

中国电建 POWERCHINA

内部资料 免费交流

机电设备 技术与管理

ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT
TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

准印证号:(湘0) LK20230392

2023.第03期 总第45期

考虑锚链阻尼的Spar型 浮式风机的动力响应分析

汽轮机模拟半实缸或 全实缸状态的轴系中心调整方法研究

无人驾驶技术在沙石骨料矿山的应用研究

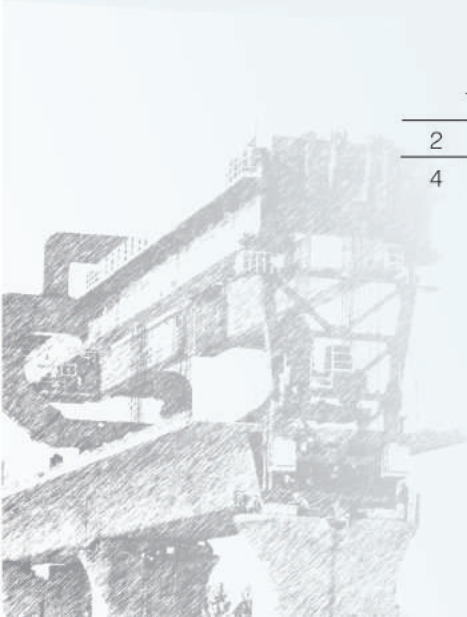


中国电力建设股份有限公司 主管



1	
2	3
4	5

- 1 南非红石塔式光热电站项目
- 2 雅砻江腊巴山风电项目
- 3 杭州市运河亚运公园“玉琮”馆
- 4 西藏那曲色尼区欧码亭嘎100兆瓦风电项目
- 5 马来西亚景兴纸业热电站





1	2
3	
4	5

- 1 TB水电站
- 2 湖南韶山灌区项目楠竹长虹槽爆破拆除成功
- 3 西藏湘河水利枢纽工程
- 4 广西大藤峡水利枢纽主体工程
- 5 老挝南欧江六级水电站





1	4
2	5
3	

- 1 印尼雅万高铁
- 2 沙特塔纳吉布道路升级项目
- 3 西安地铁1号线三期开通
- 4 孟加拉达吉公路
- 5 孟加拉达卡机场高架快速路项目



机电设备技术与管埋

Electromechanical Equipment Technology and Management 2023·第3期 总第45期

目 录 contents

01	光热电站机组快速启动设计方法研究	孔令峰 马立国
05	机关园区新能源智微网应用示范技术研究	刘振清
09	基金会现场总线仪表回路测试技术研究	樊 聪
12	考虑锚链阻尼的 Spar 型浮式风机的动力响应分析	方光俊 马丹彬 唐 劲
17	上海地区电力水平定向钻进管线穿越建筑物的技术研究	牛 婧
20	百万机组输煤栈桥穿烟囱吊装技术	张勇峰
24	抽水蓄能电站 TBM 洞挖设备选型技术研究	化 克
28	大型起重机械可逆电源装置技术研究	倪伟君
33	电厂主管道支吊架安装常见质量通病及防治	张 耸 焦 强
36	火电厂古滑坡体边坡抗滑桩技术研究	朱道兴
42	基于 IEC 标准的火电厂危险区域划分研究与案例分析	殷利杰
48	企业信息一体化平台建设规划策略浅析	胡 博
52	汽轮机模拟半实缸或全实缸状态的轴系中心调整方法研究	石 建
59	山地风机吊装安全技术研究	郭迎涛
64	射线检测灵敏度影响因素分析及改进措施	宋士林 宋尚华
67	智慧电厂建设与管理探析	杨东曜
70	平江抽水蓄能电站引水隧洞 TBM 设计选型关键技术的研究	朱文辉
74	缆索起重机起升钢丝绳快速更换施工技术研究	郑言超 康伟京

80	无人驾驶技术在沙石骨料矿山的应用研究	谢 辉 臧彦超
84	群塔防碰撞技术在房建项目中的应用研究	姚晋永 刘 建
87	智能物料验收在工程项目物资管理中的应用研究	毕广旭
90	无铅焊料 Sn-0.7Cu 助焊剂浅析及应用研究	吴云伟 冯元发

行业动态与资讯

- 4 公司承建的黄金峡水利枢纽成功下闸蓄水
- 19 公司环保领域成果入选世界人工智能领域最高奖项
- 47 中国电建稳居 ENR 全球最大电力工程承包商

(本期封面、封底及彩页照片由股份公司网站、中国水利水电第八工程局有限公司提供)



封面图片：
湖南犬木塘水库枢纽

主管单位：中国电力建设股份有限公司
主办单位：中国水利水电第八工程局有限公司

湖南省刊型内部资料准印证号：(湘 0)LK20230392
内部资料 免费交流

编 审 委 员 会

顾 问：杨 清 付元初 章 兢
主任委员：姚 强
副主任委员：宗敦峰 周建平
委 员：苟达平 张勇平 汪胡根 施光辉 王晏涛
蔡 斌 葛建军 莫永彪 邓文明 李国瑞
刘永阳 张连庆 孙建华 李晓辉

编 辑：《机电装备技术与管理》编辑部
主 编：苟达平
副 主 编：邓文明 施光辉 茅德山 罗明全
责 任 编 辑：茅德山(兼) 张祖义
编 辑：胡晓日 赵军帅 康利思
电 话：0731-82822020 18570629166
投 稿 邮 箱：jidianjishu@163.com
通 讯 地 址：湖南省长沙市天心区常青路8号
《机电装备技术与管理》编辑部
邮 编：410004

版面设计：湖南省本色文化体育推广有限公司
发送对象：中国电力建设股份有限公司内部单位
印刷：长沙市兴业彩色印务有限公司
印刷数量：1200 册
开本：16 开
印刷时间：2023 年 9 月

光热电站机组快速启动设计方法研究

©孔令峰 马立国/(山东电力建设第三工程有限公司)

【摘要】本文对联合循环电站、光热电站等具有快速启动要求和特点的机组,有针对性进行了热力系统改进设计,最终实现机组快速暖管以缩短机组启动时间的目的。应用软件模拟分析技术,对改进后的预期效果提前进行定量分析计算,系统设计配置方面及参数容量选择起到了关键性的作用。在达到预期的快速启动目标前提下,兼顾了经济效益和环境效益,以最经济适用的工程方案实现,最小化的厂界噪音和环境影响。

【关键词】光热电站;暖管;快速启动

1 引言

近些年,随着中国基础设施建设实力的蓬勃发展,在国外承建了大量的国际电站 EPC 项目,在国外,局域电网、小型电网为主的电力系统,电网负荷波动大,机组频繁启停,提高机组的快速响应能力,提升电力用户的用电体验和用电质量,提高电站机组的有效年发电小时数,快启动保民生、多发电促生产都体现出现实意义。

在中国,随着国家能源结构调整,未来新能源电力电站将迅速崛起。新型电力系统和局域微电网等新型能源结构的发展,势必要求电网中配置快速响应能力的机组,以便在充分利用新能源情况下,充当调峰机组的快速响应能力,不仅可以有效减少储能端的容量要求、增加发电端的生存性和调节性能,促进电网能源结构改革和谐发展,也将提高各类电网对快速启动电站的认知度,促进局域微电网和大电网的协同发展。

2 影响电站机组快速启动因素原因分析

2.1 影响电站机组快速启动因素

光热电站因设计有储热系统,对太阳光照的即时性可做适当调节,因具备储热系统,即便是在没有太阳光的早上或夜间用电高峰时段,仍能利用储存的热量继续产生蒸汽来满足机组提前启动或供电的要求。

对于光热电站机组,因全年发电量作为性能保证的考核指标,充分利用太阳能并尽快启动满足全年发电量要求,汽轮机的启动时间较常规燃煤电站机组要求更高,图 1 为某进口 50MW 光热电站汽轮机启动曲线。

可见,在温态启动(汽机停机 10h 以内,高压缸转子温度 $\geq 310^{\circ}\text{C}$)状态下,机组从进汽冲转到满负荷运行时间仅需约 36min,因汽轮机本体材料及壁厚的优化以及缸体电伴热电缆的共同作用,保证汽轮机的快速启动,特别是在设计全年多数启动工况具有良好的效益。

蒸汽发生系统对电站启动时间的影响甚小,对于 SGS

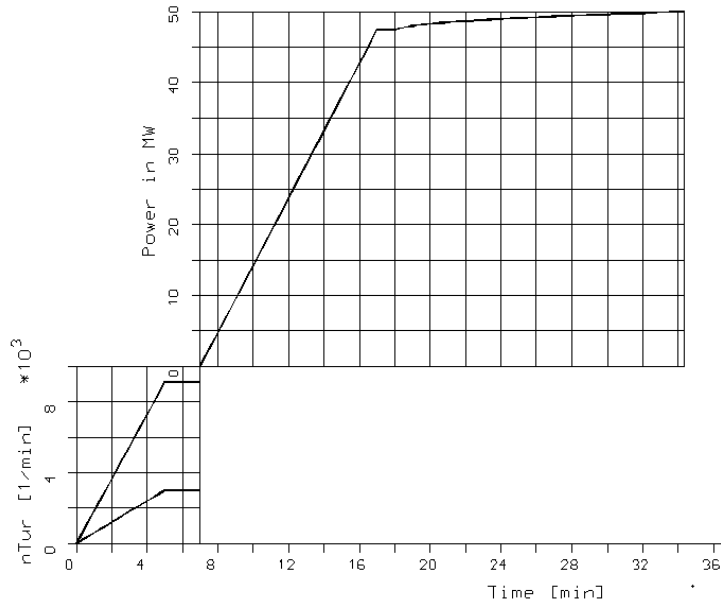


图 1 50MW 光热电站汽轮机启动曲线

系统，夜间停机保压时间少于 10h 的情况，SGS 再次启动 汽轮机进汽额定参数，图 2 为 SGS 启动曲线。时仍满足热态启动条件，SGS 蒸汽侧在 30min 内便能达到

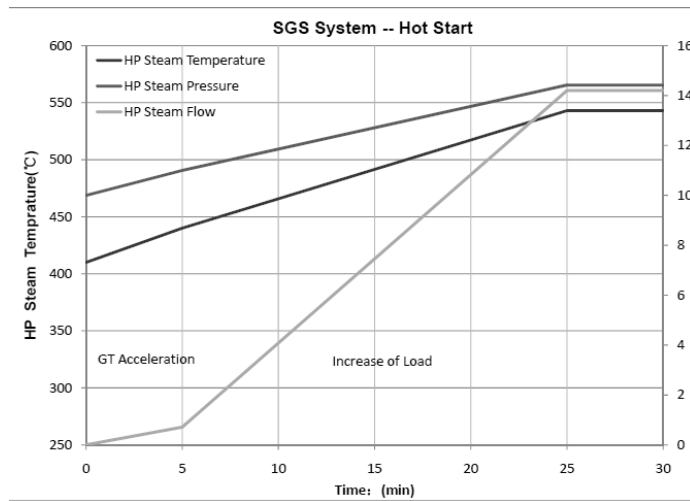


图 2 SGS 启动曲线

并且，因光热电站每日启停的特点，在第二天早上可以提前启动 SGS 系统，所以 SGS 系统的产汽速度不会影响机组的发电量。

光热电站蒸汽管道系统虽然设计有严格的保温措施，但 GSG 系统夜间停机保压期间只保证 SGS 主要设备和局部系统通过热蒸汽，因局部的蒸汽循环一是可以保证 SGS 内压力温度的温度和系统的热备用状态，以及少量蒸汽供应必要系统维持包括汽轮机盘车运转，二是局部蒸汽循环更是为了节约热量，以便更多的储热用于实际的生产发

电。这样就造成汽轮机供汽系统大部分管道如主蒸汽、再热蒸汽管道在夜间均会有温度降低，导致第二天在此启动时需要预暖蒸汽管道以保证汽轮机直接进入的蒸汽不受管道冷却因素的影响。

2.2 蒸汽暖管占去主要的电站启动时间

在光热电站现场实际调试过程中，实际可以看到的情况就是暖管时间成为了整个电站启动过程中用时最长的工作，是影响电厂及时发电的重要制约因素。同样以该 50MW 光热电站汽轮机为例进行讨论，在热态启动(1-10h

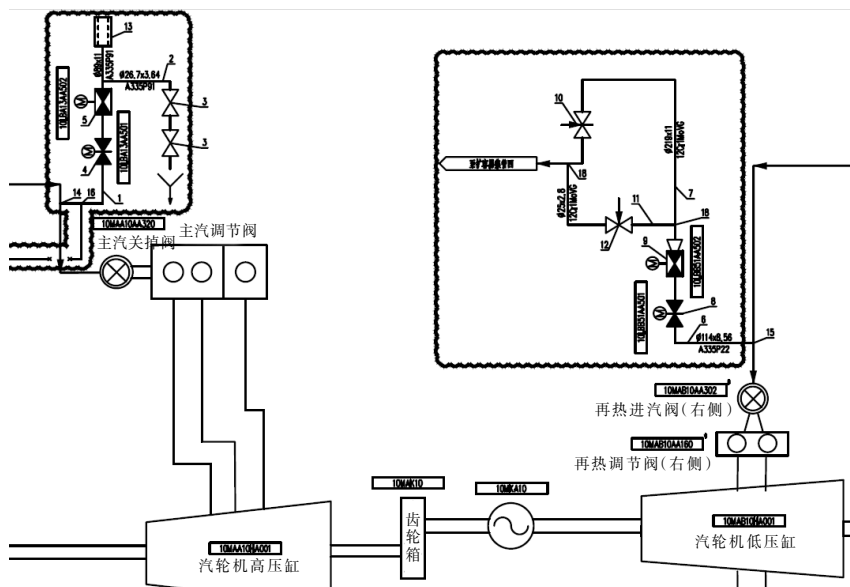


图3 设计改进后的主要系统流程

停机后的再次启动), 根据汽轮机缸体和转子的金属温度情况, 按照主机厂的启动曲线, 汽轮机允许启动进汽温度要求在 375°C 以上, 但主蒸汽管道的实际温度只有 275°C 左右, 这样仍需要利用 SGS 蒸汽进行暖管将汽轮机进口前的蒸汽温度提高至少 100°C 。该 375°C 及对应的提升 100°C 的暖管温升是汽轮机进汽的最低要求, 主蒸汽管道的暖管主要依靠高旁阀及汽轮机主汽阀前疏水管道配合操作, 因高旁阀接主蒸汽管道三通处距汽轮机侧较远, 加之汽轮机主汽阀前疏水管道的管径限制影响, 主蒸汽管道暖管速度缓慢, 在没有设计改进的情况下, 仅依靠汽轮机主汽阀前疏水管道预暖主蒸汽管道需要至少 4.5h 才能满足汽轮机进汽条件。再热蒸汽管道预暖同样依赖于中压缸进汽阀前疏水管道, 这些都直接导致蒸汽流量小, 暖管速度缓慢的问题。由此可见, 相较于 SGS 启动时间和汽轮机的启动时间来说, 主蒸汽和再热蒸汽管道暖管时间已成为电厂快速启动的主要限制因素, 而对于不超过 10h 停机后实现快速启动的多数启动工况, 这对电厂全年发电会有较大影响。

3 机组的优化改进方案措施

经过对快速启动电站的要求, 结合国外光热电站设计特点, 设计改进并增加汽轮机进汽阀前管道上的对空排汽阀, 以及在再热热段中压缸进口处增加暖管排汽管线并设置减温减压装置, 设计排汽能力分别为主蒸汽和再热蒸汽最大进汽量 15% 和 12% , 再热蒸汽暖管排汽经减压后排入疏水扩容器并在疏水扩容器中降温并最终回收至凝结水

系统。设计改进后的主要系统流程如图 3。

主蒸汽管线上汽轮机主汽阀前对空排汽管上安装有电动隔离阀、排汽流量控制阀及消音器, 对空排汽管设计尽量靠近主汽关断阀的进口处, 设置于汽轮机所述主蒸汽管道进口温度测点的下游靠位置处, 以便热电偶能及时快速地反应汽轮机进汽阀前蒸汽温度情况; 排汽电动隔离阀在排汽流量控制阀开启前开启, 在排汽流量控制阀关闭后关闭, 阀门密封性要求高, 可有效保证机组正常运行期间无蒸汽泄漏、防止机组热量损失; 排汽流量控制阀以流量调节控制保证暖管期间主蒸汽管道内部的压力维持, 主要用于暖管蒸汽流量控制并保证暖管蒸汽压力稳定, 保证暖管期间金属应力在可控范围, 并能有效提高暖管速度; 对频繁启动的光热电站机组, 对空排汽组件出口处设计所述消音器以控制环境噪音指标, 减小对运行人员的伤害。

再热蒸汽管道上中压汽轮机进汽阀前暖管排汽管线并设置减压减温系统, 设置减温减压调节阀, 在暖管期间, 配合低压旁路阀以流量控制保证在暖管期间的再热蒸汽管道内部压力维持, 保证暖管期间金属应力在可控范围, 并能有效提高暖管速度; 再热蒸汽管线上暖管排汽管线最终接入汽机侧疏水扩容器, 在疏水扩容器中喷水减温将水质回收到疏水扩容器并最终回收至凝结水系统重新利用, 疏水扩容器减温水来至于凝结水泵出口管, 减温水流量控制匹配减温蒸汽以确保排放到疏水扩容器的蒸汽不超温。

4 预期效果

按照以上设计改进, 在增加主蒸汽管道对空排汽管线

和再热蒸汽管道暖管排汽管道的情况下,因增大了机组暖管期间的蒸汽流量并提高了有效暖管蒸汽温度,但受限于疏水扩容器喷水量的限制,再热管道暖管温升速度按照 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 计算,停机小于10h,主蒸汽管道的起始温度 275°C 左右,1h即可达到汽轮机进汽冲转条件。

5 结语

针对光热电站快速启动的特点,设计加速机组启动的改进装置及改进方法,增加汽轮机高压缸的主蒸汽管道前端对空排汽组件,汽轮机低压缸的再热蒸汽管道前端设有减温减压组件,解决了机组在启动过程中暖管速度缓慢的问题,达到快速预暖管道系统的目的。此外,在机组正常运

行期间保证无蒸汽泄漏、防止机组热量损失,不需增加额外的减温水管路,达到回收工质的目的等良好的设计经验,可有效缩短汽轮发电机组启动过程中蒸汽系统管道预暖时间,并兼顾了再热蒸汽管道快速暖管和工质回收,节约了工质,带来良好的经济效益。

作者简介

孔令峰 大学本科,高级工程师,山东电力建设第三工程有限公司副总经理。

马立国 大学本科,高级工程师,山东电力建设第三工程有限公司设计管理中心机务专业副经理。

公司承建的黄金峡水利枢纽成功下闸蓄水

7月9日,公司承建的黄金峡水利枢纽成功下闸蓄水,标志着“引汉济渭”工程一期调水工程完工,即将通水运行。

“引汉济渭”工程是国家172项节水供水重大水利工程之一,跨越黄河、长江两大流域,横穿秦岭,分为调水和输配水两大部分。黄金峡水利枢纽是“引汉济渭”工程的龙头水源,以供水为主,兼顾发电。枢纽拦河坝为混凝土重力坝,最大坝高63米,坝顶高程455米,水库正常蓄水位450米,总库容2.21亿立方米。其主要任务是从汉江干流取水,年供水能力10亿立方米。中国电建旗下水电十一局、十二局等子企业承担主要施工任务,成都院承担监理任务。

在工程建设过程中,公司项目建设团队积极开展科学技术研究以及新技术、新工艺的推广应用总结,先后在大型水利枢纽智慧工地、复杂结构高强度碾压混凝土关键技术、受限空间坝体混凝土与岩石地基爆破同步施工及大型泵站特殊形态混凝土温控防裂技术等开展技术创

新和科研立项,攻克了高扬程大流量泵站提水等技术难关。同时联合清华大学开展“无人驾驶碾压混凝土筑坝”技术研究,推动水利水电工程建设向智能化、无人化、高效化发展。

黄金峡水利枢纽的成功下闸蓄水,为“引汉济渭”工程实现先期通水奠定了坚实基础。作为陕西省历史上规模最大、影响深远的民生水利工程,“引汉济渭”工程年均调水规模可达15亿立方米,可解决西安、咸阳、渭南、杨凌等地的生活与工业用水需求,受水区域总面积1.4万平方公里,受益人口1411万人。

黄金峡水利枢纽位于秦岭南麓洋县境内,区域生物资源丰富,为守护好秦岭生态环境,项目建设团队坚定践行“两山”理论,建设1908米生态鱼道帮助鱼类穿越大坝洄游产卵,采用CBS植被砼生态恢复技术进行边坡复绿,利用“平流沉淀+PAC/PAM+浓缩沉淀罐”工艺实现废水零排放,多措并举打造绿色工程、生态工程,最大程度保护了施工区域的原生态。(股份公司网站)

机关园区新能源智微网应用 示范技术研究

◎刘振清 / (中国电建集团河北工程有限公司)

【摘要】本文通过对某机关园区新能源智微网建设方案的研究、归纳和总结,结合机关园区发电的可开发利用性与其用电负荷需求特点,论证了利用机关园区开发建设新能源智微网的可行性和必要性,验证了机关园区新能源智微网具有的独特经济性和显著的节能减碳示范效果。并针对 HB 工程公司机关园区智微网建设和运行中存在的问题和不足进行了分析研究,提出了解决方案。在“节能、减碳”政策的引领下,机关园区新能源智微网建设方兴未艾,具有强大的发展潜力,推广应用空间巨大。

【关键词】新能源;智微网;节能;减碳

1 引言

新能源智微网是以光伏发电、风力发电、地热、空气能及地热等一种或多种分布式能源组合而成的发电系统,联合本地储能系统、就近负荷及综合能源信息管理软件系统等构建的小型发电、配电和用电系统。新能源智微网发电方式具有多样性,小型化和灵活性的特点,它占地面积小,电压等级低,整体容量小,适合就地消纳,余电上网等特点,适合机关园区、农场、工商业办公楼等场地应用。可以实现本地化高可靠性电力配送,实现能源多元化、减少碳排放目标。同时智慧微网行业是我国十三五时期的战略新兴行业。从全球范围看,智慧微(电)网尚处于示范验证阶段,行业技术、产品开发处于快速发展状态。

本文以 HB 工程公司机关园区新能源智微网建设为例,结合机关园区的地貌特点和用电负荷需求特点,阐述了机关园区建设新能源智微网的可行性和必要性,以及其具有的独特经济性和节能减碳示范效果。

2 机关园区新能源智微网示范的意义和目的

机关园区新能源智微网发电具有重要意义:一是具有节能效益,采用光电、风电等新能源形式,降低了用电成本,能源利用率高;二是具有减碳效益,微电网作为零排放发电单位,减少了传统模式下系统的各种污染物排放惩罚成本,以及目前正在积极推广的碳排放权交易收益;三是具有示范引领作用,能够向社会开放并为新技术新产品的应用提供机会,可成为办公区或居民区新能源智微网技术复制推广、培训和验证基地。

3 机关园区的可开发性、用电需求分析和经济分析

3.1 机关园区的可开发性和利用方案

机关园区一般由办公楼、附属楼、庭院(空地)、车库

(棚)、灯杆和围墙组成。办公楼和附属楼的屋顶、墙面和庭院空地可以建设光伏发电系统,车库及车棚可以建设光伏发电系统,灯杆可以建设风力发电系统和光伏树发电系统;庭院边角空地可以建设地热和储能系统;机关园区的屋面和边角空地为建设新能源提供了足够的空间。

3.2 用电需求分析

机关园区的用电负荷一般为空调、照明、办公设备、服务器机房用电设备、宣传屏幕、抽水泵房以及新能源汽车充电桩等组成,具有白天用电负荷大,夜间用电负荷小的特点,与光伏发电的曲线基本吻合。白天可以利用新能源发电实现自给自足,余电上网或存储;夜间用电低谷时充储低价电能实现经济效益。机关园区本身具备的用能需求,是建设新能源智微网的客观基础。

3.3 经济效益分析

(1) 光伏系统经济效益分析

目前每 100 m² 的屋顶可以安装 5 ~ 7KW 的光伏电站,市场光伏发电系统造价为 7 ~ 9 元 / 瓦,也就是说安装 5KW 的话需要 3.5 ~ 4.5 万元。按照光伏等效满负荷利用小时数 1504h,容量系数为 0.171,年发电量为 7520KW 时,20 年运营期;当商用电价为 0.8 元 / KW 时,投资回收期为 7.5 年,经济效益可行。

(2) 地源热泵效益分析

地源热泵是陆地浅层能源通过输入少量的高品位能源(如电能等)实现由低品位热能向高品位热能转移的装置。通常地源热泵消耗 1KW 时的能量,用户可以得到 4KW 时以上的热量或冷量。由此可见,地源热泵可以降低能耗 3/4,具有可观的经济效益;目前螺杆式地源热泵造价为 295 元 / KW;按照商业电价 0.8 元 / KW 时计算,日工作小时为 12h,日等效经济效益为 38.4 元,投资回收期为:7.15 年;经济上可行。

(3) 储能效益分析

1) 化学储能

目化学储能造价为:以已建投产的湖南永州蚂蝗塘储能电站为例,该工程 10kV 交流侧并网点规模为 20MW/40MWh,公开的工程总造价约 1 亿元人民币,储能造价 2500 元 / KW 时。

储能最大的经济效益为可实现“削峰填谷”,保障电网安全,错时段用电可调配峰谷电量,减少企业电费支出。以低谷电价 0.5 元,正常电价 0.8 元为例,差价为 0.3 元 / KW 时;以 120KW 时锂电池储能系统为例,每天充放电两次,可以产生经济效益 72 元,年度经济效益 26280 元,静态回收期:11.41 年,经济上可行。

2) “双储”储能

双蓄电价就是指在深夜用电量处于低谷时,利用电网富余的低价电制冷或制热,将富余电力以冰或热水形式储存起来,在第二天用电高峰时段,利用这些储存的冰或热水满足建筑物空调的制冷或制热需求。

“双蓄”技术能够有效削减用电高峰时段的电网负荷,不仅可缓解夏季用电高峰时电网的负荷,减轻环境污染,而且在清洁能源替代等方面具有独到优势。由于峰谷电价差异较大,“双蓄”技术让人们在用电高峰时用上了低谷电价的电能,可大大降低居民或企业的用电费用。“双储”电价仅为商业电价的三分之一,经济效益可观。

由上述分析可以得出,在机关园区建设新能源智微网具有较好的经济效益和节能减排示范效应。

3.4 节能减碳分析

多种新能源发电并就地消纳利用,实现了机关园区对火电的消耗,从而实现了节能减排的目的;经测算,以光伏发电为例,每安装 1KW 的光伏组件,将年减排 CO₂ 1.7t,整个寿命周期 25 年,共计减排 42.5t。

4 常见微型电网方案比较

4.1 户用并离网风光储能系统

一般由光伏发电设备、风力发电设备、化学储能设备、逆变器和控制系统组成,容量一般为 3KW ~ 30KW,电压等级为 220V;适用于 1 ~ 10 个家庭适用;主要用途为家用、小型商业、小型海岛等。

4.2 小型离并网光伏储能系统

一般由光伏发电设备、化学储能设备、逆变器和控制系统组成,容量:30KW ~ 250KW;电压等级为 220V/380V;适用 10 ~ 250 个家庭;应用于小型村庄、小型商业、海岛、小型充电站等。

4.3 智能微网储能系统

一般由光伏发电、风力发电、地热、空气能及地热等一种或多种分布式能源组合而成的发电系统,联合本地储能系统(化学储能 + “双储”储能)、就近负荷及综合能源信息管理软件系统等构建的小型发电、配电和用电系统;容量:250KW ~ 250MW;电压等级为 220V/380V;适用:250 ~ 1000 家庭;应用:小型城镇、中型商业、中型工厂、海岛、中型充电站等。

上述三种微电网,可以根据用电需求情况,广泛应用于污水处理太阳能供电系统、内蒙古牧区太阳能供电系统、景区离网光伏发电系统、喷泉太阳能供电系统、高速公路太阳能供电系统、道路太阳能监控系统、鱼塘太阳能供

电系统、山区养殖光伏离网系统、学校太阳能供电系统、光伏车棚、小型太阳能供电系统和生态城区并离网光伏发电系统等应用场景。对于具有较大用电负荷的庭院式机关园区采用智能微电网储能系统是最佳选择。

5 园区智微网建设方案

5.1 机关园区布局

HB 工程公司占地 9000 m², 由综合办公楼、科研楼、配

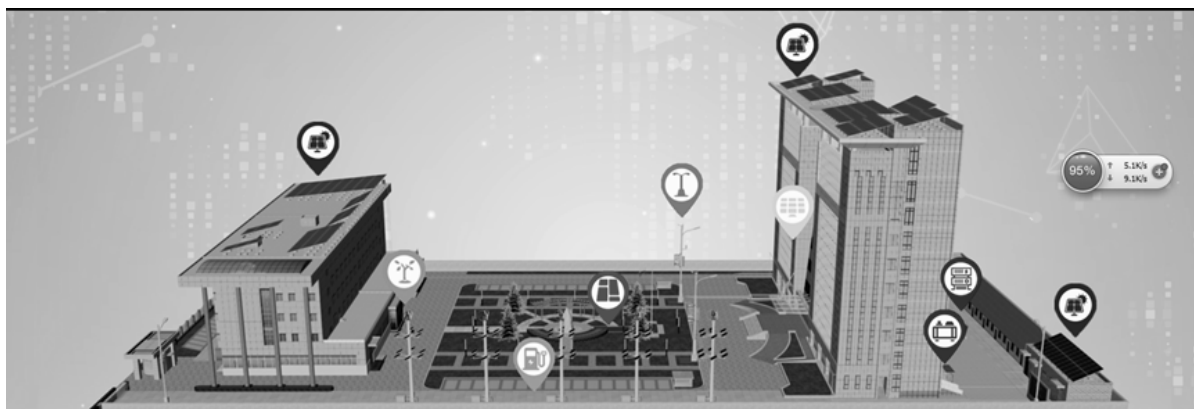


图 1 机关园区示意图

电室、车棚和庭院组成,主办公楼有玻璃幕墙,综合楼与科研楼之间为庭院,综合楼楼后有空地和配电室。具体见图 1。

5.2 项目规划

本项目规划光伏发电总容量为 283.13KW, 其中屋顶分布式光伏容量为 249.48KW, 其余发电系统规划容量为 33.65KW。

本项目采用多个并网点就近并网的方式,每个建筑物屋顶光伏系统或单个场地光伏系统分别作为 1 个独立光伏发电单元,经逆变后接入综合楼北侧院区 380V 配电室。

科研楼屋顶光伏 108KW, 综合楼屋顶光伏 125.28KW, 配电室屋顶光伏 16.2KW, 综合楼玻璃幕墙光伏 12.45KW, 门厅雨棚光伏 4.8KW。院内光伏树配置风力发电系统 5KW、光伏组件发电系统 6KW, 地面发电砖 5.4KW, 同时配套 131KW/131KW 时储能系统, 光伏树底部建设 5 台双枪 14KW 交流充电桩, 地热、空气能耦合一套。具体见图 2~4。



图 3 综合楼及幕墙光伏发电系统示意图



图 4 智慧灯杆光伏及风力发电系统示意图

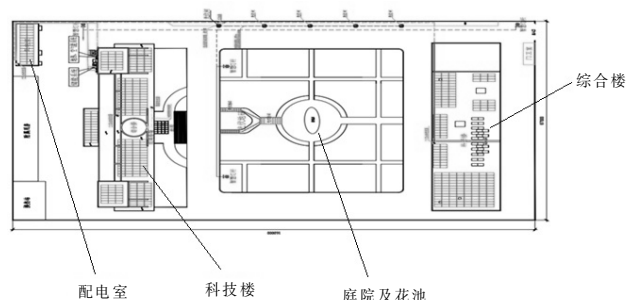


图 2 项目规划图示意图

5.3 场区各发电系统布置

(1)深度利用太阳能、风能等能量资源,在院区东侧围墙处建设 5 棵光伏树, 实现光伏树绿色能源的全天候发电。光伏树配置风光发电系统、控制系统及充电系统。

(2)发电地砖 在综合楼门前旗杆两侧现有小路铺设发电地砖, 地砖之间采用防水密封胶粘结, 实现环境美化及发电功能。

(3)玻璃幕墙、门厅雨棚将综合楼二、四、六、八、十层玻璃幕墙固定位置改装成不透光碲化镉光伏组件发电系统。门厅

雨蓬改装成透光率 50%碲化镉光伏组件发电系统。

(4) 储能系统以本项目发电单元总装机 283.13KW 为前提,新增充电桩和地源热泵和空气源热泵负荷 83KW,抵减这部分容量后按照新增光伏 200.13KW,在综合楼北侧配置 131KW/131KW 时储能设备一套。可实现“削峰填谷”,保障电网安全,错时段用电可调配峰谷电量,减少企业电费支出。

(5) 充电桩在院区东侧围墙处 5 棵光伏树下部分别设置 5 台 7KW 双枪充电桩,单机单充(带功率均衡控制,以便于灵活调节控制)。每台一体式直流充电机自带 APF 单元,补偿后功率因数应达到 0.95 以上。额定功率:14KW,交流输入电压:380V ± 10%,交流电源频率:50Hz ± 1Hz。

(6) 地热、空气能耦合采用地源热泵 + 空气源热泵双系统耦合式供暖原理:供暖第一个月和供暖最后一个月以空气源热泵供暖为主,地源热泵辅助供热,中间最寒冷的两个月以地源热泵供热为主,空气源热泵作为辅助热源,室内供暖温度可达到 20℃以上,将解决单采暖地温衰减的问题,夏季利用现有空气源热泵对地埋井进行回热,使整个地埋井系统达到冷暖平衡。

