

文章编号: 1002-0268 (2003) 06-0073-03

斜拉桥索塔劲性骨架在施工中的多种功能

陈光新, 何雨微, 汤立志
(湖北省路桥公司, 湖北 武汉 430052)

摘要: 结合荆州长江公路大桥北汉通航孔桥 200+500+200 (m) PC 斜拉桥索塔劲性骨架施工实际, 分析了劲性骨架在索塔施工中的多种功能及其制作安装工艺, 劲性骨架与索塔主筋、预应力系统、模板、拉索导管等各构件施工的相互协调技术。
关键词: 斜拉桥; 索塔; 劲性骨架; 多功能; 设计
中图分类号: U448.27 **文献标识码:** A

Multifunction Analysis for the Stiffening Frames of Cable Pylon of Cable-stayed Bridge

CHEN Guang-xin, HE Yu-wei, TANG Li-zhi
(Hubei Provincial Road and Bridge Construction Company, Hubei Wuhan 430052, China)

Abstract: Base on the stiffening frames' construction of the Cable Pylon of Jingzhou Changjiang Bridge (200+500+200m PC Cable-stayed Bridge) over north branch river, multifunction, making and erection technology of the stiffening frames during the construction of Cable Pylon are presented in this paper. And the coordination techniques of main corrugated steel bar, prestressed system, moulding board and cable's guide tube is expatiated as well.
Key words: Cable-stayed bridge; Cable pylon; Stiffening frames; Multifunction; Design

0 概述

斜拉桥作为一种新的桥梁结构在我国已得到了迅速发展,并在科研、设计、施工及监控等方面取得了不少成果和经验。从1975年我国四川省云阳县建造了主跨为76m的云阳桥,我国第一座现代斜拉桥^[1]至今,国内已建成斜拉桥近60座,除了少数钢斜拉桥与结合梁斜拉桥之外,基本上都是PC斜拉桥^[2],斜拉桥索塔基本上都是预应力钢筋混凝土和钢筋混凝土结构。

索塔是斜拉桥的生命之柱,用以锚固拉索,并将其索力可靠地直接传递给下部结构。索塔施工精度要求很高,索塔轴线与轮廓尺寸对施工要求严格。索塔内部钢筋密集,预应力束纵横,预应力束喇叭口和斜拉索导管占用局部空间较大且分布密集,索塔施工各类临时预埋件较多,为了保证索塔外形尺寸和钢筋等各类构件附着成型、模板定位及爬模提升等需要,设

计上常采用型钢组拼的劲性骨架来实现这一目的,同时骨架也兼作受力钢筋的一部分参与结构受力。

索塔劲性骨架施工作为节段循环攀升的第一道工序,其施工进度直接影响着整个施工过程;其施工工艺的科学合理性直接影响着与之密切关联的钢筋、预应力筋、模板、拉索导管及其它预埋构件、附属构件的施工工艺和相应控制技术;其自身的构造、强度、刚度和稳定性直接影响着索塔的施工质量与安全,因此,必须精心组织,精心施工。本文结合工程实例,试图对索塔劲性骨架的设计、制作和安装,对劲性骨架与其它构件的相互协调施工技术问题作出初步论述,供同仁参考。

1 劲性骨架设计与制作

荆州长江公路大桥位于湖北省荆州市,是207国道跨越长江连通湘鄂的一座特大型公路桥梁,其北汉

收稿日期: 2002-08-20
基金项目: 湖北省交通科技项目资助
作者简介: 陈光新 (1956-), 男, 湖北武汉人, 高级工程师, 从事公路桥梁工程建设工作。

通航孔桥为 200+500+200 (m) 双塔双索面漂浮体系边主梁 PC 斜拉桥。索塔采用 H 型结构, 由塔座、下横梁、中塔柱、上横梁和上塔柱等 6 部分组成, 以 31[#] 索塔为例, 塔顶高程 175.65m, 承台顶面高程 36.50m, 塔身高程 139.15m。索塔混凝土除塔座为 C40 外, 其余均为 C50, 总量 5 132m³。塔身施工采用爬模工艺分节段浇筑, 横梁施工采用支架法现浇。

1.1 劲性骨架设计

31[#] 索塔劲性骨架原设计采用经典三角形桁架结构, 骨架沿索塔全塔身统一形式布置, 弦杆为 $\angle 100 \times 100 \times 10$ 角钢, 平撑为 $\angle 75 \times 75 \times 7$ 角钢, 斜撑为 $\angle 50 \times 50 \times 5$ 角钢, 联结板为厚 10mm 的 A3 钢板。为适应塔身分节段爬模施工的需要, 骨架在构造上按混凝土分节浇筑高度 4.5m 呈结构单元循环延伸。施工时, 一次制作安装高度根据索塔主筋长度和施工节段划分而定, 一般一次制作 2 个单元节长, 即 9.0m。根据现场施工需要, 骨架原设计结构的刚度太低, 安装变形太大, 且不能较好地服务于节段循环施工时各工序对刚度和稳定性的要求, 也难于准确测量定位。为此, 设计上将骨架调整为叉形桁架结构, 经实践仍不能满足施工需要, 后又再次调整为棱形桁架结构, 详见图 1。31[#] 索塔劲性骨架使用角钢 125.46t、钢板 21.56t、定位钢筋 ($\phi 20$) 1.87t (原设计劲性骨架使用角钢 71.116t、钢板 10.20t、定位钢筋 0.796t)。此外, 根据不同部位的施工要求, 对骨架进一步作了局部优化调整, 所用材料的规格和数量也有相应变化 (主要在上塔柱拉索导管安装部位)。

