

滑框翻模在国际工程中的应用

武亚威

华东勘测设计研究院 浙江 杭州 310000

摘要: 以色列K抽水蓄能电站项目上调压井为竖井施工,竖井开挖直径为15.6m,衬砌后直径为14m,高48m。由于滑框翻模技术在国内竖井工程中已得到广泛的应用,为了节约人工和材料并且缩短工期,保证施工连续性,因此本项目引进国内滑框翻模施工工艺进行施工,并对滑框翻模进行计算和设计优化,以便在工程中得到更好的应用。

关键字: 竖井工程;滑框翻模;设计优化;国际工程应用

1 工程概述

以色列K抽水蓄能电站项目位于约旦河谷下游,总装机容量为340MW,采用2台170MW的可逆式水轮发电机组。以色列K抽水蓄能电站项目上调压井为竖井施工,竖井高48m,开挖直径15.6m,衬砌后直径14m。由于此竖井工程直径大,施工工期紧张,加上采用国际标准进行施工,质量要求高,若采用普通钢模板配合脚手架施工,占用场地大且不利于物料提升,容易出现错台等质量缺陷。采用滑框翻模施工工艺可以最大限度的保持施工的连续性,提高施工效率,保证施工质量满足国际工程的高标准要求。

2 滑框翻模设计要点

以色列K抽水蓄能电站项目滑框翻模施工方法所用模板结构主要包括提升架、辐射量、辐射梁、抹面平台、爬杆等部分。模型所用钢材型号均为Q235,滑模围圈、围檩采用12a槽钢,提升架采用14a槽钢并用尺寸为65mm*65mm*5的角钢进行搭接固定,辐射梁横梁采用2根尺寸为75mm*75mm*5mm的角钢和2根尺寸为63mm*63mm*4mm的斜撑,爬杆采用直径为48mm,壁厚为4.5mm的钢管,总重量为24809kg。

3 滑框翻模计算及设计优化

3.1 建立计算分析模型

为了保证滑框翻模结构的稳定性及安全性,需对滑框翻模进行计算分析,同时在满足施工安全的条件下对设计进行优化。根据滑框翻模设计图纸建立三维线型计算分析模型如图3-1所示。使用SAP2000对滑框翻模进行计算分析,SAP2000是CSI公司开发研制的通用结构分析

与设计软件,可在一个模型中对多种不同类型的力进行分析,分析流程为模型建立与导入-定义材料属性-定义构件截面属性-定义荷载模式、荷载工况、荷载组合-指定节点约束、构件属性-指定荷载-内力分析-设计验算-截面优化。首先需定义材料属性,模型所用材料为Q235,其弹性模量为 2.1×10^5 MPa,泊松比为0.3;定义截面属性,包括框架单元和面单元,其中框架单元共有9种类型的截面,包括槽钢、角钢、圆管等;面单元包括抹面平台、混凝土模板、中心筒等。定义荷载模式,SAP2000提供包括恒荷载、活荷载、风荷载、地震荷载、车道荷载等多种荷载模式,此竖井滑框翻模所受荷载类型主要为恒载,主要包含抹面平台所受垂直力和混凝土模板所受混凝土自重及捣鼓产生的侧压力^[1]。

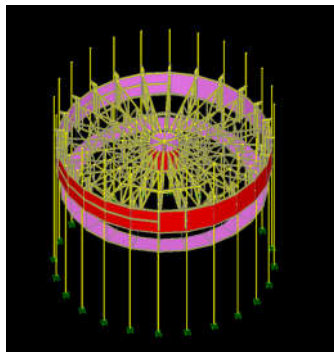


图3-1 滑框翻模3维计算分析模型

3.2 计算结果分析及设计优化

3.2.1 滑框翻模受力分析

滑框翻模主要受力单元包括抹面平台和混凝土模板,根据工程实际施工所受荷载情况抹面平台受力取值为 $2\text{kN}/\text{m}^2$ 。混凝土模板所受侧压力随着混凝土浇筑高度增加而增加,当浇筑到某一临界高度时侧压力就不再增加,此时的侧压力就是新浇筑混凝土的最大侧压力。根据理论和实践,可按下列两个公式进行计算并取二者的较小值:

通讯作者: 武亚威,出生年月:1992年09月,民族:汉族,性别:男,籍贯:江苏,单位:华东勘测设计研究院,职位:项目经理,职称:工程师,学历:研究生,邮编:310000,研究方向:结构抗震,工程管理。

$$F = 0.22\gamma_c t_0 \beta_1 \beta_2 V^{\frac{1}{2}}$$

$$F = \gamma_c H$$

其中 F ：新浇筑混凝土对模板的侧压力 (KN/m^2)；

γ_c ：混凝土的重力密度 (KN/m^3)，取 $27\text{KN}/\text{m}^3$ ；

t_0 ：新浇混凝土的初凝时间 (h)，一般取值为 5h；

V ：混凝土的浇筑速度 (m/h)，取 $0.5\text{m}/\text{h}$ ；

H ：混凝土侧压力计算位置处至新浇混凝土顶面总高度，取 2m；

β_1 ：外加剂影响修正系数，不掺外加剂时取 1； β_2 ：混凝土塌落度影响系数，取 1.15。

通过以上两个公式计算得 $F = 0.22\gamma_c t_0 \beta_1 \beta_2 V^{\frac{1}{2}} = 24\text{KN}/\text{m}^2$ ， $F = \gamma_c H = 54\text{KN}/\text{m}^2$ ，取二者的较小值得 $F = 24\text{KN}/\text{m}^2$ 。指定混凝土模板受沿表面压力荷载，在混凝土模板各个位置压力都垂直于混凝土模板表面指向圆心，大小为 $24\text{KN}/\text{m}^2$ ；指定抹面平台受沿 Z 轴向下大小为 $2\text{KN}/\text{m}^2$ 的压力，指定荷载到相应的位置进行计算如图 2-1 所示。由于不考虑混凝土模板的重量，在设定荷载模式的时候设定其自重乘数为零。

