

中承式钢拱桥系杆施工技术研究

田久晖

武汉市桥梁工程有限公司 湖北武汉 430000

【摘要】本文以江北快速路新河桥主桥为例,对中承式钢拱桥中的系杆安装和预应力施工,从系杆穿索、预应力材料检验、张拉工艺、应力控制等方面对系杆的施工技术、质量控制要点做详细阐述,有效保证了系杆施工质量。

【关键词】系杆; 安装与张拉; 施工技术; 施工控制

1 工程概况

江北快速路新河段施工工程,主桥采用(48m+196m+48m)钢箱型拱桥,桥宽40.5m,全桥系杆拉索共由18孔 $31\phi 15.2\text{mm}$ 的预应力钢绞线组成。作为连接主跨、边跨的纽带,系杆与桥轴线相平行。在边跨拱肋端横梁部将系杆拉索分别进行平弯后,锚固在边跨端横梁外侧。

本桥系杆为了避免与主拱肋、边拱肋相交使其结构受力复杂化,采用热挤PE平行钢绞线索,以适应平面内的弯曲变化。其锚固顺序与拱肋吊装施工加载顺序相对应,系杆拉索需按编号进行张拉锚固,系杆锚具采用15B-31D型配套锚具。

2 中承式钢拱桥系杆施工工艺

施工准备→清理预埋管孔道杂物→安装导向滑轮→布置牵引设备→系杆安装→系杆锚固→锚具安装→准备张拉设备→单根系杆预紧→系杆预应力张拉→磁通量传感器测定索力→核定索力→压浆→系杆封锚。

3 中承式钢拱桥系杆控制要点

3.1 施工准备

在主拱区钢筋绑扎制作时,应在端横梁锚固段预埋A170×10弯预埋管,在穿混凝土主拱肋区域预埋A170×10直预埋管,预埋管材质为Q345D,如图3-1;边拱肋端横梁预埋系杆锚固端头,对预埋管和锚固端的位置进行精确定位和固定。系杆锚下设置5层间距为10cm防裂钢筋网,支撑结构在系杆下方设置三层钢筋网,以防止系杆径向力压坏混凝土。

主拱区采用强度等级C55混凝土,混凝土浇筑时,振捣棒应避免预埋管件位置,避免振捣棒震动影响

管件的位置精度,对预埋管、锚端头处加装保护套,避免施工过程中混凝土堵塞预埋管和锚头。浇筑完成后,及时覆盖塑料薄膜,加盖养护毯,浇水保持混凝土表面湿润。

3.2 系杆安装

3.2.1 系杆进场检查

系杆为HDPE护套环氧喷涂钢绞线成品索,系杆进场后,按出厂合格证和质量证明书核查其锚固性能类别、型号、规格及数量,系杆出厂合格证和质量证明书应与要求规格型号对应,且满足规定标准和要求,索体若有损伤,应联系厂家及时更换。

3.2.2 清理预埋管孔道安装导向滚轮

清除预留孔洞中的杂物,以防安装系杆时PE破损。用自制孔道疏通器将孔道疏通,如还不顺畅,再用高压水冲洗孔道一次;在系杆预留孔洞前后两面焊接导向滚轮,使系杆穿索时在其上滑行。在安装导向滚轮时要严格按设计要求,才能保证系杆锚头顺利通过预埋钢管。

3.2.3 牵引设备布置

牵引钢丝绳的规格根据计算的临时牵引张拉力,钢丝绳长度根据牵引机构布置、桥梁跨径和预留钢丝绳的安全圈数等因素;综合以上各因素,确定牵引索采用 $\phi 20$ 的钢丝绳,钢丝绳长约200m。

系杆的主牵引动力为一台5T卷扬机,卷扬机经过试运转确定可以正常工作后,将牵引钢丝绳卷到卷扬机里面并将绳头用夹具固定到卷扬机上。启动卷扬机将牵引钢丝绳放出,通过5T导向滑轮将牵引钢丝绳的一端引导至该侧的预留锚垫板处,钢丝绳用5T卸扣通过专用连接头与系杆锚头连接。

3.2.4 系杆的吊装

(1) 索盘由型钢与钢管焊接拼装而成,在系杆施工前,检查索盘焊缝及转盘底座能否满足使用要求。

(2) 利用汽车吊,将卷成盘状的系杆索放到索盘上,安放时应有专人指挥吊装,避免然后系杆与索盘磕碰带来的损伤。在吊车协助下,用吊带吊起系杆一端端头处,缓慢将系杆牵引段索体放开,放索时,吊车工作范围内禁止站人,以防索体反弹带来的危险。

