

浅谈预应力混凝土箱梁张拉技术

房瑞霞

宁波市斯正项目管理咨询有限公司, 浙江 宁波 315100

[摘要] 数控智能张拉设备是目前高架桥现浇简支梁、连续梁、连续刚构预应力筋进行张拉的新型设备, 施工现场具备经批准的张拉程序和现场施工说明书, 张拉应力控制符合设计要求, 张拉期间, 千斤顶的张拉作用线与轴线相重合, 同时以伸长值进行校核, 实际伸长值与理论伸长值的差值控制在±6%以内。经过简支梁底板、腹板、顶板分阶段施加预应力实验数据, 得出不同断面的伸长量, 因此对比传统张拉技术, 智能张拉技术同步精确率较高。

[关键词] 数控智能张拉设备、简支梁、连续刚构、实际伸长值、理论伸长值

DOI: 10.33142/ec.v3i11.2778

中图分类号: TU74

文献标识码: A

Talking about the Tension Technology of Prestressed Concrete Box Beam

FANG Ruixia

Ningbo Sizheng Project Management Consulting Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315100, China

Abstract: CNC intelligent tensioning equipment is a new type of equipment for tension of cast-in-situ simply supported beam, continuous beam and continuous rigid frame prestressed reinforcement of viaduct. The construction site has approved tensioning procedures and field construction instructions, and the tension stress control meets the design requirements. During the tensioning period, the tension action line of the jack coincides with the axis, and the elongation value is checked. The difference between the actual elongation value and the theoretical elongation value is controlled within ±6%. Through the experimental data of simply supported beam bottom plate, web plate and roof by stages, the elongation of different sections is obtained. Therefore, compared with the traditional tensioning technology, the synchronous accuracy of intelligent tensioning technology is higher.

Keywords: CNC intelligent tension equipment; simply supported beam; continuous rigid frame; actual elongation value; theoretical elongation value

1 工程概况

宁波市轨道交通2号线二期TJ2212标, 起讫里程为K28+655.059和K32+149.871, 全长3.49km, 线路起点清水浦地铁站, 沿宁镇公路走向, 终点位于俞范东路交口处。

本段高架桥主要采用满堂支架现浇预应力混凝土箱梁, 标准跨度采用35m、30m, 布跨时以35m、30m为主, 辅以32m、24m进行调整, 线间距4.2m, 双线简支梁标准桥宽9.6m, 简支梁梁高统一采用2.0m, 全线标准梁分为A、B型梁: A型梁单端张拉简支梁, 腹板束张拉位置在梁端; B型梁为收口梁, 腹板束锚固于顶板上, 施工过程可根据施工进度、节点需要, 开展多个工作面施工, 顺序浇筑, 张拉A型梁, 两相邻工作面相接处采用B型收口梁衔接, 收口梁位置应位于平曲线半径大于1200m处, 9.6m双线梁翼缘宽度2.7m, 采用单箱单室横断面, 底板宽4.5m, 跨中腹板厚度0.35m, 顶板厚0.25m, 底板厚0.27m, 顶板加腋尺寸为0.8×0.25m; 翼缘根部高度0.5m, 端部0.2m。单线简支梁梁宽5.4m, 梁高2.0m, 单线简支梁采用梁端开槽张拉方式, 与2号线一期相接采用单端张拉。

2 张拉技术工艺概况

2.1 张拉总体安排

所有与连续梁相接的简支梁均应待连续梁张拉完成后方可施工, A型梁顺序施工根据施工进度及控制节点位置确定收口梁B型梁位置, 梁体因混凝土干燥收缩及预应力作用下上下缘的理论压缩量见下表:

表1 梁体上下缘的理论压缩量

跨度 (m)	压缩量 (mm)	跨度 (m)	压缩量 (mm)
35m 双线简支梁	20	30	13
32m 双线简支梁	16	27	10
25m 单线简支梁	12	24	11

3 张拉技术要点

3.1 预应力筋张拉和锚固

- (1) 本工程现浇梁张拉时未对梁体压缩造成阻碍;
- (2) 张拉预应力束在梁体混凝土强度及弹性模量达到设计值的 90%且龄期不少于 8 天;
- (3) 预应力张拉顺序: 先张拉腹板束再张拉底板束;
- (4) 张拉原则是先张拉长束, 后张拉短束;
- (5) 张拉时以油压表读数为主, 以钢绞线伸长值作校核;
- (6) 开始张拉时至少对两孔梁进行管道摩阻及喇叭口摩阻等瞬时预应力损失测试, 确保施加预应力准确;
- (7) 及时采取防雨措施避免锚具及预应力筋锈蚀;

