桥梁预应力张拉施工工艺优化与质量控制研究

郭 莹

湖北交投智能检测股份有限公司 湖北 武汉 430050

【摘 要】：桥梁预应力张拉工程概况包括混凝土强度、钢束编号、孔道线形、锚固空间和作业面条件，后张施工中的设备标定、钢束穿束、张拉加载和孔道压浆相互制约，单点合格不能替代整束传力稳定。本文识别这些张拉条件，分析设备配置、加载程序、穿束锚固和压浆封锚的衔接关系，提出以力值同步监测、伸长量复测、滑丝断丝识别和密实质量验收共同控制施工质量。张拉管理应把电子采集、人工复核和异常处置放在同一钢束编号下追溯，避免设备自动化掩盖锚固、摩阻和孔道缺陷。

【关键词】：桥梁工程；预应力张拉；施工工艺；质量控制；孔道压浆

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.077

引言

预应力混凝土桥梁依靠张拉钢束改善梁体受力，张拉质量直接影响开裂控制、线形保持和耐久性能。千斤顶、油泵、锚具、波纹管和压浆系统分属不同工序，任一环节控制松散，都会使预应力损失隐藏到后续施工中。智能张拉和真空压浆提高了记录连续性，但参数设定、复核口径和异常处置仍由施工组织统筹。工艺控制应从单次拉力达标转向设备、钢束、锚固和孔道质量的全过程对应。

1 桥梁预应力张拉工程概况

后张法桥梁预应力张拉一般在梁体混凝土强度和弹性模量满足设计要求后进行，施工对象包括预应力筋、锚具夹片、孔道、千斤顶、油泵和压浆系统[1]。该工序从钢束复验、孔道清理、穿束、张拉到封锚保护连续展开，不能被简化为一次拉力施加。施工前应核对设计张拉控制应力、钢束编号、孔道线形、梁端锚固区尺寸和作业空间。智能张拉系统可记录油压、力值和伸长量，但记录有效性依赖设备标定、同轴安装和现场复核。质量控制重点在力值达到、伸长量可解释、锚固稳定、压浆密实和资料可追溯。张拉作业面、梁端净空和孔道编号在准备阶段同步核定，能减少后续设备移位和记录错配。

2 桥梁预应力张拉施工工艺优化

（1）智能张拉设备标定配置优化：张拉设备配置首先要保证计量链一致[2]。千斤顶、油泵、压力表和采集终端应成套标定，标定区间覆盖计划张拉力附近工作范围。进场后应核对证书、设备编号、软件参数和钢束编号，避免系统显示值与实际钢束错位。长束、曲线束和多端张拉构件还要检查油管接头、回油稳定性和限位板贴合情况。电子记录不能取代人工复核，初应力读数、分级加载停留、持荷回缩和锚固后状态仍应逐束确认。标定后还应进行空载运行和小行程试顶，检查油压回零、位移采集和数据上传是否一致；发现曲线漂移时，应先处理设备和线路，再进入正式张拉。

（2）分级张拉加载程序参数优化：分级张拉用于让钢束受力逐步接近控制值，并为摩阻、锚固变形和弹性伸长提供判断窗口。作业指导书应明确初应力、分级荷载、持荷时间、两端同步要求和回油锚固方式。初应力过低会导致伸长量起算不稳，过高又可能掩盖穿束和锚具贴合问题。加载中若出现一端伸长迟缓、油压突跳或夹片回缩异常，应暂停检查孔道摩阻、钢束扭结和锚具咬合情况。参数调整的目标是保证每一级荷载都能被复核，而不是单纯提高加载速度。

（3）预应力筋穿束与锚具安装优化：钢绞线下料、编束和穿束决定张拉力能否均匀传递。下料长度应满足工作长度、锚具安装和设备夹持要求，端部散股、油污和机械损伤都会削弱夹片咬合。穿束前应清理孔道杂物和积水，检查波纹管接头、排气孔和压浆孔是否畅通。锚垫板、工作锚、限位板和千斤顶中心线应尽量同轴，安装面残浆或局部不平会放大锚固偏差。多束密集梁端宜按编号分区摆放锚具，防止相近规格错用。

（4）真空辅助孔道压浆稳压工艺优化：张拉完成并确认锚固稳定后，孔道压浆应及时组织。真空辅助压浆通过负压排气和连续灌注提高充盈条件，适合长孔道、曲线孔道和高低点较多的构件。工艺控制应依次覆盖浆液制备、抽真空、进浆稳压、排气确认和封锚养护。浆液制备后不宜长时间停放，压浆时应观察出浆口浆液稠度和气泡变化。稳压阶段用于核对压力衰减、补浆要求和排气孔封闭顺序。伸长量复测结果反馈到分级张拉参数，密实验收结果反馈到压浆稳压和封锚处理，使张拉完成后的孔道保护不脱离前序质

