

公路桥梁预应力张拉施工质量控制要点分析

杨方俊

云南交投公建隧道工程有限公司 云南 昆明 650118

【摘要】：预应力张拉施工为公路桥梁工程的关键工序，它的好坏直接影响到桥梁结构的承载力、稳定性以及耐久性。本文以公路桥梁施工的实际为依托，在施工准备、张拉施工过程、张拉后锚固以及后续处理这四个主要环节上，对预应力张拉施工的质量控制要点进行系统的分析，并归纳出施工过程中出现的常见问题及其相应的防控手段，根据规范的要求和实践经验给出具体的控制方法，从而给公路桥梁预应力张拉施工质量提高提供一定的理论依据和实践指导，保证桥梁工程长久的安全稳定运行。

【关键词】：公路桥梁；预应力张拉；质量控制；施工要点

DOI:10.12417/2811-0536.26.06.024

引言

伴随着我国公路交通事业的发展，大跨度、高等级公路桥梁的建设规模越来越大，预应力技术由于可以提高桥梁结构刚度、减少裂缝出现、延长使用寿命而被广泛应用于公路桥梁梁体、盖梁等重要构件的施工中。预应力张拉施工是预应力技术的关键部分，施工工艺繁杂，技术标准高，牵涉到原材料、设备、人员、环境等诸多要素，任何一个环节出现失误，都会造成预应力损失过多，结构受力不均匀，严重时还会给桥梁安全带来隐患。目前，公路桥梁预应力张拉施工还存在着操作不规范、质量控制不到位等状况，对整个桥梁工程质量造成影响。因此，对预应力张拉施工质量控制要点进行系统的分析，并且规范施工过程，加强各个环节的质量管理，对于提高公路桥梁工程质量，保证交通安全有十分重要的意义。本文根据《公路桥涵施工技术规范》及有关经验，对公路桥梁预应力张拉施工质量控制要点做系统的分析。

1 预应力张拉施工准备阶段质量控制要点

1.1 原材料质量控制

预应力张拉施工所用的原材料主要有预应力筋、锚具、夹具、连接器和水泥浆原材料等，原材料质量是保证张拉施工质量的基础，必须按照规范要求进行检验，严禁不合格材料进入施工现场。预应力筋应优先采用高强度低松弛钢绞线，进场时应查验产品合格证和出厂检验报告，主要对抗拉强度、屈服强度、弹性模量和延伸率进行检测，不同规格、不同批次的钢绞线要分别存放，防止混杂。钢绞线储存时要采取防潮、防腐蚀措施，存放在干燥通风的库房里，远离酸碱等腐蚀性物品，堆放高度不能太高，以免受压变形。锚具、夹具及连接器应满足设计要求和有关标准，进场时要进行外观检查、硬度检验以及静载锚固性能试

验，外观不得有裂纹、变形、锈蚀等缺陷，硬度指标符合规范规定，静载锚固效率系数不小于规范要求。锚具存放时要分门别类存放，做好防护措施以防止锈蚀、损坏，使用前必须对锚具进行清洗，清除表面的油污及杂物。

1.2 施工设备质量控制

预应力张拉施工设备主要有千斤顶、压力表、油泵、张拉架、孔道压浆设备等，设备的精度和性能影响着张拉应力控制的准确性，要对设备进行校准、调试和保养。千斤顶及压力表属于张拉施工的主要设备，进场时应由具有相应资质的检测单位实施标定工作，标定完毕后的设备方可投入运行，其标定周期不应超过6个月，倘若设备发生故障、维修或者长时间处于停用状态之后再被启用，则必须执行重新标定程序。千斤顶额定张拉力应大于设计张拉控制力的1.2倍，压力表精度等级不小于0.4级，量程要和千斤顶额定张拉力一致，保证读数准确。

油泵应选用性能稳定、压力调节灵敏的电动油泵，使用前检查油泵的密封性及管路连接情况，不得有漏油现象；张拉架应有足够的强度和刚度，能够承受张拉过程中最大的拉力，防止由于张拉架变形而影响张拉精度；孔道压浆设备需要调试正常，保证压浆压力、流量满足设计要求，压浆管不能被堵塞或者漏浆。所有的施工设备必须有专人负责操作和保养，建立设备台账，记载设备的标定情况、使用状况及维修记录，定期对设备实施清洗、加注润滑油并开展检查修理工作，尽早发现并解决设备存在的问题，保证设备一直处在良好的运转状况之中。

1.3 人员配置控制

预应力张拉施工技术含量高、操作人员专业技能及责任心强，应配置专业施工人员并做好岗前培训和

技术交底。张拉操作人员应具有相应专业的技术职称和岗位资格证书，掌握预应力张拉施工工艺、设备使用方法以及质量检验标准等专业知识，经过岗前培训考试合格后方可上岗工作。施工前技术员要对操作人员做详细的施工技术交底，明确张拉顺序、张拉控制应力、伸长值控制范围、持荷时间等主要参数，施工中应注意的事项及应急处置办法。现场应设专人负责张拉施工全过程的质量监督和技术指导工作，发现问题及时反馈并加以整改，做好施工日志的填写工作，保证施工过程有迹可循。