3.2 管道压浆

严格控制管道压浆质量, 确保压浆的密实性。

- (1) 管道压浆应在预应力筋张拉完成 24 小时内进行, 压浆前及时清理管道内的积水, 保证浆液的密实性;
- (2) 压浆浆体采用高性能无收缩防腐灌浆剂, 提升水泥浆的密实度, 水胶比 ≤ 0.33 , 并且控制浆液的终凝时间 ≤ 24 小时;
- (3) 为达到灌浆效果, 采用灌浆泵在孔道的一端工作, 使浆液充满整个管道, 并施加不大于 0.7 兆帕的压力, 同时使用真空泵在管道的另一端排气, 从而使其产生负压 ($-0.06 \sim -0.1$ 兆帕)。

3.3 封锚

封端填充采用塑性混凝土, 封锚处设置钢筋网, 利用原主筋与钢筋网进行连接, 封锚前应将封锚处混凝土凿毛, 封锚后进行防水处理, 锚槽外侧涂刷防水涂料, 防水涂料可采用聚氨酯防水层, 厚度 1.5mm。

4 箱梁张拉技术具体内容

4.1 张拉技术说明

- (1) 纵向预应力束采用 $\phi^*15.2$ 高强度低松弛的钢绞线, 其标准强度为 1860 兆帕, 弹性模量为 1.95×10^5 兆帕; 并且预应力钢束采用增强型金属波纹管成孔, 增强型金属波纹管技术指标满足相关国家规范要求;
- (2) 表中下料长度已包含张拉端预留的工作长度, 预留工作长度为 1m, 张拉预应力钢束一次性到位, 在张拉主梁带模板时, 松开内模, 因此就不会阻碍梁体压缩, 张拉时混凝土龄期不小于 8 天, 且其弹性模量及强度不少于设计值的 90%;
- (3) 纵向预应力束采用张拉力与延伸量双控, 以张拉力控制为主, 张拉程序: $0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow (0.1 \sigma_{con}) \rightarrow \sigma_{con}$ 持续 5 分钟锚固, 张拉工艺及要求按照《客货共线铁路桥涵工程施工技术指南》中有关条文和有关自锚式拉丝体系张拉操作要点进行;
- (4) 表中钢束伸长量为全部张拉力产生的伸长量, 实际伸长量与理论延伸量允许 $\pm 8\%$ 的误差, 钢束伸长量的计算参数 μ 、 K 分别取值 0.25、0.0025, 施工时应根据实验实测值进行计算, 预应力施加时应左右对称, 最大不平衡束不应超过 1 束;
- (5) 施工初期为确保预应力施加的准确性, 按要求测试管道摩阻, 锚圈口摩阻等预应力瞬时损失值, 施工时应根据实际情况采用加大定位网钢筋直径, 减小定位网纵向间距以及定位网钢筋与梁体钢筋焊接成一体以保证管道位置正确和平顺;

表 2 35m 型简支梁预应力工程数量表 (单片梁)

钢束编号	钢束型号	锚具型号	波纹管尺寸 (mm)	束数	每束管道长度 (mm)	管道总长	张拉伸长量	钢束位置	张拉端
F1	17 ϕ S15.2	群锚 15-17	ϕ 内 90	2	34667	69.3	220	腹板	右端
F2	17 ϕ S15.2	群锚 15-17	ϕ 内 90	2	33035	66.1	210	腹板	右端
F3	17 ϕ S15.2	群锚 15-17	ϕ 内 90	2	31417	62.8	201	腹板	右端
B1	12 ϕ S15.2	群锚 15-12	ϕ 内 90	6	28649	171.9	176	底板	右端
B2	12 ϕ S15.2	群锚 15-12	ϕ 内 90	6	28649	171.9	176	底板	左端

5 张拉方法及过程计算

5.1 张拉原理

$0 \rightarrow 0.1 \sigma_K$ (持荷 3min 量测伸长值) $\rightarrow 0.2 \sigma_K$ (持荷 3min 量测伸长值) $\rightarrow \sigma_K$ (持荷 3min 量测伸长值) \rightarrow 顶回油 (量测伸长值)。

如果两台千斤顶的同一束控制应力都达到设计值的 100%后, 累加两端的实际伸长量 ΔL , 那么比较实际值与理论计算值, 若偏差在 $\pm 6\%$ 内, 保证 24 小时内完成压浆; 若偏差大于 $\pm 6\%$, 待采取处理措施后方可进行压浆程序。

为张拉预应力束需及时补偿张拉应力，当张拉应力全部达到设计锚下应力控制值时，超张拉量范围在（3%~5%），即张拉到设计值锚下应力的（103%~105%）等待 5 分钟后方可进行锚固，选取超张拉值的原则为：若实际伸长量偏小，就取较大值，若实际伸长量偏大，就取较小值。

采用两端张拉纵向预应力钢束，主要控制伸长量和张拉力，并按时校核伸长量。计算张拉伸长量：设计值锚下控制应力的 100%伸长量减去初始张拉应力的 20%伸长量，计算值为钢束的实际伸长值。

