文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

桥梁预应力张拉施工检测质量问题及控制措施

贾旭
江苏捷达交通工程集团有限公司　江苏淮安　223000
DOI：10.32629/ems.v8i10.22553

［摘　要］以某城际快速路跨河桥梁 24 束预应力束为检测对象，开展全过程质量检查，覆盖设备校准、张拉力与伸长值双控及锚固性能复核。检查发现，6 台千斤顶中 3 台超校准有效期，4 块油压表中 2 块精度不足 1.0 级；已张拉 12 束中，4 束张拉力偏差超±5%，3 束伸长值偏差超±6%，另有 2 束滑丝量超 5 mm、1 处夹片外露不足 2 mm。通过固定设备配套、统一分级加载与同步量测、将锚固异常纳入返工复检，300 项检测数据合格项由 243 项增至 296 项，整体合格率从 81.0%提高到 98.7%。

［关键词］预应力张拉；施工检测；张拉双控；设备校准；锚固性能

引言：

预应力混凝土连续箱梁的张拉质量直接影响梁体承载能力、裂缝控制与长期耐久性。实际施工中，千斤顶与油压表的计量状态、设备配套关系、弹性模量取值、读数时点及锚具夹持情况均会将误差带入张拉过程，而现有现场检测偏重终张拉读数，对设备重新校准、双控数据的同步对应及卸荷后锚固复测关注不足。某城际快速路跨河桥梁布置 24 束低松弛预应力钢绞线，张拉控制应力为 1395 MPa。文中以全部预应力束为检查对象，从设备进场到锚固后检查进行连续记录，识别校准失效、双控超限与锚固异常，并通过固定设备组合、修正计算参数、统一量测节点与返工复检实施干预，为同类连续箱梁预应力检测提供可执行依据。

1. 工程概况

本次研究依托某城际快速路跨河桥梁工程来开展，主桥选用预应力混凝土连续箱梁结构，跨径布置为 3×40 m，设计荷载等级按公路-I 级控制；全桥共布置 24 束公称直径 15.2 mm 的低松弛预应力钢绞线，张拉控制应力设计值为 1395 MPa，预应力施工直接关系到箱梁受力状态以及桥梁服役期间的耐久性；鉴于钢绞线张拉过程受到设备计量状态、油压读数、理论伸长值计算、现场量测以及锚具回缩等多项因素影响，本次检测把 24 束预应力束全部纳入检查范围，覆盖张拉设备进场校准、张拉前参数核查、分级加载、张拉力与伸长值同步记录、持荷以及锚固后的质量检查等环节，同时对施工记录和现场实测信息进行对应复核；该桥预应力束数量较集中，施工工序衔接紧，任一检测环节出现偏差，都可能使有效预应力不能达到设计要求，所以有必要围绕设备校准、张拉双控以及锚固性能开展全过程质量问题识别，为后续提出控制措施提供工程依据。

2. 本项目预应力张拉施工检测质量问题识别

2.1 张拉设备检测校准类问题

设备进场核查是预应力施工检测的起始环节，检查内容涉及千斤顶编号、油压表量程、设备配套关系、校准证书及有效期限，并按进场、参数核对、分级加载、同步量测、持荷锚固及张拉后检查的顺序连续记录，流程见图 1。现场资料中设备编号与校准证书未能逐台对应，部分设备更换后未及时重新标识，仪器实际状态与记录信息出现脱节。逐台核查 6 台进场千斤顶，3 台已超出校准有效期，占 50%，其中 1 台仍沿用上一施工阶段的校准曲线；配套 4 块油压表中 2 块精度等级仅为 1.5 级，未达到预应力张拉检测要求的 1.0 级，且千斤顶与油压表存在临时调换后继续使用的情况，原有标定关系被改变，压力读数难以准确换算为实际张拉力。

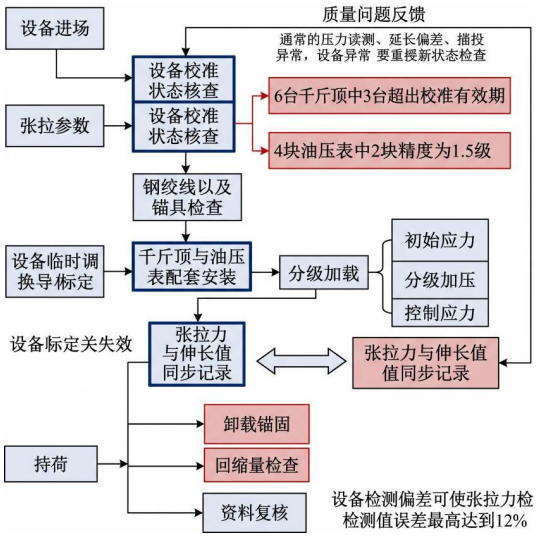

图 1　本项目预应力张拉施工检测全流程示意图

2.2 张拉力与伸长值检测偏差类问题

对已完成张拉的 12 束预应力束进行记录核对与现场复查，4 束张拉力实测值与 1395 MPa 设计值的偏差超过±5%，占已检数量的 33.3%，还有 3 束实际伸长值与理论伸长值的

