顺畅；

##### 3. 钢结构拼装

钢结构拼装阶段用时60天，延轨道搭设钢支架，钢结构运至现场通过验收后，在支架上方延顶推路线拼装和焊接。

##### 4. 顶推滑移施工

顶推滑移施工阶段用时27天，包括：顶推设备安装7天；钢结构顶推5天；桥梁调整与固定15天。施工过程顺利，桥梁结构稳定。

顶推设备的选择：尽管理论上牵引的净平均摩擦系数在5%左右，但需要考虑每次重新开始阶段的初次推动，因此实际安装牵引装置考虑最大静态摩擦力为10%，这个10%的牵引能力是针对整体总重量，本案例选用牵引力为140吨的设备，由两台70吨的牵引装置组成。在顶推路线上安装8个滑动支撑，每个滑动支撑包括一个150吨的液压千斤顶并配备压力表来控制滑动过程中的载荷。

采用主要顶推设备如下：

表 2：顶推设备

名称	描述	数量
电力	发电机组	2台
滑动平台	滑轮	8个，150t
	轨道	80m
桥台设备	千斤顶钢绞线	2台，每台牵引力70吨
桥墩设备	滑动支撑	10个，250t
最终滑行	千斤顶	2个，150t

#### （二）技术要点

##### 1. 顶推设备选型

顶推设备的选型是施工成功的关键。根据桥梁规模和重量选择合适的液压顶推设备，确保设备能够提供足够的顶推力和行程。

##### 2. 滑移轨道设计

滑移轨道的设计影响滑移过程的顺畅性。选择高强度、耐磨损的材料铺设轨道，并确保轨道铺设的平整度和精度，降低滑移过程中的摩擦力。

##### 3. 施工监控系统

施工过程中需要实时监控顶推力、滑移速度和构件变形情况。采用计算机控制系统和传感器网络，确保施工过程中的数据准确和及时反馈，调整顶推参数，保证施工安全。

#### （三）施工中的挑战与解决方案

##### 1. 顶推力控制

顶推力的控制是滑移施工的核心。施工过程中实时监控顶推力，通过液压系统调节顶推力，确保桥梁结构受力均匀，避免构件损坏。

2. 滑移过程中的稳定性

滑移过程中的稳定性至关重要。定期检查滑移轨道和顶推设备状态，保持轨道润滑，使用导向装置控制构件偏移，确保桥梁结构在滑移过程中保持稳定。

3. 天气和环境影响

施工过程中可能遇到恶劣天气和复杂环境。提前制定应急预案，加强施工现场管理，减少环境变化对施工的影响。

表 3: 施工过程中遇到的常见问题及解决方案

问题	解决方案
顶推力不足	提升设备推力，增加油压
滑移轨道磨损	更换轨道材料，加强润滑
构件偏移	使用导向装置，调整推力
天气恶劣	制定应急预案，暂停施工

(四) 结论

使用顶推滑移技术于钢质桥梁的建构中，无论在施工速度上还是安全性上都具有明显优势，而具备科学的施工流程包括关键技术要素的控制下，这项技术在实际工程项目都展现出惊人的潜力。

四、顶推滑移技术在钢结构桥梁施工中的应用策略

(一) 前期规划与设计

第一，施工单位可根据桥梁的结构特性、跨度、载重以及其他因素做全面而精细的分析，确定使用顶推滑移技术的可行性和最佳施工方案，其中包括对桥梁主体结构的精确计算，明确各部分的受力情况，为施工的后继步骤提供可靠的理论指导。同时，施工单位还要考虑到施工现场的地形地貌、周边环境以及交通状况等实际因素，制定出适合的施工流程和安全措施。比如施工现场如果位于一个交通复杂的地区，有效预先规划交通引导方案就会降低施工过程对周边交通的干扰，具备了一定程度的准备。在规划阶段，施工单位还要与各部门和利益相关方进行充分的沟通，并利用计算机模拟技术进行施工过程的仿真能提前发现潜在问题制定出应对方案。