3.2.2 滑框翻模计算结果分析

应用 SAP2000 对滑框翻模模型施加荷载并进行受力分析和设计验算，得到滑框翻模模型应力比如图 3-2 所示。应力比在 0-0.7 之间表示结构满足工作要求并有较好的安全储备，应力比在 0.7-0.9 之间表示结构满足工作要求，应力比大于 1 则不满足工作要求。图中滑框翻模各杆件应力比值根据大小显示为不同颜色，其中蓝色和绿色表示构件应力比值在 0-0.7 之间，黄色表示应力比值在 0.7-0.9 之间，红色表示应力比值大于 1^[2]。

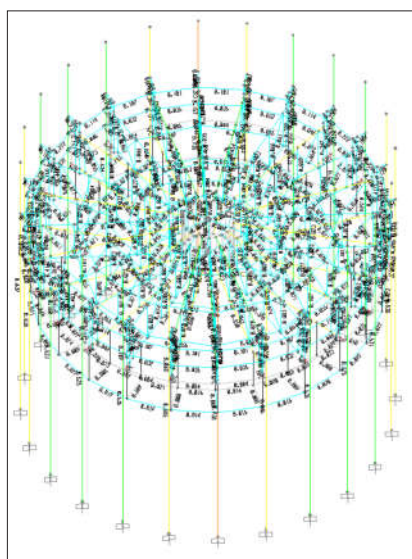


图3-2 滑框翻模应力比图

从以上分析可以看出，应力比图中看出辐射梁、中心筒、抹面平台、围圈、围檩的应力比均在 0-1 之间。提升架两根竖杆件满足使用要求，但三根连接件的最底端一根连接件（尺寸为 $65\text{mm} \times 65\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的角铁）应力比值大于 1，不满足施工使用要求。当把最下一根连接件替换为尺寸为 $75\text{mm} \times 75\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的角铁时应力比为 0.655 如图 3-3 所示，满足施工使用要求。

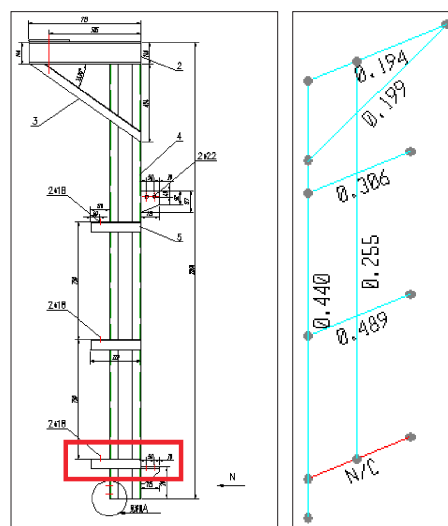


图3-3 提升架连接件

3.2.3 滑框翻模设计优化

通过对滑模模型的计算以及对计算结果的整理分析，可以看出滑模辐射梁、中心筒、抹面平台、围圈、围檩应力比均小于 1，可满足施工工作要求。提升架最低端一根连接件应力比大于 1，不满足工作要求，应替换尺寸为 $75\text{mm} \times 75\text{mm} \times 6\text{mm}$ 的角钢则可满足工作要求。中心筒横撑应力比值小于 0.01，材料受力很小未能充分发挥材料的作用，从经济和减轻自重的角度出发，可以减少横撑数量或减小横撑截面尺寸；围圈和围檩的应力比值均相对较小，可以适当减小截面尺寸；爬杆应力比在 0.7-1 之间，说明爬杆充分受力，材料利用率较高。

4 工程应用情况

在施工过程中滑框翻模是由一套液压控制系统控制液压千斤顶进行垂直爬升，施工步骤为：准备工作-安装滑框翻模-绑扎钢筋-安装埋件-浇筑混凝土-滑框翻模爬升-拆除下口混凝土模板-安装上口混凝土模板-重复循环工作。滑框翻模在以色列 K 抽水蓄能电站项目上调压井安装完成以后开始进行施工，调压竖井高 48m，开挖直径 15.6m，衬砌后直径 14m。在施工过程中会发生滑框翻模偏移的情况，出现这种情况以后爬升阻力会显著增加容易导致液压系统损坏同时影响混凝土浇筑的质量，故在施工过程中需检查滑框翻模的垂直度和水平度。发现滑

框翻模偏移以后需进行纠偏,先将偏高一侧的千斤顶关闭,偏低一侧进行爬升以此来完成纠偏。

滑框翻模工艺的应用大大降低了施工组织的难度且能保证施工质量,经过设计计算和设计优化以后,滑框翻模在结构安全上也有保证。在以色列项目所在地复杂地质条件和高昂人工成本的环境下,滑框翻模发挥了很强的优势,既缩短施工工期又节约施工成本。

结语

滑框翻模施工工艺在国内应用比较广泛,将此施工工艺引入并应用在以色列K抽水蓄能电站调压井施工中,施工效率和优势非常明显,在项目工期紧张且当地材料

及人工费用高昂的情况下,通过对滑框翻模的设计计算和参数优化,实现了竖井混凝土快速连续浇筑,同时周转性材料及人工投入相对节约10%,工期相对缩短约5%,具有显著的经济效益。

参考文献

[1] 张生林.浅析水利工程竖井施工技术[J].农林科技与信息,2021,(09):124-126.

[2] 李军,吴定清,王艳梅,胡鹏飞.抽水蓄能电站中的竖井施工载人系统研究[J].智能建筑与工程机械,2021,(12):59-60.