3.2.5 牵引系杆穿索

系杆吊装安放工作完成后,启动5T卷扬机,牵引系杆索向前移动,将系杆一直由西岸牵引到东岸。由于索体较长,牵引过程中需要安排3人轮流检查锚头及预留孔道,系杆穿过预埋管速度要慢,牵引力不宜过大,放索一侧应有一台汽车吊配合放索,用吊带吊起索体,吊点应高于所穿锚孔1-2m处,吊钩应在吊点正上方,保持吊带与系杆的垂直,确保系杆外部PE保护套不被刮伤,保证顺利通过;在穿索同时,需有工人配合剥除系杆包装布。

当牵引系杆一端锚具进入东岸端锚箱孔前,在锚具上安装好软牵引装置,然后通过千斤顶把张拉端拉出洞口,最后安装螺母固定。准备安装下一根系杆,依次循环。

3.3 预应力张拉

3.3.1 锚具和张拉设备的检验

锚具采用OVM型,技术条件需符合GB 699-88规定。锚具应具有可靠的锚固性能和足够的承载能力。锚具进场后,按出厂合格证和质量证明书核查其锚具性能类别、规格、型号及数量。现场抽取一定数量的锚具进行外观检查、硬度检验和静载锚固性能试验。

张拉采用2台YDC650A千斤顶及其配套油泵。张拉前千斤顶及压力表应送相应检测机构进行标定,千斤顶的标定采用压力试验机进行。

3.3.2 锚具安装及张拉设备准备

检查清理孔道,清除锚垫板上的杂质,贯入工作锚具。贯入时要根据钢绞线的层次和分布位置装入锚眼。严禁绞索和交叉。

安装锚具前,按设计长度剥除系杆HDPE保护套与钢绞线的树脂涂层,如图5.2.5-1,保证张拉段的工作长度满足施工要求,且不得损坏钢绞线本身,安装工作锚夹片,先将锚具贴紧锚垫板后再开始装夹片。夹片装上后用钢管向内杵紧。

安装限位板及千斤顶。在工作锚前套好限位板,限位板要保证工作夹片均在活动槽内。接着安装千斤顶要注意角度对准,保证接口平行于限位板,不得有偏移及离缝情况。安装千斤顶时在上方要用葫芦吊好,防止滑脱。

安装工具锚。在千斤顶外口上装好工具锚,将每根索装入孔内,索应与工作锚对直对齐,严禁绞股和交叉。上好工具夹片并用钢管杵紧后准备张拉。如图1

3.3.3 单根系杆预紧

由于主拱区端横梁与中横梁净间距有11.29m,是系杆穿过的最大间距的两个构件,系杆才穿过两构件时,在自身重力作用下,下垂度大,为平衡系杆自然下垂带来的影响,在对系杆正式张拉前,需要使用千斤顶逐根对系杆进行张拉,预紧每根系杆,消除系杆自重下垂影响。

3.3.4 系杆预应力张拉

(1) 张拉顺序

按照设计要求,当主桥系杆安装完成后,依次对称张拉上下游T1~T5系杆分别至3667KN,具体张拉顺序为下游T3→上游T3→下游T2→上游T2→下游T4→上游T4→下游T1→上游T1→下游T5→上游T5。

待到桥面铺装和护栏安装完成后,对称张拉上下游T6

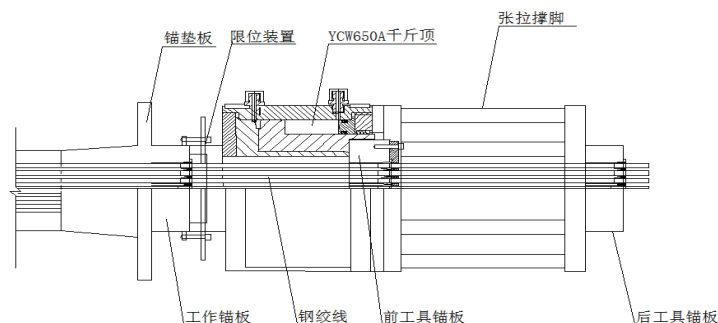


图1 千斤顶张拉装配图

~T9系杆至3667KN，具体张拉顺序为下游T7→上游T7→下游T8→上游T8→下游T9→上游T9→下游T6→上游T6。以张拉控制应力为主，引伸量为校核。

(2) 张拉程序

0→初始应力（10%σ_{con}张拉控制应力）→（25%σ_{con}张拉控制应力）→（50%σ_{con}张拉控制应力）→（75%σ_{con}张拉控制应力）→100%σ_k（持荷5分钟）锚固。两端同步分级加载张拉，直到控制应力的100%，并持荷5分钟。逐级加载后通过测量千斤顶油缸行程测量钢绞线的伸长量，当伸长量接近180mm时倒顶后继续张拉。千斤顶回油到零，测量钢绞线的伸长量，并作好记录。退去工具锚，卸下千斤顶，张拉结束。

