

厦门海沧大桥锚碇预应力锚固系统设计

周山水 唐小萍 孟凡超

【摘要】 本文主要介绍厦门海沧大桥锚碇预应力锚固系统的设计条件、系统的特点,以及锚固系统的生产加工要求、施工要求、防腐措施等。

关键词 海沧大桥 锚碇 锚固系统 设计

一、前言

正在建设中的厦门海沧大桥系国家重点工程项目,工程位于厦门市西港中部,西起海沧开发区马青公路,跨越厦门西海域并穿过火烧屿后接厦门本岛仙岳路,是厦门岛的第二条对外通道。厦门海沧大桥工程由东航道桥,西航道桥,东、西引

桥,东渡互通立交,东、西引道及附属工程等分项工程组成的大型桥梁工程。大桥设双向六车道,全长 5926.527m,其中东航道桥为我国第一座特大型三跨连续钢箱梁悬索桥,全长 1108m,主跨 648m,边跨 230m,桥面宽 32m(图 1)。

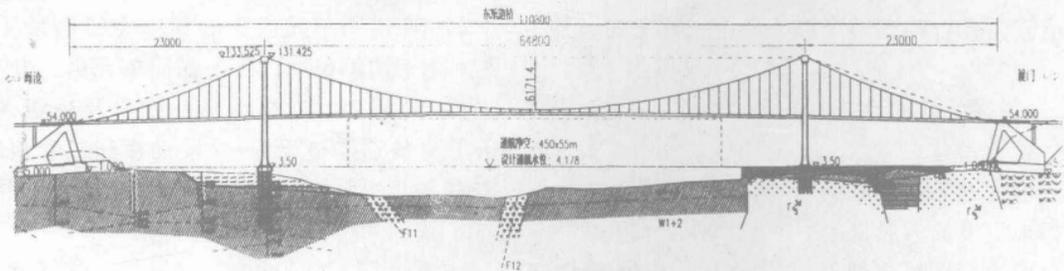


图 1 厦门海沧大桥东航道桥桥型布置(单位:cm)

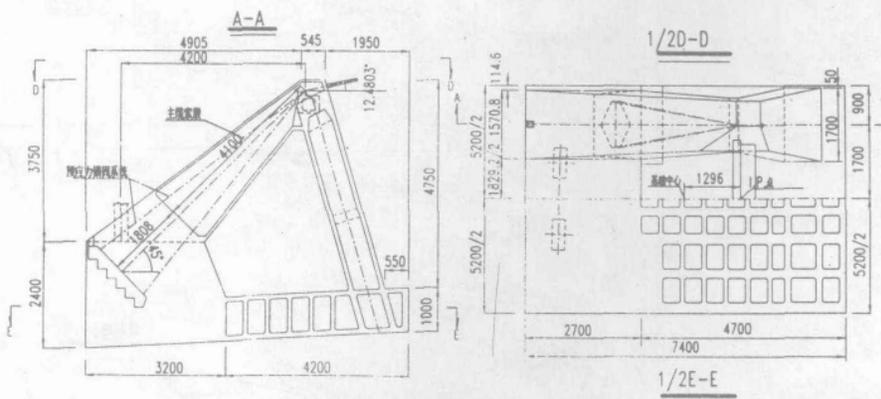


图 2 锚碇一般构造(单位:cm)

海沧大桥东航道悬索桥锚碇设计紧密地结合了锚碇处的地形、地质条件、结构受力的合理性和结构造形的景观效果等要求,采用重力式浅埋扩

大基础、空腹三角形锚碇形式。采用平面尺寸较大的箱形基础,解决了锚碇处全、强风化软岩的厚度大,承载力小这一难题;采用空腹三角形锚碇结

周山水 交通部公路规划设计院高级工程师
唐小萍 柳州欧维姆建筑机械有限公司副总经理、高工
孟凡超 交通部公路规划设计院高级工程师

4. 锚固系统各部构件的设计

(1) 拉杆组装件

采用材料	40Cr
破断应力	$\sigma_b = 980\text{MPa}$
屈服应力	$\sigma_s = 785\text{MPa}$
伸长率	$\delta_5 \geq 9.0\%$
直径	$d = 64\text{mm}$