1.4 施工方案与现场准备控制

施工前根据工程实际情况编制详细的预应力张拉专项施工方案，明确施工流程、张拉工艺、质量控制要点、安全保障措施和应急预案等主要内容，专项施工方案应经过审核批准后才能组织实施。现场准备工作要充分，清理张拉作业区，保证作业场地宽敞、环境安全；检查预应力孔道质量，孔道应通畅、无堵塞、无变形，孔道轴线偏差符合设计要求，如果孔道堵塞或者变形，应及时清理并修补；检查梁体混凝土强度，张拉前梁体混凝土强度应达到设计强度的80%以上，弹性模量不小于混凝土28d弹性模量的80%，若有特殊要求，按照设计要求执行，混凝土强度检测采用标准养护试件和同条件养护试件双方法检测，确保强度合格。同时做好张拉设备的安装调试工作，把千斤顶、压力表、油泵等设备固定好，检查设备的运行情况，保证设备的操作灵敏度高，读数准确；对预应力筋进行穿束处理，穿束前要清除预应力筋表面的油污、锈蚀，穿束时防止预应力筋变形、弯曲，使预应力筋顺利通过孔道。

2 预应力张拉施工过程质量控制要点

2.1 张拉顺序控制

预应力张拉顺序应按设计要求执行，没有明确规定的则要遵照对称张拉、分批张拉的准则，防止因为张拉顺序不对而引发梁体受力失衡、出现裂缝或者变形的情况发生。对于梁体预应力张拉一般采取对称张拉方式，即从梁体两端向中间对称张拉或者从中间向两端对称张拉，保证梁体两端受力均衡；对于多束预应力筋应分批进行张拉，分批数量及张拉顺序要按照梁体结构特点和预应力筋布置状况来定，相邻两批预应力筋的张拉间隔时间要满足设计要求，防止由于张拉间隔太长造成预应力损失过大。张拉时必须保证两端千斤顶同步工作，同步施加拉力，两头张拉力的允许偏差应控制在±2%以内，防止一端张拉速度太快或

者拉力太大造成梁体单侧受力过大。

2.2 张拉控制应力控制

张拉前应按设计图纸计算出张拉控制应力，并考虑孔道摩阻的影响，孔道摩阻测试需要对不同种类的孔道做不少于一个孔道的测试，孔道长度大于60m时，应适当增加测试次数。张拉时用千斤顶、压力表控制张拉应力，压力表读数要准确，操作人员应按照施工方案中规定好的应力值来张拉，分阶段施加拉力，防止一次性施加过大的拉力造成预应力筋断裂或者梁体损坏。当张拉应力达到设计控制应力时，应保持持荷状态，持荷时间为2min，持荷期间观察压力表读数是否稳定，若读数下降，则需要重新张拉到设计控制应力上，保证预应力筋得到充分的受力。同时要控制张拉速率，张拉速率不能太快，一般控制在0.5~1.0MPa/s之间，防止由于张拉速率过快造成预应力筋产生塑性变形，影响张拉质量。

2.3 伸长值控制

预应力筋伸长值控制属于张拉施工质量控制的辅助手段，采取张拉力与伸长值双控的方式，把张拉力作为主要控制指标，同时对伸长值展开校核，从而保证张拉施工的质量。张拉前需要根据预应力筋长度、弹性模量、张拉控制应力等参数来计算理论伸长值，理论伸长值计算公式为：

$$\Delta L = (P_p * L) / (A_p * E_p)$$

ΔL 是理论伸长值， P_p 是预应力筋的平均张拉力， L 是预应力筋的有效长度， A_p 是预应力筋的截面积， E_p 是预应力筋的弹性模量。计算过程中要考虑孔道的摩擦、锚具变形等影响因素，保证理论伸长值计算正确。

张拉过程中需要实时测量预应力筋的实际伸长值，测量方法是使用量测千斤顶活塞行程的方法，在预应力筋达到初应力（一般为张拉控制应力的10%~20%）时做标记并记录下千斤顶活塞初始行程，再分阶段进行张拉，每阶段张拉结束后记录活塞行程，计算出实际伸长值。实际伸长值和理论伸长值之差应不大于±6%，否则停止张拉，查找原因，采取相应措施后再进行张拉。

2.4 现场监测与记录控制

张拉施工时要加强对现场的监测工作，对梁体变形、预应力筋受力状况以及设备运转情况进行观察，并且要及时发现问题并加以解决。监测内容为梁体竖向变形、水平位移，预应力筋伸长值、应力变化，锚具受力情况及有无滑移、渗漏等现象，如果出现梁体