(7) 在综合楼前广场两侧和东围墙南北两侧分别安装两座智慧灯杆。

(8) HB 公司自主研发了“智建云”能源管理系统(软件),包括实时在线监控平台、智慧预警系统、智慧运维系统、能源决策监控系统、智慧缴费系统以及手机 app 等智慧终端应用。具体为在综合楼一楼展厅建设 5G 网络控制中心,采用数字孪生技术将园区进行 web 端展示,利用多种工业通讯协议将多源异构数据进行采集。通过数据边缘计算与空间治理达到数据可视化展示、预警、运维等能力,实现办公区能源综合利用、在线监控、智慧运维。

5.4 经济效益及节能减碳情况

HB 工程公司新能源智微网项目通过“智建云”能源管理系统(软件),风、光、储年度生产绿电约 46.28 万 KW 时,折合标准煤 185.12t,减排二氧化碳 461.41t,相当于植树造林 6.91 亩,年节约电费约 35.17 万元,利用地热、空气能耦合技术实现(150m²)供热制冷,总计为公司本部办公区节约费用 35.64 万元/年。

6 HB 工程公司机关园区优缺点分析

6.1 优点

(1) 通过采用风光储充一体化技术、地热能、空气能耦合技术以及源网荷储一体化技术,将多种能源形式进行耦合互补,打造了一套冷、热、电、储、充综合能源系统,对微

电网中的储能装置进行混合优化配置,可实现“削峰填谷”,并解决传统风光发电的间歇性和不可控性问题。

(2) 利用 HB 工程公司自主开发的“智建云”能源管理系统(软件),融合 5G 网络应用技术,用数字化赋能各能源模块,实现办公区 5G 技术传输能源信号到控制台,实时在线监控、主动诊断、智慧运维。

6.2 缺点

(1) 造价偏高

HB 公司为了达到应用场景示范效果,自主开发了“智建云”能源管理系统(软件)和装设了大屏幕展示系统,使其单瓦造价大幅度提高,导致其投资回收期加长。另外改建玻璃幕墙光伏系统的造价也比较昂贵,导致单瓦造价的提高。

(2) 风力发电利用率偏低

由于 HB 机关园区地理地形限制,院内风资源缺乏,院内光伏树配置风力发电系统发电效率很低,只能起到示范效果和装饰效果。

(3) 电储能效率经济效益达不到预期

HB 公司采用的是化学储能,与“双储”储能比较,经济效益较差。

6.3 优化方案

(1) 非必要不加设专门的大屏幕显示器,或者采用共享大屏幕显示器,2000 × 3000 显示器的造价为 12 万元。

(2) 原则上不采取改造的方式建设幕墙光伏发电系统,只对新建建筑采用玻璃幕墙发电系统。

(3) 加大对“智建云”能源控制系统的推广力度,逐渐降低“智建云”的开发分摊费用。

(4) 增加“双储”储能的容量占比,提高储能的经济效益的收益率。

(5) 非必要不在机关园区建设风力发电系统,除非用于装饰和示范。

7 结语

本文通过对 HB 公司机关园区新能源智微网建设的总结、研究和归纳,提出了适合机关园区选用的多种新能源组合方案,并针对该公司机关园区智微网建设和运行中存在的问题和不足进行了分析研究,提出了解决方案,本文对今后类似智微网工程具有重要的借鉴意义,并指出了节能、减排为其发展的主要驱动力和存在基础。

作者简介

刘振清 大学本科,工程师,中国电建集团河北工程有限公司副总经理。

基金会现场总线仪表回路测试技术研究

◎ 樊 聪 / (中国电建集团核电工程有限公司)

【摘要】基金会现场总线系统(简称 FF 现场总线系统)是以自控领域为开发应用对象,将自控、计算机和信息通讯融为一体的数字化、智能化、网络化的新型工业自动化控制技术,也是自动化控制系统今后主要的发展方向。本文以工程实践为例,对沙特阿美标准的解读、针对基金会现场总线仪表回路测试进行技术研究、技术总结,以供读者借鉴。

【关键词】基金会现场总线;3D 模型;回路测试

1 引言

公司承建的吉赞项目采用德国倍加福生产的基金会现场总线系统,使用数字信号代替了原来的模拟信号进行信号传输,其控制系统设备、现场仪表设备和控制电缆都发生了改变,尤其是在沙特阿美标准下需要与之相适应的仪表安装和调试工艺都与传统存在很大差异。沙特阿美项目标准高、要求严、规范细,为了进一步满足现场仪表安装调试的技术、质量、安全、工期等方面的要求,提高公司基金会现场总线型仪表施工调试技术水平。中国电建集团核电工程有限公司在工程实践的基础上,通过对沙特阿美标准的解读、针对基金会现场总线仪表回路测试进行技术研究、技术总结,并在沙特沙巴哈联合循环改造电站项目、沙特吉赞 3850MW 燃机联合循环电站项目成功应用。

2 基金会现场总线仪表回路测试技术原理

本项目为基金会现场总线仪表安装调试施工工艺,结合沙特阿美标准体系下,进行研究分析、总结。本工艺主要由基金会现场总线仪表安装、回路测试包组建、PID 验收、仪表预调试、仪表调试五大项工序组成。在基金会现场总线仪表回路测试过程中,应用了 3D 模型技术、终端接地技术、电缆热缩管密封技术、组建回路测试资料包、仪表设备标定技术五项新技术、新工艺,攻克了传统工艺的安装调试周期长、返工数量多、材料浪费严重以及调试效率低的问题。

3 基金会现场总线仪表回路测试关键技术

3.1 采用 3D 模型技术

(1)传统项目仪表安装受配管、设备安装等专业限制较大且现场工况复杂多变,本工艺利用 3D 模型(如图 1)确认仪表安装位置,有效避免遮挡、碰撞等问题。

(2)一个基金会现场总线盒最多连接 12 个设备,结合

3D 模型(如图 2),对接线盒及就地仪表的位置、路径进行优化,采用集中布置方案。节约了施工成本,提高了接线效率,方便了后期仪表调试、维护。

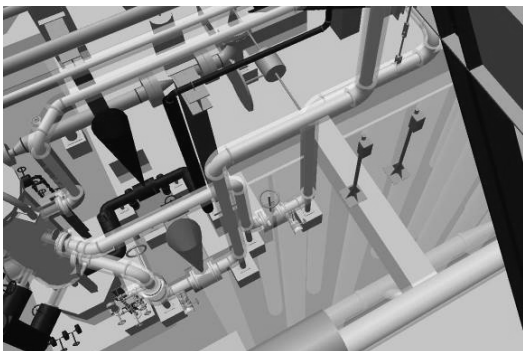


图 1 利用 3D 模型确定仪表位置

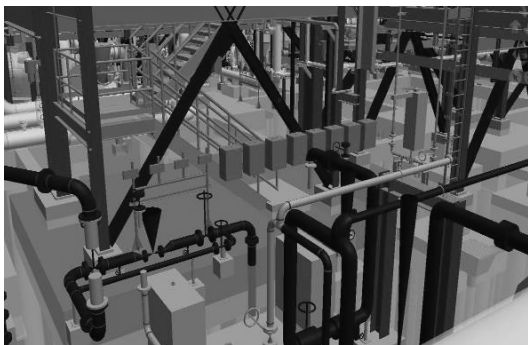


图 2 利用 3D 模型合理优化布置接线盒

3.2 终端接地技术

(1) 一次电缆分屏不可以连接到接线箱外壳地,也不可以与总屏蔽线连在一起。钢铠电缆必须按照格兰头厂家技术规范压接紧固,同时在接线箱内增加接地环(见下图 3),确保接地质量,起到防雷电等高频干扰的作用。

(2) 传统接线终端不加接地环,容易受附近强电高频干扰,终端接地技术的研究,不仅满足了基金会现场总线型仪表对接地、抗干扰的技术要求,同时也为后期仪表调试创造了有利的条件。



图 3 终端增加接地环

3.3 电缆热缩管密封技术

本成果在电缆开剥时,为了不破坏屏蔽层,尤其不允许总屏蔽与分屏蔽相通。研究改进电缆热缩管密封技术,采用黑色热缩管热缩对成对线芯分别保护、屏蔽线单独使用绿色热缩管热缩,满足了施工质量及接线的技术要求,确保无多点接地情况,起到防止静电感应和低频(50Hz)干扰的作用。(见图 4)



图 4 电缆密封热缩电缆头

3.4 阿美标准下仪表设备标定技术

研究适用于阿美标准下仪表设备标定技术,采用 TK3 等多种专业调试工具,节约了人工成本,提高了调试效率,缩短了工期。4 基金会现场总线仪表回路测试创新点



图 5 采用 TK-3 测试振动探头

4.1 组建回路测试资料包

组建回路测试资料包,包括目录、最终签字页、校验报告、安装报告、接线图、测试报告、厂家资料、数据表、逻辑图,就地位置图、系统图等所有图纸及验收资料,调试人员通过资料包加快报验流程,提高了调试效率,节约人工成本。

4.2 建立回路预调试、调试检查机制

回路测试包括仪表预调试、调试。通过建立检查机制,完善过程控制,及时消除问题缺陷,提高了调试验收一次

合格率。

4.3 根据仪表类型,合理组织分配

根据仪表类型及功能,将资料包精细化分类,如压力、阀门、温度、电机等。合理组织回路测试人员,一组人员只负责对应一种类型的仪表回路测试。

4.4 采用专用端子,起到短路保护作用

通过基金会总线接线盒采用专用端子块技术。每个总线专用端子块与各现场仪表连接且具有短路保护作用,短路时指示灯亮,通过这种方式保证一个支路短路时不影响其它支路的正常工作。

5 基金会现场总线仪表回路测试主要技术指标比对情况

基金会现场总线系统以自控领域为开发应用对象,将自控、计算机和信息通讯融为一体的数字化、智能化、网络化的新型工业自动化控制技术,基金会现场总线系统将成为今后主要的发展方向,并在石油化工、燃机电厂行业正在陆续得到推广应用。该技术方案为同类基金会现场总线回路测试提供调试施工技术指导和参考经验,同时对基金会现场总线系统的推广及应用具有重要意义应用。本技术方案的成功研究,极大提高了仪表回路测试的效率,有效降低了人工投入,更大程度的提高了社会效益与经济效益,也为后续同类项目施工提供良好的技术参考与经验借鉴。主要革新点如下:

5.1 采用 3D 优化布置

常规的仪表安装布置,需要等现场管道安装完成后,才可以施工或者提前施工,后续不合适的地方在进行返工,造成材料浪费。

本成果借助 3D 模型,对仪表进行优化布置、集中布置、提前布置。节约了施工成本及施工周期,提高了接线效率,方便了后期仪表调试、维护。

5.2 研究仪表设备标定技术

现场仪表种类多,数量大,常规下都是带着一个标定仪进行回路测试,发现通讯不上或者其他的问题后,放到一边,浪费了调试时间。

本成果通过前期研究不同仪表的标定技术,确保现场回路测试顺利进行,提高了调试效率,节约了调试时间。

5.3 组建回路测试包

常规情况下回路测试人员需要找到就地位置及 DCS 侧的接线位置,然后根据厂家资料调试。如果碰到点问题就需要在找其他资料或者检查电缆路径等,影响施工调试效率。

本成果通过组建回路测试资料包,包括这个仪表回路里面所有图纸及验收资料,加快报验流程,提高了调试效率,节约人工成本。

6 节能减排及经济效益

6.1 节能减排

本成果技术先进、成熟可靠、科学合理,提高了基金会现场仪表回路测试的效率和系数,节约了施工成本,节省调试人员投入,提高调试效率,降低设备运行损耗,充分做到了节能减排的效果。

6.2 经济效益

本成果技术先进、符合沙特阿美标准,提高了基金会现场仪表回路测试效率和系数,保证了安装工艺质量,在经济性、安全性、实用性上具有大规模推广意义及广泛的推广应用价值。

以沙特沙巴哈联合循环改造电站项目为例,通过本成果的应用,仪表回路测试节约工期约计 40d,按照 30 人(4 个 DCS 操作员、2 个工程师、20 调试技工、4 个 punch 技工)计算,其中人工 1200 人,工代约计节约 400 人,效益计算合计节约 155.75 万元。

以沙特吉赞 3850MW 燃机联合循环机组为例,本成果的成功应用,有效提高了现场仪表回路测试效率和系数,节省了施工成本,本工程一号机组共计 1996 个文件包,安装调试节约工期约计 30d,其中人工 40 人(4 个 DCS 操作员、4 个工程师、26 调试技工、6 个 punch 技工),工代约计节约 300 人,合计节约 142.12 万元。

7 结语

沙特吉赞项目基金会现场总线仪表安装质量验收一次通过率 100%,调试一次通过率 100%,并顺利投用,为机组安全运行提供有力保障,投入使用后,运行良好,数据显示正常,远高于厂家设备要求。科学合理的调试施工组织和优良的调试施工质量,得到沙特阿美业主及厂家的高度赞扬,为公司赢得了荣誉。同时,也给同类项目带来宝贵的借鉴经验,值得应用推广。

作者简介

樊 聪 大学本科,工程师,中国电建集团核电工程有限公司电仪工程处技术主管,从事 EPC 设计管理、发电厂热控安装、调试技术管理。

考虑锚链阻尼的 Spar 型浮式风机的动力响应分析

◎方光俊 马丹彬 唐劲 / (中国电建集团重庆工程有限公司)

【摘要】在现有的系泊模型中,锚链的阻尼影响尚未引起足够的重视。例如,在当前流行的可计算浮式风力发电机响应的计算软件 FAST 中只考虑了线性模型,使用的两个动态系泊模型中没有提供施加锚链阻尼的功能。因此,本研究旨在编程完成浮式风机系泊系统的系泊力求解,便于更好分析锚链动力响应,结合多体动力学对浮式风机主体进行求解,实现 spar 型浮式风机的整体耦合计算,并进一步研究其动力响应的特点。

【关键词】Spar 型浮式风机;锚链;动力响应;阻尼

1 引言

在能源未来以及环境健康的不确定性日益增加的背景下,风能已被公认为是一项领先的技术,风能也是当今世界上增长最快的清洁能源之一,而风能技术在深海近海环境中的浮动平台上的部署已成为该技术的前瞻性应用。全球大部分区域属于海洋,这些地方蕴藏着丰富的风能,如果能够完全实现对这些风能利用,无疑对人类社会的发展有着举足轻重的意义。在风能的运用中,风力发电已经投入实际工程,有着强大的理论支撑和施工运行经验,进一步发展风机是历史的选择,也是未来能源开发的必经之路。

根据风能资源普查成果,可以知道在同等条件下深海的风能比近海的更大,浮式风机能够在更强大、更稳定的风场中正常运行,风资源更好,效率越高,所产生的电能也就更多。相比固定式基础,在深海区域选择漂浮式风机更具产能优势和经济价值,更加适用于生活实际的需要,满足沿海区域的大供电量。目前主要的漂浮式风机有 spar 立柱式、半潜式和张力腿式三种。漂浮式风机之一的 spar 型

浮式风机上部为单桩式结构,下部有锚链系泊系统固定,这种固定方式使结构在竖向的位移较小,能够很好的保持结构的稳定性;spar 型风机功能强大,能够建立在水深达 300m 的海面上,进行正常作业,可以将丰富的风能转化为电能,实现风能利用。如图 1 所示,浮式风机所受的荷载复杂,包括风荷载、波浪荷载、浮力以及重力。各个荷载之间存在着耦合情况,此类风机的动力学分析十分复杂,加上结构尺寸较大,计算复杂,计算量很大,风机的整体分析有许多问题值得研究。

2 Spar 浮式风机动力学建模

2.1 风机主体建模

将浮体、机舱和轮毂以刚体建立,其中叶片简化为质量点,施加于轮毂处。塔架以柔体建立,按照 FAST 模型参数文件提供的相关数据,将塔架用 11 个节点划分,利用 MBDyn 中的 3 节点梁单元建立,共有 5 个梁单元。

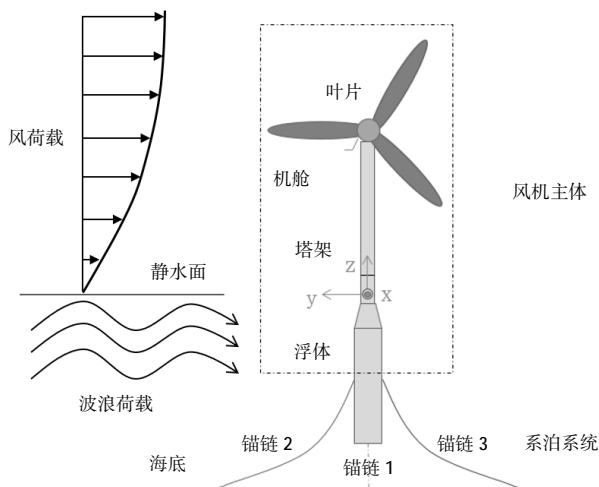


图 1 Spar 浮式风机示意图

在 MBDyn 中需要设置的刚体参数有空间坐标、刚体质量和转动惯量，刚体的初速度和初始旋转速度均考虑为零，质心位置就是节点位置，无相对偏移。刚体有浮体、机舱和轮毂，加上用于创建柔体塔架所需的 11 个刚体，总共有 14 个刚体。注意在其中的刚体质量和转动惯量不是直接给出的，在 FAST 文件中给出了 11 个节点的单位质量，截取相邻两节点中间位置作为刚体的初始形状，根

据此类划分和相关 FAST 的截面参数计算刚体质量和转动惯量。MBDyn 中设置的柔体主要就是塔架部分，将其分解形成 11 个节点，利用 3 节点梁单元，每三个节点形成一个梁单元，一个梁单元实际是三节点分成了两个部分，软件中可以设置两段的刚度以及本构关系，此处设置为相同参数。浮式风机中连接方式一般设置为固结，连接具体设置如下表 1。

表 1 MBDyn 中连接设置

约束标签	约束类型	连接节点
jnt_TN_total	固结	机舱和塔架顶端
jnt_NH_total	固结	机舱和轮毂

2.2 基于 Python 求解风机系泊力与水动力

利用 Python 软件编写浮式风机的系泊力求解代码，所需要的锚链相关的材料参数和几何尺寸如下表 2 所示。在 Python 中，利用现有的 spar 型浮式风机的相关参数，基于锚链动力控制方程组建立求解矩阵，利用差分法将方程组在时间和空间上进行离散，然后对差分方程进行求解。具体方法是在对锚链微元分析的基础上，用 50 个节点将锚链划分为 49 段，对锚链每一段中间点的动力控制方程离散到相邻时间点和相邻节点上，形成 49 个离散方程组。每

个点的离散方程组由 6 个方程组成，加上两边的边界条件，总共有 300 个方程形成总的待求解方程组。方程组的每次求解涉及到前一时间刻所有锚链节点数据和后一时间刻的锚链数据，如果知道前一时间刻的数据就可以通过方程组求解下一时间刻的解，如此循环求解，直到求解到所需要计算的时刻，此时完成对方程的求解，得到时程内所有的节点相关信息，即锚链的动力响应。对这个方程组求解从零时刻开始，推导下一个时间步的结果，所以进行求解之前需要知道锚链的初始条件。

表 2 锚链参数

参数	数值	参数	数值
相邻锚链的夹角	$2\pi/3$ rad	锚链直径	0.09 m
导缆点水下深度	70 m	锚链单位长度质量	77.7 kg/m
导缆点半径	5.2 m	锚链单位湿重	698.1 N/m
锚固点水下深度	320 m	锚链水平长度	848.7 m
锚链未拉伸长度	902.2 m	法向拖曳系数	1.6

依据水动力荷载的相关理论,在 Python 中进行编程处理得到水质点的速度。根据锚链 50 个节点在风机整体坐标系下的空间坐标,由水质点速度势函数得到相应坐标的水质点的速度和加速度时程信息。然后由莫里森方程获得水动力,最终加入到风机的响应计算当中。

2.3 基于 FAST 提取风荷载

本文利用 FAST 提取作用于风机上的风荷载。FAST 是专门为风机计算设计的数值模拟软件,其功能强大,计算便捷,广泛用于风机的各个领域的分析。FAST 的模块对应于耦合解决方案的不同方向,其中大多数由空间边界分隔。海上浮式风机可选的有限元叶片结构动力学特性可通过 BeamDyn 模块获得,而系泊和流体动力学特性则可通过 OrcaFlexInterface 模块获得。利用 FAST 提取风荷载主要就是将风机放在所需要计算的工况中,修改本文工况中相应的风场数据和波浪数据,进行响应计算,然后提取出集中于风机轮毂处的风荷载,最后施加于本文模型中。

在 FAST 中将平均风和脉动风组合形成风速。其中平均风在 FAST 中采用指数率描述风剖面的变化,所涉及参数主要有位于海平面以上 89m 处的平均风速。脉动风速在 FAST 一般采用 Kaimal 脉动风速谱理论推而来,具体涉及到的参数有湍流度、脉动风速谱等。将风速转化为风荷载施加至风机

2.4 风机响应联合计算

本文采取计算风机响应的主要软件是 MBDyn 多体动力学软件,由其建立风机主体模型,在此基础上加入由 Python 计算的系泊荷载、水动力荷载和 FAST 提取的风荷载作用于风机主体模型,从而得到风机的动力响应。在计算系泊力的边界条件中,需要知道导缆点的速度,根据速度条件才能计算出系泊力,而系泊力和其他外荷载的影响产生风机的运动,导致导缆点速度的变化,在下一个时间步初始状态时,更新边界条件,重新计算系泊力,求解新的时间步下风机响应。风机联合仿真流程如图 2 所示。

本文利用风机模型的均匀流工况的结果验证结构的

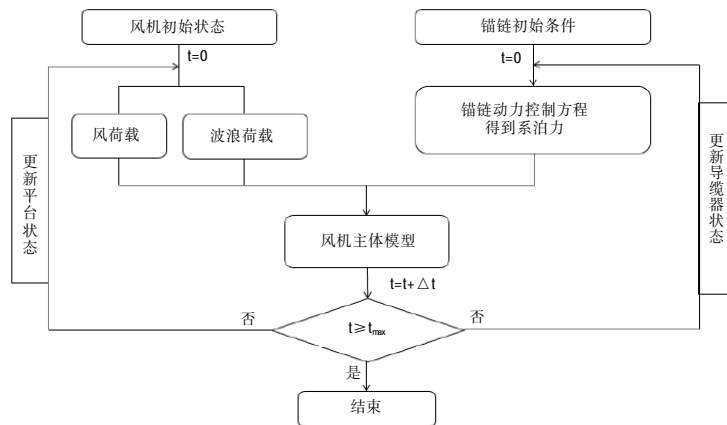


图 2 风机联合计算流程图

正确性,具体做法是在标准的 5WM spar 型浮式风机模型参数基础上,对风机施加 x 方向 1m/s 的均匀流,以本文所描述的联合计算方法进行浮式风机的均匀流工况模拟获得风机的动力响应,将其与参考文献的运动响应相比较,以验证本文模型的正确性,响应结果如图 3 所示:

如图 2 所示,本文的计算结果偏大,是因为本文建模的过程中没有考虑海底的摩擦力对锚链的作用,运动响应由于缺少摩擦力而比参考结果偏大,是符合力学规律的。

3 浮式风机响应结果及分析

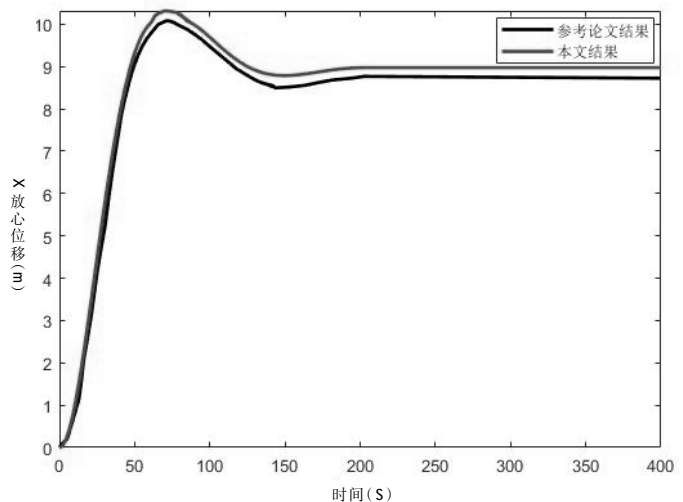


图 3 浮体 x 方向位移对比

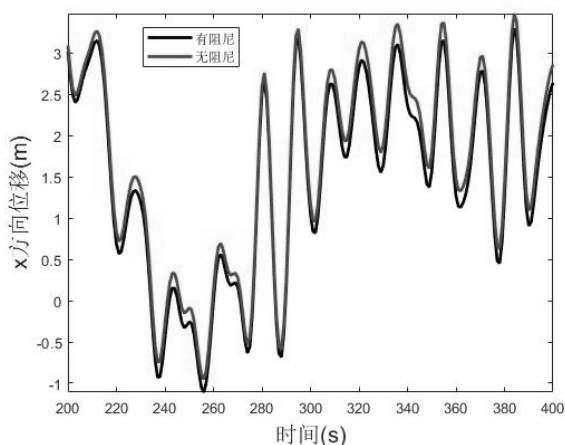
本节将就波浪荷载、波浪与风荷载、波浪和风荷载以及均匀流三种工况,根据上述建立的联合分析模型进行浮式风机的运动响应计算。由于波浪和风荷载的方向主要是x方向,而风机关于x轴对称,主要对风机浮体的x方向位移、z方向位移和锚链的张力等运动响应结果进行了分析。

3.1 波浪荷载工况

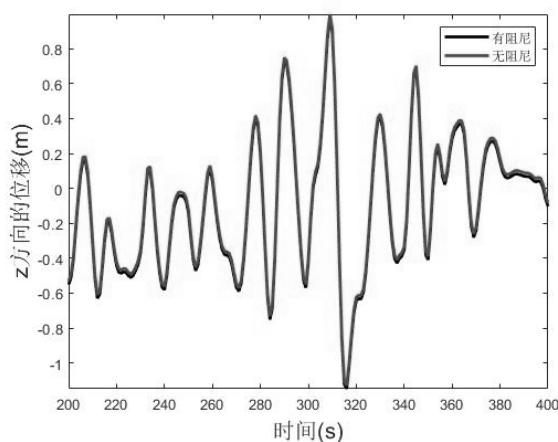
由图4结果可以看出,锚链的阻尼对浮式风机x方向

运动存在一定影响,有锚链阻尼参与运动响应的计算中x方向位移的响应要略小于无锚链阻尼的结果。这是由于浮式风机在锚链阻尼的作用下,一部分能量被锚链阻尼消耗掉,从而造成了浮体x方向位移变化。此外,阻尼对浮体的z方向运动计算结果和锚链1拉力结果影响并不大,几乎相同。这表明浮体z方向运动的恢复刚度主要与浮体的浮力有关。

3.2 波浪与风荷载工况



(a) 浮体 x 方向位移

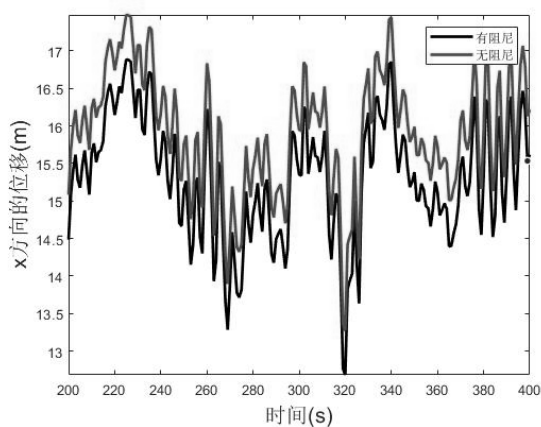


(b) 浮体 z 方向位移

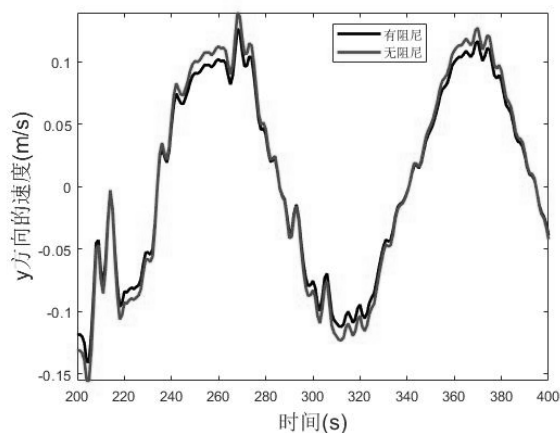
图4 波浪荷载工况浮式风机响应对比

在波浪荷载、风荷载作用下提取了风机联合分析结果中的浮体x方向位移、y方向速度、z方向位移、锚链1的拉力时程以及浮体x方向位移的谱分析,如图5所示。可以看出,与波浪荷载、均匀流工况相比,加入风荷载比均匀流使风机浮体x方向运动更大,锚链的拉力也有所增

加,说明风荷载使得两种模型计算得到的运动响应之间的差别比均匀流的影响更大。与波浪荷载工况相比,浮体z方向的动力响应要小一些,表明在波浪荷载作用下风荷载有利于浮式风机浮体z方向运动的稳定性。锚链阻尼对于风机的运动响应的影响与前述一致。



(a) 浮体 x 方向位移



(b) 浮体 y 方向速度

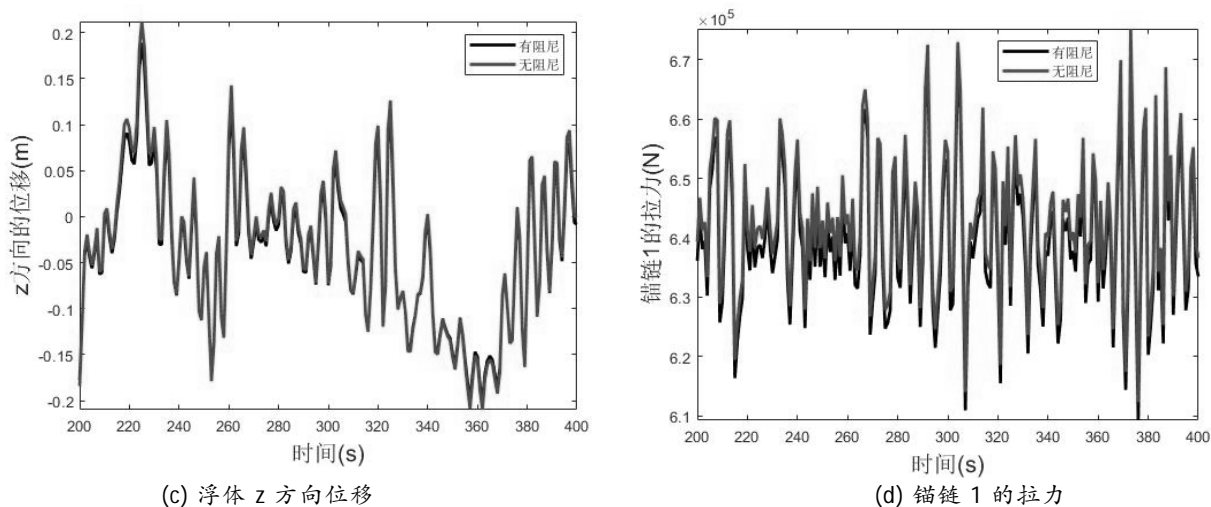


图 5 波浪和风荷载工况浮式风机响应对比

3.3 波浪和风荷载以及均匀流工况

在波浪荷载、风荷载以及均匀流作用下提取了风机联合分析结果中的浮体 x 方向位移、y 方向速度、z 方向位移和锚链 1 的拉力时程、锚链 3 的拉力时程以及浮体 x 方向位移的谱分析,如图 6 所示。可以看出,在波浪荷载和风荷