拉杆组装件的静载安全系数 $k \geq 3.0$, 疲劳寿命 $N = 10^7$ 次。

为满足安全性和经济性的要求, 拉杆、螺母、球面螺母的螺纹均采用《军用 MJ 螺纹标准》, 相对于普通螺纹, 其特点是: 牙底较浅, 牙底过渡圆角大, 牙高降低, 拉杆、螺母、球面螺母的螺纹疲劳强度提高 20% ~ 40%; 连接垫板处的螺母、垫圈采用球面螺母及球面垫圈, 可自动调整螺母与垫圈的承力面, 保持其有效接触面积, 同时能克服因制作、安装上的误差引起的拉杆角度偏差, 使拉杆方向与索股的受力方向一致, 以避免由于偏载引起拉杆受弯, 减少局部应力集中, 有效提高螺纹的使用寿命。

索股锚头处的拉杆设计有加长螺纹, 以调节主缆索股的制作、安装误差, 最大调节量为 $\pm 400\text{mm}$ 。

为防止螺母在动载下的松动, 设计时加设了锁紧螺母。

经静、动载试验证明拉杆组装件强度满足设计要求。

(2) 连接垫板

采用材料	45 优质碳素结构钢(锻造)
容许拉应力	$[\sigma] = 210\text{MPa}$
容许剪应力	$[\tau] = 125\text{MPa}$
屈服应力	$\sigma_s = 360\text{MPa}$

连接垫板的设计除须满足本身的强度和刚度要求外, 还须满足拉杆、锚板构造及锚下混凝土应力的要求。采用平面面积较大的连接垫板, 可以减少锚下混凝土的压应力, 降低锚体所用混凝土标号。

连接垫板设计中考虑了压浆孔、定位孔和安装孔, 同时还考虑了吊环螺钉孔, 以方便施工。

连接垫板既是锚板下的垫板, 又起连接拉杆作用, 其受力比较复杂, 设计时除按常规法进行锚板下及球面螺母垫圈下压应力和剪应力及各主要

截面的弯曲、剪切应力的验算外, 还采用三维空间有限单元法进行应力、应变校核计算。

(3) 预应力钢绞线锚具组装件

预应力钢绞线锚具组装件由预应力钢绞线、锚具和预埋钢管组成。前锚面为张拉端, 采用两套 OVM. MD15—7 型群锚锚具, 后锚面为固定端锚头, 采用两套 OVM. MD15—7P 型群锚锚具。

由于锚固系统对悬索桥的重要性, 预应力钢绞线锚具组装件的锚具选用了性能优异的 OVM 群锚锚固体系, 该体系的钢绞线锚具的锚固性能、抗疲劳和低应力下防滑丝性能均优于一般锚具, 其锚具静载锚固效率系数 $\eta_A \geq 95\%$, 破断时总应变 $\epsilon_u \geq 2\%$; 动载性能分别通过应力上限为 $0.65\sigma_b$ 、应力幅为 80MPa 及应力上限为 $0.45\sigma_b$ 、应力幅为 200MPa , 循环次数均为 200 万次的疲劳试验。

采用尺寸较大的垫板、喇叭管, 以降低锚体混凝土应力, 从而使锚体能采用较低标号混凝土, 既能降低造价, 又方便了施工; 预应力钢绞线标准采用符合美国 ASTM A416—92 标准 270 级, 公称直径 $\Phi 15.24\text{mm}$ 的低松弛钢绞线, 标准破断强度为 1860MPa ; 预应力管道采用符合 GB8162—87 标准的 $\Phi 90 \times 5$ 的 20 号无缝钢管。

四、锚固系统的制造

1. 材料要求

夹片、拉杆、螺母等主要受力构件采用优质合金钢, 在原材料进厂时均进行化学元素分析和机械性能试验, 其技术条件应符合 GB3077 要求; 其他零件材料应符合 GB699, GB700 要求; 连接垫板等锻件应符合 YB3207 要求。