(3) 张拉应力控制

预应力筋采用控制应力方法张拉，对伸长值进行校核，实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在6%以内，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

(4) 预应力钢绞线张拉力及伸长值计算

系杆索由31根φs15.2mm的预应力钢绞线组成。预应力伸长值计算：全桥系杆曲线近似于直线，且外侧由HDPE保护，与边拱和横梁的孔道摩擦近乎于0，可按ΔL=PL/ApEp公式进行伸长值计算。

P——起点拉力3667kN；

L——分段长度150m；

Ap——实际截面积140mm²×31；

Ep——弹性模量1.95×10⁵MPa；

伸长量 $\Delta L = 3667 \times 103 \times 1.5 \times 105 / (140 \times 31 \times 1.95 \times 105) = 649\text{mm} = 64.9\text{cm}$ 。

3.4 索力测定和封锚

在系杆张拉结束后，待索内钢绞线不再回缩后，监测人员使用磁通量传感器逐根测试张拉后系杆索力，测试数据对比设计张拉应力（3667KN），测得的实际张拉力均在设计张拉力±10%的范围内，满足设计要求见表1。系杆索力测定合格后，用砂轮切割机割除工作端钢绞线，割除时应与锚具离30mm。在索端使用环氧砂浆对系杆进行压浆，直到压浆料从另一端冒出，黄油封堵锚端，安装张拉端钢板保护罩。

表1 不同型号传感器随温度变化力值

方向	传感器型号	索号	传感器编号	温度(℃)	力值(kN)	误差(%)
黄陂上游	CCT130	T1	170527	29	3757.1	2.5
	CCT130	T2	170516	30	3640.0	-0.7
	CCT130	T3	170518	30	3616.2	-1.4
	CCT130	T4	170517	29	3568.2	-2.7
	CCT130	T5	170515	27	3652.0	-0.4
	CCT130	T6	170513	31	3716.4	1.3
江岸上游	CCT130	T1	170525	29	3736.6	1.9
	CCT130	T2	170504	29	3597.1	-1.9
	CCT130	T3	170506	29	3625.6	-1.1
	CCT130	T4	170502	29	3576.9	-2.5
	CCT130	T5	170503	27	3619.0	-1.3
	CCT130	T6	170505	30	3720.7	1.5
黄陂下游	CCT130	T1	170521	32	3746.2	2.2
	CCT130	T2	170520	31	3802.9	3.7
	CCT130	T3	170524	30	3546.2	-3.3
	CCT130	T4	170519	29	3625.3	-1.1
	CCT130	T5	170529	32	3777.4	3.0
	CCT130	T6	170533	32	3721.7	1.5
江岸下游	CCT130	T1	170523	28	3757.4	2.5
	CCT130	T2	170522	29	3804.2	3.7
	CCT130	T3	170528	29	3508.3	-4.3
	CCT130	T4	170526	27	3574.7	-2.5
	CCT130	T5	170530	27	3717.8	1.4
	CCT130	T6	170535	29	3722.9	1.5

4 结语

本文结合江北快速路新河桥主桥系杆安装和张拉施工过程，确定了中承式钢拱桥中的系杆安装、预应力施工和索力磁通量测定等方面对系杆的施工控制要点。同时，根据系杆索力磁通量测定结果和现场实际张拉力，系杆的张拉满足设计和规范要求，为全桥的正常工作提供了保障，也可同类型桥梁的系杆施工提供经验。

参考文献：

[1] 马勇, 刁再煊, 朱新鹏. 中承式拱桥吊杆施工工艺 [B]. 黑龙江交通科技, 1008-3383 (2003) 08-0049-01

[2] 谢立炳. 系杆拱桥装配施工和吊杆索力调整探索. 山西建筑. 2008年29期. ISSN: 1009-6825

[3] 王成树. 大跨径系杆拱桥施工监控若干关键技术研究. 东南大学. 分类号: U445.1