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

偏差超过±6%，占 25.0%，各束偏差分布以及超限情况见表 1；理论伸长值复核时，把钢绞线分段长度、平均张拉力以及弹性模量等参数带入计算，具体计算公式如下。

$$\Delta L = \frac{P_p L}{A_p E_p}$$

其中，ΔL表示预应力筋理论伸长值，单位为 mm；P_p表示预应力筋平均张拉力，单位为 N；L表示预应力筋计算长度，单位为 mm；A_p表示预应力筋截面面积，单位为 mm²；E_p表示钢绞线弹性模量，单位为 MPa。

表 1　本项目预应力张拉施工检测质量问题统计台账

预应力束编号	张拉力实测值/MPa	张拉力偏差/%	理论伸长值/mm	实际伸长值/mm	伸长值偏差/%	检测判定
N1	1408	0.9	238	243	2.1	契合要求
N2	1472	5.5	240	246	2.5	张拉力超限
N3	1380	-1.1	241	258	7.1	伸长值超限
N4	1318	-5.5	239	222	-7.1	双项超限
N5	1421	1.9	242	250	3.3	契合要求
N6	1479	6.0	240	251	4.6	张拉力超限
N7	1362	-2.4	238	232	-2.5	契合要求
N8	1309	-6.2	241	257	6.6	双项超限
N9	1416	1.5	239	246	2.9	契合要求
N10	1374	-1.5	240	235	-2.1	契合要求
N11	1435	2.9	242	250	3.3	契合要求
N12	1390	-0.4	241	247	2.5	契合要求

偏差形成主要涉及两类情况：一方面，部分检测人员没有在规定的初始荷载以及终张拉持荷节点读取数据，把千斤顶继续加载后的油压值当作稳定读数来记录，伸长量量测也存在起始读数偏晚、终值读取过早的问题，使张拉力以及伸长值失去同一时点的对应关系；另一方面，理论计算直接选用设计弹性模量 1.95×10⁵ MPa，没有按照进场钢绞线试验所得 1.89×10⁵～1.91×10⁵ MPa 进行调整，偏大的取值把理论伸长值压低了，现场实际伸长值便容易出现正向超限，所以读数时机不一致以及弹性模量取值偏差共同放大了双控数据之间的不契合程度[1]。

2.3 张拉后锚固性能检测类问题

对 24 束预应力筋张拉锚固阶段的检测资料与现场量测记录逐束复核，重点检查锚具夹片外露状态、钢绞线滑移痕迹、锚固前后伸长量变化及端部完整性、，发现有 2 束预应力筋的滑丝量超过规范允许的 5 mm 限值，同时有 1 处锚具夹片外露量不足 2 mm，说明张拉完成后的锚固质量检查还存在漏项，部分记录也只填写了是否合格，没有把实际量测数值以及检测时点完整记录下来，导致异常情况难以及时追溯[2]。滑丝问题主要发生在卸荷锚固以后，现场人员未按规定对钢绞线外露长度进行前后比对，也没有持续观察夹片是否同步跟进；夹片安装时，锚孔内残留的杂物没有得到彻底清理，钢绞线表面局部沾有油污，加上个别夹片牙纹磨损，夹持力受到了影响，而夹片外露量不足则和夹片安装深度不一致、锚圈孔位偏斜以及回油速度偏快有关，这些问题叠加后，会把原本集中传递的锚固力转化为不均匀受力，局部钢绞线便容易发生回缩或者继续滑移[3]。此类异常若没有在张拉结束后马上开展复测以及整改，初期滑移可能在后续荷载作用下继续发展，使有效预应力损失超出设计预期 15%以上；箱梁受拉区的应力储备会随之降低，裂缝控制能力也会受到影响，水分以及腐蚀介质还可能沿锚具端部进入孔道，所以，锚固后的滑丝量复核、夹片外露量量测以及端部封锚前检查不能只作为形式性工序，而应当和张拉原始记录逐束对应，并把超限预应力束及时纳入退锚、重新张拉以及复检范围。

3.本项目预应力张拉施工检测质量控制措施及实施效果

3.1 张拉设备检测全流程管控措施

设备准入环节实施控制。6 台千斤顶与 4 块油压表进场后由专人逐台核对编号、量程、精度等级、校准证书及有效期限，只有持有效证书且油压表精度达到 1.0 级的设备才可登记使用；千斤顶须同校准时配套的油压表固定组合并设置一致编号，不得调换，证书过期、编号不符或状态异常的设备马上隔离，重新校准并确认压力与张拉力对应关系后方可投入作业[4]。设备使用期间，把每张拉 100 次或连续使用满 1

