

# 桥梁后张法预应力施工技术及其质量控制

祁涛, 李云川, 刘杨

(中国水利水电第七工程局有限公司 第一分局, 四川 彭山 620860)

**摘要:**桥梁预应力施工质量的好坏是保证桥梁结构耐久性和安全运行的重要影响因素之一。介绍了南水北调中线鲁山南1段桥梁工程预应力施工技术、质量控制以及对所出现的质量问题进行处理采取的措施,可供类似工程参考借鉴。

**关键词:**后张法预应力施工;质量控制;断丝滑丝处理;桥梁工程

中图分类号:TV52;TV546;TV523;TU99

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)05-0039-03

## 1 工程概述

南水北调中线一期工程陶岔渠首~沙河南段鲁山南1段工程位于河南省平顶山市境内,该项目共有在建桥梁14座,其中有7座桥梁上部结构采用简支后张法预应力T梁,4座桥梁采用简支后张法预应力小箱梁,3座桥梁采用先简支后连续预应力小箱梁,共有T梁42榀,箱梁63榀,桥梁预应力主要为纵向预应力体系,预应力筋采用 $\phi_s=15.2$ 的钢绞线,正弯矩预应力管道采用圆形金属波纹管。

## 2 预应力施工方案

### 2.1 技术要求

(1)当梁体混凝土强度达到设计强度的90%且混凝土龄期不小于7d时方可进行张拉预应力施工。

(2)预制梁内的钢束采用两端同时张拉的方式,锚下控制应力为 $0.75f_{pk}=1\ 395\text{ MPa}$ 。

(3)所施加的预应力采用预应力与引伸量双控。当预应力钢束张拉达到设计张拉力时,将实际引伸量值与理论引伸量值的误差控制在 $\pm 6\%$ 以内。

### 2.2 施工工艺

该项目桥梁工程后张法预应力施工工艺流程为:管道安装→锚垫板安装→钢绞线下料、编束→穿束→检查梁体混凝土强度→千斤顶与压力表配套标定→张拉控制力计算→安装千斤顶→预应力张拉→伸长值计算校核→锁定→测量计算回缩量→千斤顶拆除→切割多余钢绞线。

#### 2.2.1 管道安装

收稿日期:2014-08-14

(1)安装步骤。①在梁体底板钢筋及腹板钢筋骨架基本安装完成后,按设计图纸进行管道坐标放样。②根据放样坐标,在波纹管底部位置设横向定位筋与其他钢筋点焊连接。③将波纹管从钢筋骨架中穿过放置在定位钢筋上。④波纹管长度不足时需进行接长。接头处连接管采用尺寸大一个直径级别的同类型管道,其长度为被连接波纹管管道内径的5~7倍。在搭接处被连接管外周围涂刷密封胶后穿入连接管,使接口处于连接管的中间部位,外圈用密封胶带紧密缠裹至少3层。⑤检查波纹管位置正确后,采用U型或井字型钢筋固定波纹管,固定钢筋与定位横筋和其他钢筋点焊连接。

(2)控制要点与注意事项。①定位钢筋间距按照设计要求进行布置,设计无要求时,一般直线段间距不大于50cm,曲线段不大于30cm。②波纹管位置与普通钢筋位置重叠时,适当移动普通钢筋,保证管道位置准确。③电焊施工时,在波纹管与施焊部位之间设隔离板或用湿布缠绕在管道上,防止火花灼伤或熔渣熔透管道。④波纹管定位完成后,及时检查坐标和间距并穿入塑料胶棒,防止在混凝土浇筑过程中振捣棒过于振动波纹管,进而造成波纹管的变形和位移。

#### 2.2.2 锚垫板的安装

(1)安装步骤。①将锚下螺旋筋事先套入波纹管。②按照设计位置在梁体端头模板上放样,标示出锚垫板位置。③沿锚垫板孔口周边表面贴上双面胶,紧贴在模板上并用螺丝将锚垫板固定在模板内侧。④将波纹管穿入锚垫板部分周围涂刷密封胶后穿入锚垫板内,再将搭接处外缘用密

封胶带紧密缠绕至少3层。⑤调整螺旋筋使其紧贴锚垫板并固定在锚后其他结构钢筋上。

(2)控制要点与注意事项。①波纹管与锚垫板搭接长度不得小于5 cm。②锚垫板的管道出口端与波纹管中心线垂直、同轴,端面的倾角均应符合设计要求。设计未规定时,同轴偏差不大于2 mm,锚具槽底面倾斜程度不得超过 $0.5^\circ$ 。