载作用于风机上时,均匀流对响应的影响比单独波浪荷载作用时要大,说明在外荷载的增加的时候,均匀流对风机的作用被进一步放大,在外荷载作用时需要适当考虑均匀流的影响。

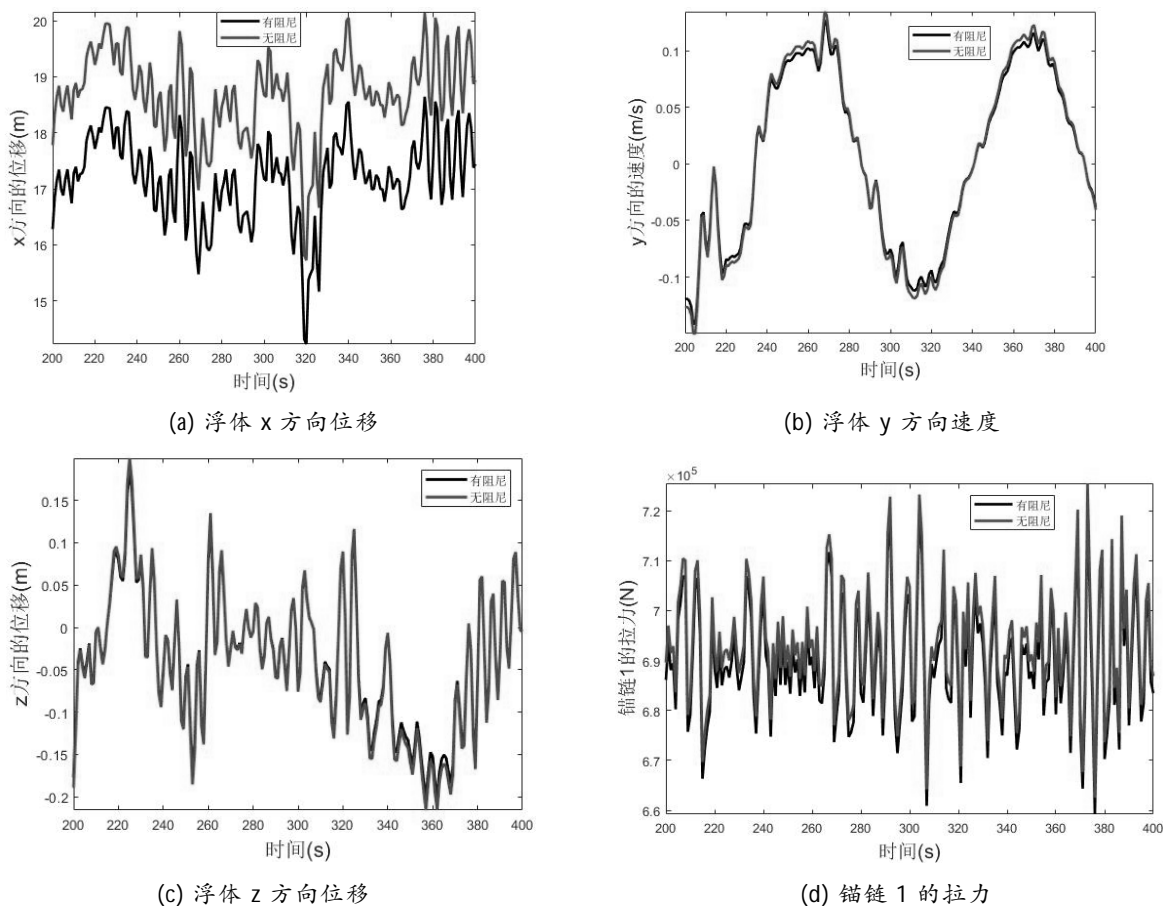


图 6 波浪和风荷载以及均匀流工况浮式风机响应对比

(下转 35 页)

上海地区电力水平定向钻进管线 穿越建筑物的技术研究

©牛婧 / (上海电力设计院有限公司)

【摘要】在上海地区,线路穿越无法明挖的道路及河道处一般采用 HDD 排管,即水平定向钻进敷设电力管线(又称非开挖管线)。在实施应用中,除了管线密集、不允许开挖的路面以及无法开挖穿越敷设的河道,电力管线往往还需要在建筑物旁边(甚至在建筑物下方)穿越。本文通过对目前非开挖技术的应用情况进行综合研究,结合相应规范、标准对穿越建筑物的条文要求,总结针对上海地区的非开挖穿越建筑物的设计要求和施工要求,具有一定的指导意义。

【关键词】非开挖;水平定向钻进;建筑物;沉降

1 引言

非开挖施工方法主要包括水平定向钻进法、微型顶管法和顶管法、气动冲击矛法和盾构法四种,其中水平定向钻进法常使用在软土地区管线施工中,在上海地区电力行业尤为常用。水平定向钻是指采用水平定向钻机成孔并敷设管道的方法,简称 HDD(Horizontal Directional Drilling),主要采用的是钻导向孔——回拖扩孔——回拖管材(MPP 电力专用管材)的施工方式。在上海电力行业将水平定向钻进管道也称为非开挖管线或拖拉管线。

非开挖技术一般应用于地面开挖不被允许的情况下,例如管线穿越河道、公路、铁路等地物;在穿越管线密集或重要交通路段时,由于搬迁工作量和费用巨大,或者交通阻力等原因,设计人员也会选用管线非开挖穿越的方式。近年来,上海地区诸多电力工程项目屡次发生非开挖管线需要在建筑物旁边、甚至下方穿越的情形。以往对于临建或违建的单层单栋建筑物,由于其体量较小,在其下方穿越一般问题不大;但对于体量相对较大的二、三层以上的

民房或厂房,如何合理设计非开挖穿越方案,同时保证电缆运行安全和建筑物结构、地基稳定,需要设计人员进行深入探讨论证。

2 非开挖技术的特点

目前,非开挖技术已成为我国市政管线施工中最常用的铺管施工方式之一,在电力、通信、燃气、给排水等诸多领域都被广泛使用,具有减少开挖量、缩短工期、环境友好和节约征地费用等诸多优点,但其同时也具有造价高、敷设运维难、电缆散热差和较高的施工风险,尤其是定向钻孔孔径较大,一般在 600-1200mm,上海地区地下普遍覆盖软弱土层,浅部以黏性土为主,局部含有流砂层,加上施工泥浆护壁支撑作用不足,孔壁土体容易失稳塌落,造成类似“采空区”的塌陷区效应,严重时会造成钻杆或钻头卡在地下形成废孔,甚至造成穿越处地面结构发生不均匀沉降产生裂缝,造成工程事故。运行过程中,孔内的泥浆产生离析现象,泥水分离,体积收缩,电缆保护管与土体外壁之间

形成空隙,周围土体塌落造成二次沉降。

在实际工程中,需要设计、施工、管理等各个阶段的人员都要关注非开挖技术本身存在的一些特点,研判采用非开挖穿越的必要性,重视自身责任,优化、落实各个工作环节,提高电力工程的整体质量,推动非开挖技术健康发展。

3 非开挖穿越建筑物的设计要求

上文提到,当水平定向钻进电力管线需要从建筑物下方穿越时,容易造成地面突沉、建筑物变形开裂,甚至造成安全事故,安全隐患颇大。国网公司定向钻进敷设电力电缆管道工程标准第1部分《设计技术规范》第5.2.9.2条:在建筑物基础下方敷设时,应经有关部门批准和设计验算后确定敷设深度。

根据行业标准 DL-T 5776-2018《水平定向钻敷设电力管线技术规定》附录 A 表 A.0.1-1,在建筑物基础下方交叉敷设需计算土体变形量后确定,可根据《规定》附录 H 黏性土层中土体损失引起的地面沉降及竖向附加应力进行计算:

$$s(x) = s_{\max} e^{-\frac{x^2}{2i^2}}$$

$$s_{\max} = \frac{V_{\text{loss}}}{i\sqrt{2\pi}}$$

$$i = \frac{h}{\sqrt{2\pi} \tan(45^\circ - \varphi/2)}$$

$$V_{\text{loss}} = \frac{1}{4} \eta \pi D_z^2$$

式中: $s(x)$ ——地面沉降量(m);

s_{\max} ——轴线上方最大地面沉降量(m);

x ——地面计算沉降点距离轴线的横向水平距离(m);

V_{loss} ——单位长度土体损失量(m^3/m);

i ——地面沉降槽宽度系数(m);

h ——回扩孔中心距离地面的深度(m);

φ ——土体内摩擦角($^\circ$),对于多层土体,取加权平均值;

η ——土体损失百分率,对于黏性土取值为0.5%~2.5%;

D_z ——终孔回扩孔直径(m)。

根据公式可知,最大沉降量与扩孔直径成正比,与深度成反比,扩孔直径越大、埋深越浅,沉降越大。减小扩孔尺寸、增大埋深可以有效减少地面沉降值。

4 控制定向钻施工穿越建筑物沉降的措施

从目前众多工程实例看,要完全避免地面沉降时非常困难的。主要是由于管道在施工过程中无法避免对周围土体的扰动,使管道周围土体应力应变状态发生改变,产生隆起、沉陷等地面变形,建筑物发生倾斜、裂缝。在实际工程中,工程建设各个环节都应力求将地面沉降量降低到最小,减少对周围环境的影响。

针对地面沉降发生的原因和土体变形量计算方法,可以考虑从以下几个方面采取措施:

(1)减小扩孔直径,增大扩孔埋深,采用多、小、深孔进行穿越;

(2)出、入土点选择在距离建筑物较远的位置,保证出、入土点距离建筑最近点至少30m;

(3)明确施工路线上所遇到的基础类型,对于部分基础非开挖顶进前可采取托换、加固措施;

(4)一束拖管完成后,应及时进行充实注浆,再进行下一扩孔的施工。企业规程 QSDJ1013-2004《水平定向钻进铺设电力管道工程技术规程》第6.3.3.5条:回拖铺管结束后,“必须”在回扩孔内压密注浆,固化泥浆的配制及充填应参照上海市《地基处理技术规范》DBJ08-40-94中有关工艺的要求进行。《国家电网有限公司输变电工程标准工艺(电缆工程分册)》2022版1.2.2管材铺设完毕后,应做好管材的疏通及封口工作,回拖施工完成后,进行注浆填充地下孔洞空隙,注浆时将注浆管孔一端封堵,注浆时间在拖管完成后4h内进行。回拖管材除电缆套管外,穿越道路段每组增加3根 $\phi 50\text{mm}$ 注浆花管(PVC管,沿纵向间隔500mm开 $\phi 10\text{mm}$ 的孔)。拉管结束后,为防止地面塌陷、下沉需进行土层注浆加固,利用注浆泵从注浆花管内注入水泥砂浆及粉煤灰充填地下孔洞空隙,在完成的拉管施工段采用240mm厚砌砖封堵,施工时的水泥,采用早强水泥,并在较高一端的上方留置排气孔。当注浆液体到达排气孔后,封闭排气孔,继续注浆,注浆水灰比为1:0.5,粉煤灰量现场确定,注浆压力控制在0.15~0.25MPa,注浆时先注低一侧,然后注高一侧。同时还可以改变泥浆制备配比优选复合型膨润土泥浆;

(5)施工全过程在建筑物特征点位增加沉降观测点,健全监测管理制度和安全报警制度,以工程监测结果指导现场施工,及时收集沉降观测资料,调整牵拉速度、转速,如发现建筑物突沉(塌孔),应立即停止施工,调整施工方案;

(6)采取“断面固砂法”处理措施,改善土体性状,减少粉砂流动坍塌,适当提高承载力,防止土层下沉。具体做法为:在顶进施工前两周,沿管道外径1.2m范围,以1.5m间距布设压密注浆孔,注浆范围为顶进断面及其上2.0m,浆液配合比采用水泥:粉煤灰:膨润土:水玻璃(重量比)=1:

0.5:0.5:0.04。其中,水泥为 P.O 42.5 级普通硅酸盐水泥;浆液水灰比为 0.6-1.0;注浆压力控制在 0.2MPa-0.3MPa,终止注浆压力不应低于 0.4MPa;

(7)在管道直径较小的情况下,可尝试采用机头反转牵引工艺,使用扩孔机头反转牵拉待敷设管道进入导向孔,以管道承担土体压力防止塌孔;

(8)非开挖管线施工结束后,市政管理部门可委托第三方工程物探资质单位采用探地雷达、人工地震仪等专业工程物探探测仪器,在非开挖管道周围土体布置探测点或探测线。以获取土体扰动的地质雷达图像或人工地震影像;然后进行信号滤波等处理和解释,从而判断出施工影响范围内是否存在土体疏松或脱空隐患;最后对管道周围土体进行缺陷评估。根据美国 SIR-20 地质雷达探测评估结果,非开挖管线对周围土体平面影响范围多数超过 3.0m,纵向影响范围多数超过 2.0m。

5 结语

水平定向钻进技术(非开挖技术)具有施工快捷、环境友好、节约拆迁费用等优点,但同时也存在造价高昂、运维困难、扰动地基和施工风险大等缺陷。在电力非开挖管线需要从建筑物侧旁甚至建筑物下方穿越时,需要设计、施工、管理等各个阶段进行研判并采取措施,保证电缆运维安全和建筑物地基稳定,充分发挥非开挖技术的优越性。本文根据电力非开挖相关规程规范,探讨了设计阶段非开挖穿越建筑物相关参数的取值,并结合该领域相关研究,提出控制定向钻进施工穿越建筑物沉降的具体措施,对今后上海地区电力非开挖管线穿越建筑物施工具有一定的参考和指导意义。

作者简介

牛婧 硕士研究生,工程师,上海电力设计院有限公司配网事业部土建室设计师(一级),从事输变电工程结构设计工作。

公司环保领域成果入选世界人工智能领域最高奖项

7月6日-8日,世界人工智能大会在上海召开,会议发布了2023年SAIL奖(Superior AI Leader,卓越人工智能引领者)评选结果。其中,中国电建所属中南院自主研发的“基于人工智能的河湖水环境安全风险防控平台”,作为环保领域唯一成果入选了SAIL奖top30榜单。

从2018年SAIL奖设立起,中国电建成为首家入选高水平人工智能成果的建筑企业,实现了建筑企业“零”的突破。

SAIL奖是世界人工智能大会的最高奖项,被业内公认为世界人工智能领域的“奥斯卡”奖,用于表彰引领技术创新变革、创造未来美好生活的全球人工智能创新项目。SAIL奖评审极其严格,历年入围榜单的机构包括国际人工智能顶级企业和科研院所,竞争十分激烈。

中南院此次入围成果“基于人工智能的河湖水环境安全风险防控平台”为2021年国家工业和信息化部人工

智能揭榜挂帅项目,填补了我国人工智能在水环境风险防控领域深度应用的空白,攻克了“空天地水”多模态感知体系等多项关键技术难题,为水环境监测、排污口摸排、黑臭水体治理、蓝藻爆发预警、污染水体溯源、突发水污染事件防控等提供了有效技术支撑。成果作为唯一的“AI+环保”典型案例在本次世界人工智能大会的展会上进行了精彩呈现,并被展评专家评为“技术高度创新、AI深度应用的典范”。

近年来,中国电建作为建筑行业AI技术的引领者,围绕“水、能、砂、城”四大主营业务,开展人工智能与工程建设核心业务的原创性、引领性科技攻关,攻克了一个又一个“卡脖子”难题,在新型能源、水利水电、市政与水环境治理等领域取得了一系列新突破,持续推动工程建设领域的转型升级。(股份公司网站)

百万机组输煤栈桥穿烟囱吊装技术

◎张勇峰 / (中国电建集团河北工程有限公司)

【摘要】本文以国内某百万机组工程输煤栈桥穿烟囱的实例，系统介绍了从吊车选型至吊装过程、起吊装置、吊车配合等方面的施工过程，通过精密的组织，保证了安全施工，取得了良好的效果。

【关键词】输煤栈桥；烟囱；吊装；负荷计算

1 工程概况

某电厂二期扩建工程，设计为 $2 \times 1000\text{MW}$ 超超临界二次再热机组，采用侧煤仓结构布置，输煤栈桥自1#转运站起，经4#转运站转向，过碎煤机室后向煤仓间方向布置，此段为9#输煤栈桥，穿过烟囱，通过两台电除尘中间。立柱及行架采用钢结构，穿烟囱段栈桥在烟囱外侧布置栈桥支架，用于支撑栈桥钢结构，与烟囱本身结构完全脱离。施工环境复杂，场地狭小，吊车站位紧张，施工难度大，吊车配合要求高，本工程采用履带吊与汽车吊互相配合的施工方案，执行吊装任务。

2 施工技术参数

9号输煤栈桥总长度约为125.65m，倾斜 $\angle 15.5^\circ$ 。输煤栈桥东与碎煤机室连接，西与5号转运站连接。跨中采用桁架承重结构，支架采用四腿钢框柱、钢框梁、支撑等作

为固定架，主体结构构件截面采用H型钢、拼焊型钢或圆管，钢结构材质为Q355B。上部结构为钢桁架。横向2跨，9A-9B轴跨度为8000mm，纵向7跨，烟囱段跨度33000mm。桁架由上下弦联系梁组成一个封闭框架。钢栈桥制作时起拱，拱度为跨度的 $1/1000$ 。高强螺栓M20的预拉力为155kN，M22的预拉力为190kN，M24的预拉力为225kN。翼缘板与端板的熔透对接焊缝为二级焊缝，其它为三级焊缝。技术参数见表1。

3 施工准备

3.1 场地准备

构件堆放的场地平整夯实。构件堆放时采用枕木作为垫点。构件分类码放整齐。构件堆放及组合的场地为9号输煤栈桥北侧区域。

所有构件的堆放区域首先预留出将来桁架吊装单元的组空间以及组合吊车进出的道路和组合吊车的占车

表 1 输煤钢栈桥技术参数

序号	构件名称	部位	长度(m)	单重(t)	数量	吊车选用
1	906 轴钢柱	下节柱	22	15.846	2	80t 汽车吊, 最大吊装就位半径 7m, 主臂长 36m, 额定起重量 20.3t。
		上节柱	9.065	8.002	2	
2	905 轴钢柱	下节柱	22	15.846	2	主吊为 260t 履带吊, 采用塔式工况: 主臂 48m+副臂 30m, 最大吊装就位半径 38m, 额定起重量 24.7t。
		上节柱	20.82	11.792	2	
3	桁架 HJ-4 (单榀)		32.245	15.679	2	主吊为 260t 履带吊, 采用塔式工况: 主臂 48m+副臂 30m, 最大吊装就位半径 38m, 额定起重量 24.7t。 副吊为 80t 汽车吊, 最大吊装就位半径 9.5m, 主臂长 44m, 额定起重量 12t。

位置,为了达到此目的,构件的倒运以不影响组合进度的前提下随用随倒,尽量减少构件在现场的存放数量,最大限度的为将来的组合吊装预留出足够的空间。

在桁架的组合吊装单元拉水平扶手绳两道,以备组合上弦横梁、八字撑时使用。在钢支架吊装前安装操作平台及挂设垂直爬梯、揽风绳。

3.2 构件的检查

钢结构在安装前对构件的制作几何尺寸、数量、螺栓孔间距等指标进行测量与检查,与图纸核符合性。如在预制过程中生应力变形或运输中产生的局部变形,吊装前必须处理完成,并经验收合格。栈桥的构件以桁架、八字撑的型号最多,不易区分,组合安装前详细对照安装位置与实物,防止错用。

3.3 基础检查与台板就位

钢支架与基础采用地脚螺栓连接,在安装台板前检查螺栓间距,露出基础顶面的尺寸,基础顶面的标高,基础顶面的轴线、跨度、对角线尺寸以及地脚螺栓的螺纹情况。清理柱头表面砼凿毛浮浆,清理干净螺栓上的塑料布、黄油。

与钢支架生根的台板就位前配制垫铁。垫铁设置在台板下侧与钢柱盖板对应位置布置,数量为 4 块,大小为 100mm×100mm,厚度以垫铁设置位置实际标高与设计标高的差为准。但是,垫铁设置时每块的数量不能大于 3 层,并且垫铁设置位置柱头用磨光机磨平,以保证垫铁与柱头贴实。

垫铁安装完后安装台板。台板就位后,安装方垫片压双螺母拧紧点焊牢固。然后,将柱头上的轴线、中线投到

台板上,放出钢支架就位时的边线,复验台板的标高。验收合格后进行二次灌浆。

3.4 工件运输

输煤栈桥构件在第三方厂家组合平台制作,喷砂场地进行除锈防腐,组合安装时从喷砂场地将已防腐好的构件倒运至安装场地进行单元组合。构件装车采用厂家行车吊,构件的卸车使用 50t 汽车吊,构件运输采用 18m 平板运输车。现场运输路线应提前查看,避免出现堵路现象,运输路线沿途道路应平整压实,及时清理道路两侧影响运输的障碍物。

4 输煤栈桥吊装

4.1 钢支架与钢桁架吊装

9 号栈桥 906 轴、905 轴选用 80t 汽车吊吊装,HJ-4 栈桥由 260t 履带吊和 80t 汽车吊双车抬吊完成单片就位。

钢结构组装均在基础旁适宜位置进行组装,HJ-4 由两侧两片主行架组成,因运输限制,每片分两部分单独运输,现场进行焊接组合,采用坡口焊,先进行预组,临时固定,检验尺寸合格后进行焊接作业,焊接完成后,对几何尺寸再次检车确认,并对焊口进行探伤检验

钢桁架起吊前由质检人员认真检查吊点焊缝质量,并且做好记录,钢桁架吊离地面 50cm 时,测量人员观测桁架坡度,由起重指挥人员检查吊索受力情况,保证各段钢丝绳受力均匀,在桁架两端绑好溜绳,然后发出信号进行起吊,将钢桁架吊至两端超出支架柱顶 300mm 左右,停止起

升,通过吊车变幅和水平摆动钢桁架至安装位置,吊车起钩时速度要保持匀速,转动时尽量和钢桁架摆动同步。

钢桁架起吊就位时,使桁架柱底板安装螺栓孔基本对准钢支架上的螺栓,安装人员分别在桁架两端的两侧扶稳桁架,慢慢落钩,用撬棍、铁锤等工具调整钢桁架中心线与柱牛腿上的轴线对正,将钢桁架落在支撑面上,穿入螺栓,连接紧固完毕后吊车方可完全放松吊钩,拆除索具。

钢支架吊装前在每段柱顶位置搭设临时操作平台,设置拦腰杆,保证施工人员安全。临时平台支撑与支架采用焊接方式,吊装前应对焊口进行检查,确保焊接质量。吊装前还需将临时钢爬梯绑扎在钢支架上,用于吊钩摘钩及焊接施工时人员上下(根据支架高度配备速差器)。穿烟囱段挂钩及摘钩时,需要在烟囱 46m 平台位置挂钢爬梯,同时配备速差器。

4.2 安装要求

桁架组合完成后的长度方向的偏差要严格控制,使各行架在吊装过程中能够进行坡度上的微调,和横向断面方向的微调。充分利用电除尘区域组合场地,在工序和工期上精密组织,最大限度的加大地面作业,尽量减少空中作业,以保证本次作业的安全性。

地面组合的支撑采用刚梁支撑,使用前进行找平,确保行架安装后的表面平整,支撑顶面标高偏差 $\leq \pm 3\text{mm}$ 。支撑上画出行架结构的轴线和组合线,并验证对角线角度和轴线方正度,对角线偏差 $\leq \pm 5\text{mm}$ 。

输煤栈桥钢支架制作时考虑到支架高度影响运输,将钢支架构件运输至现场组装。

HJ-4 输煤栈桥位于烟从内部整体外形尺寸 $33000 \times 8000 \times 3260\text{mm}$,总重 54.93t。因重量较大且就位空间狭小,故采用立片单片吊装,每件单片重量为 15.679t。然后再安装其他连接件。

吊装时采用 260t 主吊,80t 汽车吊在烟囱内部接钩,双机抬吊就位。260t 吊车站位于烟囱西侧,栈桥钢支架 903 轴西侧(903 轴位置钢支柱暂时不装,待穿烟囱段安装完成后再进行吊装),80t 汽车吊站位于烟囱内部。单片在 903 轴与 905 轴之间组装,260t 履带吊站位于 903 轴位置,吊起单片至安装口高度后,开始爬杆起钩的方式将构件穿入烟囱内,穿入一半时,落钩将构件放置在烟囱筒壁上及 905 轴钢柱上,使用倒链进行拉紧,80t 汽车吊接钩,260t 履带吊松钩,260t 履带吊吊点移至外侧,两车平均分配荷载。80t 汽车吊往 906 轴转杆,260t 吊进行爬杆,两台吊车水平吊,构件顶端接近 906 侧烟囱内筒壁时,80t 汽车吊缓慢落钩,落至构件能够穿过孔洞时,260t 爬杆,80t 汽车吊转杆抬吊至构件牛腿位置,落杆,单片构件就位。260t 履带吊为

主吊,采用塔式工况:主臂 48m+ 副臂 30m,最大吊装就位半径 38m,额定起重量 24.7t;副吊为 80t 汽车吊,最大吊装就位半径 9.5m,主臂长 44m,额定起重量 12t。260T 吊车起吊见图 1,80T 汽车吊起吊见图 2。



图 1 260T 吊车起吊

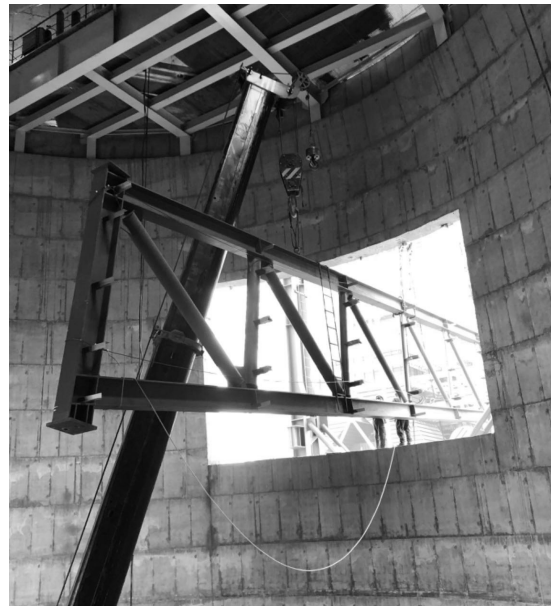


图 2 80T 汽车吊起吊

第 1 片吊装就位后,采用揽风绳临时固定,支座与柱头螺栓拧紧,采用临时支撑焊接于 905、906 支架钢结构上。按照与上 1 片相同吊装方案,吊装第 2 片钢行架(见图 4、图 5)。就位后,同方案用临时支撑固定。在 905、906 柱头区域两行架之间安装上下弦各 1 根共 4 根横向支撑,形成稳定的框架结构后,将已安装的临时支撑拆除。

2 片行架吊装完成后,利用 80t 汽车吊,站位于烟囱内



图4 第二片钢行架吊装



图5 第二片钢行架吊装

测,安装行架上下横向支撑,先安装上侧支撑,再安装下侧支撑。由两端向中间逐步吊装,直至最后一根连接梁吊装完成。最终进行尺寸校验,完成烟囱段安装工作。

5 吊车负荷计算

单片栈桥外形尺寸:33000×32600×300mm,净重15.69t,采用260t履带吊和80t汽车吊双车抬吊完成设备穿装工作。

260t履带吊,采用塔式工况:主臂48m+副臂30m,最大吊装就位半径38m,额定起重量24.7t;

副吊为80t汽车吊,最大吊装就位半径9.5m,主臂长44m,额定起重量12t。

(1)穿装前:

260t履带吊受力: $F_1=G=15.69t$ 。

(2)穿装过程中及穿装后:

260t履带吊与80汽车吊平均受力

$F_1=F_2=15.69/2=7.85t$ 。

(2)吊车选用验算:

260t履带吊车最大计算荷载: $Q_3=7.85+1.2=9.05t$,钩绳重1.2t;

吊车负荷率 $W_1=9.05/24.7 \times 100\%=36.7\% < 80\%$,满足要求。

80t汽车吊最大计算荷载: $Q_4=7.85+1.2=10.05t$,钩绳重1.2t;

吊车负荷率 $W_2=9.05/12 \times 100\%=75.4\% < 80\%$;满足要求。

(4)吊装绳安全倍数计算

根据HJ-4桁架单件重量,单件吊装重量小于16.5t的组件,以1对 $\phi 26-6 \times 37+1-12$ 钢丝绳吊装,4段绳负载,钢丝绳夹角小于60度,核对钢丝绳安全系数如下:钢丝绳的破断拉力为38.85t,安全系数 $K = \frac{P}{[S]} = \frac{38.85 \times \cos 60^\circ \times 4}{16.5} = 8.15 > 8$,符合安全要求。

式中:

[S]——钢丝上升的许用拉力;

S——钢丝绳的钢丝破断拉力;

K——钢丝绳的安全系数。

6 施工注意事项

吊车站车前对吊车的回转中心进行的定位情况,进行复核。吊车主臂出杆要一次出到到位,避免带负荷做伸长主臂动作。吊车起吊吊点必须经过核算,满足双车抬吊技术要求,单车起吊重量不得超过额定负荷的80%。栈桥在吊装前,确认组合位置,栈桥中心与两栈桥基础的横向中心一致。如设备现场组合时斜放,则需要双机提前进行一次地面调整,将栈桥移动至预定的位置。必须提前确认两吊车的超起工况下站车位置是否足够。回转半径内是否有障碍物;

两机抬吊设备离地后,停机10min,做抱闸试验,其间要检查栈桥结构挠度变形量,重点观测有无起漆皮部位。对吊点吊点位置进行检查,有无变形、微裂纹等情况。

为了保证吊装过程的安全,在桁架吊装单元上弦设置两道安全绳作为围护和挂安全带之用,安全水平绳采用 $\phi 13$ 标准扶手绳。桁架吊装单元布置竖向爬梯,作为上下人的垂直通道。操作平台用 $\angle 63 \times 6$ 制作,吊装前用 $\phi 16$ 双头螺杆固定在安装位置下方1m位置,双母拧紧,平台上铺双板,绑扎牢固。在吊装作业过程中,高处作业时应设置防坠绳,并配差速自控器。

吊装机械行走区域内电除尘地脚螺栓需要保护,保护措施:在距离地脚螺栓外侧砌筑12墙,内侧灌满细沙。吊装区域内铺设碎石,高度高于地脚螺栓500mm,履带吊行走路线位置在碎石上铺设路基板,即满足地基要求同时减

(下转41页)

抽水蓄能电站 TBM 洞挖设备选型技术研究

◎化克/(中国电建集团河北工程有限公司)

【摘要】本文针对抽水蓄能电站 TBM 洞挖设备选型技术,从设备选型原则、设备选型流程图、工程条件、施工管理、社会效益、经济性等方面进行适应性要点分析,并对比了不同机械设备的应用情况,以期为后续抽水蓄能电站地下洞室开挖机械设备选型工作的开展提供借鉴和参考。

【关键词】抽水蓄能电站;TBM 洞挖;设备选型

1 引言

抽水蓄能电站又称为蓄能式水电站,主要由上水库、下水库、引水系统、地下厂房、地下洞室群等构成,靠利用电网低谷负荷时的电力,将下水库的水抽转至上水库蓄能,待电网高峰负荷时,将上水库放水至下水库发电的水电站,是一种具有调峰填谷促进电网系统经济运行的绿色、节能水电站。

国外抽水蓄能电站的出现已有 100 多年的历史,欧美、日本等发达国家于 20 世纪 60、70 年代已开始将 TBM 应用于抽水蓄能电站施工。我国抽水蓄能电站的建设起步相对较晚,从 20 世纪 60 年代末开始抽水蓄能电站建设,经过五六十年发展,装机功率达到 60000MW 左右,预计 2025 年将达到约 90000 MW;刚开始主要依靠钻爆法施工,2019 年在山东文登抽水蓄能电站成功进行了国内首次 TBM 排水廊道施工的实验项目,目前 TBM 施工技术已在各个抽水蓄能电站得到广泛应用,例如:河北省抚

宁抽水蓄能电站、浙江省缙云抽水蓄能电站等。

抽水蓄能电站地下洞室传统钻爆法施工机械化程度低、劳动力投入大、安全风险高、施工工期长、作业面环境差,对现场的施工和管理人员职业健康造成伤害,极易引发安全生产事故。TBM 施工技术具有施工开挖速度快,地质条件适用范围广,显著降低地下工程施工安全风险,提升工程质量和安全管理水平,有利于环保和绿色文明施工,缩短工期等优点。

“十四五”期间抽水蓄能电站呈现滚动开发态势,为 TBM 应用创造了条件,可通过洞室结构的标准化设计和各电站建设工期计划的统筹安排,实现 TBM 在多个电站间的接续应用。现阶段我国抽水蓄能电站已处于建设的高峰期,“机械化换人,自动化提效”必将成为今后地下空间开拓的主流方向,TBM 施工技术为国内抽水蓄能电站的设计、施工和建设管理注入“创新、协调、绿色、开放、共享”新发展理念,填补了国内抽水蓄能电站隧洞建设机械化、自动化的空白。

2 抽水蓄能电站 TBM 洞挖设备选型原则及流程

抽水蓄能电站 TBM 洞挖设备选型主要由地质条件和使用要求决定。在抽水蓄能电站地下洞室设计过程中,首先应对抽水蓄能电站机械设备进行选型,做到配套合理、充分发挥设备的综合效能。

2.1 TBM 洞挖设备选型原则

抽水蓄能电站 TBM 洞挖设备选型遵循以下原则:①大型机械设备地质适应性原则;②大型机械设备施工条件适用性原则;③ 机械设备先进性、安全性、可靠性、经济性统一原则;④ 环境保护(非爆开挖)“一票否决制”原则。