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

个月作为强制复检节点,任一条件先达到即停止使用并送检，维修、拆装、碰撞或读数异常时也应提前复检；设备管理员逐束记录使用日期、张拉次数、配套编号、校准曲线、证书期限以及异常处置情况，并在加载记录中同步登记，使设备状态能够对应具体预应力束，形成可追溯的检测台账。

3.2 张拉力与伸长值双控检测优化措施

针对前期张拉力以及伸长值读数时点不一致的问题，现场把分级加载、稳压持荷以及同步量测作为固定程序：按规定级次缓慢加载，各级核对油压及伸长变化，达到终张拉控制应力后保持油压稳定，连续持荷 2 min 再读取张拉力和终点伸长值，同时复核初始荷载基准，不得把瞬时油压或尚未稳定的伸长量记入记录；检测人员与操作人员应同步确认数据，发现读数跳变、量测不同步或设备异常时，马上暂停作业并查明缘由[5]。每批次钢绞线进场后先取样检测弹性模量，把实测值作为理论伸长值计算依据，不再直接套用设计值，同时核对截面面积、分段长度以及孔道参数，计算资料经复核后才可交付现场；张拉过程严格执行双控检测，将实测结果同 1395 MPa 控制应力以及修正后的理论伸长值进行比较，张拉力偏差控制在±5%以内，伸长值偏差控制在±6%以内，任一指标不契合要求便马上停止张拉，排查设备配套、读数时点、参数取值以及孔道阻力，完成调整并复检合格后方可继续施工。

3.3 锚固性能检测管控与实施效果验证

锚具与夹片逐套检查纳入张拉前验收，重点核对夹片牙纹、锚孔洁净度、钢绞线表面状态以及安装深度，发现磨损、油污或孔位偏斜时马上进行更换和清理；张拉锚固后 1 h 内，由检测人员对每束钢绞线外露长度进行前后比对，量取滑丝量以及夹片外露量，同时把检测时点、实测数值和处置情况写入逐束台账，滑丝超过 5 mm 或夹片状态不契合要求的批次停止后续作业，按退锚、缺陷处理、重新张拉以及复检的顺序开展返工，复检合格后才可封锚。措施执行后，依靠同一检查口径对全桥设备状态、张拉力、伸长值以及锚固性能共 300 项检测数据进行对比，结果见表 2；合格项由 243 项增至 296 项，张拉检测整体合格率从 81.0%提高到 98.7%，其中锚固性能合格率由 87.5%升至 97.9%。

表 2　本项目张拉检测质量控制措施实施前后合格率对比表

检测项目	检测项数/项	实施前合格项数/项	实施前合格率/%	实施后合格项数/项	实施后合格率/%
设备状态检测	60	48	80.0	60	100.0
张拉力检测	120	96	80.0	118	98.3
伸长值检测	72	57	79.2	71	98.6
锚固性能检测	48	42	87.5	47	97.9
合计	300	243	81.0	296	98.7

4.结语

本项目的检测结果说明，预应力张拉质量偏差往往由设备状态、参数取值、读数操作以及锚固检查等多处问题共同形成，单独核对终张拉油压难以判断有效预应力是否真正达到设计要求；把千斤顶以及油压表进行固定配套，对校准期限、使用次数和异常状态开展持续登记，同时依据钢绞线实测弹性模量去修正理论伸长值，可使张拉力与伸长值处在同一时点进行核验；锚固完成后 1 h 内量取滑丝量和夹片外露量，并把超限预应力束按照退锚、缺陷处置、重新张拉以及复检的次序进行处理，也使隐蔽前的质量问题得到控制；措施实施后仍有 4 项检测数据未达到要求，说明现场控制不能只看合格率变化，还需把逐束原始记录、设备使用轨迹以及返工结果长期对应起来，在后续施工中继续对少量异常数据进行复核，才能使检测工作真正服务于箱梁受力安全以及耐久性控制。

[参考文献]

[1]朱建朝,董昊,吴建芳,等.基于可靠度理论的桥梁锚下张拉力评定准则研究[J].工程质量,2024,42(9):70-75.

[2]冯浩.预应力混凝土桥梁锚下有效预应力检测[J].交通科技与管理,2025,6(4):91-93.

[3]管旭晖.千斤顶和预应力智能张拉系统检定校准的必要性分析[J].仪表技术,2025,(5):61-63+80.

[4]李海波,陈浩.桥梁锚下预应力损失影响因素分析[J].广州建筑,2025,53(1):39-44.

[5]李金岭,王大勇,李振启.夹片锥面角度对夹片式锚具静载锚固性能影响的试验研究[J].建筑科学,2025,41(11):60-65.

作者简介：贾旭，1991 年 6 月，汉族，江苏淮安人，本科，中级，研究方向试验检测。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.