

薄壁墙体高承载支座系统关键技术研究及应用

Research and Application of Key Technology of Thin Wall High Load Bearing System

刘晓梅 杨富瀛

Xiaomei Liu Fuying Yang

中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司, 中国·湖北 宜昌 443000

China Gezhouba Group Three Gorges Construction Engineering Co. Ltd., Yichang, Hubei, 443000, China

【摘要】本文依托三峡升船机塔柱横梁混凝土现浇施工为背景,通过有限元分析及试验论证,设计发明出薄壁墙体高承载支座系统设计方案,并应用于实践。结果表明,该系统满足了横梁现浇支撑要求,施工质量优良,安全可靠,设计方案是可行的,为今后类似工程施工提供参考借鉴。

【Abstract】Based on the cast-in-place concrete construction of the tower beam of the Three Gorges ship lift, this paper designs and invents the design scheme of the thin wall high load bearing system through finite element analysis and experimental demonstration. The results show that the system satisfies the requirement of cast-in-place support of the beam, the construction quality is excellent, safe and reliable, and the design scheme is feasible, which provides reference for similar engineering construction in the future.

【关键词】薄壁墙体;高承载;支座系统;研究与应用

【Keywords】thin walls; high load bearing; bearing system; research and application

【DOI】<https://doi.org/10.26549/gcjsygl.v2i8.1051>

1 引言

在水电站升船机工程中,塔柱筒体之间设计有许多现浇横梁、平台板等结构混凝土,以此将两两对称、相对独立的多个塔柱筒体连接成整体,达到受力稳定、安全运行的目的。这些横梁、平台板等结构具有高度大、跨度大,重量大等特点,传统的钢管排架+锚固的方式难以满足高承载力的安全稳定要求。

论文依托目前世界上规模最大和技术难度最高的三峡升船机为载体,对升船机塔柱顶部大横梁施工方案开展技术攻关。横梁高度 2.75m、最大跨度 25.8m、最大宽度 2m,全部为现浇混凝土,最重横梁重达三百余吨。通过多种方案比选,最终选定贝雷架+排架支撑的方式施工,排架搭设在贝雷架上,贝雷架坐落在锚固于墙体上的支座上的形式。支座承担着贝雷

架、排架、横梁混凝土等以及各种施工材料、施工人员、振捣等荷载,加之墙体厚度仅 1m,如何保证锚固在薄壁混凝土上支座安全可靠是研究的关键。

2 支座系统设计难点

①三峡升船机为薄壁混凝土结构,墙体厚度均在 1m 左右,支座受力巨大,如设计不合理,支座部位的塔柱筒体混凝土极易在巨大承载力的作用下被破坏。

②普通支座通过锚锥的抗剪来承担载荷,上百吨载荷如仍采用传统思路去设计,则没有锚锥能承受如此巨大的剪力。

③支座是整个贝雷架支撑系统稳定及安全的关键,必须充分考虑到支座在安装过程中的各种误差因素、支座受力时的各种最不利因素,确保支座在各种不利因素及安装误差的作用下,仍能安全可靠。

3 支座系统设计

3.1 支座系统设计原理

按照总体设计方案,贝雷架由设在塔柱墙壁外侧的牛腿支承,牛腿顶面高程 182.00m,牛腿与贝雷架之间设置钢结构箱梁,其相互间连接方案见图 1。贝雷架支座通过高强度螺栓与埋件连接,安装时对高强度螺栓施加一定的预紧力,通过支座与埋件结合面的静摩擦力承受支座载荷。贝雷架载荷作用于支座后,高强度螺栓组件将承受支座翻转力矩产生的拉力。另外,在支座底板下方设置有剪力板,用于承受支座竖向载荷,来作为结合面摩擦失效时的安全保护。

经试验论证,设计发明了一种高承载支座系统,该系统由锚板和高强度螺栓组件构成,其中高强度螺栓组件包括 M52 螺杆、M52 螺母、52 垫圈、D32/M52 锚锥、M32 螺母、D32 高强钢筋以及尾端座等。每个窄支座布置 15 组,每个宽支座布置 30 组;锚板由 50mm 厚钢板与 25×300 焊钉焊接而成,在钢板上对应高强螺栓位置钻 $\Phi 80\text{mm}$ 孔。