2.2 TBM 洞挖设备选型流程图

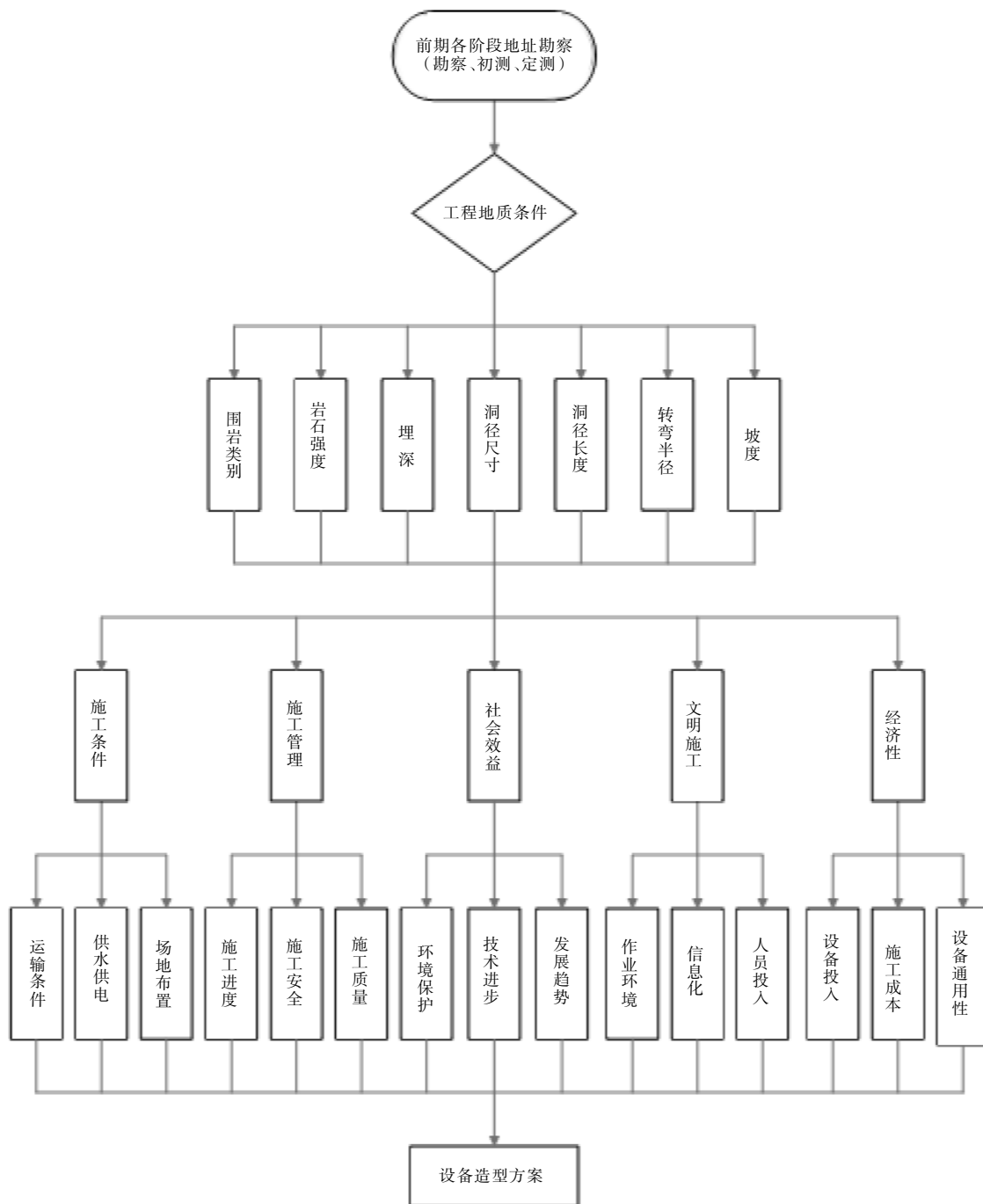


图 1 TBM 洞挖设备选型流程图

3 抽水蓄能电站 TBM 洞挖设备适应性分析

3.1 工程条件

TBM 掘进机、多臂台车、反井钻机等设备适用的工程

条件和适用的隧洞部位如表 1 和表 2 所示。从围岩类别、岩石强度、埋深、洞径、隧洞长度、坡度、转弯半径、施工场地布置、供电需求、施工安全、围岩扰动、绿色施工等工程条件分析, TBM 掘进机适应抽水蓄能电站的工程条件。

表 1 各类机械设备适应的工程条件

机械设备	TBM 掘进机	多臂台车	风动钻机
围岩类别	可适应较完整至破碎的岩体, 用于 II、III、IV、V 级围岩, 在破碎、断层、塌陷、涌水段通过困难。	II、III 级围岩全断面或台阶法开挖; IV、V、VI 级不稳定围岩需采用预加固措施。	适用于 II、III、IV、V 级围岩, 在破碎、断层、塌陷、涌水段等不良地质段同样适用。
岩石强度/MPa	5 ~ 250	5 ~ 150	5 ~ 250
埋深	无特殊要求	无特殊要求	无特殊要求
洞径	定制设备, 根据洞径尺寸定制。	通用设备, 无限制, 灵活性高。	直径 5m 以上较困难。
隧洞长度/m	1000 ~ 25000	无限制	≤ 400
坡度/%	常规 ± 5%, 大于 5% 需针对性设计斜井 TBM。	± 20%	斜井定制设备 > 100%
转弯半径	常规 500m, 小转弯需针对性设计, 最小 10 倍洞径。	通用设备, 无限制。	无限制
施工场地布置	始发场地面积 5000 ~ 20000m ² 。	施工便道宽度不小于 4m。	应用于小断面支洞的开挖, 应用较为灵活。
供电需求	掘进机供电电压宜采用 20kV。	380V 三相交流电, 用电量大于 200kW/台。	适用于无电源、无气源的施工场地。
施工安全	无需爆破	钻孔后需爆破作业。	钻孔后需爆破作业。
围岩扰动	扰动小	扰动大	扰动大
绿色施工	纯机械破岩, 对周边环境基本无影响。	爆破施工, 对周边环境影响较大。	爆破施工, 对周边环境影响较大。

表 2 适用抽水蓄能电站地下隧洞开挖的机械设备

机械设备	交通洞	尾水洞	排水廊道	泄洪排沙洞	施工支洞	自流排水洞
风动钻机	基本适宜	基本适宜	基本适宜	适宜	适宜	基本适宜
多臂台车	基本适宜	基本适宜	基本适宜	适宜	适宜	基本适宜
TBM 掘进机	适宜	适宜	适宜	不适宜	不适宜	适宜

从表 2 可看出,抽水蓄能电站中适用于 TBM 施工的部位主要有交通洞、尾水洞、排水廊道和自流排水洞。

TBM 施工不适用于泄洪排沙洞、施工支洞的主要难点有:①、两种洞长度整体较短,利用 TBM 施工不利于成本控制;②、两种洞断面尺寸不一,难以独立配备相关的 TBM;③、两种洞布置位置相对独立,难以连贯施工,TBM 需要频繁转场,不利于施工成本控制和 TBM 设备维护;④、两种洞终点各不相同,但无现成条件满足 TBM 接收、拆卸要求,需要在两种洞端部开挖接收洞室,既不利于成本和进度控制,也不利于枢纽洞室结构安全。

3.2 施工管理

TBM 施工作业人员可在盾体保护下作业,开挖直径由 TBM 刀盘、刀具保证,克服了钻爆法机械超挖、欠挖及洞室围岩扰动问题,施工安全和质量比钻爆法(多臂台车、风动钻机)施工完全有保证。

TBM 在施工初期及末期需要组装和拆机影响施工进度,但 TBM 施工正常掘进时可连续施工,开挖效率可以得到保证;钻爆法施工安全管理成本较高且易受到爆破管制

的限制,开挖进度存在不确定性,TBM 开挖综合效率是钻爆法的 4~6 倍。

从施工管理角度,抽水蓄能电站领域 TBM 工法优于传统钻爆法。

3.3 社会效益

TBM 法施工是非爆工法,利于环境保护和劳动力保护,符合当前绿色施工的新要求。钻爆法现场施工作业人员较多,劳动力流动性较大、专业技能水平不高,抽水蓄能电站领域施工向少人化、智能化方向发展,应用 TBM 施工技术是社会发展的必然趋势。

从社会效益方面,TBM 工法要优于传统钻爆法。

3.4 经济性

TBM 属定制设备,一次性固定资产投入大,相比钻爆设备(多臂台车、风动钻机)没有成本优势,但可通过提前规划设计,统一电站隧洞断面,通过“多站连打”来分摊设备成本,实现 TBM 设备的技术经济性。

TBM 掘进机与多臂台车/风动钻机施工的综合对比如表 3 所示。

表 3 TBM 掘进机与多臂台车/风动钻机施工综合对比

工法	施工进度 (m·月 ⁻¹)	施工安全	施工质量	文明施工	作业环境	人员投入	绿色施工	工期/月	经济性
TBM 掘进机	300	不需要爆破,安全风险低。	对周边围岩扰动小,成洞表面质量好。	好	通风好,无灰尘。	30/两班	纯机械破岩,对周边环境基本无影响。	9	人力投入少,设备费用相对较高。
风动钻机/多臂台车	80~100	需要爆破施工,安全风险大。	对围岩扰动大,超欠挖较为普遍。	差	通风差,灰尘大。	40	爆破施工,对周边环境影响较大。	11	设备费用低,人力投入大,增加费用。

4 结语

随着中国新能源和经济技术的迅速发展,我国将加速抽水蓄能电站的建设步伐;抽水蓄能电站也将有提高施工管理水平,采用智能化、少人化大型机械设备的需求,对大型机械设备施工的机械化程度、可靠性、自动化等方面有更高要求。抽水蓄能电站地下洞室开挖机械设备科学合理选型是一个点多面广、结构复杂、联系紧密的复杂过程,其结果直接关系到抽水蓄能电站运营的安全和投产效率,建

立适应抽水蓄能电站地下洞室开挖机械设备选型方法至关重要,TBM 施工技术在施工进度、安全、质量、工期、作业环境等方面具有显著优势,能够产生良好的经济效益和社会效益。

作者简介

化克 硕士研究生,高级工程师,中国电建集团河北工程有限公司技术中心副主任,从事设计管理和前沿技术研究。

大型起重机械可逆电源装置技术研究

©倪伟君 / (上海电力安装第二工程有限公司)

【摘要】随着国家一带一路的深入开展,海外市场火力发电现场临时施工用电经常会发生电压、频率等不符现象。国内大型起重机械在当地用电施工难度大、风险高,对施工技术和方案都提出了更高的要求。本文以海外项目对于国内大型起重机械用电为例,介绍了临时用电对大型机械用电技术要点,克服了施工的重点难点,为同类项目的建设提供了有价值的参考。

【关键词】起重机械;机械用电;可逆电源

1 引言

许多电建公司都承接了大量的海外火电施工项目,但由于国内原有大型起重机械电源、频率多为 380V/50HZ,与海外当地电源多存在不匹配的问题。例如我公司承接的菲律宾迪格宁 2 × 660MW 火电项目,当地供电采用 460V/60HZ,而本公司用于现场施工的大型起重机械供电要求均为 380V/50HZ。

通过对菲律宾电网供电情况调研分析发现,当地电源高压等级为 13.2KV,频率为 60HZ,电源质量非常不理想,电压偏差幅度达 +5%以上,且常有缺相问题,如直接使用当地电网的供电电源,国内起重设备电机的输出功率将下降,直接导致电机驱动负载率降低,温升加快,最终导致电机输出扭矩下降,起重设备无法满足额定载荷要求。如施工现场重新外接一路高压线路来满足现场 3 台大型起重机械(电压 380V、频率 50HZ)施工用电,技术难度较大。为此,如何有效提高供电电源质量的优化设计方案应运而生。

2 主要用途

本工程属海外新建工程,通过对菲律宾当地供电公司考察和对当地(PLN)公司供电调研,当地存在缺电状态和电气配套设施技术低下等不利因素。具体参数:电源高压等级为 13.2KV、频率为 60HZ,电源质量不理想,电压偏差幅度 +5%以上,且有缺相的可能。本项目施工现场需要外接一路高压线路来进行满足现场安装用电需求。公司要求 3 台门式起重机(电压 380V、频率 50HZ)在菲律宾组合场进行正常使用。这个技术要求技术难度较大。为此,电源质量成为本项目工程施工的考虑重点。

根据 3 台门式起重机的基本特性与用电参数进行数据统计与计算,查阅门式起重机用电特性。得出 3 台门式起重机总用电量与启动电流、使用电源特性(电压、频率)反电动势应用。从经济性与实用性方面考虑,在电源输入端加装一套可逆电源促使门式起重机能安全可靠的使用。

3 技术原理

3.1 用电容量设计

统计门式起重机总用电量:20t/32m 门式起重机 38KW、40t/42m 门式起重机 58KW、DMQ540/30 门式起重机 106KW,考虑 3 台门式起重机在同一区域,故可能发生叠加的可能(38+58+106=202KW)。

$$P=1.732UI\cos\Phi$$

* 机械效应($\cos\Phi$ 不是定值主要在于负荷率,负荷率越高,定值越大)

通过当地电网监控考察功率因素 $\cos\Phi 0.8$, 机械效应取值为 1.3。

$$202/0.8=252.5 \text{ 得出总容量为 } 252.5\text{KVA。}$$

3.2 启动电流设计

门式起重机启动电流计算(如图 1):因为门式起重机属于 4 级绕线式电机(转速 1245 转 /min),通过切电阻器降压式启动来进行运转电机进行施工,通过查 JB/T 10391—2012《系列三相异步电动机》标准中的规定,绕线式切电阻启动电流达到总容量的 2-3 倍,总容量为 252.5KVA 得出 505KVA 至 757.5KVA。

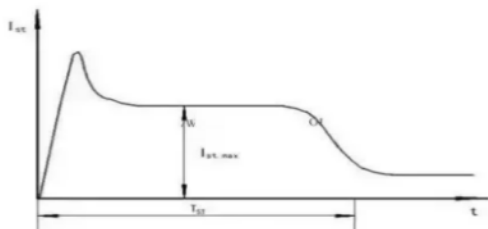


图 1 启动电流示意图

3.3 电抗器的设计

直流侧串接一个只有空气隙的铁心平波电抗器,以限制电流的波动分量,维持电流连续,提高整流装置对负载供电的性能及运行的安全可靠。直流侧电抗器的主要作用为了限制直流电流脉动;轻载或空载时维持电流连续;在有环流可逆系统中限制环流;限制直流侧短路电流上升率。用于保证输出电流连续的临界电感 L(单位为 mH)。

$$L_m = \frac{S_u U_2}{2\pi f_d S_t I_N} \times 10^3 = \frac{0.46 \times 140}{2 \times 3.14 \times 300 \times 10\% \times 53.5} \times 10^3 = 6.39\text{mH}$$

式中: I_{\min} ——为要求的最小负载电流平均值,单位为 A,本设计中 $I_{\min}=5\%I_N$;

K_1 ——为计算系数,三相全控桥 $K_1=0.693$ 。

$$L_l = \frac{K_1 U_2}{I_{d \min}} = \frac{0.693 \times 140}{0.05 \times 53.5} = 36.27\text{mH}$$

直流电动机的漏电感 L_a (单位为 mH)

$$L_a = \frac{K_D U_N}{2 n_p n_w I_N} \times 10^3$$

n_p ——极对数,取 $n_p=2$ 。

K_D 计算系数,对于一般无补偿绕组电动机 $K_D=8 \sim 12$,对于快速无补偿绕组电动机 $K_D=6 \sim 8$,对于有补偿绕组电动机 $K_D=5 \sim 6$,其余系数均为电动机额定值。

折合到交流侧的漏电抗 L(单位为 mH)

$$L_B = \frac{K_B U_2 U_K \%}{100 I_N} = \frac{3.9 \times 140 \times 5\%}{100 \times 53.5} = 0.005\text{mH}$$

式中:%——变压器短路比,一般取为;

——为计算系数,三相全控桥。

$$L_B = \frac{K_B U_2 U_K \%}{100 I_N} = \frac{3.9 \times 140 \times 5\%}{100 \times 53.5} = 0.005\text{mH}$$

实际要接入的平波电抗器电感

$$L_x = \max(L_m, L_l) - L_a - 2L_B = 26.27 - 6.85 - 2 \times 0.005 = 19.41\text{mH}$$

可取 $L_K=20\text{mH}$

电枢回路总电感:考虑施工现场 3 台门式起重机同

$$L_x = L_x + 2 \times L_B + L_a = 20 + 2 \times 0.005 + 6.85 = 26.86\text{mH}$$

一时间并满载起吊设备的概率很小及考虑设备成本的综合考虑,决定使用 600KVA 的变频电源装置。

3.4 电源特性(电压)设计

制定输入电压:由于菲律宾当地外网输入不够稳点,存在电压偏高、偏低,幅度达 +5%以上,因此在设计时将电压带宽加长,能在实际情况进行现场调整,以满足设备需求。根据外网 13.2KV 特殊电压等级输入至厂区箱式变压器进行变压变压器两组线圈圈数分别为 N_1 和 N_2 , N_1 为初级, N_2 为次级。

在初级线圈上加一交流电压,在次级线圈两端就会产生感应电动势,当 $N_2 > N_1$ 时,其感应电动势要比初级所加的电压还要高,这种变压器称为升压变压器。当 $N_2 < N_1$ 时,其感应电动势低于初级电压,这种变压器称为降压变压器,初级次级电压和线圈圈数具有下列关系: $U_1/U_2=N_1/N_2$,式中 n 称为电压比(圈数比),当 $n < 1$ 时,则 $N_1 > N_2$, $U_1 > U_2$,该变压器为降压变压器,反之则为升压变压器。

另有电流之比: $I_1/I_2=N_2/N_1$

电功率: $P_1=P_2$ 。

现场采用特殊情况所以采用两副线圈：

$$P1=P2+P3$$

$$U1/N1=U2/N2=U3/N3$$

制定输出电压 420V 为基准点,上下浮动 +10%分为 5 个可调档位(380V、400V、420V、440V、460V,做 5 个可调电压等级还可以满足以下 3 大因素：

3.4.1 考虑国内用电设备进入施工现场使用,新购的设备(400V、50/60HZ)及电加热等能够适用电压、频率的用电设备。

3.4.2 考虑菲律宾当地外网输入不够稳点,电压偏高、偏低的可能性很大,考虑电压带宽长,能在实际情况实际进行现场调整,以至于满足现场需求。

3.4.3 现场未具备永久电源受电的前提下,提供给永久设备电源使用(eg:汽机房行车、单轨吊、磨煤机、预热器

电机等,菲律宾电厂永久设备电源特性为 460V、60HZ)。

3.5 电源特性(频率)设计

变频系统是本次技术中最为关键的一步,本次方案采用 CFP 系列智能变频稳压电源采用 AC-DC-AC 的工作原理设计,第一级 AC-DC 采用三相全控桥整流,把输入的交流电压转换为直流电压,第二级 DC-AC 采用大功率绝缘双极性晶闸管(IGBT)作为其逆变元件,控制上采用了先进的空间矢量脉宽调制(SVPWM)技术,把直流母线电压逆变回交流电压,并频率与电压可以按照施工现场任意调节。

3.5.1 晶闸管设计

可选的输入 APF 功率因素校正功能,达到高标准的用电功率因数的考核,因此采用 12 脉波和 18 脉波整流以及特制的滤波器就能够提高功率因数,降低输入的谐波电流。见图 2。

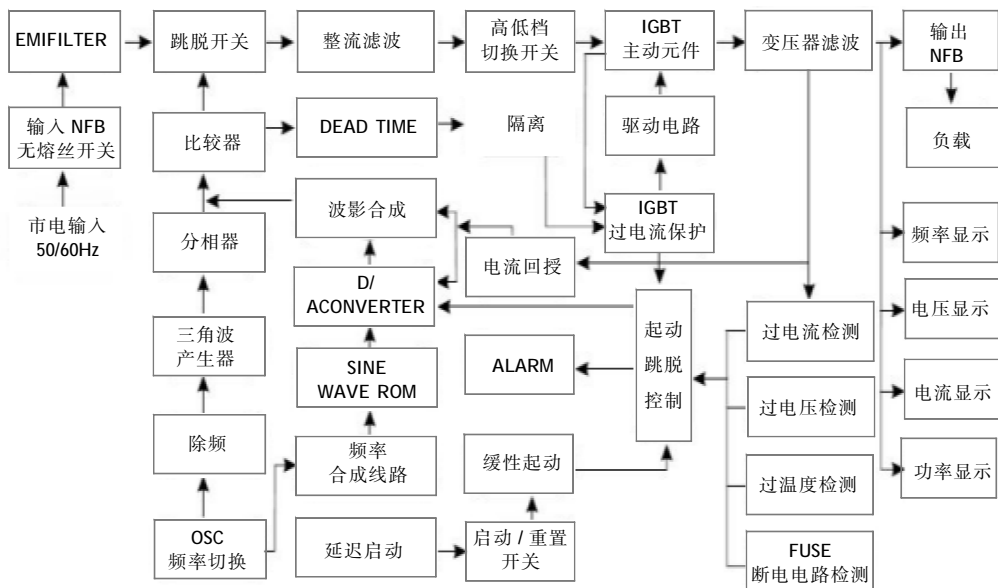


图 2 工作原理示意图

正确选择晶闸管能够使晶闸管装置在保证可靠运行的前提下降低成本。选择晶闸管元件主要是选择它的额定电压 U_{tm} 和额定电流 $I_T(AT)$ 。首先确定晶闸管额定电压 U_{tm} ,晶闸管额定电压必须大于元件在电路中实际承受的最大电压 U_{rm} ,考虑到电网电压的波动和操作过电压等因素,还要放宽 2~3 倍的安全系数,则计算公式: $U_{tm}=(2-3)U_{rm}$ 。

对于本设计采用的是三相桥式整流电路,晶闸管按 1 至 6 的顺序导通,在阻感负载中晶闸管承受的最大电压 $U_{rm}=U_2=2.45U_2$ 。

故计算的晶闸管额定电压为：

$$U_{tm}=(2-3) \times U_2=(2-3) \times 2.45 \times 140=686V-1029V, \text{取 } 800V。$$

再确定晶闸管额定电流 $I_t(AV)$,额定电流有效值大于流过元件实际电流的最大有效值。一般取按此原则所得计算结果的 1.5~2 倍,因此取值为 1000A。

本设计选用晶闸管的型号为 IGBT-1000

额定电压: $V_{DRM} 800V$

额定电流: $I_T(AV) 1000A$

门极触发电压: $V_{GT} \leq 3.5 V$

门极触发电流: $I_{GT} \leq 300 mA$ 。

通过核心数据的计算与验证最终采用 IGBT/SPWM 脉宽调制方式设计,电流 AC 输入电压范围取值为 $3\phi 4W+G AC420V/242V+10\%$,输入频率范围 30-70HZ,波形属于全控桥正弦波。

输出参数设计为：电压 3Φ4W+G 线电压 AC380-420V，相电压 220-242V 可调，输出额定电流 825A 可承受 2 倍 2 秒以内不频繁冲击，频率保持 50HZ，频率稳定度 ≤1%，电压稳定度 +1%（静态），+5%（动态），波形失真度 ≤3%（空载或者线性负载），反应时间 2ms 与稳定时间 20ms。

通过以上设计具有输出过电压、过电流、过功率、过热和 IGBT 模块报警，分别在显示屏上显示相应的故障代码，检修人员可以一目了然发现问题及时处理。

3.6 反电动势设计

反电动势是指反抗电流有发生改变的趋势而产生的电动势，其本质上属于感应电动势。为杜绝大型起重机械落钩过程中，电机被载荷加速拖动，出现直流电压直接冲击变频装置及当地电网，在设备末端加装制动单元与电阻器，加以消耗电能。

因为本次电源方案用于门式起重机上，起重机在下降过程中，电机会被吊物往下拖动，促使电机转速加快出现一个直流电压直接冲击变频装置。（反电动势一般出现在电磁线圈中，如继电器线圈、电磁阀、接触器线圈、电动机、电感等）。通常情况下，只要存在电能与磁能转化的具有感性负载的电气设备中，在通 / 断电的瞬间，均会有反电动势，但在断电的瞬间反电动势与断开电流的大小成正比，电流很大时，电流的改变量很大，时间很短，磁通量的变化率很大，反电动势也会很高。反电动势有许多危害，控制不好，会损坏电气元件。

电机反电动势计算公式：主磁通在定子绕组中产生的自感电动势称为反电动势，用 E1 表示。

其有效值得计算如下：

$$E1=4.44 \times KE \times FN \times NL \times \Phi$$

$$E1=4.44 \times 5 \times 50 \times 0.53 \times 0.9=529.5$$

反电动势电压为 DC529.5A

其中 KE-- 为比列常数

FN——为定子电流的频率

NL——为每相定子绕组的匝数

Φ——为主磁通的振幅值

通过计算得出反电动势电流为 DC529.5A，因此只能在设备末端根据计算电压值加装制动单元制动单元 DBU-315-4 250KW 与电阻器 JC-S250，加以消耗电能。

4 关键技术与创新点

本工程属海外新建工程，通过对菲律宾当地供电公司

考察和对当地(PLN)公司供电调研，当地存在缺电状态和电气配套设施技术低下等不利因素。具体参数：电源高压等级为 13.2KV、频率为 60HZ，电源质量不理想，电压偏差幅度 +5%以上，且有缺相的可能。本项目施工现场需要外接一路高压线路来进行满足现场安装用电需求。公司要求 3 台门式起重机(电压 380V、频率 50HZ)在菲律宾组合场进行正常使用。这个要求技术难度较大。为此，电源质量成为本项目工程施工的考虑重点。

根据 3 台门式起重机的基本特性与用电参数进行数据统计与计算，查阅门式起重机用电特性。得出 3 台门式起重机总用电量与启动电流、使用电源特性(电压、频率)反电动势应用。考虑国内其它用电设备进入施工现场使用，新购的设备(400V、50/60HZ)及电加热等能够适用电压、频率。考虑菲律宾当地外网输入不够稳点，电压偏高、偏低的可能性很大，考虑电压带宽长，能在实际情况实际进行现场调整，以至于满足现场需求。现场未具备永久电源受电的前提下，提供给永久设备电源使用(eg:汽机房行车、单轨吊、磨煤机、预热器电机等，菲律宾电厂永久设备电源特性为 460V、60HZ)。从经济性与实用性方面考虑，决定在电源输入端加装一套可逆电源促使门式起重机及施工现场所有用电设备都能安全可靠的使用。

5 与同类先进成果主要技术指标比对情况

国内原有大型起重机械电源、频率多为 380V/50HZ，采用继电器保护控制和切除电阻降压控制系统与海外当地电源多存在不匹配的问题。本公司承接的菲律宾迪格宁 2 × 660MW 火电项目，通过对菲律宾电网供电情况调研分析发现，当地电源高压等级为 13.2KV，频率为 60HZ，电源质量非常不理想，如直接使用当地电网的供电电源，国内起重设备电机的输出功率将下降，直接导致电机驱动负载率降低，温升加快，最终导致电机输出扭矩下降，起重设备无法满足额定载荷要求。如施工现场重新外接一路高压线路来满足现场 3 台大型起重机械(电压 380V、频率 50HZ)施工用电，技术难度较大。

变频技术在国内已经很成熟，利用国内工频电源，通过变频器输入至特制变频电机，利用矢量控制来驱动电机。而菲律宾当地电压为 13.2KV，频率为 60HZ，电压偏差大，结合公司的起重设备是八、九年代的普通接触器控制系统和普通交流电机，综合技术分析，逆变电压、频率、启动大电流、电源质量监控保护等技术问题都需要攻克。通

过在电源输入端加装一套可逆电源模块和配置一套制动单元(特殊起重机下降反电动势而定)从而满足整套起重机的电气控制系统(电源开关、接触器、驱动电机、刹车电机、电磁刹车等)的一套完整方案,在国内属于新颖产物。碰到国内外特殊电源都可以利用此套设备满足现场,推广前景值得期待。

设计说明了起重机位势能利用装置,利用起重机吊装物体产生的位势能,当重力将转子拽下去时,电机处于发电状态将输出电能,通过晶闸管将能量通过电阻箱消耗掉,或反馈给电网。经对比分析发现,技术方案基于反电动势,在国内比较罕见。

综上所述,该委托项目“火力施工大型起重机械变频电源装置”研究了基于启动电流、CFP 智能电压、CFP 智能

频率和反电动势的提高供电电源质量的优化设计方案,在国内未见相同文献报道,具有新颖性。

本次设计菲律宾项目现场施工电源工作过程进展非常顺利,达到了使用与设计的预期效果,本次设计主要耐冲击能力强,输出可以瞬间承受负载冲击电流的 2-3 倍。抗干扰能力优越,EMI 滤波输入,避免高频杂音反灌,变压器隔离输出。抗干扰能力强,三相独立,可忍受三相不平衡负载。稳定精度高,频率稳定度达到 +1%HZ,进口 IGBT 功率模块,原装驱动配置,逆变全控桥平衡、稳定。频率范围广,稳定精度高能达到 +1%。反应时间快,100%加载或者减载,输出反应时间能达到 $\leq 1\text{ms}$,所以本次设计起到一定的参考和借鉴作用。见图 3。

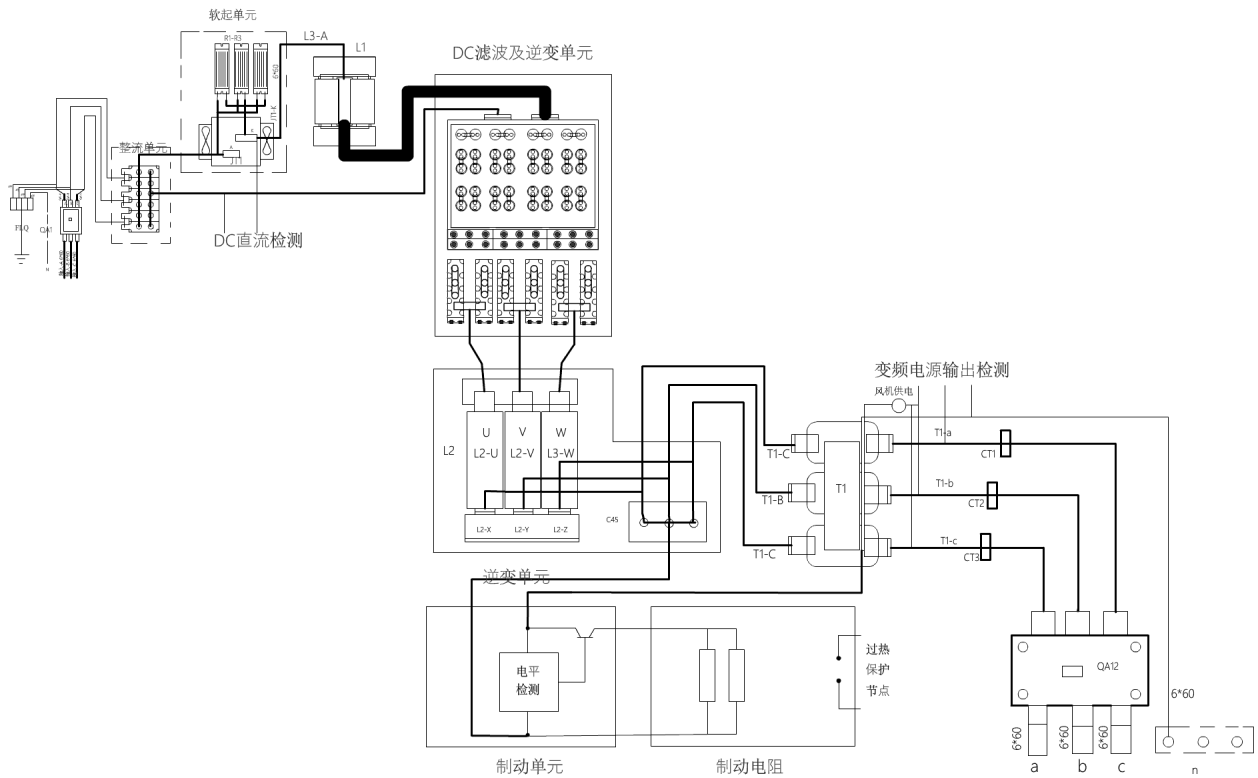


图 3 最终完成结构示意图

6 结语

研制此套设备后,在今后任何国家和特殊施工区域碰到电源质量问题(电压不稳、频率不符、电流偏高等类似情况)都可以使用此套设备加以控制与保护,进一步保证设备能安全、高效的使用。

作者简介

倪伟君 大学本科,工程师,上海电力安装第二工程有限公司专家,从事电力工程技术管理。

电厂主管道支吊架安装 常见质量通病及防治

◎张 耸 焦 强 / (中国电建集团核电工程有限公司)

【摘要】在电站热力系统主管道安装过程中,支吊架的制作、安装质量将直接影响到管道承受载荷能力的大小,任何管道支吊架问题或缺陷的存在都对机组安全运行构成较大的威胁。因此,在机组建设和运行过程中,支吊架的安装、调整、检查和修复是工作的重中之重。本文根据工程实践经验结合电站热力管道安装技术规范就管道支吊架常见质量通病进行整理归类,并针对各类主要问题提出相应的治理与防治方案,以便促进电站热力系统管道安装质量的提升。

【关键词】电站;管道支吊架;质量通病;治理与防治

1 支吊架常见几种形式

热力系统主管道支吊架主要有刚性吊架、刚性支架、导向支架、滑动支架、滚动支架、限位装置、恒力支吊架、变力支吊架、液压阻尼器、弹簧减震器等。

2 支吊架常见质量通病

2.1 支吊架安装与设计不符

支吊架安装过程中,经常出现与设计不符情况,主要表现为:

支吊架安装位置、方向与设计不符。支吊架在安装时位置与设计不符或者变动,支吊架的管道支吊点和承载结构着力点未按设计定位,管道支吊点的定位偏差大。这导致相邻支吊架运行过程承受载荷发生不同程度变化,严重时会造成支吊架超载、振动甚至失效,影响机组安全运行。

支吊架管夹、吊杆等部件错用。如支吊架及其零部件

的型号、规格、整定值、材料等不符合设计文件的规定。如某电厂锅炉发生一再热热段管道吊架管夹断裂,检查发现现场安装管夹与设计管夹型号不符;实际选用管夹配置低,断裂管夹最大工作压力远低于设计最大工作压力,机组启停过程中较大应力作用下导致疲劳损伤积累而最终发生断裂,影响机组安全运行。

支架材质错用。汽水系统管道尤其是蒸汽管道温度都比较高,支吊架管夹、承载块和连接螺栓副一般设计采用合金钢部件。如果错用碳钢部件支吊架,长期在高温承力下,容易产生金属蠕变及应力松弛,导致支吊架的承载能力下降。