(二) 施工设备与材料的选择

施工单位要根据桥梁的规模、重量和顶推滑移的距离选择合适的施工设备，如在大型钢结构桥梁施工中，可能就需要同时采用多个高功率的千斤顶，以确保顶推过程平稳而安全。并且设备质量需要严格把关，既要进行精细的质检又要调试到位，以保障性能优良且执行可靠。材料方面，施工单位应选择那些坚固耐磨、抗腐蚀的钢材和焊接材料，满足桥梁结构的需要。如，Q345或Q420的高强度钢材可作为主梁的选择，显著提升桥梁的承载力和耐久性。

(三) 施工过程中的监控与调整

施工过程中，保证施工质量和工人安全的关键，因此，施工单位要建立周全的监控体系，全程监测桥梁位置、压力、变形等各项数据有效地避免问题制造事故。

基于此，施工单位要安装高精度的传感器和计量器获得精确的数据，并使用分析软件进行实时处理和解读。一旦发现异常数据，例如位置超步、压力过高等情况，立刻停止施工立即调整。比如，若发现某处的压力超过设计许可值，就需要在该处增设临时支撑或调整顶推的速度和力度。

(四) 质量控制与验收

在质量控制与验收这个核心环节，施工单位必须始终将注意力保持在顶推滑移技术的全程应用上，包括制作钢结构的准备工作、施工的拼装工程以及实施顶推滑移操作。并且所有的这些过程，都必须严格遵守相关的标准和规范。例如，在流程开始的钢结构制作阶段，施工单位需要对原材料进行详尽的审查，以确保每一块钢材的质量都与要求相符。另外，施工单位还需对每个组件的制造精度和焊接质量进行严密的控制，利用诸如无损检测等技术方法以全面检查焊缝，从而保证焊缝的质量达到规定标准。在随后的拼装环节，施工单位的目标是保证组件之间的连接坚固可靠，这就意味着高强度螺栓的扭矩必须符合规定标准，并且节点的准确位置和角度不能有任何误差。

结束语

综上所述，顶推滑移技术在钢结构桥梁的应用展示了巨大的潜力和广阔的发展前景。未来通过相关部门深入的研究和持续的技术创新有望进一步提升这项技术的施工效率和经济效益，在桥梁建设这个重要领域打开更广阔的发展空间。随着相关科技的成熟和完善，期待在将来会看到顶推滑移技术在更多类型的桥梁建设中发挥作用，为推动桥梁工程科技进步做出更大的贡献。

参考文献

[1]徐韧. 钢结构桥梁顶推滑移技术在景洪路春申塘桥工程的应用[J]. 上海公路, 2023, (03): 74-80+115+218.

[2]夏攀. 宿州火车站钢结构网架累积顶推滑移施工技术[J]. 价值工程, 2023, 42(12): 72-74.

[3]刘凯. 顶推滑移技术在钢结构桥梁施工中的应用研究[J]. 工程建设与设计, 2022, (08): 120-122.

[4]包海明. 大跨度钢结构桁架液压累积顶推滑移施工技术[C]//清华大学, 东南大学, 中国建设科技集团股份有限公司, 中国建筑集团有限公司, 中国中建设计集团有限公司. 第八届全国钢结构工程技术交流会论文集. 中国建筑股份有限公司技术中心, 2020: 3.

[5]吴春桃, 李鸿豪. 异形曲面钢结构高空液压顶推滑移安装技术[J]. 建筑科技, 2018, 2(02): 19-21.

[6]丁守明. 大跨度空间钢结构高空拼装液压同步顶推滑移施工技术. 安徽省, 中国十七冶集团有限公司, 2017-12-07.

[7]杨建伦, 叶腾茂, 胡皞. 大跨度钢结构屋盖顶推滑移施工技术研究[J]. 重庆建筑, 2017, 16(11): 47-49.