平高差不大于 $\pm 3\text{mm}$, 平台面积不小于 $10\text{m} \times 12\text{m}$ (或一次加工数量所需面积)。劲性骨架在地面上的所有制作工序均在加工平台上完成。

(2) 单片制作 根据骨架制作的重复性, 在加工平台上实样放出各大小桁架片的尺寸、型钢布置位置。加工时, 要对主要受力型钢及边角型钢位置严格控制, 精度在 $\pm 3\text{mm}$ 内, 并且严格按钢结构施工技术规范施工。通过采取设置焊接胎架和劲性夹具的措施来控制焊接变形, 减小加工误差。

(3) 骨架组拼 根据塔身分节段截面设计尺寸及其在加工平台上按 1:1 比例的放样, 将制作好的单片骨架组拼成安装单元 (每节 4.5m 高)。组拼采用胎架法: 在骨架内腔放置胎架 (高 4.0~5.5m), 由塔吊 (或吊车) 将单片吊起竖立于胎架两侧, 四角点依控制尺寸线对位, 用垂球或经纬仪校核垂直度, 将单片与胎架临时焊接成稳固整体。制作精度要求偏差小于 $\pm 5\text{mm}$ 。对于塔身呈倾斜的劲性骨架, 制作时在侧弦杆底部加垫脚, 调整骨架使弦杆与平台呈垂直。调整量以拼装完成后拆掉垫脚时骨架倾斜度即设计倾斜度为标准。

2 劲性骨架安装

劲性骨架安装采用施工塔吊吊装、塔身现场焊接就位。骨架整体安装焊接面 (接头) 的位置有两种: 一种为混凝土分界面以下约 15~50cm, 另一种为高于混凝土分界面 15~50cm。前者能使每节骨架有一小部分埋入混凝土内, 其优点是节段混凝土施工稳定、安全、其不足是每次骨架总要比混凝土面高出约 4m, 且增加了骨架自身施工的不安全稳定因素和骨架的进度浪费; 后者的特点是骨架每次比混凝土面只高出一小部分, 其进度衔接相当好, 而且平面桁架刚好在混凝土面之上。施工最终选择后一种方案。

在骨架整体安装前, 必须先在前节骨架顶面四个角点放出测量控制点, 同时核实和调整其标高, 使之与设计标高一致。安装时, 安装节段的四个下角点对准已有骨架的四个顶角控制点; 四个上角点用垂球或经纬仪校核偏差。各角点偏位要求控制在 $\pm 10\text{mm}$ 之内。如果发现某顶角点偏位比较大, 可通过垫高或截断骨架对应弦杆底脚及加焊衬板等措施来进行现场调位。

3 劲性骨架的多功能分析

3.1 骨架与主筋安装

索塔主筋具有一定的保护层要求, 安装时平面位置的固定要依靠劲性骨架。由于主筋细长 (一般约

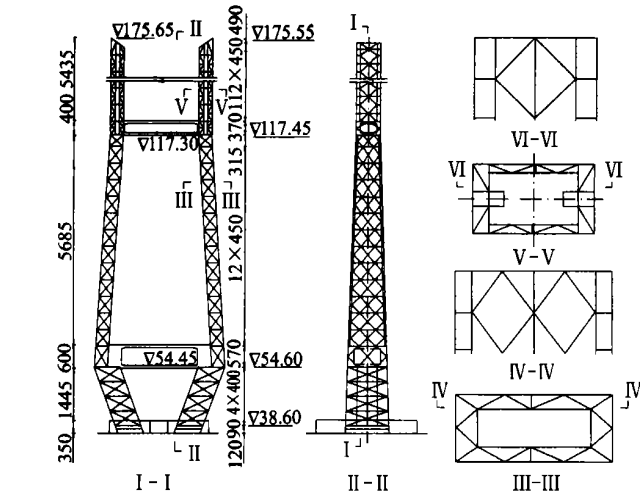


图 1 劲性骨架一般构造图 (单位 cm)