支吊架根部刚度不足。生根于承载结构上的辅助钢结构的型式与连接方式不符合承载结构设计要求,承载结构件受扭或产生局部失稳。

2.2 刚性支架悬空、失载

刚性支架安装时由于基础标高或者管道预制焊接后标高误差,或者是在整个管道系统支吊架调整后管道标高

的变动,使部分支架与管道间产生间隙。刚性吊架随着安装及荷载的增加调整不及时,支架松动不受力。

2.3 恒力弹簧吊架、刚性吊架及液压阻尼器吊杆偏斜角度偏大

支吊架在安装时未进行冷态偏装或偏装量不足,或者吊点生根点相对位置较低,导致偏斜角度超标,这使支吊架在垂直方向上承载不足,而在水平方向产生一个附加分力,增大对端点设备的推力,存在重大安全运行隐患。

2.4 吊架吊杆活动受限

具体表现为以下几种情况:

(1)定位销未拔除,这时该弹簧吊点成为刚性支点,使得整个管道系统的吊点受力改变。

(2)吊杆不能自由伸缩,原因是花篮螺母与弹簧壳体或者其它设备相碰,吊杆位置与其它设备相抵,或者是恒力弹簧吊架的定位卡块未能及时拔除,致使选调机构不能位移到预设位置。

2.5 弹簧吊架在机组热态或冷态时指针指示在极限位置

这种现象产生的原因是该吊架处于过载、欠载、失载或者卡死状态。对于吊架过载或欠载,要重新分配该管道系统的载荷,重新分配和调整管道系统的吊架;对于吊架卡死,要进行必要的维修和处理。

2.6 阻尼器漏油、失灵或承受管道工作载荷

阻尼器安装时施工人员擅自改动阻尼器行程,导致阻尼器卡死失效;阻尼器由于超出使用寿命或者本体质量问题,产生卡涩或漏油导致功能丧失。

2.7 其他问题

弹簧支吊架铭牌信息模糊(污染或受损),安装方向不利于观察,影响支吊架冷态调整和后期运行检查调整;支吊架损坏或缺失;支吊架或液压阻尼器的生根强度不足,一般是焊接的焊缝不符合要求;管廊上管道系统导向支架限位不足,造成管道膨胀热位移过大,导致支架偏斜超标;支吊架结构形式/规格与该处管道受力不符,一般是设计或者错误安装问题;支架安装形式与图纸不符等问题。

3 支吊架质量通病的治理与防治

(1)支吊架的制造和安装检验人员应经过专业技术培训,支吊架验收人员应具有一定的专业实践经验,了解管道支吊架产品及相关标准。

(2)材料质量符合相应的材料技术标准要求。

(3)用于支吊架管部的合金钢材料进行光谱复查。

(4)正确选用支吊架,实现其承受管道载荷、限制管道位移和控制管道振动的作用,减小管道系统的应力及管道对设备的推力和力矩,保证管道和设备长期安全运行,是管道安装调整的最终目标。针对上述支吊架通病,应从管道系统整体性出发,针对不同问题,选择合适的处理方式,支吊架通病的治理与防治可以从以下几个方面进行考虑:

1)支吊架安装阶段严格按照图纸施工,保证支吊架安装形式、各支吊架部件组对、支吊架安装位置等与设计相符。对有疑问或明显不能满足管道系统运行要求的应及时与设计单位沟通,确定整改方案并落实。对于合金部件,应在材料进场后进行光谱复查,并做颜色标识。所有支吊架在部件组对存放后,做好出入库记录,做到有据可查,确保支吊架安装位置正确,避免出现混用、错用情况,也为以后运行检查和调整提供资料支撑。

2)对刚性支架悬空的,根据支架形式和管道系统运行参数选择增加聚四氟乙烯板或者焊接铁板或其他材质钢材来消除间隙。刚性吊架松动失载的,及时调整,无法满足安装的,更换相同材质、规格丝杆,保证支架受力且有调整余量。

3)在机组首次启动前,应对全场管道系统进行一次全面细致检查,建立检查台账,内容包含弹簧支吊架销子拔除、恒力弹簧吊架指针定位卡块和各指针冷态位置、各支吊架偏装情况等;在启机升温后,应组织对管道系统进行全面检查和对比,重点检查弹簧指针位置是否正确、管道膨胀是否受阻,支吊架是否偏斜、支架是否受力等。对于膨胀受阻或支吊架受力不合理的,应做好记录并保留影像记录,及时联系设计沟通解决方案并落实整改。

4)对于支吊架吊杆偏斜超标的,可以在机组冷态时进行冷态偏装以减少运行时的偏移量。调整前首先应联系设计院计算出各吊点的热态位移量,再进行支架的冷态偏装。如果偏装后吊杆角度仍然超标的,则可以提高生根的相对标高,以减少偏斜角度。

5)恒力吊架弹簧指针异常的,应及时联系设计院,对管道系统的受力和膨胀位移量进行计算核对,如果偏差较小,可以按照计算的膨胀位移最大值对吊架进行调整。如果因计算方法不同,导致计算结果差别比较大,则需要对管道系统冷热态位移进行检查、统计、分析和比较,结合运行时管道实际位移量进行调整。

6)对于因花篮螺母与弹簧筒相抵、设备相碰等原因而影响吊杆自由活动的,要联系设计院对部件进行改造,或者变更安装位置,并计算检查各支吊架弹簧压缩量是否与设计相符。

7)对阻尼器卡涩、失灵的需要校核阻尼器的设计,并

在此基础上更换新的阻尼器。

弹簧支吊架开箱检查时,注意检查铭牌信息是否污染或受损,如果铭牌信息模糊,应及时联系供货商重新补供铭牌。在安装过程中,对施工人员进行技术交底,不得损坏和污染铭牌,且安装时铭牌朝向便于观察方向;支吊架或液压阻尼器焊缝须满焊,保证焊接牢靠;管廊上管道膨胀热位移过大的,应及时联系设计院确定整改方案,必要时增加导向限位支架;支吊架结构形式/规格与该处管道受力不符的,应及时联系设计进行审核和计算,确定整改方案并落实整改。

4 注意事项

对管道支吊架进行调整时,根据支吊架冷热态检查结果和管系应力计算结果,经综合分析和评估后做出调整方案。制定调整措施案的原则是:对自身损坏且问题单一的支吊架进行修复或重制安装;对影响到整个系统的问题,先解决关键性问题,然后再对其它支吊架视功能恢复情况进行适当调整。调整顺序一般是从炉顶主蒸汽管道和汽机设备侧开始向中间管线柔度较大的方向按顺序进行;或从管线上的固定点开始向两侧进行,对于并行布置的管道两侧要对称进行。

(1)在管道系统支吊架安装完成后,除了必须要安装

报验,在大机吹管前、机组首次点火前都要对管道系统进行全面冷态检查,并在系统投运后进行热态检查,建立检查台账并做记录,对于重大缺陷应保留影像记录。

(2)支吊架调整应逐一消除支吊架卡涩、载荷偏离设计值、脱载等承载异常,更换并修复损坏附件等。在调整某一支架时,应同时兼顾临近支吊架的检查并调整,防止临近支吊架受其影响而出现新的异常。通过反复校核调整管道各吊点的热位移、载荷和最大应力值等,直至整个管系应力平衡合理,支吊架承载及热位移处于正常工作状态。

(3)管道支吊架调整结束重新运行期间,应对支吊架再次进行全面的冷态检查和微调,直至全部符合技术要求。

(4)调整工作结束后,应记录管道支吊架调整前后的冷、热状态参数,管道应力等数据并存档备案。

作者简介

张 耸 大学本科,高级工程师,现任中国电建集团核电工程有限公司质量控制部副主任,主要从事电力建设锅炉安装技术与质量控制工作。

焦 强 大学本科,工程师,现任中国电建集团核电工程有限公司质量控制部汽机专业专责工程师,主要从事电力建设汽机专业设备安装技术与质量控制工作。

(上接 16 页)

4 结语

本文在联合仿真的基础上,模拟了 spar 型浮式风机在不同工况下的动力响应,对其结果进行了相关分析。编程获取基于线性波理论的水动力荷载,通过 FAST 获取基于叶素动量理论的风荷载。均匀流相当于一个静力作用于风机上,主要影响风机的平衡位置的变化,进而影响锚链的拉力变化。与无锚链阻尼的风机结构相比,考虑锚链阻尼的非线性动力分析方法可以得到更精确的 spar 型浮式风机的运动响应。

作者简介

方光俊 大学本科,高级工程师,中国电建集团重庆工程有限公司新能源工程公司董事长,从事综合管理工作。

马丹彬 大学本科,工程师,中国电建集团重庆工程有限公司新能源工程公司总经理,从事综合管理工作。

唐 劲 大学本科,工程师,中国电建集团重庆工程有限公司城市规划院副院长,从事设计管理。

火电厂古滑坡体边坡抗滑桩技术研究

◎朱道兴 / (中国电建集团贵州工程有限公司)

【摘要】本文以贵州某在建超超临界循环流化床燃用高硫无烟煤发电示范项目工程为例,对项目所在位置古滑坡体区域进行探讨分析,研究针对该火电厂在高荷载、高边坡的大型填方古滑坡体区域进行的边坡治理,综合分析抗滑桩支挡结构防护计算满足稳定性要求,同时在经济性上占据绝对优势,对类似边坡治理工程提供一定借鉴意义。

【关键词】火电厂;古滑坡;边坡治理;抗滑桩

1 引言

对于工程项目的建设,地基的牢靠程度是后续施工最基本的保障,而边坡治理作为地基基础建设的一部分,起着至关重要的作用。贵州某在建 660MW 超超临界循环流化床燃用高硫无烟煤发电示范项目,依据电厂厂区布置规划图,厂址区域挖填方工程量大,场平后厂区会形成坡度较大的高陡边坡,因此研究高陡边坡的处理及古滑坡体的稳定成了一项重大任务。本文主要针对火电厂沟谷填方区的边坡治理进行分析,通过对边坡条件,包括地形地貌、地层岩性、水的作用进行分析总结,对边坡初步设计稳定性进行评价,结合本工程实际对不同的边坡治理方案对比分析,得出抗滑桩支护无论在经济上或是稳定性上都适合于本工程。

2 工程条件分析

边坡的稳定性和可靠度对于边坡工程是至关重要的,

无论是外在因素,还是内在因素都需要进行研究和探索。土质边坡的稳定性受多种因素的影响,包括岩土性质、水的作用、边坡设计、边坡开挖后支挡防护是否及时、施工方法准确等。因此,在施工设计前,需要详细勘测工程所在地地质、地形地貌、水文等信息,将获得数据深入分析及设计,确保边坡安全稳定可靠。

2.1 工程概况及周边情况

项目所在地为一构造剥蚀低山斜坡上,总体趋势为一槽谷状宽缓斜坡,斜坡总体坡度为 6~8°,南靠大山,地势整体西高东低,南高北低态势;场区附近地层总体上呈单斜状,附近没有发现大规模明显活动性断层经过,因此不受断裂错动的地层活动影响。图 1 为厂区卫星图,由图可见厂区的东部位于以拉苏湾子为中心的古老滑坡体上,而场地南侧山体为古坠覆体,东侧古滑坡形成的三级台阶,成因与南侧的坠覆山体有关,海拔分别为 2000~2030 m、2030~2080 m 和 2080 m 以上。而坠覆山体位移方向为西北向,其前端底部高程为 2025 m,低于场地基岩顶面高程(2029~2052 m),同时未发现近期变形迹象,因此可认为此

古坠覆体处于良好自稳状态。见图 1。



图 1 项目卫星图

此外,厂区周边修建公路时共诱发 4 处滑坡和一处不稳定斜坡。滑坡 1 位于场地西南侧约 30 m,滑坡后缘出现了拉裂缝,场地布置规划避让滑坡影响区;滑坡 2 位于进场道路入口,场平大部分滑坡区域,该区域挖方边坡脚设置档护脚或抗滑桩。滑坡 3 位于场地北侧,观测到道路沉降变形,但对厂区无直接影响。滑坡 4 宽度 180 m,规模较大,路面出现弧形裂缝,推测对软弱松散路基处理不当,在填方堆载后路基产生滑移,为覆盖层滑坡,滑坡位于厂区基岩基座外围,滑坡后缘与场地之间的斜坡地段基岩埋藏

较浅,对场地稳定无直接影响。欠稳定斜坡位于厂区北侧,现场未采取支护措施,因此边坡稳定性较差。

2.2 地层岩性

厂区岩土构成主要由第四系人工填土(Q4 ml)、残坡积(Q4el+dl)、古滑坡堆积(Q3del)、古残坡积(Qel+dl)的黏性土、含黏性土碎石、含碎石黏性土,下伏基岩为二叠系上统龙潭组(P2l)、长兴组(P2l-c)砂岩、泥岩夹煤层及破碎带地层组成。表 1 为岩土主要物理力学性质指标。

(1)层填土:厚度不大及分布范围较小,工程意义不

表 1 岩土主要物理力学性质指标

物理力学指标 岩土名称	重力 密度 γ (kN/m ³)	压缩/弹性模量 E_s/E_0	剪切强度		地基承载力标 准值 f_{ak} (kPa)
			内聚力 C(kPa)	内摩擦 ϕ (°)	
①层填土	13.5 ~ 15.0	/	/	/	/
②1 层黏性土(含碎石黏性土)	16.0 ~ 17.5	4.0 ~ 6.0 MPa	12 ~ 15	15 ~ 20	120 ~ 180
②2 层粘性土(含碎石粘性土)	15.5 ~ 16.5	2.0 ~ 3.5 MPa	6 ~ 10	15 ~ 20	80 ~ 100
②3 层碎石(含黏性土碎石)	20.0 ~ 22.0	15.0 ~ 25.0 MPa	5 ~ 10	25 ~ 32	240 ~ 300
③1 层含碎石黏性土	17.5 ~ 18.5	6.0 ~ 8.0 MPa	16 ~ 25	18 ~ 22	160 ~ 220

③2层碎石(含黏性土碎石)		20.0~22.0	18.0~30.0 MPa	5~10	25~35	280~360
④1层含碎石黏性土		17.0~18.0	5.0~7.0 MPa	15~22	15~20	140~200
④2层含黏性土碎石		18.0~19.0	15.0~22.0 MPa	13~20	20~25	260~320
⑤层强风化煤层(块煤)		12.7~13.2	5~12MPa	20~32	8~21	120~170
⑤层原状煤层(块煤)		14.8~16.1	18~24MPa	30~60	20~30	400~475
⑤层泥岩、页岩	强风化	19.0~20.0	18.0~22.0 MPa	25~60	14~22	180~240
⑤层砂岩		20.0~22.0	18.0~22.0 MPa	30~65	16~25	200~300
⑤层泥岩	中等风化	24.0~25.0	2.85~4.90GPa	60~120	22~30	400~600
⑤层砂岩		25.0~26.5	3.0~8.5GPa	120~200	25~35	600~900
⑤层页岩		20.0~22.0	0.30~0.60 GPa	200~400	23~32	260~320

大。

(2)1层可塑状黏性土(含碎石黏性土):可作为挡墙的天然地基持力层,但应考虑该类土厚度变化以及下伏软弱土层的影响。

(3)2层软塑状黏性土(含碎石黏性土):土力学性质较差,不适作挡墙地基持力层,作为建筑物地基下卧层应进行强度与变形验算。基坑开挖时应支护。由于其含水量高,不易碾压夯实,未经处理,不宜直接作为填方工程的回填材料。

(4)3层碎石(含黏性土碎石)、③1层含碎石黏性土、④1层含碎石黏性土、④2层含黏性土碎石:力学性质一般,可作为挡墙的地基持力层。

(5)2层碎石(含黏性土碎石):该层土力学性能较好,层位较为稳定,分布范围较广,可作为挡墙的地基持力层,但应注意该层土粒径大小不均匀,造成地基的不均匀沉降问题。

(6)层基岩:该层性质力学性能较好,可作为挡墙及抗滑桩的天然地基持力层或下卧层。

(7)层煤层及破碎带:不推荐作为挡墙的地基持力层,基底遇煤层及破碎带应超挖换填。煤层富有机质易氧化,作为回填材料时应考虑其影响。

2.3 水的作用

水会对岩土性质产生影响,包括其重度、渗流压力、饱和度、孔隙水压力、潜蚀、流砂、结构面的润滑、岩石软化及风化等。由于水会对结构面产生润滑作用,在古滑坡体相关研究中已确定水是导致古滑坡复活的一大因素。场地内地下水主要为覆盖层中的孔隙水、岩基裂隙水。孔隙水主要以上层滞水覆存于第四系覆盖层碎块石中,主要受大气

降水及高处山体中地下水水源补给。西部为古滑坡堆积体,深厚碎石土层孔隙发育,雨季碎石土层大多处于饱和状态,下伏基岩透水性较差,场地地下水在低洼沟槽底部或在基覆界面露头区域以泉的形式排出地表。基岩裂隙水主要覆存于基岩裂隙发育带内,水体之间的水力联系较差,没有统一的水位,含水量随构造裂隙的发育程度变化较大,以泉形式在低洼地带排泄,但基岩裂隙水埋藏较深,水量较小,对工程建设影响不大。

2.4 边坡设计

经过详细布置安排,为减小挖方的边坡工程量,合理避让周边滑坡及不稳定斜坡的影响,工程边坡主要包括西南侧挖方区与东北侧的填方区。挖方区经分析,按不同坡率分级放坡,并在坡顶上部设置截排水系统,在下部设护脚挡墙,边坡稳定系数符合规定要求。然而场地西南高东北低,填方区主要处在古滑坡区东侧的沟谷地段及偏北侧,边坡坡顶附近拟建的主要建筑物有冷却塔、条形煤场和其它辅助生产设施,冷却塔采用桩基,不会造成过大的坡顶荷载,但条形煤场由于堆煤会产生较大的坡顶荷载。而厂区东侧又恰处于沟谷地段,首先要处理沟谷的泉眼,设置排水盲沟及排水系统,此外沟谷低洼填方区填土工程量巨大,填方高度高,因此在施工时需要预留足够的安全度,也不宜设计过陡。以下是主要填方边坡分类表(表2)和分布图(图2)。

填方区边坡地质条件复杂,坡高较高,地基土力学性质差,地形起伏大,局部边坡坡底有深度较大的冲沟,容易造成大面积的边坡失稳,选取东北侧几个典型边坡进行稳定性计算,分别考虑一般工况和暴雨工况进行计算,按照《建筑边坡工程技术规范》表3中的边坡稳定安全系数要

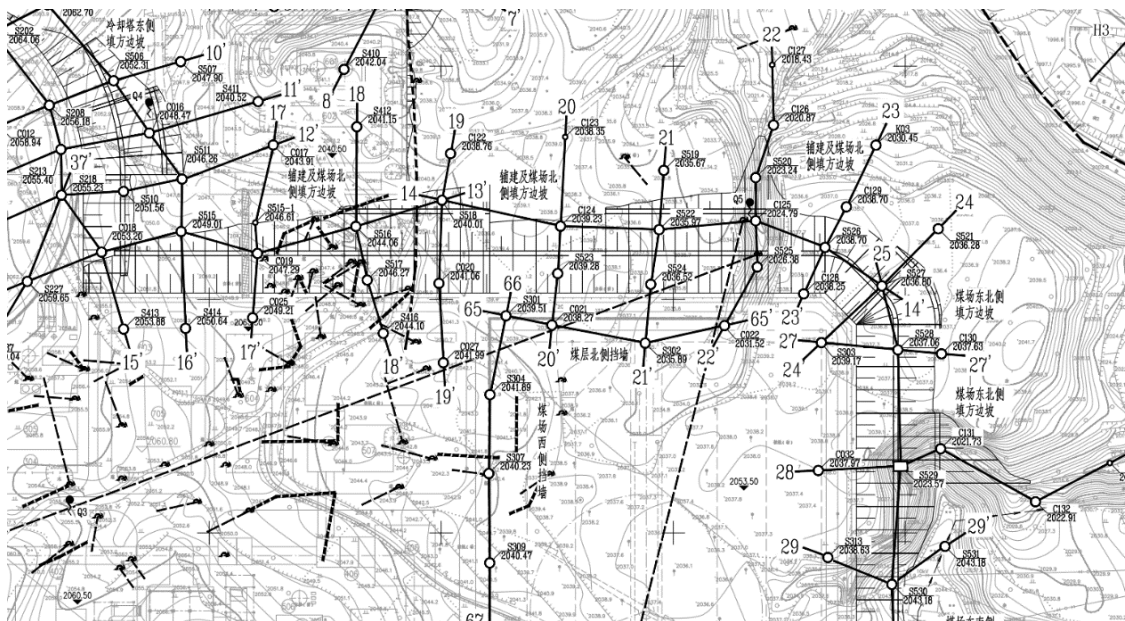


图 2 剖面分布图

表 2 主要填方边坡分类表

边坡位置	剖面编号	设计最大坡高	边坡工程安全等级	推测边坡破坏特征
冷却塔东侧	9-13 剖面	20	一级	近圆弧状滑面破坏
辅建及煤场北侧	15-20-24 剖面	33	一级	
煤场东北侧	24-29 剖面	36	一级	

求,计算结果见表 4。

根据边坡稳定性计算结果,位于冷却塔东侧、辅建及

表 3 边坡稳定安全系数要求

边坡安全等级	一级	二级	三级
工况 (编号)			
一般工况 (A)	1.35	1.30	1.25
暴雨工况 (B)	1.15	1.10	1.05

表 4 边坡稳定性计算结果

计算剖面	边坡高度 (m)	设计放坡比	工况	理正计算稳定系数 K	Geoslope 计算稳定系数 K	是否满足要求	滑面位置
11-11	19.1	1:2.00	A	1.184	1.280	否	穿过压实填土、②层
			B	1.048	1.174	否	
17-17	14.2	1:2.00	A	0.769	0.805	否	穿过压实填土、②层、②层
			B	0.604	0.641	否	
19-19	20.3	1:2.00	A	1.079	1.107	否	穿过压实填土、②1 层
			B	0.949	0.966	否	
21-21	17.7	1:2.00	A	1.074	1.094	否	穿过压实填土、②1 层

22-22	30	1:2.00	A	1.375	1.373	是	穿过压实填土、③层
			B	1.308	1.285	是	
24-24	16.6	1:2.00	A	1.053	1.060	否	穿过压实填土、②1层
			B	0.850	0.834	否	
28-28	34.1	1:2.00	A	1.321	1.234	否	穿过压实填土、②1层、③层
			B	1.094	1.093	否	
30-30	9.7	1:2.00	A	1.617	1.651	是	穿过压实填土、②1层

煤场北侧及煤场东侧的 11、17、19、21、24、28 剖面若按 1:2.00 坡率放坡不满足长期稳定要求,滑面多穿过填土及②1层及②2层,②1层及②2层为边坡底部的软弱层,其作为持力层会影响边坡稳定。

3 工程治理

常见的土质填方边坡处理方式有坡率放坡法、加筋法、地基改良法以及支挡结构法。结合本工程岩土特点,加上周边已建公路后导致的不稳定斜坡及滑坡实例作为参考。对于滑坡 4(图 1)公路下部,抗滑桩施工中基坑开挖至 2.5-3.0 m 均揭露地下水,未揭露软黏土,而又处于沟谷地段地下水汇集区域。综上,公路滑坡 4 形成有几个原因:①地表水或地下水处理不当,产生静水压力和渗透力;②路基下方耕植

土清理不彻底;③施工过程中对路基下方原状土产生机械扰动。因此,在工程东侧低谷填方区采取有效的地下水疏排措施十分重要。结合坡顶高荷载、坡面高、位于沟谷的特点,在沟谷地段的填方前设置排水盲沟,与厂区场平回填中设置的盲沟形成暗埋排水系统,以 1:2.00 坡率分级放坡,在坡脚设置抗滑桩。抗滑桩属于支挡结构的一种,利用抗滑桩插入滑动面以下的稳定地层对桩的锚固力平衡滑动体的推力,增加其稳定性,适用于边坡开挖工程、填方边坡及工程滑坡治理,尤其适用于土压力大,墙高超过挡土墙限制,地基强度不足可由桩基埋深来补偿的情况,此外桩位设置灵活、可单独适用,混凝土抗滑桩施工也十分方便安全,设备相对简单,其对场地的扰动破坏较小,施工进度快、质量好。本工程边坡抗滑桩的分布图如图 3 所示。

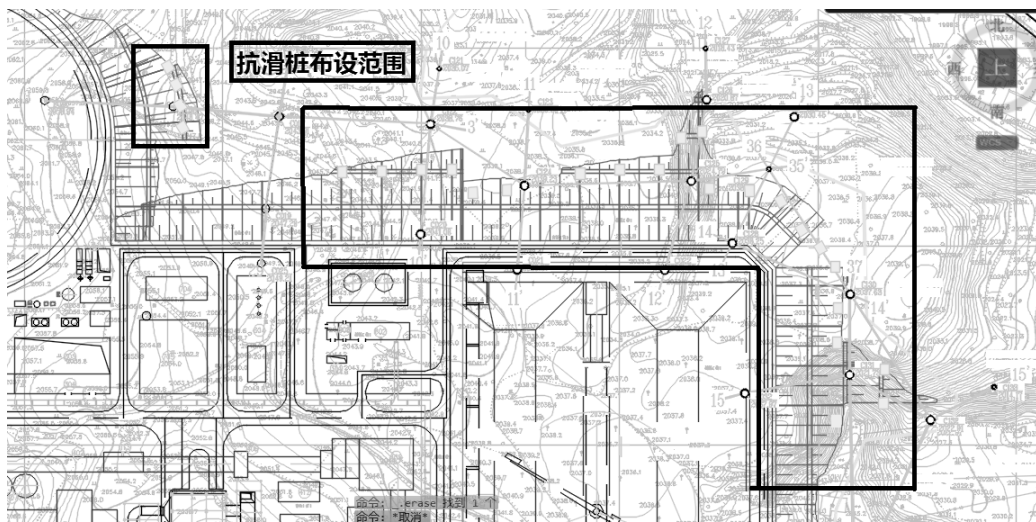


图 3 抗滑桩布置图

4 填方区边坡经济性对比

若采用换填方案,分析几个边坡典型断面,安全系数小于规范的滑移面穿过的土层均需要全部清除,置换成内

聚力 c 、内摩擦角 ϕ 值更高的土层,如碎石、土夹石。换填的体量由新填土的 c 、 ϕ 值决定。本工程填方区边坡大部分滑移面都在表层②、③层黏性土和碎石黏性土之中,采用换填方案需将表层黏性土和碎石黏性土全部清除进行

换填,经计算各种在一般工况和暴雨工况均能满足一级边坡稳定性要求。

在本工程的填方区,换填法和抗滑桩两种边坡治理方案在理论上均可行,对其经济性进行比较:

4.1 换填法

换填法处理范围为图3中抗滑桩布置范围,处理长度约为360 m,根据地质剖面图,由于地基土表层黏性土厚度较大,平均换填深度约为5 m,平均换填长度约为60 m,

则换填体积约为90000 m³。

4.2 抗滑桩

抗滑桩处理范围仍为图3中抗滑桩的布置范围,处理长度约为360 m,根据计算结果,抗滑桩尺寸为1.5 m*2.5 m的矩形抗滑桩,桩长约为20 m,桩距4 m,共需抗滑桩约为90根,抗滑桩体积约为6750 m³;挡土板宽5.5 m,厚0.4 m,挡土板体积约为792 m³。

表5 不同方案经济型对比

方案类型	工程量增加	综合单价	总价/万元
换填法	换填量 90000 m ³	104 元/m ³	1123.3
抗滑桩	抗滑桩体积 6750 m ³	1454 元/m ³	981.5

5 结语

本项目场地南侧为古坠覆体、东侧为古滑坡堆积体,场区地质环境复杂,通过科学合理规划,设置盲沟排水系统,及时排出沟谷填方区地下水,避免地下水饱和致使古滑坡复活而影响边坡稳定性。水是滑坡形成的主要原因,排水规划对于边坡稳定安全十分重要,坡顶及时排水避免雨水冲刷的可能,坡脚设置盲沟及时排出地下水,为工程地基稳定提供基本保障。厂区回填局部有深厚软塑黏性土应采取相应措施提高其力学参数,包括局部换填、强夯置

换、碎石桩、灰土挤密桩等地基处理措施。利用抗滑桩能承受强大压力、不受墙高限制、对场地扰动破坏较小、地基强度不足由桩基深埋补偿等优点,对比换填法与抗滑桩施工对边坡治理的方案,抗滑桩在本工程边坡治理中为最优选择,不仅满足边坡在不同工况下的稳定,在经济投入上更节省,经济效益更突出。

作者简介

朱道兴 大学本科,高级工程师,中国电建集团贵州工程有限公司威赫电厂项目经理,负责威赫电厂项目全面工作。

(上接23页)

少了对地脚螺栓的损坏。

7 结语

在及其复杂的施工环境下,采用一台主力吊车起吊,汽车吊配合穿装的方案,通过施工方案的精确计算,施工过程的严格执行,认真组织,将长于烟囱的直径的输煤栈桥顺利穿装完成。吊装后的与其他行架对接尺寸完全符

合,保证了安装质量。较以往在烟囱内布置卷扬机提升的方案,时间效率有了较大提升,并全面确保了安全施工,取得了良好的效果,为此类工程提供了很好的实践案例。

作者简介

张勇峰 大学本科,高级工程师,中国电建集团河北工程有限公司信管部主任。

基于 IEC 标准的火电厂危险区域划分研究与案例分析

© 殷利杰 / (中国电建集团河南省电力勘测设计院有限公司)

【摘要】 针对目前国内发电厂危险区域等级划分尚无标准可依,也未引起足够的重视,本文对 IEC 相关标准进行了研究、分析和总结,整理出一套适用于火电厂的危险区域等级划分方法,并针对某 350MW 级海外燃煤电厂进行了实际划分,对国内类似的大中型火力发电厂有一定的参考价值。

【关键词】 火力发电厂;危险区域划分;IEC 标准

1 引言

随着国内外火力发电机组向更高的参数、更先进的技术、更规范化的管理等持续迈进,对火电厂的安全性更是提出了更高的要求。尤其是近年来气体爆炸、粉尘爆炸等危险事故时有发生,对生产人员及设备的威胁不容忽视。而目前国内火力发电厂,无论设计方还是业主方,对全厂危险区域划分仍然没有给予足够的重视,这也给日后电厂的运行生产埋下了巨大的隐患。

本文将基于最新的 IEC 60079 系列标准对火力发电厂的危险区域进行划分,并以某海外 350MW 级燃煤发电机组工程为例进行实际危险区域划分操作,从而为不同危险区域配置与之相匹配防爆等级的电气设备,以最大程度保证危险区域内设备的运行安全。

2 确定区域类型及范围的方法

2.1 分类的步骤

根据对 IEC60079 系列标准的研究,危险区域划分应按照以下步骤进行:

步骤 1:确定分类需求。对电厂的每个区域进行考查,核实其是否存在可燃材料的加工、处理或储存。

步骤 2:收集信息。要收集可燃性材料的特性,以及这些材料的工艺过程、处理方式和存储方式等。

步骤 3:确定每个释放源等级。

步骤 4:确定区域的通风特性。通风可分为自然通风和人工通风。通风对危险区域划分有着重要的影响。

步骤 5:确定区域类型:区域类型分为三个等级,气体分为 0、1、2,粉尘分为 20、21、22。

步骤 6:确定区域范围。

2.2 释放源等级的定义

释放源分为三个等级,即连续释放、一级释放和二级释放。连续释放是指危险气体连续释放、频繁释放或长期释放。一级释放是指在正常运行时,预计可能周期性释放或偶然性释放。二级释放是指在正常运行时,预计不大可能释放,如果释放也仅是不频繁的、短暂的。

2.2.1 通风性能

充足、有效通风可降低危险区域类型(在某些情况下能降低为非危险区域),可缩短爆炸气体存在的时间,防止形成爆炸性的气体环境。相反,自然通风较差而又无人工通风的情况下,有可能导致可燃气体的聚集,或可燃粉尘粒子分散至空气中,长时间的积累,会使区域危险性升高。通风有三个参数:通风类型、通风等级、通风有效性。

2.2.2 通风类型

通风类型可分为自然通风和人工通风。自然通风是指由风或温度梯度造成空气流动。一般露天场所、敞开式建筑或拥有永久开口的建筑可采用自然通风。人工通风是通过人工的方法,使空气流动,通常使用风机或排气装置。人工通风常用于室内或封闭空间,在墙上或屋顶安装风机,或局部采用排气系统。

2.2.3 通风等级

通风的三个等级:高级通风、中级通风、低级通风。

高级通风能够在释放源处快速降低爆炸物浓度,使其低于爆炸下限浓度。

中级通风能在爆炸物持续排放的过程中控制爆炸物浓度,使区域危险等级稳定在设计范围。在爆炸物停止释放后,爆炸环境不会持续很久。

低级通风是指在爆炸物持续释放过程中,不能控制其浓度,或者释放源停止释放后,仍不能阻止爆炸性环境的持续存在。

2.2.4 通风有效性

通风有效性直接影响着爆炸性环境的存在和形成,所以也影响着区域类型。通风的有效性或可靠性降低,可能会使区域的危险分级升高。通风有效性可分为三个等级:良好、一般、差。通风“良好”是指通风持续存在;“一般”是指在正常运行状况下有通风的存在,允许发生短时或不经常的不连续通风;“差”是指不能满足“良好”、“一般”标准的通风,但预计不会出现长时间的不连续通风。