### 2.2.3 钢绞线的下料与编束

(1)施工步骤。钢绞线的下料、编束主要包括:切割下料、编号、编束。①计算钢绞线的下料长度,该项目桥梁预应力采用对穿锚,计算公式如下:

$$L = s + 2h$$

式中  $L$  为钢绞线的下料长度(mm); $s$  为管道实测长度(mm); $h$  为锚垫板外钢绞线使用长度,包括工作锚、限位板、工具锚的厚度及千斤顶长度、工作锚外的安全长度之和(mm)。②用钢卷尺在下料平台上放出下料长度,前端设置一块挡板嵌入,后端在平台上做出标记。③将钢绞线盘放入下料架内,切割包装袋,从内圈端头开始向外牵引钢绞线,前端顶在挡板上,将钢绞线顺直,在后端标记位置切断钢绞线。④不同下料长度的钢绞线分批下料并编号、挂牌标示,注明使用部位和孔号。⑤根据各管道钢绞线下料长度及根数进行分号编束。每束一端对齐,并在距离钢绞线端部5 cm处用软钢丝绑扎一道,使钢绞线不致散开。中间部位每隔1.5 m绑扎一道,使绑扎成束的钢绞线顺直。⑥钢绞线编束完成后,将前端包裹并安装导向帽,以便于穿束。

(2)控制要点与注意事项。①钢绞线使用前仔细检查其表面质量与直径偏差。②钢绞线的切割采用切断机或砂轮机,不得采用电弧或气割切割。

### 2.2.4 钢绞线的穿束

(1)施工步骤。①检查锚垫板喇叭孔、灌浆孔及管道内是否有杂物及积水等,如有则用压力水冲洗管道内的杂物,再用不含油的高压风吹干管道内的水分,以使管道畅通。②核对孔号与钢绞线束的编号,采用卷扬机整束穿束:先穿入一根钢丝作为牵引线,再将钢丝与钢绞线束前端的牵引头联接起来,人工配合卷扬机将钢绞线拉入管道,在卷扬机牵引下缓慢、匀速地将钢绞线束穿入波纹管。③穿束后,调整钢绞线束在梁体两端的外露长度基本一致。

(2)控制要点与注意事项。①穿束时要有专人指挥,用对讲机保持两端的联络。②穿束过程中保持钢绞线顺直,发现有扭绞时必须进行调整后再进行穿束。③钢绞线穿束后,管道两端钢绞线在截面的同一位置成镜像对称(图1)。

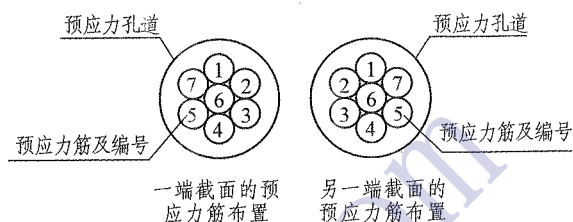


图1 钢绞线在管道两端的位置示意图

### 2.2.5 安装千斤顶

(1)安装顺序。该桥梁工程预应力张拉采用整束张拉方式,千斤顶安装的主要顺序为:工作锚→工作夹片→限位板→延长套(根据需要)→千斤顶→工具锚→工具夹片。

(2)安装步骤。①清理锚垫板表面的杂物,并将伸出管道口的多余波纹管剪除,然后清理畅通灌浆孔。②将钢绞线按顺直方向每根对中穿过工作锚孔,使工作锚紧靠锚垫板。③夹片用橡皮圈捆住套在钢绞线上,沿钢绞线滑移到工作锚孔内,夹片安装完成后,用一内径略大于钢绞线直径长度的套管将夹片捅捣整齐并打紧。④安装限位板,把有止口的面对着工作锚方向。⑤将钢绞线穿入千斤顶,使千斤顶、限位板、锚具尽量靠拢并对正。⑥在千斤顶的后面安装工具锚及夹片,工具夹片亦用套管打紧。

(3)控制要点与注意事项。①千斤顶安装完成后检查油管连接的情况,确认无误后,微微开动油泵,在开动油泵的过程中松开悬挂千斤顶的倒链,使千斤顶中心与锚垫板管道中心、锚具中心在一条直线上,调整好关闭油泵阀门。②夹片安装时,外露长度要基本一致,顶面平齐。③工作锚、工具锚与夹片必须配套使用,不能与其他厂家的锚具混用。工作锚不能代替工具锚使用,工作锚与夹片不得与工具锚互换。④工具夹片在张拉300次后进行更换。

### 2.2.6 预应力张拉

(1)张拉程序。后张法预应力张拉程序为: $0 \rightarrow \text{初应力 } \sigma_0$  (测伸长量及夹片外露量)  $\rightarrow 2\sigma_0$  (测伸长量)  $\rightarrow \sigma_{\text{con}}$  (持荷5 min,测伸长量及夹片外露

量)→根据设计要求超张拉 $1.03\sigma_{con}$ (测伸长量)→锁定→测回缩量。其中: $\sigma_0$ 为初应力,一般为张拉控制应力的10%~20%; $\sigma_{con}$ 为张拉控制应力。