变形过大、预应力筋伸长值异常、锚具滑移等情况，则应立即停止张拉并进行分析查找原因，采取相应处理措施以防止安全事故或质量问题的发生。

做好施工记录工作，详细记载张拉日期、时间、操作人员、设备编号、张拉顺序、张拉控制应力、实际伸长值、持荷时间、梁体变形情况以及异常情况的处理等事项，施工记录要真实、准确、完整，并且签字确认后归档保存，保证施工过程可以追溯。

3 预应力张拉后锚固及后续处理质量控制要点

张拉完毕后应进行锚固、孔道压浆和端部封锚等工作，防止预应力筋锈蚀、预应力损失，保证预应力效果的长期稳定性。

(1) 锚固质量控制：张拉到设计控制应力后，立即进行锚固，锚固时保证锚具和预应力筋贴合严密，无松动、滑移现象。锚固完成后要检查锚具的锚固情况，观察锚具夹片是否锁紧、预应力筋有无外露、外露长度是否满足设计要求，外露长度一般不少于30mm，如果外露长度不够，则需要做补拉调整。锚固完成后要及时切除多余的预应力筋，切割用砂轮锯切割，不能用气割切割，以免高温造成预应力筋、锚具的损坏，切割后的预应力筋端部应打磨除锈，清除毛刺及氧化层。同时对锚具回缩量进行检查，回缩量测量精度 $\leq 1\text{mm}$ ，回缩量过大时应查找原因并做重新锚固或者补拉处理，保证锚固质量。

(2) 孔道压浆质量控制：孔道压浆是保护预应力筋、防止其锈蚀的重要措施，也是传递预应力、保证预应力筋与梁体混凝土良好结合的关键环节，必须严格控制压浆质量。压浆前需要清理孔道，清除孔道内杂物、积水及油污，保证孔道畅通、干燥；配置水泥浆，水泥浆配合比要经过试验来确定，保证水泥浆强度、流动性、泌水率满足设计要求，泌水率不大于3%，24h泌水率不大于2%，水泥浆搅拌均匀后，在规定时间内使用，防止水泥浆凝结。压浆时采用真空压浆工艺，先将孔道内空气抽出，使孔道内形成负压，再缓

缓注入水泥浆，压浆压力控制在0.5~0.7MPa之间，压浆速度均匀，防止压力过大或者过小造成压浆不密实。压浆过程中要观察孔道两端的水泥浆是否溢出，如果两头溢出的水泥浆浓度和注入的水泥浆浓度相同，没有气泡，就说明孔道已经灌满，这时需要保持压浆压力持荷3~5min，再关闭压浆阀门，结束压浆。压浆完毕后要及时将孔道两端多余的水泥浆清除干净，并做好压浆记录，内容应包括压浆日期、时间、水泥浆配合比、压浆压力、压浆量等，养护水泥浆，养护时间不少于7天，养护期间要保持环境湿润，防止水泥浆开裂。

(3) 端部封锚质量控制：端部封锚是保护锚具和预应力筋端部的措施之一，保证封锚混凝土强度满足设计要求，封锚后不得有裂缝、渗漏等缺陷。封锚前需要清除锚具和预应力筋端部的杂物、油污，凿毛梁体端部混凝土表面以提高封锚混凝土与梁体混凝土的粘结力；安装封锚模板，模板应安装牢固、密封严密，不得漏浆；浇筑封锚混凝土，封锚混凝土强度等级不小于梁体混凝土强度等级，浇筑时振捣密实，防止产生蜂窝、麻面等质量缺陷。封锚混凝土浇筑完毕后要及时养护，养护时间不小于14d，养护期间不得碰击、振动端部，保证封锚混凝土强度的正常发展，防止出现裂缝。

4 结论

公路桥梁预应力张拉施工质量控制属于一项系统工程，牵涉到施工准备、施工过程以及后续处理等诸多方面，必须依照工程实际情况，并遵照规范要求和施工方案，加强各个环节的质量管控。施工前要对施工材料、设备、人员、现场进行充分准备，保证施工条件符合要求；施工中要严格控制张拉顺序、张拉控制应力、伸长值等主要参数，并加强现场监测与记录工作；张拉完成后要做好锚固、孔道压浆、端部封锚等工作，防止预应力损失及预应力筋锈蚀。根据施工过程中出现的质量问题进行原因分析，并提出相应的控制措施来预防施工过程中出现的质量问题。

参考文献：

- [1] 邵李珉华.公路桥梁施工中现浇箱梁施工技术分析[J].运输经理世界,2025,(35):91-93.
- [2] 郭禹宏.公路桥梁工程预制梁预应力智能张拉技术研究[J].工程机械与维修,2025,(11):20-22.
- [3] 江永德.桥梁预应力智能张拉技术[J].江苏建材,2025,(05):112-113.
- [4] 王彦钦.公路桥梁预应力智能张拉施工技术的应用策略[J].时代汽车,2025,(20):183-185.
- [5] 李青.高速公路桥梁施工中预应力箱梁施工技术研究[J].工程机械与维修,2025,(08):110-112.