2.3 通风对区域类型的影响

通风及释放源级别对区域类型的影响概括为表1所示的内容。

表1 通风效率

通风效率							
释放等级	高稀释			中稀释			低稀释
	通风有效性						
	良好	一般	差	良好	一般	差	良好、一般或差
连续级	非危险(0区 NE) ^a	2区(0区 NE) ^a	1区(0区 NE) ^a	0区	0区+2区	0区+1区	0区
1级	非危险(1区 NE) ^a	2区(1区 NE) ^a	2区(1区 NE) ^a	1区	1区+2区	1区+2区	1区+0区 ^c
2级 ^b	非危险(2区 NE) ^a	非危险(2区 NE) ^a	2区	2区	2区	2区	1区甚至0区 ^c

注释:

- 0区 NE、1区 NE 或 2区 NE 表示在正常条件下,其范围可忽略不计的理论上的区域。
- 由 2 级释放源产生的 2 区也会超过由 1 级或连续释放源引起的区域,在这种情况下,应取更大的距离。
- 若通风很弱,并且释放形成的爆炸性环境还持续存在(也就是接近“无通风”条件),则为 0 区。

“+”表示被包围在内。

采用自然通风的密闭空间的通风有效性不可被判定为良好。

2.4 区域范围的确定

从爆炸物的释放源边缘处,到任意方向上不存在与释放的爆炸物相关危险的地点之间的距离,可视为危险区域的划分范围。

在没有采取安全措施将空气中的危险物质浓度降低

至其最低爆炸极限时,危险区域范围取决于爆炸性气体环境的估算距离。

危险区域范围取决于以下几个标准:可燃物类型及特性、工艺标准、设备设计、释放源、通风、建筑物的布置。

3 可燃物类型划分

按照危险区域划分步骤 2，需要收集电厂中可燃物的信息。本节以某 350MW 级海外燃煤发电厂为例，总结一下

各种常见可燃物的特性数据。

3.2 可燃气体

火力发电厂的气体可燃物主要是煤释放的甲烷，以及氢气，其参数如表 2 所示。

表 2 可燃气体参数

名称	摩尔质量 (kg/kmol)	相对密度 (气体/空气)	着火点 (°C)	沸点 (°C)	可燃浓度下限体积分含量 (%)	设备类别	温度等级	依据
甲烷	16	0.55	600	-162	4.4	IIA	T1	IEC60079-20-1 ^[5]
氢气	2	0.07	560	-253	4	IIC	T1	IEC60079-20-1 ^[5]
氧气	32	1.1	-	-183	-	-	-	-

3.3 可燃液体

火力发电厂的液体可燃物主要是柴油，其参数如表 3 所示。

表 3 可燃液体参数

名称	相对密度(气体/空气)	闪点(°C)	着火点(°C)	沸点(°C)	20°C下蒸发物压力(kPa)
燃油	816-845kg/m ³	66	-220	-	0.6
密封油	880kg/m ³	≥200	-	300 - 370	-

3.4 可燃固体

火力发电厂的固体可燃物主要是煤，其参数如表 4 所示。

表 4 煤的参数

参数	粉尘层着火温度	粉尘云最小点火能量	爆炸下限 LFL	含水量
单位	°C	mJ	G/m ³	%
数值	~170	30	35	2.3
备注	见 NFPA 499 表 5.2.3	见 GB 12158 表 D.4	见 GB 12158 表 D.4	

3.5 燃煤参数

本工程燃烧用煤的参数如表 5 所示。

表 5 本工程燃烧用煤参数

序号	参数名称	符号	单位	设计煤种
1	近似分析			
	收到基总水分	<i>Mt</i>	%	2.3
	空气干燥基水分	<i>Mad</i>	%	0.6
	挥发分	<i>Vdaf</i>	%	24.6
	收到基灰分	<i>Aar</i>	%	28.7
	净热值	<i>Qnet,ar</i>	kJ/kg	23100
	总热值	<i>Qnet,g</i>	kJ/kg	23893

2	收到基元素分析			
	碳含量	<i>Car</i>	%	57.67
	氢含量	<i>Har</i>	%	3.27
	氧含量	<i>Oar</i>	%	4.46
	氮含量	<i>Nar</i>	%	1.29
	全硫	<i>St,ar</i>	%	2.31
3	游离二氧化硅	<i>SiO₂(F)</i>	%	51.2
4	可磨性系数(HGI)		/	66
5	煤灰熔融性			
	初始变形温度	<i>DT</i>	℃	> 1530
	软化温度	<i>ST</i>	℃	> 1550
	半球形温度	<i>HT</i>	℃	> 1550
	流体温度	<i>FT</i>	℃	> 1550
6	灰成分			
	Al ₂ O ₃		%	29.8
	CaO		%	0.89
	Fe ₂ O ₃		%	10.81
	K ₂ O		%	0.4
	MgO		%	0.29
	MnO		%	0.16
	Na ₂ O		%	0.15
	P ₂ O ₅		%	0.53
	SiO ₂		%	54.33
	TiO ₂		%	2
	Cr ₂ O ₃		%	0.03
	V ₂ O ₅		%	0.01
	ZrO ₂		%	0.08
	BaO		%	0.06
	SrO		%	0.05
	ZnO		%	0.02
	SO ₃		%	0.4
7	灰分电阻率			
	环境温度		Ω.cm	9.75 × 10 ¹¹
	80℃		Ω.cm	2.17 × 10 ¹²
	100℃		Ω.cm	1.08 × 10 ¹³
	120℃		Ω.cm	1.91 × 10 ¹³
	150℃		Ω.cm	3.61 × 10 ¹³
	160℃		Ω.cm	4.33 × 10 ¹³
	180℃		Ω.cm	1.91 × 10 ¹³

4 危险区域分类

4.1 厂区介绍

火力发电厂是由多个不同的系统组成。在整个工艺流程中,可燃、易燃物主要以粉尘、气体、液体及蒸气的形式存在。本节对上文提到的某 350MW 级海外燃煤电厂进行了危险区域划分,因篇幅优先,只对以下几个较为重要的区域进行危险区域等级划分。

- ◇ 锅炉区域
- ◇ 输煤区域
- ◇ 汽机房(发电机及其辅助设备)
- ◇ 燃油系统
- ◇ 制氢及储氢系统

4.2 现场清理

根据 IEC 相关标准,电厂运行人员应对可燃粉尘聚集区域制定有效的清洁制度,以防止可燃粉尘的累积。对于无有效清洁的区域,如果粉尘厚度 > 5mm,尤其是在封闭的建筑物内部,在进行区域划分的时候必须考虑粉尘层形成爆炸粉尘云的可能性。因此,为了尽可能地降低区域风险,应充分做好现场的有效清理。

4.3 锅炉房危险区域划分

4.3.1 锅炉系统描述

煤粉从磨煤机到锅炉的输送过程为密封输送,且在磨煤机和给煤机处都提供了密封风加以密封。管道为直接焊接或法兰连接,正常情况下不存在煤粉泄漏的可能。

正常情况下,锅炉燃油系统中,也没有燃油外泄的可能。在非正常操作工况下,每个燃烧器的关断阀都可以独立关闭,所以燃油或油气不会泄漏到燃烧区域。

4.3.2 释放源及单元通风辨识

甲烷(设备内部),连续级(正常运行工况)

煤粉(设备内部),连续级(正常运行工况)

采用自然通风,通风等级为中级,有效性良好。

4.3.3 危险区域分类

原煤仓、给煤机、磨煤机内部按混合物划分等级:

煤粉: ZONE20, GROUP IIIB, T 170℃。

甲烷: ZONE1, GROUP IIA, T1 600℃。

因此,在设备选型时,最高温度等级和表面温度应为 170℃。

本工程给煤管采用机械连接,连接器是煤粉炉送粉管专用设计,能承受锅炉产生的膨胀,形成零泄漏的密封连接。因此,给煤管区域为非危险区域。

磨煤机都配有冗余密封风机的密封风系统,可有效防止煤粉泄漏至周围环境中去。给煤机、原煤仓、磨煤机及

燃烧器均为粉尘密封设备,在设备外部不会有可燃气体和粉尘存在。设备均为室外安装,通风很充分。因此,这些区域均可划分为非危险区域。

4.4 运煤系统危险区域划分

4.4.1 运煤系统描述

运煤系统包括从外部煤矿来的两条输煤皮带的头部部分,以及运煤汽车从入厂到将煤输送至原煤仓之间的全部工艺系统,不包括厂外皮带来煤的计量及采样。

4.4.2 转运站、输煤栈桥区域

(1) 转运站、输煤栈桥区域描述

输煤系统皮带机头部漏斗、落煤管、导料槽以及除尘器等设备的内部部分,在这些部位煤粉会连续存在。

各个转运站、地下煤斗间的转运点,以及煤仓间犁料处会连续产生煤粉尘。尽管转运点考虑了封闭措施,但是也会存在煤粉偶然外泄的情况。

(2) 防止爆炸性粉尘形成的措施

输煤系统采用了以下防止爆炸性粉尘形成的措施:头部漏斗采用两级清扫器,防止细煤粉回带;犁煤器漏斗设置软接触式锁气挡板,以加大密封效果,防止卸料点煤粉外泄。在地下煤斗和各转运站、煤仓间等局部扬尘点均设置了除尘器,使上述各点形成负压,粉尘无法外泄。在各带式输送机头部、导料槽出口均设置自动喷干雾装置,防止煤粉尘飞扬。

(3) 释放源及单元通风辨识

在转运站及煤仓间采用机械通风,通风换气次数为 6 次/h。在地下煤斗间采用机械通风,通风换气次数为 15 次/h,机械通风设备为一运一备。因此,该通风等级为高级通风,有效性为良好。因此,释放源辨识为:

甲烷,一级(正常运行工况),机械通风,通风等级为高,有效性为良好。

煤粉尘(地上部分),连续级(正常运行工况),机械通风,通风等级为高,有效性为良好。

煤粉尘(地下部分),连续级(正常运行工况),底下部分采用机械通风,两台通风设备,一运一备,通风等级为高,有效性良好。

(4) 本单元危险分区

控制室和配电间设有空调系统,可保持正压,粉尘不易进入,所以区域划分不包括控制室和配电间。

因各转运站、煤仓间及地下煤斗区域的机械通风等级为高,通风有效性为良好,因此认为各转运站、煤仓间和地下煤斗间区域为甲烷气体的非危险区域。

输煤系统皮带机头部漏斗、输煤管、导料槽及除尘器等设备的内部,煤粉尘连续存在,因此该区域内部划分为

ZONE 20, GROUP IIIB, T 170℃。

4.7.1 制氢及储氢单元描述

制氢单元设置一套 10Nm³/h 容量的制氢系统。制氢系统用于为发动机氢气冷却系统提供氢气。系统包括 3 个 14m³ 的氢气储罐,以及相关管道、阀组、压力调节器、电气设备和仪表装置等。

4.7.2 释放源及单元通风辨识

正常无故障运行工况下,系统无氢气泄漏的可能。

制氢间设置 100%冗余的高可靠性机械通风,换气次数为 15 次/h。并设有通风故障报警。因此,通风等级为高级通风,有效性为良好。

氢气储罐区域位于室外,自然通风。因此,通风等级为中级,有效性为一般。

4.7.3 危险区域分类

按照前述分类原则,制氢间内部划分为 1 区。制氢间门窗边缘 4.5m 空间划分为 2 区。氢气排放口 4.5m 半径内及排放口上部 7.5m 空间划分为 2 区。

氢气储罐内部划分为 0 区,释放阀周围 1.5m 范围内

划分为 1 区,氢气储罐边界外 4.5m 及氢气排放口上方 7.5m 空间划分为 2 区。

5 结语

本文对 IEC 标准中关于危险区域划分的规定进行了研究,针对火电厂的特殊情况专门做了分类方法和步骤的总结,并结合某 350MW 海外燃煤电厂的工程实际,对该方法进行了实际应用和验证,得到了该工程海外业主方和海外工程监理方的一致认可,对国内类似的大中型火力发电厂在进行危险区域划分设计上有一定的指导价值。

作者简介

殷利杰 硕士研究生,高级工程师,河南省电力勘测设计院发电公司电控处热控高一级设计师,从事仪表与控制系统设计与研究工作。

中国电建稳居 ENR 全球最大 电力工程承包商

8月24日,2023年度美国《工程新闻记录》(ENR)“全球承包商 250 强”和“国际承包商 250 强”双榜发布,中国电建分别位列榜单第 6 位和第 8 位,继续稳居全球最大电力工程承包商。

ENR 是全球工程建设领域的权威学术杂志,其创办的 ENR 榜单排名在全球建筑业界颇具影响力,是国际承包工程业公认的、较为全面反映年度国际工程市场发展状况的权威排名。其中,ENR“全球承包商 250 强”的排名是以企业的全球营业总收入为排名依据,重在体现企业的综合实力;ENR“国际承包商 250 强”的排名则是依据该企业在本土以外的海外工程业务总收入,重在体现企业的国际业务拓展实力。

值得一提的是,在此前公布的 ENR2023 年度“全球工程设计公司 150 强”排名中,中国电建连续 4 年蝉联榜首,并连续 9 年在“国际工程设计公司 225 强”中位列中资企业第 1 位。

中国电建作为全球清洁低碳能源、水资源与环境建设的引领者,全球基础设施互联互通的骨干力量,服务“一带一路”建设的龙头企业,将深入学习贯彻习近平总书记重要指示批示精神,认真贯彻党中央、国务院重大决策部署,坚决落实国资委各项工作要求,立足大基建,聚焦“水、能、砂、城、数”核心主业,集成投建营,推进全球化,不断加强水、做优能、做大砂、做精城、做专数,加快推进企业战略转型和高质量发展。(股份公司网站)

企业信息一体化平台建设规划策略浅析

◎胡 博 / (中国电建集团河北工程有限公司)

【摘 要】企业信息一体化平台已经为众多企业提供业务办理、流程审批、数据积累、经验分享、战略决策等全业务管理，是企业发展到一定程度的高度集成软件平台。如何更好的规划平台建设，最大程度的实现流程固化，审批快捷、积累相关数据，用科学的方法制定应用管理策略，还需要在科技高速发展的今天，紧跟大数据时代的步伐，利用数据分析与应用管理，来提升平台的建设效果。

【关键词】信息一体化平台；建设；策略

1 引言

对于电力施工型企业而言，现如今很多企业都建立了符合自身管理的信息一体化平台，实现了公司综合办公、生产经营管理的一体化平台。平台作为多个业务系统的底层框架，负责数据贯通，流程流转，数据累计，分析。如何规划建设一套平台使其更为高效的运转，涵盖全业务链条，确保数据全面准确，下面针对我公司企业信息一体化平台建设规划经验进行阐述分析。

2 系统简介

我公司规划建设一套采用 C# 开发企业信息一体化平台，

平台适用总公司、各分子公司，项目部，并遵循 GRP-ERP-PRP 的思想，将系统分为展示门户、GRP(决策支持)、ERP、PRP、标准库、接口共 6 部分。图 1 为平台业务蓝图。

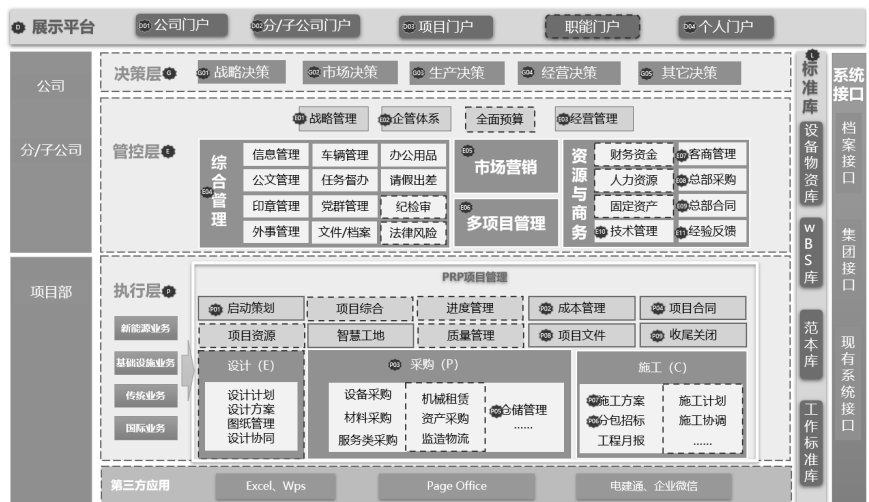


图 1 平台业务蓝图

3 建设目标

企业信息一体化平台建设除解决已有信息化现状的问题外,更以为数字化转型奠定坚实基础为目标,确保核心数据的贯通,目标主要如下:

(1)实现战略规划、年度计划、职代会、党委会等公司级任务的分解、落实、督办、闭环。

(2)实现市场月度会、生产协调会、经营分析会三个会议的线上召开,系统为在线三会提供真实、实时、一致的数据。

(3)实现项目大经营成本动态跟踪表+挣值理论的成本管控模式,同时向上贯通至分子公司、总公司的经营链条。

采用可裁剪的项目管理体系,实现多元化的项目管理,不同业态项目可采用不同的管控模式,如按照基础设施、新能源、海外项目等划分。

4 实施路径设计

系统建设以综合办公、市场、经营、多项目管理为核心,主要实现领导决策分析、多级门户的展示、市场月度会、经营分析会,项目策划、成本、采购、仓储的经营相关业务。建设包含企业部分:系统门户、市场/经营/生产决策、战略管理、综合管理、党建管理、企管体系、经营管理、财务资金、市场营销、多项目管理、客商管理、采购管理、合同管理、经验反馈、标准库。项目部分:启动策划、成本管理、资金管理、采购管理、仓储管理、项目文件、收尾关闭。

5.1 通用设计

(1)所有功能能够快速查看业务对应的体系制度、相应模板,识别的风险、经验教训,为支撑体系落地的四大组件,能够快速上手应用新业务、新模式。

(2)所有与货币相关都采用多币种,满足国际化要求,同时系统支持多语言(后续系统运转正常后根据需要专人翻译)。

(3)合同作为企业经营运转和财务共享的核心,所有合同统一归集,并归口管理。

(4)核心业务均采用PDCA循环,能够有效监控闭环。

(5)移动办公可自由选择使用电建通或企业微信,各类待办、提醒、报表及时推送。

(6)预留项目各参与方接口,满足后续多方协同要求。

5.2 重点目标设计

建设核心目标共5条,包括战略执行监控、在线三会、

经营链条、企业级多项目管理、多元化项目管理,以下对5条进行顶层设计:

5.2.1 战略执行监控

将与战略相关的任务分解到部门、分子公司、项目,进行定期监控、闭环,并辅以考核。包括五年战略的分解而成的年度工作计划,职代会分解任务、党政联席会、以及领导层交办的重大事项,事项将与组织考核挂钩,也称为KPI任务。

5.2.2 在线三会

满足市场月度会、经营分析会、生产协调会的线上召开,责任部门无需在编制Word、PPT等文件,系统从各业务模块应用过程中实时获取数据,通过文字说明、柱形图、饼状图、抛物线、数据表格等各种方式直观的体现每个指标的分析、预警、偏差情况。避免数据不实时、前后汇报不一致。会议上需要落实解决的事项也会自动进入任务督办,进行落实、闭环。

(1)市场月度会

实现市场月度会的线上召开,数据由各营销组织在使用市场营销管理系统过程中实时产生,通过文字说明、柱形图、饼状图、抛物线、数据表格等方式直观的体现各类指标的分析、预警、偏差。

(2)经营分析会

实现经营分析会的线上召开,数据由总部、子分公司等经营主体按总部下达的要求填报,通过文字说明、柱形图、饼状图、抛物线、数据表格等方式直观的体现各类指标的分析、预警、偏差。

(3)生产协调会

实现生产协调会的线上召开,无需在编制PPT,数据由项目月报获取,项目月报数据由项目管理业务使用过程中实时产生,项目管理业务中无法获取的指标,项目在编制项目月报时补充填报并可以对部分指标进行调整,项目经理审核后,形成终板的项目月报。通过文字说明、柱形图、饼状图、抛物线、数据表格等方式直观的体现各类指标的分析、预警、偏差。

(4)经营链条设计

贯穿项目、分子公司、总公司所有与经营相关的业务,实现业务经营一体化,以合同为中心、以费用为辅助,最终实现与财务共享贯通。涉及到企业一体化的大多数模块,包括经营管理、合同管理、成本管理、采购管理、仓储管理、分包管理等,控制方式采用大经营成本动态跟踪表+挣值理论相结合的方式:

大经营管控:数量难以估算,如服务类,管理类采用大经营管控,也就是将目标成本分解到合同,让每一个合同

签订不超预算,过程控制变更。有些管理类一般分解到时间段来控制。

挣值法管控:与现场进度密切相关,且实际成本容易分摊的,采用赢得值控制,如设备、施工,可以清晰的知道干到当前阶段赚了还是亏了,预计完工成本多少。

数量管控:控制数量大于价格意义且难于分摊的,采用数量管控,如工程量、材料量。

5 建设方案

以下对应用模块进行核心功能顶层设计,其中在业务清单表格中,每个业务功能的输出包含了3种:

(1)数据化表单:本功能进行全数据化输出,满足数字化转型要求。

(2)主要数据+附件:本功能不能全部数据化,只将核心上下游贯通和统计分析数据数据化。

(3)附件:本功能只是进行线上处理,难以规范或数据复杂或者实际应用困难或数据化意义不大。

5.1 展示门户

展示门户是公司内网登录窗口,为不同层级提供关心的各类动态、通知公告、重大事项,以及待办事宜、快捷操作等,具体根据需求定制。

(1)D01 公司门户:系统核心首页,主要包含待办/已办提醒、系统快捷入口、通知公告、各类新闻、督办情况、体系制度、友情链接等。

(2)D02 个人门户:所有个人统一模块的定制首页,主要包括个人待办/提醒事项、督办事宜、请假出差、报销、工资条、参加会议情况、工作日志等。

5.2 ERP 企业级应用

5.2.1 战略管理

年度战略目标的下达,责任主体目标的分解、执行反馈、闭环,战略目标完成情况的分析,为领导战略决策提供数据支撑。

党政联席会、总经理工作会、三重一大、职代会等重大会议议题的收集、审核、召开。会议纪要的集中管理。

主要包括:战略目标下达、战略目标分解、目标定期反馈、战略目标统计、会议议题、会议室预定、会议纪要管理、会议督办管理等。

5.2.2 体系文件

实现体系文件的审批、升版,确保员工使用最新版程序文件,同时并可与具体功能流程相关联,能够在工作过程中最便捷找到。

5.2.3 经营管理

实现公司对各经营主体年度经营指标下达,设定偏差预警值。各经营主体按总部下达指标上报指标完成情况,自动生成偏差,填写偏差原因及措施。

5.2.4 综合管理

主要涉及到对公司日常行政办公、企业信息、外事、党群等公司日常管理职能的综合管理,实现日常办公无纸化、信息化,能够在移动端进行快速推送、审批,节省日常办公时间及随时查看公司、领导精神指导,实时高效保障公司基本管理工作。

包括差旅费报销、费用报销等员工日常报销流程,本功能只是快捷办公流程,暂不与全面预算、财务核算等接口,因此暂时放到综合管理,待财务共享推广后,再行统一规划和迁移。

5.2.5 市场管理

实现市场的全过程管控,从指标下达到项目信息的跟踪维护、项目立项,再到投标前后的各项工作,最后一直到合同签署的一整套市场营销业务流程的综合管理方案。通过分解细化市场任务,做到对各项工作的把控,并通过对各项工作的系统分析,让管理层、决策层能更简便直观的了解到所有市场项目经历的过程和结果,且过程资料全部留存在系统中,防止发生员工离职资料丢失情况的发生。

5.3 PRP 项目级应用

5.3.1 启动策划

策划是对项目范围、项目工期、项目风险、项目资源、质量、HSE 等各方面的整体规划,并将作为项目履约评价及履约后评价的参考标准。

5.3.2 成本管理

总部下达一级目标成本,项目按一级目标成本分解二级目标成本,在采购招标、合同签订过程中进行严格成本控制,实时分析成本动态。

成本控制分2种控制模式,专项控制、总额控制。

专项控制:在二级目标成本分解时需分解到以合同为单位的成本包,采购及合同签订过程中,金额不允许超过分解的二级责任成本。

总额控制:采购及合同签订过程中实时余额提醒,最后一轮的采购不允许超过二级责任成本总额。

5.3.3 项目采购

本阶段暂不实现线上的评标,通过公司现有线上招标系统接口满足线上评标的要求。对于项目未签订合同的预采购部分,暂不实现,后续在深化应用时实现。

采购管理为项目成本的主要部分,必须有严格的业务流程管控,才能有效控制成本。平台以采购的业务流程为

基础,细分为设备采购计划、采购打包、需求计划、采购立项申请、采购文件、采购定标等过程,通过严谨的上下游逻辑关系,做到每笔采购都有依据,杜绝业务流程的人为因素。

平台提供需求跟踪表,每个业务部门能够跟踪自身发起的需求申请的状态,包括是否计划、是否申请立项、文件是否提交、是否定标、定标单位、合同是否签订等全过程,使得整个采购过程透明化,也提高了数据流转效率。

5.3.4 项目合同

统一项目合同归口管理,将合同分为收入合同、支出合同、零收支合同,通过对总承包合同、分包合同、采购合同、服务类合同、合同结算、进度付款、采购付款、变更、索赔等以合同为中心的全面管理,以目标成本为主体的成本控制,系统做到对成本管理的目标、过程控制、结果分析、控制闭环,随时反应任意时刻的动态成本与进度,全面实现对在建项目各个业务环节的成本控制与工程进度的掌握。

合同类型的划分是关键,能够为后续深化应用奠定基础。如各类支出合同会签审批表单可以根据合同类型,单独配置,但统一进合同台账库。合同支付时支付申请,待财务共享完成后对接。

发票相关管理暂不实现,预留数据字段,等财务共享完成后对接。

5.3.5 仓储管理

对项目设备、物资分别从收货、质检到入库,领料出库/退库,以及库存实时变化的全方位记录功能。对库存的多种出入库不同的形式进行分类统计,与实际库存相对应,为公司设备物资的仓储动态管理提供便利。在出入库精确统计的同时,系统提供多角度的库存查询方式,满足不同人群多样化的需求查询,目前已有系统应用良好,系统采用公司目前公司已有系统逻辑实现,如下表格不再进行顶层设计。

但仓储需采用统一的物资编码,并与采购、合同数据贯通。

5.3.6 分包管理

实现从分包策划、合同分包评审、招标立项、定标的核心流程管理,本期不实现线上的评标,通过公司现有线上评标系统接口满足线上评标的要求,与成本强制关联,实现分包成本的严格管控。

5.3.7 施工管理

本次施工管理只满足最基本应用,满足总部履约监管需要,详细的生产链条在第二阶段顶层设计,并满足多元化项目管理的需求。

5.3.8 项目文件

实现简单版的项目过程文件管理。

5.3.9 收尾关闭

独立查询,部分数据也不在参与各类分析或大屏的展示。

收尾关闭前可导入模板(总部统一设定标准库),如项目解散、项目竣工结算、废旧物资处理等,设定责任人、检查人,逐条关闭后,方可关闭项目。

6 结语

综上所述,通过全面深入的规划,建立一套适合企业管理的一体化平台,实现资源共享、数据互通、统一登录、统一待办,初步实现信息化向数字化的转变,是每个企业均面临的艰巨任务。一体化平台将在公司的发展过程中充分赋能公司发展,为各项业务管理提升,公司全面高质量发展提供赋能。

作者简介

胡博 大学本科,工程师,现任中国电建集团河北工程公司信息化管理部副主任。长期从事电力工程数字化技术研究工作。

汽轮机模拟半实缸或全实缸状态的轴系中心调整方法研究

◎石建/(中国电建集团四川工程有限公司)

【摘要】本文以某电厂为例,采用模拟半实缸、全实缸状态测量、轴系中心调整方法,并在多次汽轮机检修及通流改造项目中得到充分验证,起到了良好的效果。该调整方法有一定的参考价值,对汽轮发电机组检修及通流改造项目中轴系中心的调整起到一定的借鉴作用。

【关键词】汽轮发电机组;模拟;半实缸或全实缸;轴系中心调整

1 引言

汽轮机检修及通流改造项目,都具有任务重、工期紧的特点。汽轮机检修和通流改造项目中,汽轮机轴系找中是调整阶段的第一步工序,轴系中心调整验收完成后,才能进行注窝中心测量调整、通流间隙的测量调整等一系列的后续工作。轴系中心的测量和调整需要高压缸、中压缸、低压缸在半实缸或全实缸状态下进行,如不能及时满足半实缸或全实缸找中条件,势必会影响工期、造成窝工,同时后续为抢回工期,造成质量、安全风险及经营成本加大。但为消除一些现场无法处理的缺陷,保证检修质量,电厂有设备返回原制造厂进行处理的计划,其中汽缸、隔板、转子为主要返厂设备,且返厂周期长;还有,通流改造项目中,存在供货周期长及供货设备与现场工序需求设备不一致的情况;另外,新更换设备均需重新调整通流间隙,如通流间隙过小,则会造成转子与汽封齿动静碰擦,致使汽封齿或阻汽片倒伏变形、断裂,造成设备损伤,因此在不确定间隙大小的情况下,不能为了满足全实缸状态而盲目

把所有设备都进缸;以上情况都造成汽轮机检修或通流改造项目在具备调整条件时,现场不能及时满足在半实缸或全实缸状态下测量、调整轴系中心。

2 轴系中心调整方法简述

汽轮机检修及通流改造项目,进行轴系中心的调整方法主要有两种:一是根据修前全实缸与半实缸中心数据做对比,考虑差值,在半实缸状态下进行轴系中心测量、调整,达到设计值要求,最后在全实缸状态下进行验证、验收;二是直接根据修前或本次检修上一次全实缸中心数据进行调整,并在全实缸状态下进行复查,如此往复,直至具备验收条件,始终都是全实缸状态。

在部分设备返厂或者设备未到货情况下,利用现场现有设备,并结合设备重量、受力情况,判断该汽缸是适合模拟半实缸状态还是全实缸状态。根据以往汽轮机检修及通流改造经验,原则上要求无返厂设备或设备及时到货的汽

缸满足全实缸状态;返厂设备或未到货设备的重量及受力对全实缸影响不大的汽缸,可忽略其影响,设备全部入缸,近似于全实缸状态,即为模拟全实缸;返厂设备或未到货设备的重量及受力对全实缸影响大的汽缸,可选择现有部分设备入缸,近似于半实缸状态,即为模拟半实缸。最后,在以上状态下开展轴系中心的测量、调整工作。

3 具体实例

以某电厂#4机组百万汽轮机通流改造项目为例,该机组为东方汽轮机有限公司生产的D1000A机组的超超临界、一次中间再热、四缸四排汽、单轴、单背压凝汽式汽轮机,汽轮机型号:N1036-25/600/600型,旋转方向为从机头向发电机看为逆时针方向旋转。见图1。

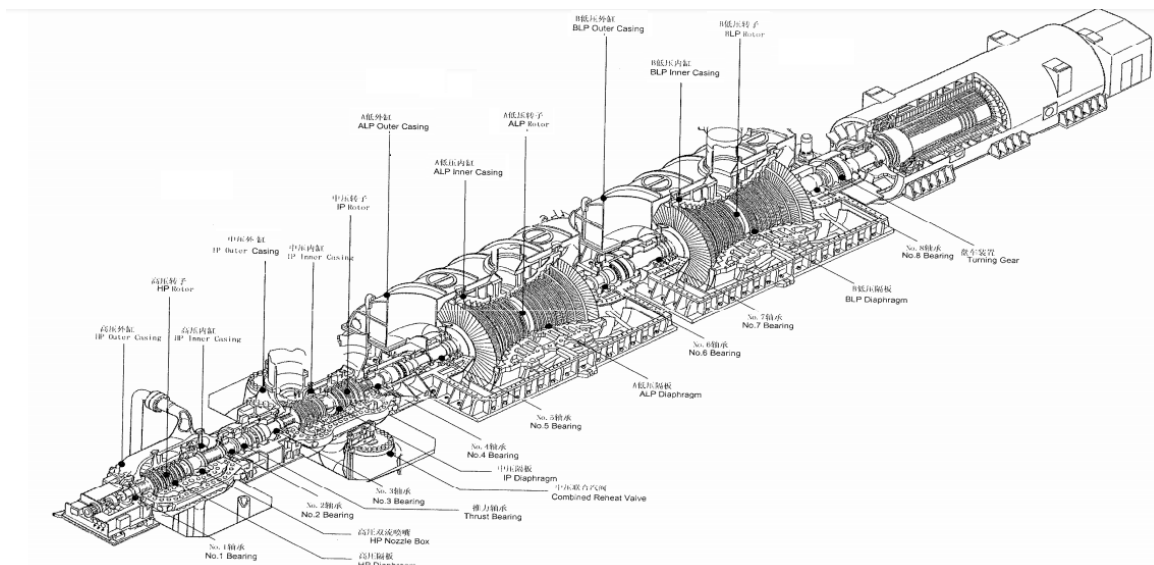


图1 汽轮发电机组全貌图

3.1 改造说明

3.1.1 改造目的

通过对汽轮机通流部分的改造,提高机组的经济性,增加机组调峰能力,降低机组热耗,消除原机组的薄弱环节及不安全因素,提高机组运行的可靠性,延迟机组的使用寿命。

3.1.2 改造范围和改造项目

1)高压通流部分;2)中压通流部分;3)高压内缸;4)中压内缸及齿环;5)高压进汽插管及密封环;6)一抽插管及密封环;7)中压进汽插管及密封环;8)高、中压转子;9)高压汽封体、端汽封圈和隔板汽封圈;10)中压汽封体和端汽封圈;11)高中、中低对轮螺栓及调整垫片;12)控制仪表及附件。