量判断。工艺优化与质量控制之间的主要衔接关系见图 1。

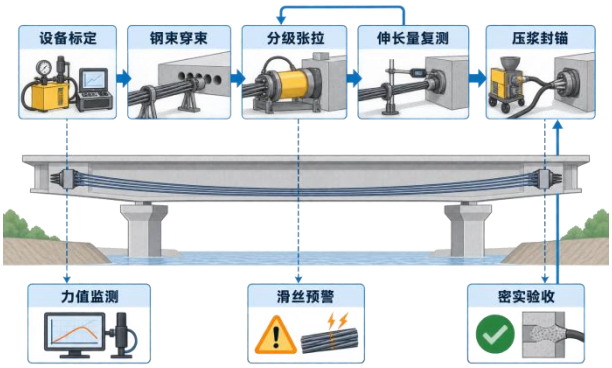


图 1 桥梁预应力张拉工艺优化与质量控制链条

图 1 中设备标定、钢束穿束、分级张拉、伸长量复测和压浆封锚沿主流程展开，力值监测、滑丝预警和密实验收位于相应质量节点。蓝色主流程箭头说明工序顺序，蓝色反馈箭头说明伸长量复测可回到分级张拉，密实验收可回到压浆封锚。

3 桥梁预应力张拉施工质量控制

（1）千斤顶张拉力值同步监测调控：张拉力值控制应以设计控制应力为依据，以设备标定曲线和现场读数为执行口径[3]。两端张拉时，操作人员应同步观察油压、力值和伸长量，避免一端先达到控制值而另一端滞后。对长束和曲线束，摩阻损失会使两端读数与钢束实际应力分布存在差异，质量控制不能只看最终油压。分级加载曲线、持荷稳定性、回油锚固和夹片外露状态均应记录。资料至少包括设备编号、标定日期、钢束编号、分级荷载、实际伸长量、回缩量和异常处理说明。当同一梁端多束连续作业时，上一束异常处理结论应传递到下一束准备检查中，避免相同锚具贴合或油路波动问题重复出现。

（2）预应力筋理论伸长量偏差复测控制：伸长量复测是识别摩阻异常、钢束缠绕和锚固变形的重要手段[4]。现场实际伸长量应从初应力后的读数差取得，并结合夹片回缩、工具锚变形和测量位置差异判断。若实测值与理论值偏差超出设计或规范允许范围，应先检查孔道摩阻、钢束缠绕、锚具安装、设备标定和读数起点，不能简单补拉。复测控制的价值在于让力值控制和位移控制相互印证：力值合格而伸长量异常，说明传力路径仍可能存在问题；伸长量接近而力值波动，也应查明设备或锚固状态。

（3）锚固区滑丝断丝风险识别防控：滑丝、断丝和锚固区局部破损多发生在受力集中和夹片咬合阶段。钢绞线锈蚀、油污、散股及划伤会降低夹片夹持稳定性，夹片齿形磨损或错装也会造成回缩异常。张拉中若出现油压突然下降、单束伸长突增、夹片外露不一致或锚环偏斜，应停止加载并逐束检查。锚固区混凝土强度不足、垫板后空鼓和螺旋筋偏位会放大局部压应力。处置应依据设计要求确定，不能把重新张拉作为唯一办法。

（4）孔道压浆密实质量检验验收体系：孔道压浆质量控制应贯穿浆液制备、现场灌注和成品验收。施工单位应记录材料批次、外加剂掺量、搅拌时间和流动度，压浆前确认排气孔、排浆孔和封堵状态。灌注中应观察出浆连续性和压力变化，排气孔出现均匀浆液后再按顺序封闭。密实质量检验不能只依据压浆完成时间，应结合压力记录、试件强度、端部封锚外观和必要无损检测判断。验收资料按梁号、孔道号和钢束号对应，便于后期维护追溯。对长孔道和曲线孔道，验收记录还应说明排气孔开启、出浆状态和稳压结束条件，便于后续判断缺陷可能位置。

4 结语

桥梁预应力张拉施工应把设备、钢束、锚固和压浆作为连续系统控制。设备标定提供力值基础，分级张拉和伸长量复测用于发现摩阻、穿束和锚固异常，真空辅助压浆及封锚保护保障钢束耐久。质量管理应坚持力值和伸长量双控，并把滑丝断丝识别、压浆密实检验和资料归档落实到钢束编号。后续施工中，应强化标定周期、异常数据判读和孔道质量追溯，使预应力施工由结果验收转向全过程受控。

参考文献：

[1] 王少洲.建材质量监管视角下市政桥梁预应力建材缺陷检测与质量管控研究[J].中国品牌与防伪,2026,(17):202-204.

[2] 徐亮.基于 Bentely 软件创建曲线段上具有横坡的桥梁三维预应力钢束模型的方式方法[J].时代汽车,2026,(19):184-186.

[3] 周昊.铁路桥梁预应力张拉压浆施工工艺优化与质量控制要点研究[J].低碳世界,2026,16(9):146-148.

[4] 成晓霞.预应力碳纤维板在混凝土桥梁加固施工中的应用[J].汽车周刊,2026,(9):121-123.