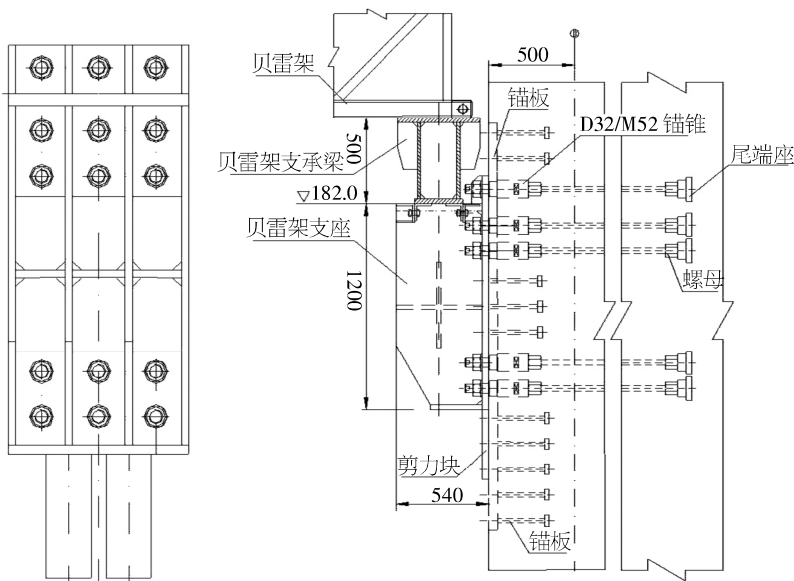


图 1 贝雷架支座设计示意图

3.2 支座受力分析

3.2.1 设计计算假设

①支座的全部竖向载荷由结合面的静摩擦力传递至锚板,结合面涂无机富锌底漆,摩擦系数为 0.4,由此确定高强螺栓预紧力,根据预紧力复核高强螺栓组件中相关零件的强度。

②支座的全部竖向载荷由剪力板传递,据此复核抗剪焊缝的强度。

③作用于锚板的全部竖向荷载由焊钉传递至混凝土,焊

钉均匀承载,据此复核焊钉强度。

④支座竖向载荷形成的翻转力矩,由布置在支座上方的 3 排螺栓承担,最顶部的一排螺栓拉力最大,以此拉力复核高强螺栓组件中相关零件的强度。

3.2.2 设计计算

①高强螺栓组件载荷

a. 预紧载荷

计算条件:支座载荷 3020kN,高强螺栓数量 15,结合面摩擦系数为 0.4。

计算结果:每个高强度螺栓的预紧力为 500kN,该载荷仅作用于高强度螺栓组件的 M52 螺杆、M52 螺母、52 垫圈、D32/M52 锚锥,以及支座底板与锚板之间的结合面。

b. 拉力载荷

计算条件:支座载荷 3020kN,载荷作用点距锚板尺寸为 290mm,各螺栓位置及尺寸均按施工设计图不考虑底部两排螺栓承载,其余同排螺栓均匀受力。

计算结果:顶部 3 个螺栓组件受力最大,载荷为 200kN。

该载荷作用于高强度螺栓组件的 D32 高强钢筋、尾端座以及钢结构支座。

②高强螺栓组件强度复核

a. M52 螺杆、M52 螺母、D32/M52 锚锥

计算条件:M52 螺杆性能等级 10.9;M52 螺母、D32/M52 锚锥;单个构件最大载荷 500kN^[1]。

计算结果:为确保构件强度满足要求,按照高强度螺栓组件的技术参数和性能要求制作了 2 组试件,并对试件进行了拉力试验。试验表明,组件的最小破断拉力大于 800kN,破断零件为 D32 高强度钢筋。据此计算,高强度螺栓组件的安全系数 ≥ 1.6 。

b. D32 高强钢筋、尾端座

计算条件:D32 高强钢筋材料 HRB1000,屈服强度 1000MPa,抗拉强度 1100 MPa;尾端座材料 Q345A,焊接件。

计算结果:按照 D32 高强钢筋和尾端座的技术参数和性能要求制作了试件,并对试件进行了拉力试验。试验表明,组件的最小破断拉力大于 600kN。据此计算,D32 高强钢筋、尾端座的安全系数 ≥ 3 。

c. 螺栓组件锚固长度计算

计算条件:每个组件最大拉力载荷 200kN,钢筋直径 32mm。计算结果:钢筋锚固长度 $\geq 1.8\text{m}$ 。受塔柱墙体厚度限制,

位于纵向墙内的钢筋锚固长度只能采用 1.0m，不足的握裹力由尾端座承受。尾端座的试验破断载荷 $\geq 600\text{kN}$ ，故强度满足要求。

d. 尾端座部位混凝土抗压强度复核

复核条件：每个尾端座的压力载荷 $\leq 150\text{kN}$ ；承压面积 $140 \times 180\text{mm}$ （计算时考虑 D32 钢筋对承压面积的影响）；混凝土强度 C30（容许压应力： 7.1MPa ）。

复核结果：压应力 6MPa ，强度满足要求。

③ 锚板强度复核

锚板构件主要通过焊钉向混凝土传递支座竖向载荷，并承受高强度螺栓组件的预紧力。在预紧载荷作用下，锚板的压应力很低，压强满足要求。

焊钉抗剪强度复核条件：总载荷 3020kN ；焊钉数量 50，均匀承载；焊钉采用标准件，规格 25×300 ，材料 ML15。

复核结果：剪应力 130MPa ，强度满足要求。

④ 支座结构强度复核

支座结构材料采用 Q345B，通过有限元计算，最大综合应

力 140MPa 出现在顶部筋板与上翼板的结合部位。支座强度满足要求。

⑤ 抗剪焊缝强度复核

复核条件：每个支座设 2 块剪力板，材质 Q345B；总载荷 3020kN ；抗剪焊缝采用双面贴脚焊，焊高 20mm 。

计算结果：抗剪焊缝剪应力为 133MPa ，强度满足要求。

4 结语

该系统替代了钢管排架加锚固的方式，不仅承载能力很强，安装、拆卸也很方便，还减少了施工后期混凝土面处理的工作量，提高了工效、节约了生产成本。特别适用于需要在混凝土直立墙面上搭设承载力要求高的承重设施以浇筑超大跨度的混凝土梁的工况。

参考文献

[1]周学民,超高薄壁墙一次浇筑成型施工技术的研究及应用[J],建筑工程技术与设计,2015(33):31.