3.2 汽轮机全实缸、半实缸状态说明

全实缸即为汽缸内所有部件全部回装,转子就位的状态。半实缸即为汽缸内下半部件全部回装,转子就位的状态。本次某电厂#4机组通流改造项目,高压缸部分全实缸状态即为高压上下外缸、高压上下内缸、高压上下隔板等主要部件全部回装,高压转子就位的状态;半实缸状态即为高压外下缸、高压内下缸、高压下隔板等主要部件全

部回装,高压转子就位的状态。中压缸部分全实缸状态即为中压上下外缸、中压上下内缸、中压上下持环等主要部件全部回装,中压转子就位的状态;半实缸状态即为中压下外缸、中压下内缸、中压下持环等主要部件全部回装,中压转子就位的状态。

3.3 模拟状态说明

改造后,高压缸仍为冲动式设计,高压动叶叶顶汽封为镶片式汽封,不可拆卸,在不清楚通流间隙情况下,如果为满足全实缸状态测量轴系中心而将隔板直接进缸,大概率会造成转子和阻汽片碰擦,导致阻汽片倒伏变形或断裂,造成设备损伤,为此隔板暂时不能进缸,则高压缸就处于上下隔板不在缸内,高压上下内缸、高压上下外缸、高压转子等其他设备在内的这么一个状态,考虑隔板重量及受力情况,可认为高压缸在没有上下隔板的情况下近似处于全实缸状态,即为模拟全实缸状态。

改造后,中压缸变为反动式通流设计,静叶部分与中压持环及中压内缸为一体,不可拆卸;同时,中压动叶叶顶汽封、静叶围带汽封为镶片式汽封,不可拆卸,如果为满足全实缸状态测量轴系中心而将中压内下缸、中压内上缸、中压转子等直接进缸的话,同样会造成转子与汽封

碰擦,导致汽封齿压弯变形或断裂。为此只能进中压转子及中压外缸,则中压缸处于只有中压外上缸、中压外下缸及中压转子在内的这么一个状态,考虑中压上下内缸与中压外上缸重量,可认为近似处于半实缸状态,即为模拟半实缸状态。

低压 A、B 缸为旧设备,可以满足全实缸状态,即为真实全实缸状态。

综上,高压缸为模拟全实缸状态,中压缸为模拟半实缸状态,低压 A、B 缸为真实全实缸状态,在以上状态下进行轴系中心的测量,并按设计标准要求进行调整工作。由于中压缸为模拟半实缸状态,与全实缸在高差上有一定偏

差,故在高中对轮、中低对轮中心数据测量出来以后,在调整阶段,有意识的预留中压缸 0.03~0.05mm 的高差。

高压缸、中压缸在模拟状态下,轴系中心调整好以后,测量转子油挡洼窝,然后用拉钢丝或假轴找中心法,调整高压内缸、隔板及中压内缸洼窝中心至设计值,然后再入高压部分、中压部分真实全实缸状态下的其他部件,实现真正全实缸状态,并复测、验收轴系中心,经最终全实缸轴系中心复查,与在模拟状态下中心数据基本吻合,达到设计要求,验收合格。

3.4 具体施工步骤

(1) A-B 低压缸全实缸状态找中心(见图 2)

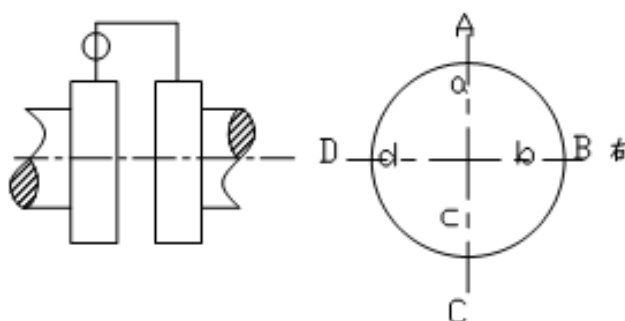


图 2 联轴器找中示意图

- 1) 吊入 #5、#6、#7、#8 轴瓦下半到各轴承座内;
- 2) 吊入 A 低压隔板下半、B 低压隔板下半、进汽室下半进入 A、B 低压内缸;
- 3) 吊入 A、B 低压转子进入缸内;
- 4) 吊入 A 低压隔板上半、B 低压隔板上半、进汽室上半,并拧紧各隔板、进汽室中分面连接螺栓;
- 5) 吊入 A、B 低压内缸上半,并拧紧 A、B 低压内缸中分面连接螺栓;
- 6) 吊入 A、B 低压外缸上半,并拧紧 A、B 低压外缸中分面连接螺栓;
- 7) 按对轮找中心的步骤同时盘动 A、B 转子找出 A-B

对轮的实际中心数据;

8) 如全实缸状态下测量出来的中心数据符合设计要求,就不再作调整,A、B 低压缸后续所有的工作就可以继续开展;

9) 如全实缸状态下测量出来的中心数据不符合设计要求,需要对数据进行整理、计算,调整 #7、#8 轴瓦的垫片厚度,以此来调整 B 低压转子(因以 A 转子为基准)的高度和左右方向,并重复上述步骤,直到测量出来的中心数据满足设计值;

10) 某某电厂 #4 机组 A-B 低压对轮中心测量、调整数

据如下表 1 所示:

表 1 第一次测量数据(扣盖前:不合格)

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
低低对轮;表 针指在 B 低 压转子	设计值	B 转子高 0.09 ± 0.03		≤ 0.03		上张 0.22 ± 0.03		≤ 0.03	
	百分表读数	2.10	1.75	2.35	1.50	1.3375	1.1175	1.2325	1.2225
	结论	B 转子高 0.175		B 转子偏左 0.425		上张 0.22		左张 0.01	

11)根据实测的中心数据计算出的结论不在设计值之内,低压缸 B 的低压转子位置不符合设计要求,因此改变低压缸 B 的轴瓦垫片厚度,以调整低压缸 B 的低压转子

的高度和左右位置,经过调整后,重新测量实际中心数据,如下表 2 所示:

表 2 调整后最终数据(扣盖前:合格)

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
低低对轮;表 针指在 B 低 压转子	设计值	B 转子高 0.09 ± 0.03		≤ 0.03		上张 0.22 ± 0.03		≤ 0.03	
	百分表读数	3.0	2.81	2.92	2.88	1.285	1.0775	1.19	1.1725
	结论	B 转子高 0.095		B 转子偏左 0.02		上张 0.21		左张 0.0175	

12)根据调整后的实测中心数据计算出的结论在设计值之内,低压缸 B 的低压转子位置符合设计要求。正式对

低压缸 B 进行扣盖后,再对中心数据进行复查,结果如下表 3 所示:

表 3 扣盖后复查中心数据(合格)

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
低低对轮;表 针指在 B 低 压转子	设计值	B 转子高 0.09 ± 0.03		≤ 0.03		上张 0.22 ± 0.03		≤ 0.03	
	百分表读数	3.0	2.83	2.93	2.89	1.265	1.06	1.17	1.155
	结论	B 转子高 0.085		B 转子偏左 0.02		上张 0.205		左张 0.015	

13)根据扣盖后实测中心数据计算出的结论在设计值之内,低压缸 B 的低压转子位置符合设计要求。

(2)中(模拟半实缸)-低(全实缸)找中心(见图 3)

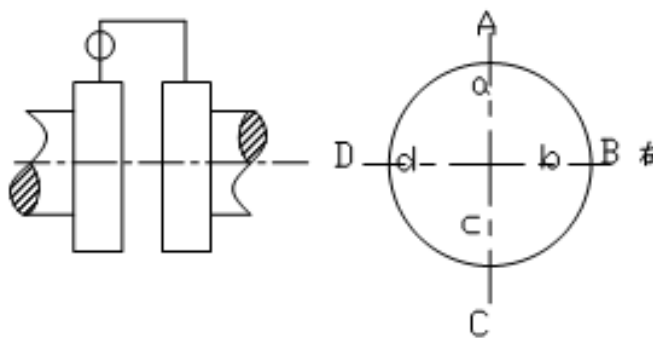


图 3 联轴器找中示意图

- 1)将 A 低压缸内的隔板、进汽室、转子、内缸、外上缸全部吊入,并拧紧各中分面的连接螺栓(A 低压侧处于全实缸状态);
- 2)吊入 #3、#4 轴瓦下半到各轴承座内;
- 3)吊入中压转子;
- 4)吊入中压外上缸,并拧紧 1/3 汽缸中分面连接螺栓,消除中分面间隙;

- 5)按对轮找中心的步骤同时盘动中压转子、A 转子找出中 - 低对轮的实际中心数据;

- 6)根据测量出来的中心数据,对数据进行整理、计算,调整 #3、#4 轴瓦的垫片厚度,以此来调整中压转子(因以 A 转子为基准)的高度和左右方向,并重复上述步骤,直到测量出来的中心数据满足要求(此时就必须考虑中压缸内部件都没有吊入,重量对高差的影响最大,对左、右外圆和

张口的数据影响不大,考虑 0.03 ~ 0.05mm 高差)。如下表 4 所示:

7) 某某电厂 #4 机组中 - 低对轮中心测量、调整数据

表 4 模拟状态下测量数据(扣盖前:不合格)

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
中低对轮;表 指在中压转 子	设计值	中压低 0.75 ± 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03	
	百分表读 数	3.0	4.82	3.8	4.03	1.36	1.48	1.4225	1.41
	结论	中压低 0.91		中压偏右 0.115		下张 0.12		左张 0.0125	

8) 根据实测中心数据计算出的结论不在设计值之内, 压缸预留 0.04mm 高差, 经过调整后, 重新测量实际中心数
中压转子的位置不符合设计要求, 因此调整中压转子的轴 据, 如下表 5 所示:
瓦垫片厚度, 以调整中压转子的高度和左右位置, 同时中

表 5 调整后模拟状态最终数据

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
中低对轮;表 指在中压转 子	设计值	中压低 0.75 ± 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03	
	百分表读 数	3.0	4.42	3.7	3.74	1.58	1.61	1.605	1.585
	结论	中压低 0.71		中压偏右 0.02		下张 0.03		左张 0.02	

9) 根据调整后实测中心数据以及预留高差计算出的 对中压缸进行扣盖前, 对中心数据进行复查, 结果如下表
结论在设计值之内, 中压转子的位置符合设计要求。正式 6 所示:

表 6 扣盖前全实缸复查中心数据(基本吻合)

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
中低对轮;表 指在中压转 子	设计值	中压低 0.75 ± 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03	
	百分表读 数	2.49	3.97	3.21	3.26	1.1075	1.1425	1.13	1.12
	结论	中压低 0.74		中压偏右 0.025		下张 0.035		左张 0.01	

10) 根据扣盖前实测中心数据计算出的结论在设计值 扣盖后, 再对中心数据进行复查, 结果如下表 7 所示:
之内, 中压转子的位置符合设计要求。正式对中压缸进行

表 7 扣盖后全实缸复查中心数据(合格)

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
中低对轮;表 指在中压转 子	设计值	中压低 0.75 ± 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03	
	百分表读 数	3.0	4.46	3.7	3.76	1.46	1.49	1.485	1.465
	结论	中压低 0.73		中压偏右 0.03		下张 0.03		左张 0.02	

11)根据扣盖后实测中心数据计算出的结论在设计值之内,中压缸的中压转子位置符合设计要求。

(3)高(模拟全实缸)-中(模拟半实缸)找中心(见图4)

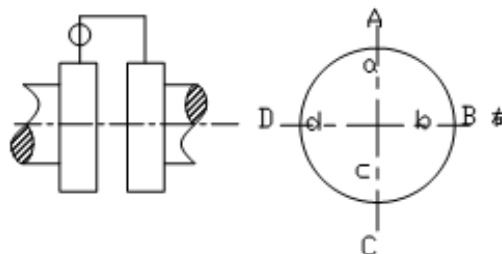


图4 联轴器找中示意图

- 1)吊入 #3、#4 轴瓦下半到各轴承座内;
- 2)吊入中压转子;
- 3)吊入中压外缸,并拧紧 1/3 汽缸中分面连接螺栓,消除中分面间隙。
- 4)吊入 #1、#2 轴瓦下半到各轴承座内;
- 5)吊入高压内缸下半;
- 6)吊入高压转子;
- 7)吊入高压内缸上半,并拧紧 1/3 汽缸中分面连接螺栓,消除中分面间隙;
- 8)吊入高压外缸上半,并拧紧 1/3 汽缸中分面连接螺栓,消除中分面间隙。

9)按对轮找中心的步骤同时盘动高压、中压转子找出高-中对轮的实际中心数据;

10)根据测量出来的中心数据,对数据进行整理、计算,调整 #1、#2、#3、#4 轴瓦的垫片厚度,以此来调整高压转子和中压转子的高度和左右方向,并重复上述步骤,直到测量出来的中心数据满足要求(此时就必须考虑高压隔板上下半、中压缸内部件都没有吊入,重量对高差的影响最大,对左、右和张口的数据影响不大);

11)某某电厂 #4 机组高-中对轮中心测量、调整数据如下表 8 所示:

表 8 模拟状态下测量数据(扣盖前:不合格)

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
高中对轮;表针指在高压转子	设计值	中压低 0.25 ± 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03	
	百分表读数	3.0	1.7	2.65	2.1	1.225	1.1475	1.2	1.1725
	结论	高压高 0.65		高压偏左 0.275		上张 0.0775		左张 0.0275	

12)根据实测中心数据计算出的结论不在设计值之内,高压转子的位置不符合设计要求,因此调整高压转子的轴瓦垫片厚度,以调整高压转子的高度和左右位置,同

时中压缸预留 0.01mm 的高差,经过调整后,重新测量实际中心数据,如下表 9 所示:

表 9 调整后模拟状态最终数据

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
高中对轮;表针指在中压转子	设计值	中压低 0.25 ± 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03	
	百分表读数	3.0	3.40	3.23	3.18	1.43	1.465	1.46	1.435
	结论	中压低 0.20		中压偏左 0.025		下张 0.035		左张 0.025	

13)根据调整后实测中心数据以及预留高差计算出的 对高压缸进行扣盖前,对中心数据进行复查,结果如下表结论在设计值之内,高压转子的位置符合设计要求。正式 10 所示;

表 10 扣盖前全实缸复查中心数据(基本吻合)

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
高中对轮;表 针指在中压 转子	设计值	中压低 0.25 ± 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03	
	百分表读数	3.0	3.45	3.25	3.19	1.2425	1.265	1.26	1.2475
	结论	中压低 0.225		中压偏左 0.03		下张 0.0225		左张 0.0125	

14)根据扣盖前实测中心数据计算出的结论在设计值 扣盖后,再对中心数据进行复查,结果如下表 11 所示;之内,高压转子的位置符合设计要求。正式对高压缸进行

表 11 扣盖后全实缸复查中心数据(合格)

名称		圆周 (mm)				张口 (mm)			
		A	C	D	B	a	c	d	b
高中对轮;表 针指在中压 转子	设计值	中压低 0.25 ± 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03		≤ 0.03	
	百分表读数	3.0	3.48	3.27	3.22	1.365	1.395	1.39	1.37
	结论	中压低 0.24		中压偏左 0.025		下张 0.03		左张 0.02	

15)根据实测扣盖后中心数据计算出的结论在设计值 缩短工期、保证质量、节约成本等方面也得到了很好的体现。该调整方法对汽轮发电机组检修及通流改造项目中现场因不能及时满足半实缸、全实缸状态时轴系中心的测量、调整起到一定的参考作用。

4 结语

汽轮机模拟半实缸、全实缸状态测量、轴系中心调整方法,除在本次某电厂 #4 机组通流改造项目中得到验证以外,在之前其他多个电厂汽轮发电机组检修、通流改造、精益化检修等现场均得到验证,充分证实了其可行性,在

作者简介

石建 大学本科,高级工程师,现任中国电建集团四川工程有限公司机电安装公司副总经理兼总工程师,主要从事大型汽轮发电机组安装、检修、施工技术管理工作。

山地风机吊装安全技术研究

◎郭迎涛 / (中国电建集团河北工程有限公司)

【摘要】风轮是体积较大的一项旋转部件,其组装、吊装的作业工序较为庞杂,且耗时长,加之在山地风力工作中较易出现大风天气等复杂的环境因素,故而促使风轮的吊装、组装工作存在诸多风险项。本文就山地风机风轮吊装安全技术分析和总结,以保证山地风机作业的顺利展开。

【关键词】山地;风机吊装;安全技术

1 引言

随着我国风电建设事业的快速发展,风电场建设场地由平原、丘陵到高山、海洋,施工环境日趋复杂多样。现场施工中存在吊装机械地基修整难度大,或场地空间狭小导致无法满足吊车用一般的“正扣法”吊装风机的问题。这就需要在遵循吊车性能手册和电力建设安全工作规程相关要求的前提下,研究新的风力发电机组吊装方案,力求确保安全、降低难度、节约成本、适用范围广。

2 工程概况

本工程为大唐和林格尔新能源羊群沟 500MW 风电项目,本风电场位于内蒙古自治区和林格尔县,位于呼和浩特市东南侧约 90km。场址区域为山地,风电场范围呈不规则多边形,东西长约 26km,南北宽约 23km,区域总面积约 3430Km²。地形复杂,山体坡度较陡,一般大于 30°,地面

多为稀疏的草地和灌木林,海拔高度在 1450m~1750m 之间。升压站位于风场中部偏东区域,地处后砖窑沟村西北方向约 430m 处。

3 施工方法和操作要求

3.1 机械准备

选择设备卸货及吊装的机械为:XGC12000-800T 履带吊 1 台,ZAT24000 汽车吊 1 台,QY100 汽车吊 2 台,SCC850A 履带吊 2 台,XCT80L5 汽车吊 1 台。XGC12000-800T 履带吊作为主力吊车,主要负责塔筒、机舱、叶轮的吊装;QY100 汽车吊和 SCC850A 履带吊负责前期风机部件卸车工作,SCC850A 履带吊和 QY100 及中联 95T 汽车吊负责辅助主吊安装塔筒各段及叶轮吊装时的抬吊工作。

3.2 卸车方案

利用一台 80t 汽车吊和一台 85t 履带吊配合进行卸车,作业半径根据每段塔筒重量选择调整,塔筒最重重量 73t。

检查塔筒内所有附件是否连接牢固,检查表面油漆的破碎程度并且在吊装前修补它们还要检查塔筒法兰表面有无凹凸并用板锉打平。对塔筒内外仔细打扫,用抹布去除灰尘和杂物,吊索具选用 2 根 40t 级扁平吊带,长度 20m,4 倍率,吊挂时两条吊带从塔筒下部穿过,采用抖挂的方式,分别在重心两侧,距塔筒重心各 4m,将两根吊带的四个绳鼻挂在吊钩上,起吊高度离开运输板车 100mm 时静止,检查吊车稳定性及地基下沉情况,无异常后继续起

升至 400mm 左右停止,运输板车开出塔筒下方后,起重机落钩将塔筒放置地面支垫平稳,如果需要把塔筒放置到地面上,需要在离塔筒法兰处 1m 以上位置垫有软包装的枕木,并固定好防止滚动,防止塔筒法兰受损,卸车吊具厂家提供。

其余塔筒重量小于第一节塔筒重量,卸车方法及计算同第一节塔筒一致,负荷率满足要求。

3.3 盘柜安装

使用 80T 汽车吊安装电控柜底平台,调整高度调节板,使底平台高度符合要求,然后安装电控柜就位。(如图 1)

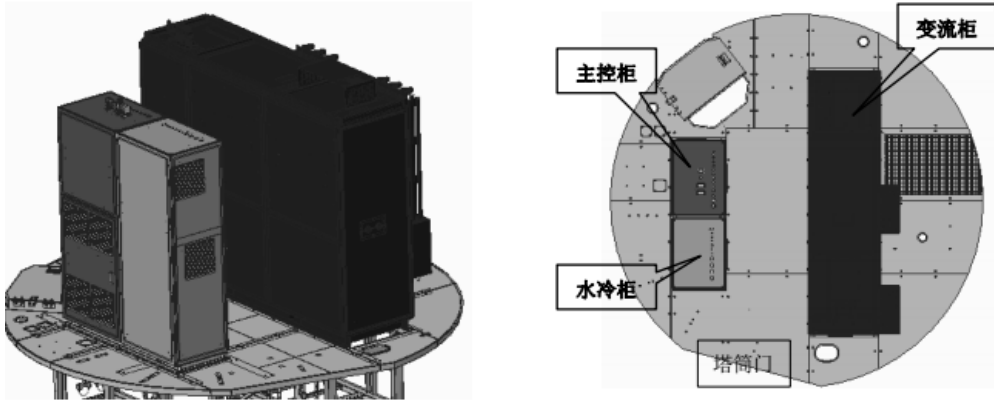


图 1 电控柜平台

安全注意事项及要求

(1) 盘柜安装前,首先检查安装支架的标高以及螺栓连接是否牢固。

(2) 核对盘柜进线电缆孔位置,清理安装支架。

(3) 以底层平台标高为准,用水平仪找平,不平的地方用不同厚度的垫铁进行调整、垫牢。基础焊完后进行接地线安装,基础至少要有两点接地,接地线焊接牢固。

(4) 盘柜到现场后,为避免设备损坏,要尽量减少搬运次数。

(5) 设备开箱时在安装地点附近开箱,使用撬棍时不得以盘面为支点,以免损伤控制柜。拆箱时要有项目部、厂家、监理、业主等相关人员在场,对于明显的设备缺陷,作好记录并报有关人员。

(6) 盘柜在开箱时,由技术员按安装图标先后顺序号开箱,在开箱后运至基础过程中要保证设备及人身安全。要用力平稳、一致。不允许剧烈振动和撞击。盘到位后,还要仔细核对其型号是否正确,零部件、缺件、损坏件核对后做好记录。

(7) 柜体就位后,用磁力线坠吸附在盘面上,在线坠稳定后,测量盘面上下端到垂线的距离,用垫铁加以调整,水平面拉白线绳观察、调整,调整好后进行固定。

(8) 根据施工图纸要求采用螺栓固定方式。

(9) 盘柜安装技术要求应满足垂直度、水平偏差、盘面偏差和盘间接缝间隙的规范要求。

3.4 塔架下段吊装

(1) 塔架吊装使用专用 150t 塔架吊具,吊具、吊带、卸扣等吊装用品均由厂家提供,且必须提供产品质量合格证,吊座与塔筒法兰的螺栓的力矩按照要求紧固完毕,检验合格,在进行吊装前,首先应该进行吊车稳勾,一般情况选择左右稳勾或者前后稳勾,之后在起重机作业前应先进行试吊,吊离地面 100mm,静置 5min 左右时,应检查重物捆扎情况、吊具是否安全和制动性能,确认安全后方可起吊。

(2) 采用 XGC12000-800T 履带吊作为主力吊机,SCC850A 履带吊作为辅助抬吊吊机。将主吊吊具安装到塔架上法兰上,副吊吊具安装在塔架下法兰上。(如图 2)

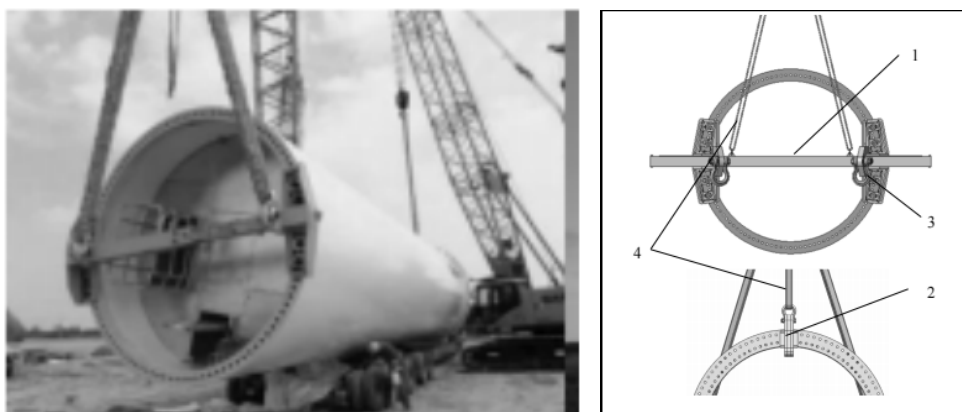


图 2 主吊(副吊)吊具

(3) 两台吊车将塔架水平抬起后，随着 XGC12000-800T 履带吊吊钩升高，其本身以及与之配合的吊车需缓慢增大工作半径(确保各自吊车所吊起的实际重量不超过各自吊车额定起重量的 80%)，直至塔架提升到竖直位置。(注意：提升之前，检查塔架内部，确保无任何

松动的零件或泥土。必须将高压电缆保护管固定牢固)，指挥 XGC12000-800T 履带吊将塔架部分缓缓降低到具有足够距离和负载能力的木制或钢制垫板上。卸下 SCC850A 履带吊的吊钩钢丝绳及吊具。由主吊机单车将塔架下段吊装就位。(如图 3)



图 3 两车抬吊塔筒

1)密封胶涂抹

清理塔基安装法兰面及各节塔筒的配合面，并在安装法兰面上均匀沿安装孔分布圆周涂抹两圈改性硅烷密封胶，密封胶涂抹需连续无间断。(如图 4)

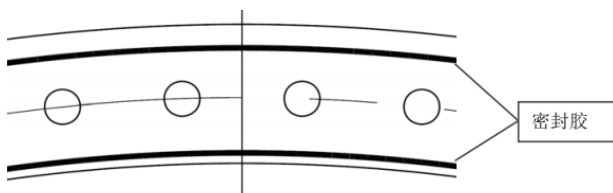


图 4 密封胶涂抹

2)涂抹润滑脂

在使用 MoS₂ 润滑膏前先进行搅拌，防止润滑膏涂抹浓度不均匀；各塔架之间的连接螺栓应在按照《风力发电

机组用高强度螺栓现场安装及运维规范》的要求，在螺栓与螺母旋合部分、垫片与螺母接触面刷涂 MoS₂ 润滑膏，要求刷涂均匀。(如图 5)



图 5 涂抹润滑脂

3) 螺栓施拧

锚栓全部对齐后安装螺母,进行预紧后用拉伸器进行拉伸,连接螺栓拉伸两遍,紧固完成后,拆除顶部吊耳和吊带,松开主吊。(如图6)

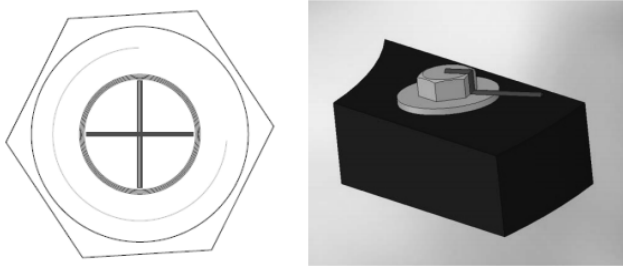


图6 锚栓紧固

(4) 主起重机操作人员起吊塔架并将其装在调整垫脚上,对准连接底部和中间部分的塔梯,检查以确保在降低塔架的过程中所有电缆都不会产生夹紧点,转动下段使塔架入口门按基础标记所注明正确方向放置,保持间距在3~5cm范围内,指挥起重机操作人员逐步降低塔架以便于锚栓安装,待全部锚栓穿入塔架法兰内,将塔架缓缓装在水平支座上,安装螺母并确保垫圈上的倒角朝向螺栓头和螺母,使用冲击扳从而将螺母拧紧初紧矩值,需要有一名工作人员爬上塔架拆除索具,指挥起重机操作人员将索具吊离工作区域,检查以确保塔架垂直度平度,如果塔架出现倾斜,在塔架调整前不得进行任何操作,确保以正确的方式涂抹密封剂并联系设备厂家现场代表解决。

(5) 底段塔筒吊装完毕后,先将全部锚栓拧紧,紧固力矩 $100\text{N}\cdot\text{m}$,再采用液压张拉器对锚栓 180° 对称施加预拉力到超张拉油压。基础法兰和锚栓,需张拉到超张拉油压的75%;待二次张拉时张拉到超张拉油压的100%。

(6) 拆卸塔筒主吊具。当下段塔筒与预埋基础法兰有总数 $1/8$ 以上(内外圈同时张拉且数量相同)锚栓张拉到75%的超张拉油压,且其它锚栓全部初拧后,塔筒可以脱钩开始安装剩余塔筒,此时应继续对未张拉的锚栓进行十字对称张拉至75%的超张拉油压。吊完发电机或叶轮后,应对基础法兰锚栓和预埋锚栓按100%的超张拉油压二次张拉。最后拧紧螺母,螺母的拧紧力矩不小于 $100\text{N}\cdot\text{m}$ 。做好一次张拉、二次张拉螺栓的记录。

(7) 锚栓防腐。锚栓张拉完成,且力矩验收合格。清除表面污物和锈蚀。用油脂枪将防腐油脂注满上锚板、塔架底法兰以及垫片与锚栓PE护套之间的缝隙。将外露塔架的锚栓及螺母用保护罩盖上,并在锚栓及螺母与保护罩的缝隙中填满防腐油脂。

(8) 下段安装完后,安装通往塔架入口门的梯子,使

用双头扣柔性吊装带,配置合理卸扣挂靠到吊点处,使梯子能起吊平稳,吊点应选在塔外梯的重心位置处并能承受塔外梯的重量。将爬梯起吊至塔架门洞处,将塔外梯的固定螺栓孔与塔筒壁上固定螺栓孔完好结合,穿入螺栓并紧固,(如图7)所示。



图7 塔外梯与塔壁螺栓孔紧固

3.5 剩余段塔筒吊装

剩余塔筒吊装的标准与要求,参照底段塔筒吊装要求进行。一种新型风机塔筒扰流条装置,包括多个扰流条,所述扰流条包括第一扰流体以及第二扰流体,所述第一扰流体与所述第二扰流体两两连接且与塔筒的外壁相贴合,所述第一扰流体与所述第二扰流体均为空心且横截面为三角形的三角条,所述第一扰流体的一端具有一个向外延伸的延伸侧面,所述第一扰流体的另一端的相邻所述延伸侧面的侧面上具有第一连接孔,所述第一扰流体通过所述延伸侧面与所述塔筒连接,所述第二扰流体的一端设有贴合于所述第二扰流体内部并延伸至所述第二扰流体外的v型板,所述v型板的两侧分别设有与所述第一连接孔匹配的第二连接孔,所述第二扰流体的另一端设有与所述第二连接孔匹配的第三连接孔。

优选地,所述新型风机塔筒扰流条装置还包括用于调整所述第一扰流体与第二扰流体的连接绳,所述连接绳在所述塔筒的圆周方向上间隔设置多条,所述连接绳横穿所述第一扰流体与第二扰流体的两侧面,所述第一扰流体与第二扰流体的侧面具有多个连接绳放置孔。

优选地,所述第一扰流体与第二扰流体的三个面均为螺旋曲面形状。

优选地,所述延伸侧面与所述塔筒的侧壁射钉连接。

优选地,所述第一连接孔与所述第二连接孔螺栓连接,所述第二连接孔与所述第三连接孔螺栓连接。(如图

8)所示。

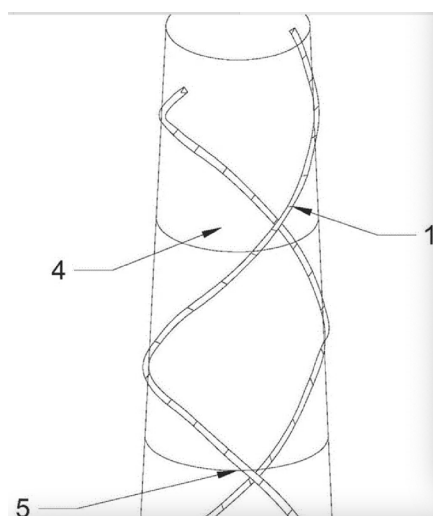


图8 塔筒扰流条装置

4 安全措施保障

4.1 组织保障措施

4.1.1 人员管理

(1)所有进场参加风机吊装作业人员,必须进行三级安全教育培训,并经考试合格,方可上岗,特种工持证上岗。

(2)所有人员必须经过安全培训合格方可上岗,进入现场必须正确佩戴好安全帽并系好帽带、带好上岗证。

(3)凡是参加高处作业的人员应进行体格检查,患有不宜从事高处作业病症的人员不得参加高处作业。

(4)起重机的操作及指挥人员必须持质量技术监督局颁发的《特种工种操作证》。并上报项目及监理备审,审查合格后方可上岗作业。

(5)项目部专职安全员每天进行现场安全检查有无安全隐患,对现场施工全程监控,对违章行为及时纠正。

(6)现场设置专职安全生产管理人员安全部及施工专职安全员。

4.1.2 高处作业安全管理

(1)高处作业必须系好安全带,安全带应钩挂在作业

点上方的牢固可靠处,高处作业人员应衣着灵便,衣袖、裤角应扎紧,穿软底鞋。

(2)上塔架时一定要系好安全带,配好安全滑扣。

(3)高处作业地点各层平台走道不得堆放超过允许载荷的物件。

(4)高处作业人员应配带工具袋,较大的工具应系保险绳,传递物品应用传递绳,严禁抛掷。

4.1.3 设备保护

(1)设备存放时做好防护措施,防止设备损坏。

(2)设备配件或附件等存放时要加盖防护罩,防止雨水风沙的侵蚀。

(3)设备堆放应规范、整齐,不得直接堆放在地上,应有专用的垫块,且设备堆放场应用围栏圈住。

(4)塔架及机舱不能存放在软质地面上,如无法避免,则必须对地面进行加固。

(5)组装完叶轮后,如当天不能够起吊,必须对叶轮用绳索进行加固,将叶片调整至水平,同时在叶片两端用风绳拴住,打上地锚,并且在每个叶片吊装点位置下方绑上塑料泡沫,这样可以有效地防止叶片因强风来回晃动接触到地面后损坏,同时也能防止叶轮的倾倒,固定完后用三个吊车各挂上一根宽吊带各吊住一片叶片。