(2)张拉步骤。①检查确认梁体混凝土强度及龄期是否满足设计及规范要求且混凝土无质量缺陷;梁体模板是否已经拆除、天气温度是否符合要求。②根据每一级张拉控制应力值、千斤顶与压力表配套标定的回归方程式计算确定每一级油表控制读数并填写张拉通知单。张拉作业时,核对梁体编号是否与张拉通知单上的内容一致,确认无误后粘贴在木板上,放在油表前以方便油泵操作人员进行控制。③准备的工具有:30 cm长钢直尺、记录笔、记录表格、计算器、对讲机等。④第一级张拉:指挥员下达口令后,操作员开动油泵,张拉至初应力的油表读数时立即停止,量测人员使用钢直尺测量千斤顶油缸长度并报数,由记录人员进行数据记录,再测量初应力时的夹片外露量。⑤第二级张拉:在指挥员统一指挥下,张拉至2倍初应力对应的油表读数,测量千斤顶油缸长度并进行记录。⑥第三级张拉:按相同操作步骤张拉至控制应力对应的油表读数并持荷5 min才能停止,测量千斤顶油缸长度和夹片外露量并进行记录。⑦伸长值计算:钢绞线束的实际伸长值计算公式为:

$$\Delta L_s = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

式中  $\Delta L_s$  为实际伸长值(mm); $\Delta L_1$  为从初应力至最大张拉应力间的实测伸长值(mm); $\Delta L_2$  为初应力以下的推算伸长值(mm),一般采用相邻级的伸长值。计算确定实际伸长值与设计伸长值的差值,其偏差须控制在 $\pm 6\%$ 以内。⑧锁定:油泵在停机状态下,打开卸荷阀,将油缸油压降为零,工作夹片自动跟进锁定。⑨测量并计算回缩量:张拉完成后,在工具锚外钢绞线上做一明显标记,量测其距离梁端长度并记录;待锁定后再次量测标记距离梁端长度并记录,其差值即为回缩量。⑩千斤顶拆除:开动油泵,打开控制阀与节流阀,向回程油缸供油,千斤顶活塞回程,到位后关闭油泵,卸除工具锚及千斤顶,量测工作锚夹片的外露量。⑪多余钢绞线的切除:在距离夹片端头3~5 cm处的钢绞线上作标记,24 h后复查,确认无滑丝、断丝后将多余的钢绞线切除。

(3)控制要点与注意事项。①张拉过程中听

从统一指挥,保证两端油泵同步操作。②张拉加载与卸载均应缓慢、平稳、匀速,加载速率为 $0.1\sigma_{con}/\text{min}$ ,卸载速率为 $0.2\sigma_{con}/\text{min}$ 。③在持荷5 min状态下,如发现油压下降,立即补至规定油压,认真检查有无断丝、滑丝现象。

### 3 施工过程中易出现的质量问题及处理

预应力筋在张拉与锚固时,因各种原因不可避免地会产生个别预应力筋滑移和断裂现象。

#### 3.1 滑丝的处理

(1)产生的原因。①锚圈锥孔与夹片之间有杂物;②预应力筋和千斤顶卡盘内有油污;③锚下垫板喇叭口内有混凝土和其他残渣;④锚具偏离锚下垫板止口;⑤锚具质量存在问题,其硬度不均匀而产生变形;⑥张拉操作中回油过猛。

(2)处理措施。采用QYC型千斤顶和卸荷座,将卸荷座支承在锚具上,用QYC型千斤顶张拉滑丝钢绞线,直至将滑丝夹片取出,换上新夹片,张拉至设计应力即可。如遇严重滑丝或在滑丝过程中钢绞线受到了严重的伤害,则将锚具上的所有钢绞线全部卸荷,再重新张拉。

#### 3.2 断丝的处理

(1)产生原因。①钢材材质不均匀或严重锈蚀;②锚圈口处分丝时交叉重叠;③操作过程中没有做到孔道、锚圈、千斤顶三对中,进而造成钢丝偏中,受力不均,个别钢丝应力集中;④油压表失灵,造成张拉力过大;⑤千斤顶未按规定校验。

(2)处理措施。①提高其他钢束的控制张拉力作为补偿,但在任何情况下不得超出最大张拉力。钢绞线的最大张拉力不得超过 $0.8R_y$ ( $R_y$ 为钢绞线的极限抗拉强度标准值)。②换束。卸荷、松锚、换束、重新张拉至设计应力值。

## 4 结 语

工程施工实践证明:该标段桥梁工程预应力张拉施工质量符合设计及规范要求。因此,该工程桥梁预应力施工方案及质量问题处理措施可行、有效,对其他类似工程具有借鉴作用。

#### 作者简介:

祁 涛(1988-),男,安徽宿州人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

李云川(1988-),男,四川广安人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

刘 杨(1988-),女,四川成都人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)