5.2 计算预应力实际与理论伸长量

5.2.1 计算应力理论伸长值如下所示：

计算后张法预应力筋的理论伸长值与平均值如下：

$$\Delta L = PP * L / (AP * EP)$$

$$PP = P * [1 - e^{- (KX + \mu \theta)}] / (KL + \mu \theta)$$

其中： ΔL ——预应力筋的理论伸长值，mm

L——预应力筋的长度，mm

PP——预应力筋的平均张拉力，N

X——从截面孔道的一端至张拉端的计算长度，m

AP——预应力筋的截面面积，mm²

EP——预应力筋的弹性模量，1.95*10⁵MPa

P——预应力筋一端的张拉力，N

θ ——计算从截面曲线孔道部分切线的夹角到张拉端之和，rad

K——每米孔道局部偏差摩擦的影响系数，0.0025

μ ——孔道壁和预应力筋的摩擦系数，0.25

5.2.1 计算实际伸长量

当张拉预应力筋时，首先要调整初应力值 σ_0 为控制应力的 10%~15%，此时需量测应力的伸长量。除了张拉时量测的伸长量外，实际伸长量加上初应力时推算的伸长量，同时测量千斤顶油缸行程的实际伸长数值，初始应力时分阶段测量油缸外露伸长度，施加分级荷载时测量油缸外露长度，计算实际伸长值 ΔL 的公式如下：

$$L = B + C - 2A$$

A——（0~10% σ_K ）控制应力下千斤顶的实际引伸量

B——（10% σ_K ~20% σ_K ）控制应力下千斤顶的实际引伸量

C——（20% σ_K ~100% σ_K ）控制应力下千斤顶的实际引伸量

具体张拉顺序（后张法）及数据如下表所示：

表 3 A10-A11 简支梁腹板施加 10%张拉力

钢绞线编号	张拉断面	千斤顶/油表编号	油表读数	10%张拉力 (KN)	伸长量 (mm)
F1 左	A1	A16300020/217032	4.5	232.7	28.4
F1 右	A2	A16300019/217032	4.1	230.3	32.8
F2 左	A1	A16300020/217032	4.5	232.7	42.4
F2 右	A2	A16300019/217032	4.1	230.3	46.4
F3 左	A1	A16300020/217032	4.5	232.7	43.8
F3 右	A2	A16300019/217032	4.1	230.3	47.1

6 结论

轨道交通工程 2 号线二期清水浦站高架桥施加预应力采用分阶段一次张拉完成，张拉预应力筋采用同步进行，并左右对称张拉，梁体混凝土强度、弹性模量均满足设计要求，实际伸长值与理论伸长值的差值均满足规范要求，本次张拉技术采用数控智能张拉设备，数据精确，有专门的技术管理人员进行张拉过程安全管控，施工现场已具备确保全体操作人员和设备安全的必要预防措施，节约大量的人力、物力，并且能减少安全管理风险，一旦出现张拉误差较大，该设备能及时发出警报，快速传达张拉问题所在。

[参考文献]

- [1] 中华人民共和国行业标准,《铁路桥涵工程施工质量验收标准》(TB10415-2003) [S]. 北京:中华人民共和国铁道部, 2004. 1. 1.
- [2] 中华人民共和国行业标准,《城市桥梁工程施工与质量验收规范》(CJJ2-2008) [S]. 北京:中华人民共和国铁道部, 2009. 7. 1.
- [3] 铁道部经济规划研究院,《客货共线铁路桥涵工程施工技术指南》(TZ203-2008) [S]. 北京:中华人民共和国铁道部, 2008. 3.
- [4] 中华人民共和国国家标准,《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224-2014) [S]. 北京:中国标准化出版社, 2015. 4. 1.
- [5] 中华人民共和国交通运输行业标准,《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》(JT/T529-2016) [S]. 北京:中华人民共和国交通运输部, 2016. 7. 1.
- [6] 中华人民共和国国家标准,《桥梁用结构钢》(GB/T714-2008) [S]. 北京:中国标准化出版社, 2009. 10. 1.
- [7] 铁路工程施工技术指南,《铁路预应力混凝土连续梁(刚构)悬臂浇筑施工技术指南》(TZ324-2010) [S]. 北京:铁道部经济规划研究院, 2010. 3. 31.
- [8] 中华人民共和国铁道行业标准,《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》(TB/T3192-2008) [S]. 北京:2008. 7. 1.
- [9] 中华人民共和国铁道行业标准,《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T14370-2015) [S]. 北京:中国标准出版社, 2016. 8. 1.
- [10] 中华人民共和国国家标准,《城市轨道交通工程监测技术规范》(GB50911-2013) [S]. 北京:中华人民共和国住房和城乡建设部、中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2014. 5. 1.
- 作者简介: 房瑞霞 (1984.9-), 女, 学历: 2008年毕业于河南大学民生学院, 土木工程专业, 工学士学位。