2. 主要构件成品性能要求

(1) 锚板、夹片、连接垫板、拉杆、螺母成品表面硬度检测应按 GB231, GB230 的规定进行, 其中各零件成品表面硬度指标见表 1。

表 1 成品表面硬度表

成品名称	表面硬度
锚板	257~291HB
夹片	79~84HRA
拉杆	30~35HRC
六角螺母	30~35HRC
球面螺母	30~35HRC
连接垫板	20~26HRC

(2) 六角螺母、球面螺母、拉杆的螺纹应符合 GJB3.1, GJB3.2 标准中的规定, 公差带外螺纹

5h6h、内螺纹为 5H6H。

(3)同一规格锚具、拉杆、螺母、垫圈、连接垫板的同类零部件应具有互换性。

(4)锚具、拉杆、螺母、垫圈、连接垫板均应通过超声波探伤和磁粉探伤。

3. 成品的防腐

拉杆组件(含拉杆、六角螺母、球面螺母、球面垫圈、锁紧螺母、平面垫圈)出厂前均须进行发兰表面处理,螺纹处再涂防锈油脂;连接垫板出厂前一道涂底漆。

表 2 防腐涂装方案

油漆品种及工序	道数	干膜厚度 u/道
醇溶性无机硅酸锌车间底漆	1	20
二次表面处理		
醇溶性无机富锌底漆	1	80
环氧树脂封闭漆	1	25
环氧云铁中间漆	1	80

五、锚固系统的防腐设计

除在锚室内设抽湿设备使锚室内相对湿度不大于 40% 外,还进行了如下防腐设计:

锚固系统前锚面所有外露钢构件(拉杆组件、连接垫板、辅助垫板)的表面应进行清理,去除油污、浮锈,并按表 2 的防腐涂装方案进行防腐处理。连接垫板与辅助垫板的缝隙用环氧树脂进行

密封处理。

预应力体系的防腐共考虑了三种方案:

(1)环氧树脂全喷涂钢绞线加管道内压注 C40 号水泥砂浆和前锚面锚罩内压注环氧砂浆方案。

(2)普通钢绞线采用管道和前锚面锚罩内全部压注环氧砂浆方案。

(3)PE 防护钢绞线加管道和前锚面锚罩内灌防腐油脂方案。

考虑到锚固系统是悬索桥的关键部件且难以更换,因此,我们选择了具有双重保护功能、工艺性较好、防护更可靠的防腐方案一。

六、锚固系统的施工要点

预应力张拉应在锚下混凝土达到 100% 强度时方可进行。张拉采用前锚面双锚头同步单向张拉,锚面钢绞线张拉应遵循对称张拉的原则:索股长度调节采用专用穿心千斤顶同步张拉两根拉杆,调节两根拉杆的螺母来完成。

七、结束语

总之,预应力钢绞线锚固系统作为一种新型结构,在工程应用中体现了其构造简单,受力明确,节材、施工方便等优点,因而很值得推广应用。但也正因为它是一种新型结构,所以,有待于在以后的工程实践中不断完善和发展。

用户反馈

新型预应力千斤顶的用户使用说明

我公司(研究所)于一九九八年一月至十月在江苏和华东地区在南昌火车站站前广场地下车库、南京悦来大厦基坑土层锚杆张拉、泰州引江河大桥预应力吊桥、南京国投大厦预应力转换梁、苏州工业园区国际大厦预应力转换梁、淮江高速公路锚具组装件试验、南京纬一路立交桥等多个预应力工程中使用了柳州欧维姆(OVM)建筑机械有限公司新近研制的预应力 YCW—150B 型液压新型张拉千斤顶,经多个工程的普遍使用,我们深切地体会到该张拉千斤顶在保证穿心孔直径和张拉行程与原千斤顶尺寸一致的情况下,具有体积小、重量轻(每台约 108 公斤)、使用和场地转移方便的特点,满足了现代预应力施工的要求。特别适用于建筑结构复杂的建筑和桥梁工程中。作为预应力科研和使用单位,我们希望柳州欧维姆(OVM)建筑机械有限公司继续为使用单位研制出重量更轻、张拉吨位更大的千斤顶。我们表示衷心的感谢!

东南大学预应力工程研究所
南京东大现代预应力工程有限责任公司
一九九八年十月