1.2 地面整体加工制作

(1) 加工平台 在地面上进行地表整平处理, 铺装混凝土面层, 在沉降量小的混凝土面层上用大平面钢板铺成劲性骨架加工平台。钢板厚度为 16mm, 水

9.0m), 数量密集, 重量较大, 在塔上安装必须与骨架连接牢固。如果在主筋安装过程中没有将其位置逐根一次性准确限定到位, 而是先初步固定后再调节定位, 就会增加较大工作量。故此, 在安装到位的骨架上部的内外侧加设主筋定位钢筋来控制主筋位置, 实现一步到位, 同时给每次 $\phi 32$ 主筋挤压接头的施工留出操作空间。劲性骨架断面尺寸设计应考虑满足主筋安装的要求。

3.2 骨架与爬模施工

索塔采用斜爬模施工, 模板的安装定位需要劲性骨架起辅助定位作用。在模板提升相应高度处测出骨架坐标, 焊接模板定位角钢, 通过精确测量放样, 即可随时精确控制模板的断面尺寸。当模板安装完成后, 再作一次整体平面位置的复测, 即可精确控制塔身空间位置。

3.3 骨架与主筋、模板施工的整体化

劲性骨架作为支撑施工荷载的受力构件, 关键在于其刚度。施工时, 要求自始至终都能满足施工稳定对刚度的劲性要求。为了增大刚度, 我们可以把劲性骨架、主筋与模板整体化, 这样也可以节约骨架用料。其方法是在内外模板顶缘用螺栓和角钢与主筋、骨架焊接或连接, 见图 2。

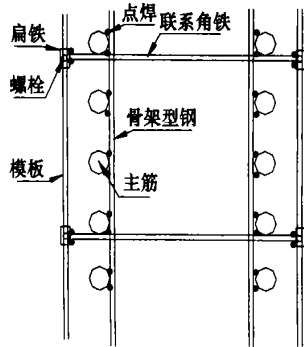


图 2 骨架、模板与主筋整体化平面示意图

3.4 骨架与预应力喇叭口的安装定位

索塔上塔柱预应力喇叭口密集, 喇叭口的安装定位非常繁锁。为此, 将喇叭口按相应设计间距在地面焊拼成整串(或整片), 再安装在待装整体劲性骨架上, 将整串喇叭口连同劲性骨架吊装就位, 见图 3。

3.5 骨架与斜拉索导管的安装定位

斜拉索导管安装采用在其对应位置加设井字形局部小骨架作辅助定位架的方法进行。根据实际要求, 具体安排骨架各联系型钢位置。安装原则是在劲性骨架上借力安装, 并放点控制拉索导管斜剖口下切点以及上口的四个四分点。由于拉索导管角度、长度变化都特别大, 实际安装分单根安装和多根串联安装两种

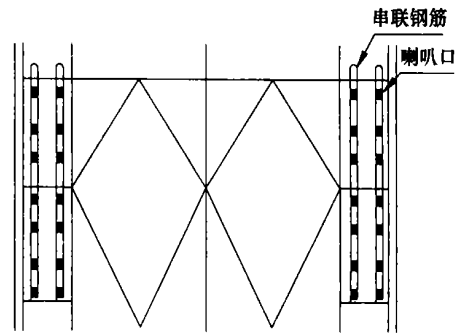


图 3 喇叭口整体安装示意图

情况: 单根安装时井字架与劲性骨架在地面整体制作, 在塔上整体安装; 多根串联安装时井字架与拉索导管联成整体, 和劲性骨架分步安装定位, 此时劲性骨架仍整体制作安装, 并在空档处加临时联系, 将井字架位置空出, 待井字架(包括拉索导管)定位并与骨架联成整体后撤除临时联系。

在安装拉索导管前, 先利用塔身前节段井字架或相应位置预埋件处焊接一水平钢板, 要求钢板顶面标高即拉索导管斜剖口下切点标高(多根串联安装时为最下一根拉索导管斜剖口下切点标高), 并在钢板上精确测量放出斜剖口下切点坐标点。安装时, 下切点对准定位后, 拉索导管的所有重量将集中在这一个点上, 所以要求水平钢板牢固。对拉索导管上口的四个四分点的控制方法, 采用的是现场测量临时调整定位(多根串联安装时控制最上面一根拉索导管的四个上口四分点)。所以在上口处劲性骨架必须提供临时固定构件(如对拉葫芦)和操作人员的工作平台。拉索导管定位后即把井字架、拉索导管、骨架焊成整体, 并测量复核, 撤除骨架空档处的临时联系以进行下一步工序。

4 结束语

荆州长江公路大桥主桥索塔施工期间无一起质量安全事故发生, 劲性骨架为索塔的稳步优质建成发挥了十分重要的作用。通过工程实践, 深感劲性骨架的设计、制作、安装应与索塔其它设计构件一样, 作为索塔总体的有机组成部分予以重视, 且应根据下塔柱、中塔柱和上塔柱不同部位的需要而分段设计。劲性骨架的施工质量与安全、施工工艺与技术的科学性直接关系到索塔的施工质量和结构功能, 在斜拉桥索塔设计与施工中应占有其重要的地位。

参考文献:

[1] 林元培. 斜拉桥 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1994
[2] 严国敏. 现代斜拉桥 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1996