5 结语

综上所述,风机吊装技术的研究成功,降低了风机吊装主吊机械的成本。节约了大面积修整坚实场地地基的高成本,降低了地基难以硬化处理和场地空间狭小等因素造成的施工困难,确保了风机吊装的安全性,提高了施工效率。风机吊装技术的成功研究顺应了越来越快的风电建设发展需要,并为以后类似施工提供技术支持。

作者简介

郭迎涛 大学本科,高级工程师,中国电建集团河北工程有限公司担任项目安全总监,从事项目安全体系建设和安全技术管理工作。

射线检测灵敏度 影响因素分析及改进措施

◎宋士林 宋尚华 / (中国电建集团河南工程有限公司)

【摘要】射线检测是承压设备焊缝无损检测的重要手段,其检测灵敏度高直接低影响到焊接缺陷的检出率。射线检测灵敏度过低,就非常容易导致焊接缺陷漏检,尤其是裂纹、未熔合等危害性较大的面积性缺陷,进而导致承压设备运行过程存在安全隐患,严重时还可能导致泄漏、爆管等安全事故。本文对影响射线检测灵敏度的因素进行了归纳分析,提出在射线检测过程中怎样改进并提高射线检测灵敏度的措施。

【关键词】射线检测;灵敏度;改进

1 引言

近年来,随着工业化的发展,质量问题受到越来越多的关注,如锅炉、压力容器、压力管道等承压设备焊接质量问题。因此,如何更有效的消除承压设备焊接内部缺陷保证承压设备安全运行变得尤其重要。

射线检测作为无损检测技术手段的一种,其在承压设备焊缝检测中占据着举足轻重的地位,底片作为射线检测焊缝焊接质量信息的载体,其灵敏度的高低直接决定其反馈信息量的大小,因此,如何提高射线检测灵敏度一直是关注的重点。

2 检测原理

射线在穿透物体过程中会与物质发生相互作用,因吸收和散射而使其强度减弱。强度衰减程度取决于物质的衰减系数和射线在物质中的穿透厚度。如果被透照物体(试

件)的局部存在缺陷,且构成缺陷的物质的衰减系数又不同于试件,该局部区域的射线透照强度就会与周围产生差异。把胶片放在适当位置使其在透过射线的作用下感光,经暗室处理后得到底片。底片上各点的黑化程度取决于射线照射量,由于缺陷部位与完好部位透射射线强度不同,底片上相应部位就会出现黑度差异。底片上相邻区域的黑度差定义为“对比度”,把底片放在观片灯光屏上借助透过光线观察,可以看到由对比度构成的不同形状的影像,评片人员据此判断缺陷情况并评价试件质量。

3 常见影响因素分析

(1) 颗粒度

颗粒度定义为射线底片上叠加在工件影像上的黑度随机涨落。产生原因可归纳为两个方面:一是胶片噪声,相关于银盐粒度和感光速度;二是量子噪声,即光子随机分布的统计涨落,相关于射线能量、曝光量和底片黑度。一般

说来,颗粒性随胶片粒度和感光速度的增大而增大,随射线能量的增大而增大,随曝光量和底片黑度的增大而减小。胶片乳剂层中感光银盐颗粒大小对颗粒性有直接影响,大颗粒银盐阻光性好,在底片上引起的黑度起伏显然更大一些。

(2)对比度

对比度定义为缺陷影像与周围背景的黑度差,又称为底片反差。射线底片的对比度是主因对比度和胶片对比度共同作用的结果。主因对比度公式 $\Delta I/I = \mu \Delta T / (1+n)$;因此,主因对比度的主要影响因素有缺陷造成的透照厚度差 ΔT 、射线的质 μ 、散射比 n 。

胶片对比度公式 $G = \Delta D / \Delta \lg E$;式中 ΔT 为厚度差; μ 为衰减系数; n 为散射比; D 为底片黑度;因此,胶片对比度的主要影响因素有胶片类型 G 、显影条件(配方、时间、温度等)、底片黑度 D 。

(3)清晰度

胶片的不清晰度分为几何不清晰度 U_g 和固有不清晰度 U_i ,几何不清晰度是由于射源有一定的尺寸而引起,固有不清晰度是由于电子在胶片乳剂中的散射而引起。

几何不清晰度 U_g 可以用下式计算: $U_g = df \times b / (F - b)$;式中 df ——焦点尺寸; F ——焦点至胶片距离; b ——缺陷至胶片距离。

由上式可知,几何不清晰度与焦点尺寸,焦点至胶片距离及缺陷至胶片距离有关。固有不清晰度是由照射到胶片上的射线在乳剂层中激发出的电子的散射所产生的。当光子穿过乳剂层时,会在乳剂中激发出电子。射线光量子能量越高,激发出的电子动能就越大,在乳剂层中的射程也越长。这些电子向各个方向散射,作用于邻近的卤化银颗粒,动能较大的电子甚至可穿过多个卤化银颗粒。由于电子的作用,会使这些卤化银颗粒产生潜影,因此一个射线光量子不只影响一个卤化银颗粒,而可能在乳剂中产生一小块潜影银,其结果是不仅光量子直接作用的点能被显影,而且该点附近区域也能被显影,这就造成了影像边界的扩散和轮廓的模糊。固有不清晰度大小就是散射电子在胶片乳剂层中作用的平均距离。

4 改进措施

4.1 减小颗粒度的措施

(1)使用较高类别的胶片,该类胶片感光银盐粒度较小、分布均匀,感光速度慢,这几种特点都能显著提高底片黑度的均匀性,减小底片颗粒度。

(2)使用能量较小的射线装置,如 X 射线。因为在低能量下,吸收一个光子只使一个或几个溴化银颗粒感光,而能量越大的射线,一个光子能感光更多的银盐颗粒,使得黑度起伏增加,使颗粒度有增大倾向。

(3)增加曝光量和底片黑度,能让更多的光子到达胶片,大量光子的叠加作用将使黑度的随机性起伏降低,减小了颗粒性。

4.2 增加对比度的措施

(1) ΔT 与缺陷尺寸有关,在某些情况下还与透照方向有关。例如裂纹、未熔合等透照方向与 ΔT 的关系特别明显。例如:为检出坡口未熔合,往往选择沿坡口的方向透照,为保证裂纹的检出率,就必须控制射线束的角度,使之与裂纹的夹角不得过大。

(2)使用衰减系数较大的射线装置,射线的能量越低、线质越软、 μ 值越大,是增加对比度的常用方法。例如 X 射线能量比 γ 射线能量低。

(3)降低散射比,为防止散射线对底片产生影响,必须采取有效的措施控制散射线,如增加背散射铅板。另外,对厚度差较大的工件(如小径管射线)透照时,在 X 射线机窗口处加滤板能将 X 射线束中波长较长的软射线吸收掉,使有效能量提高,从而减小边蚀散射。使用铅罩和光阑可以减小照射场范围,从而在一定程度上减小散射线。

(4)增加底片黑度,胶片的梯度随底片黑度的增加而增加,胶片的梯度是指胶片对不同曝光量在底片上显示不同黑度差的固有能力,胶片梯度越大对比度会越大。因此,为增加对比度,射线底片往往取较大的黑度值。见图 1。

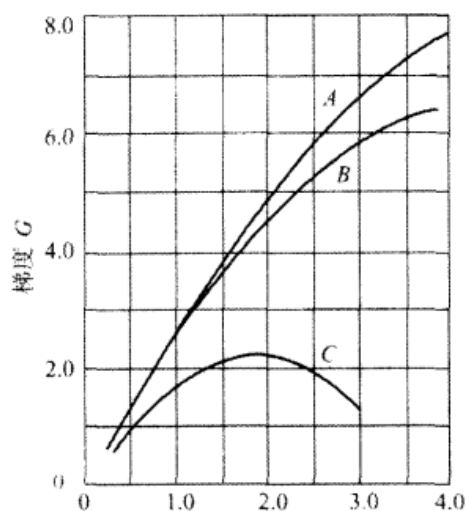


图 1 胶片 G 值与黑度 D 值得关系

(5) 显影条件的变化可以显著改变胶片特性曲线的形状, 显影配方、显影时间、温度以及显影液活度都会影响胶片的梯度进而影响底片对比度。见图 2。

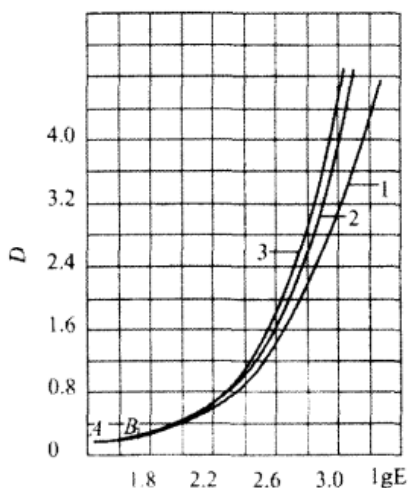


图 2 胶片 G 值与显影温度的关系

1-- 显影温度 16°C; 2-- 显影温度 20°C; 3-- 显影温度 26°C;

4.3 增加清晰度的措施

(1) 使用焦点尺寸较小的射线装置, 由几何不清晰度公式可知, 焦点尺寸越小, 几何不清晰度越小。如 X 射线机焦点尺寸比 γ 源焦点尺寸小。

(2) 增大曝光焦距, 由几何不清晰度的公式可以知道, 几何不清晰度与焦点尺寸和工件厚度成正比, 与焦点至工件表面的距离成反比。在焦点尺寸和工件厚度给定的情况下, 为获得较小的 U_g 值, 透照时就需要取较大的焦距 F 。

(3) 使用能量较小的射线装置, 减小激发出的电子动能, 减轻激发电子向各个方向散射对附近感光卤化银颗粒的影响。见图 3。

(4) 选择合适的增感屏, 屏一片紧贴, 因为如果增感屏激发出的电子脱离增感屏表面后, 如未立即进入胶片乳

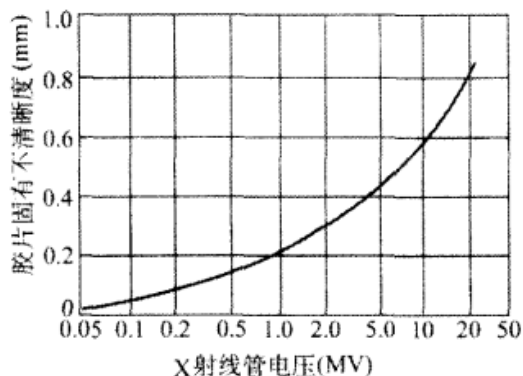


图 3 固有不清晰度与射线能量关系曲线

剂层, 而是在空气中经一段距离后再进入乳剂层, 则由于电子在空气中动能损失小, 其总的作用距离将增大, 导致固有不清晰度增大。另外, 使用铜、钨等制作的增感屏可得到比铅增感屏更小的固有不清晰度。

5 结语

综上所述, 主要从颗粒度、清晰度、对比度等三个方面分析了影响射线检测灵敏度的主要因素, 然而, 这其中却包含了从透照工艺执行、仪器设备选择、材料选用、暗室处理工艺、透照辅助手段等诸多内容。通过本次对射线检测灵敏度影响因素分析及改进措施讨论, 为我们以后的射线检测工作起着很好的指导作用, 作为无损检测技术管理人员就需要从人员、仪器设备、材料、检测工艺等各方面着手进行控制以到达我们所制定目标。

作者简介

宋尚华 大学本科, 工程师, 河南豫电检测中心工区主任, 从事无损检测技术管理工作。

宋士林 大学本科, 高级工程师, 河南豫电检测中心副经理兼总工, 从事公司经营管理工作。

智慧电厂建设与管理探析

◎杨东曜 / (中电建电力投资集团有限公司)

【摘要】全球一体化趋势的不断深入推进使得电力系统在国民经济发展中的作用逐步提升,信息技术、互联网技术也处于不断的变动、优化、进步中,显然,我国已进入互联网时代,在白热化的竞争中,能否正确应用信息技术将决定企业、单位的胜负。就目前而言,我国的发电产业面临着诸如电量需求增速下降、资源环境约束问题加剧、企业经营难度提升等诸多问题,但与此同时,也面临着物联网、大数据、人工智能技术、发电+售电+产融多种业务融模式等机遇,能否抓住机会、实施产业转型升级,将决定电厂未来的发展。本文对智慧电厂进行了详细介绍,并指出如今智慧电厂建设过程中存在的问题,给出有效的整改策略。

【关键词】智慧电厂;建设;管理;探析

1 引言

智慧电厂,顾名思义,指的是依托信息化与数字化技术,将传感测量、信息通信、自动控制、云计算、大数据、人工智能、三维可视化等先进的信息技术与发电、输电、用电过程中的先进科技进行结合,并改革管理方法与模式,同电厂本身的基础设施建设工作高度集成,切实提高安全水平与风险防范和管控能力,构建一个智能化、现代化、自动化、信息化的新式电厂。同传统电厂相比,智慧电厂的运营管理更为规范、设备运转更为可靠和安全、经营管理更为高效、能耗与排放更低、电力市场适应性更强,且企业生产运营成本大大降低,因此市场竞争力大幅提升。简言之,智慧电厂具有智能、安全、经济、环保等新特征。智慧电厂理论与实践经验的积累与推广都是以递进方式进行,国内外已经有无数专家学者和从业人员、技术人员在该领域进行了持续不断的开拓,推动着智慧电厂理论与实践的发展进步。“中国智慧电厂联盟”在电力行业组织机构的大力促成下萌芽和发展,为智慧电厂发展进行规划,给出有效的实现路径,诸多发电企业也都在向着数字化、智能化

与智慧化的方向转变。

2 智慧电厂的发展历程

在世界各国对智慧电厂的探索研究过程中,发生了一系列转变,总体而言是由数字化到智能化、再到智慧化。

2.1 第一阶段:数字化电厂

所谓数字化电厂,指的是依托计算机、网络通信技术而对企业的业务管理和各类信号进行量化管理,依照生命周期理论对电厂设备进行高效管理,并以此为依据来分析电厂发展状况,给出有效的控制和决策。

2.2 第二阶段:智能化电厂

智能化电厂是将物资供应、设备监测、运行维护、安全管理等各项流程进行整合,联通电力生产和运输的全过程,对该过程中所产生的海量数据进行收集、整理与分析加工,为管理人员提供分析、控制与决策的对应依据。

2.3 第三阶段:智慧化电厂

智慧化电厂是依托如今的互联网+、大数据、人工智能等各项技术,对设备运行情况与生命周期进行实时监测与判断,帮助运行维护人员实现对整个电厂生产运营状况的分析、控制与决策,甚至能够在一定程度上代替人进行决策与控制。

3 智慧电厂建设发展存在的问题

历经多年发展,信息技术、通讯技术、计算机技术和控制技术等都处在不断的改良与进步中,逐渐具有更高的效率与质量,火电产业的信息化、智慧化建设也在不断完善,全国各地各个发电厂都着手进行或已在不同程度上完成数字化与信息化改革,具备了建设智慧电厂的条件,也有极个别电厂已然成功打造智慧电厂[1]。然而,目前的数字化与信息化距离真正的智能化还存在一定差距,其主要表现为:

3.1 数据融合深度不够

智慧电厂建设过程中,数据收集与分析应用的重点在于运行参数调整优化、能耗指标分析等,工作量十分庞大,需对生产运营过程中产生的大量数据进行收集并分析,模型不断拟合并不断修正,从中找出最优解;在设备管理工作中,想要更好地提升设备寿命、提高资金利用率,同样需要大量的基础数据作为支撑,以实现精准的状态诊断与检修。但就目前而言,绝大多数火电厂都没能在内部建立起科学完善的数据酷,没有建立和应用基于大数据、云计算的智能分析系统,还不能对收集到的数据进行深入、科学的分析,数据利用率较低,不能发挥作用;除此之外,诸如生产能耗指标分析、经营成本分析等活动,需对电厂生产经营活动中几乎所有环节的要素开展数据收集与整理,工作量可想而知,其需耗费大量的人力物力资源,而许多电厂无法达到上述要求,因此只能有选择性地放弃部分工作,导致数据融合的深度和广度都在很大程度上受限[2]。另外,火力发电厂的外部电力负荷需求多变,因此火电机组必须大量参与深度负荷调节,但在复杂工况下,锅炉燃烧、风烟、汽水、环保等分系统的运行情况还不能完全满足要求,导致关键参数控制品质较差,在很大程度上制约了机组灵活调峰能力。

3.2 疑难问题缺少人工智能支持

绝大多数电厂中智能传感器和智能调节机构的数量都不足以构建完善的指挥系统,因此对重要设备的检测控制通常仍未实现精细化管理,许多工作流于形式,整体管理较为粗放。针对生产现场的高温、高压、腐蚀等危险区域或特殊场合的检查,及电能生产和运输、应用过程中包含的大量周期性、重复性、繁琐的工作,都必须利用人工智能技术来提供支撑,才能实现自动监测和预警,切实提高人

员、设备安全性,为管理人员减轻负担,使其从繁重重复的任务中解脱出来,提高工作效率。

3.3 互联网技术利用不充分

目前大多数电厂对于设备运行、故障诊断、检修维护、经营管理等各项工作的管理过于简单粗糙,还没能深入充分地利用时下流行的互联网科技智慧,实现业务工作和互联网智能管控的融合,从而提高生产过程的自动化程度,为其提供坚实有力的技术支持,并增添移动业务处理功能。除此之外,电厂中用于解决生产经营问题的技术手段还有所欠缺,整体来说面对突发事件的快速反应能力差,管理效率相对而言不高。随着我国人民安全意识的整体提升,安全生产已经上升到了法律高度,对安全事故进行追责的高压态势已然成型,电力企业作为国民经济体系中的重要生产企业,必须在短时间内实现生产智慧化管理,切实挖掘和规避生产经营过程中的安全隐患,解决管理上的各个问题。现阶段多数电厂仍然主要依靠管理制度和人员监督来进行安全生产管理,对人工仍具有极高的依赖性,且安全管理措施不能贯彻落实,各项管理工作仍然存在一定的漏洞;其安全生产管理有所欠缺,危机预警与处理能力都有待提升,主动安全管理能力也还有很大进步空间;最后,信息技术的推广与普及使得社会对工控系统信息安全的要求逐步提升,智慧电厂还面临着系统自身信息安全防护能力较弱的问题。

4 智慧电厂建设与管理策略

4.1 智慧大脑建设

“智慧大脑”是智慧电厂的中枢,其以人工智能为主要技术支撑,基于智能感知、大数据分析等各项技术构建由数据驱动的人工智能,再利用移动互联网、云计算等建设“一脑万用”的“智慧大脑”。

4.1.1 感知能力建设

智慧大脑利用控制系统中装设的智能前端设备来对电厂周围的复杂环境进行感知和数据收集,能够对周围环境的变化进行动态识别,能准确区分和辨认厂区的人员、车辆、设备等,获取有关数据,将物理环境进行信息化表示,并在系统中建立多维数字世界。

4.1.2 思考能力建设

智慧大脑的思考能力决定其智能化水平,通过感知来获取计算机能够识别的数据,通过数据分析处理判断所获得的数据的准确性与及时性,并找出各处环境中存在的安全隐患,指出风险点,对设备的可靠性与经济性进行预测,从而结合电厂发展现状给出有效的建设意见、指出管理工作的缺口。

4.1.3 执行能力建设

智慧大脑对于智慧电厂而言相当于人的神经中枢,在感知与思考的前提下,在大数据与人工智能技术的驱动下,其对整个电厂的内部情况进行全局实时分析,联通各个单元的数据资源,打破业务部门之间的空间和时间壁垒,管理决策人员与普通职员随时都能够根据各自权限通过语音、视频等方式来进行人机互动,并收到来自系统的信息提示与决策建议。

4.2 管理体系建设

将成本、利润、安全生产作为核心,贯穿智慧电厂各个板块的建设工作,将智能设备、智能物资、智能燃料、智慧经营、智慧营销、智能运行、智能安全、应急指挥、风险管理等各项工作进行整合,构建一个完善的一体化管理平台,形成有机整体。

4.2.1 成本体系

利用大数据技术、互联网技术与人工智能等,构建智能设备、智能物资、智能燃料、智能资产、智能经营等的一体化管理子模块,从而实现生产性成本、日常性成本和临时性成本的实时归集联动,确保成本费用能够在第一时间准确入账,杜绝人为因素导致的负面影响,为发电企业的成本控制提供有效帮助。例如,要对燃料成本进行管控,从燃料采购价格到入厂搬倒成本、经济掺烧等对整个流程进行监控,结合市场信息给出有效的燃料采购和储存建议,并根据存煤情况、负荷和环保要求等因素给出最经济的掺烧建议,从而合理降低燃料成本、将利润最大化。还应进行节能环保管控,从节能环保各项指标及最基础相关影响小指标进行管控。通过历史寻优对标、计划绩效考核、值际竞赛达到指标趋优,度电变动成本最优。

4.2.2 利润体系

应依托厂级的数据中心,构建成本中心、智慧运行、智慧营销等子模块,引入精细化管理理念与方法,构建精细化管理模式,对生产经营的各个环节进行管控。例如,应重视收入管控,对市场、利润目标、成本等进行综合分析,从而给出最科学合理的竞价策略,将电力业务收入最大化。还应关注成本管理,将成本细化到每个部门、生产环节,通过对标管理、项目管理、物资、资产一体化等多种手段实现对成本的管控,合理降低生产运营成本、提高经济效益。

4.2.3 安全生产体系

依托智慧安全、智能设备、智能运行、应急指挥、风险管理等子模块,以控制及信息系统结构为基础,将操作管理工作进行流程化、制度化;利用先进三维可视化、智能视频、人员定位、人工智能等各项高端技术,构建一个完善的监管系统,对生产工艺过程及生产现场进行全方位、全天候监控;依托人工智能技术,结合生产管理、风险管理等,

在生产过程中实现人机交互、设备彼此间的交互、人与环境的交互等,对信息进行共享,实现对人的不安全行为、环境的不安全因素、设备的不安全状态、管理的安全漏洞的主动安全管控。

4.2.4 智慧设备

利用智能设备、财务软件等构建一个完善的设备管理系统,合理计算设备生命周期,给出最优的设备购进、维护、管理、报废计划,降低设备运行与维修成本,提高生产过程安全性。

(1) 预防性维护

结合国家与电厂中的预防性维护规定,建立调试和运行阶段的预防性维修项目,通过周期、事件和仪表读数等对设备进行监管,并与标准工作包进行关联,定期进行设备检修维护,分解维修计划,并生成预防性维修工单,提供高效的设备维护计划。

(2) 设备定期工作

根据设备使用规范来构建设备定期维护、保养、校验计划;根据设备定期工作计划及设备的实际运行维护情况来不断调整定期工作计划,据此自动生成设备定期维护、保养、校验任务;关注定期任务时限,在特定时间对相关负责人发出提醒;给出定期工作作业指导书和作业标准;在电脑与手机 APP 上展示设备定期工作进度,并根据用户需求自动生成工单。

5 结语

建设智慧电厂是未来发电企业的必由之路,其能够使生产方式更为高效高质,提升信息获取、分析处理与共享的效率,帮助电厂有效降低生产运营成本,减少能耗与污染物排放量,提高竞争力,为社会提供更稳定、安全和高质量的电能。

参考文献

- [1]李建刚.电力通信运维管理系统设计与实现分析[J].科技创新导报,2019,14(6):2-3.
- [2]奚伟.安全监督监察信息资源共享目录管理研究[J].中国管理信息化,2019,20(17):81-83.
- [3]张一鸣,王译庆,赵春雨,常凯睿,孙秀伟.电力企业安全生产创新研究.科技经济市场,2019,(09):119-120.

作者简介

杨东曜 大学本科,高级工程师,现任中电建电力投资集团有限公司规划发展部主任,主要从事火电和抽蓄蓄能开发。

平江抽水蓄能电站引水隧洞 TBM 设计选型关键技术的研究

◎朱文辉 / (中国水利水电第八工程局有限公司)

【摘要】抽水蓄能电站地下洞室数量众多、开挖作业量大,传统的人工钻爆法施工,劳动力投入大,安全风险高,作业环境差,施工速度慢,已难以满足工程建设要求。以 TBM 为代表的成套设备机械化施工技术,具有安全、环保、高效的特点,代表了抽水蓄能电站地下洞室施工未来的发展趋势。本文以湖南平江抽水蓄能电站为例,重点介绍在抽水蓄能电站引水隧洞施工中 TBM 设计选型的一些关键技术,为后续类似项目提供参考。

【关键词】抽水蓄能电站;斜井;可变径 TBM;关键技术

1 引言

湖南平江抽水蓄能电站(以下简称“平江电站”)位于湖南省岳阳市平江县福寿山镇境内,地处连云山脉福寿山西北坡,距离长沙市直线距离 75km,距平江县城 39km,电站为日调节纯抽水蓄能电站,额定水头 648.00m,厂房内布置 4 台单机容量为 350MW 单级立轴单转速混流可逆式水泵水轮发电电动机组,年发峰荷电量 10.9 亿 kW·h,通过 1 回 500kV 线路接至规划的浏阳 500kV 变电站,承担湖南电网调峰、调频、调相及事故备用等任务。

电站主要由上水库、下水库、输水系统、地下厂房及开关站等建筑物组成,其中输水系统设有两条引水隧洞,采用二级斜井立面布置方案,正进正出厂房,总长度 2278m,斜井坡度为 50°,每条引水洞均由三个平段+两级斜井构成,分别是下平段、下斜井、中平段、上斜井、上平段,其中上斜井洞径 8.0m,下斜井洞径 6.5m,平段与斜井连接处,设 2 处竖向转弯,1 处空间转弯(竖向和水平方向均是转弯),转弯半径 R40m。隧洞围岩为中等风化新鲜花岗岩,

地质构造较简单,围岩工程地质类别以 II~III 类为主,单轴饱和抗压强度 45~90Mpa。引水隧洞拟采用 TBM 施工,其施工具有以下特点:

- (1)断面变径范围大,隧道断面直径上大下小,直径变化范围 1.5m,且两条隧道循环开挖,开挖断面直径多次变化;
- (2)转弯半径小,平洞转入斜井段转弯半径仅 40m;
- (3)斜井坡度大(50°),且引水隧洞由下平段、下斜井、中平段、上斜井、上平段多段构成,TBM 施工洞内出渣复杂,物料运输困难。

2 TBM 施工方案

引水隧洞 TBM 施工共分四段,每条引水洞分两段进行,TBM 组装、拆除各 2 次、变径 3 次,其中一次变径在第二次组装时完成。具体施工程序如下:

- (1)TBM 进场→TBM 洞内运输→TBM 第一次组装、始发(1#引水洞下平段组装洞室、始发洞)→TBM 掘进(1#引

水洞下平段前段、下弯段、下斜井、中平段下弯段、中平段后段)→TBM 第一次变径(1#引水洞中平段变径洞室)→TBM 掘进(1#引水洞中平段前段、下弯段、上斜井)→TBM 步进(1#引水洞空间弯段、上平段)→TBM 第一次拆除(1#引水洞上平段拆除洞)→TBM 转场(至2#引水洞下平段组装洞)。

(2)TBM 场内转运→TBM 第二次组装(含第二次变径)、始发(2#引水洞下平段组装洞室、始发洞)→TBM 掘

进(2#引水洞下平段前段、下弯段、斜井、中平段下弯段、中平段后段)→TBM 第三次变径(2#引水洞中平段变径洞室)→TBM 掘进(2#引水洞中平段前段、下弯段、上斜井)→TBM 步进(2#引水洞空间弯段、上平段)→TBM 第二次拆除(2#引水洞上平段拆除洞)→TBM 退场。

TBM 安装、拆除、变径及掘进顺序详见图 1。

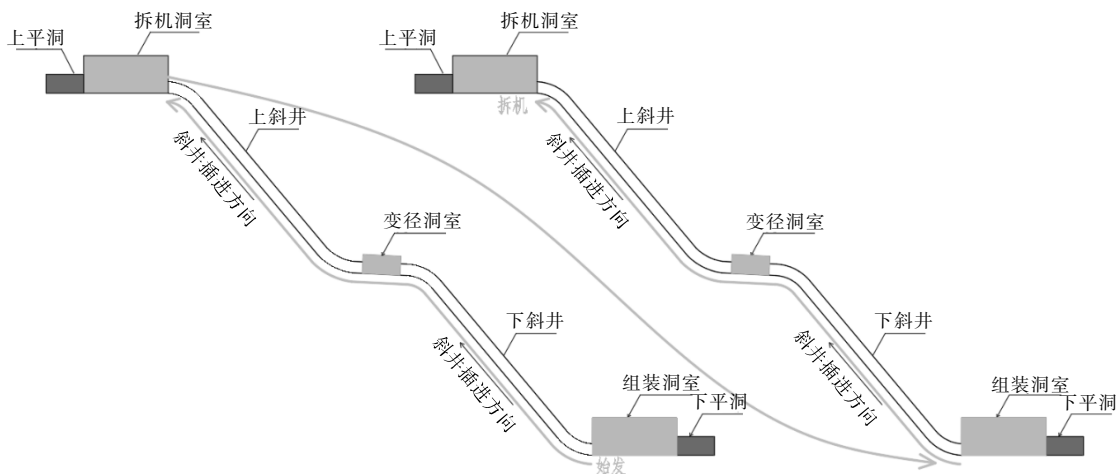


图 1 TBM 施工工序图

3 TBM 设计选型

3.1 TBM 可变径设计

为满足 TBM 在本工程中 $\phi 6.5\text{m}$ 至 $\phi 8\text{m}$ 级开挖直径的变径需求, TBM 整机采用模块化、轻量化、装配化的设计

理念, 最大程度降低 TBM 大变径过程中对变径洞室尺寸、起吊设备能力、人员操作技术的要求。

变径主要包括刀盘、盾体及后配套变径, 其中刀盘通过模块化刀盘条幅块实现 $\phi 6\text{m}$ 级至 $\phi 8\text{m}$ 级扩径, 操作难度低, 变径周期短, 详见图 2:

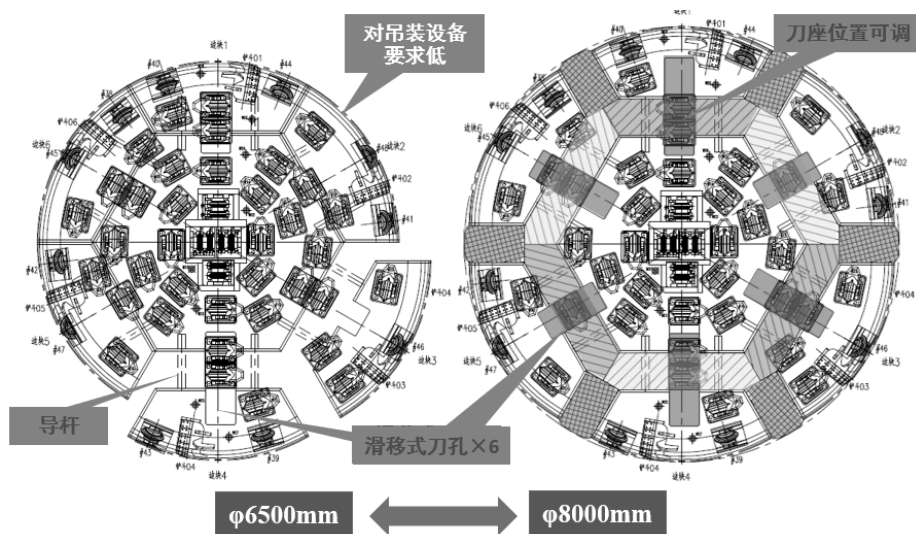


图 2 刀盘分块示意图

盾体采用多分块快速拼装设计及轻量化设计技术,变径时由电动葫芦配合辅助顶升油缸作业实现变径,既减

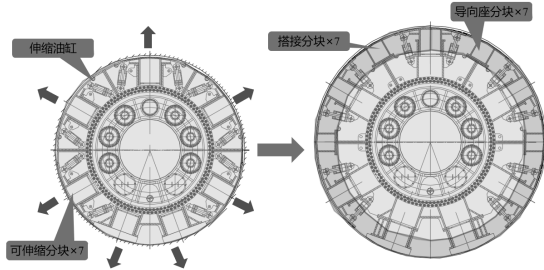


图3 前盾变径示意图

少变径对洞室尺寸的要求,也减少过程中吊装作业难度,详见图3、图4:

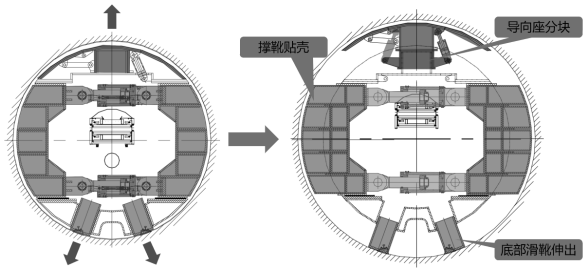


图4 撑紧盾变径示意图

后配套拖车采用模块化设计,变径时,仅需对支撑安装底板及滑靴底板贴壳。

3.2 竖曲线小转弯设计

为满足本工程 R40m 竖曲线转弯要求,TBM 主机采用双护盾式设计,让撑靴位置靠前,通过推进油缸分区,增大 TBM 转弯调向能力;同时前盾顶部采用可伸缩式设计,转

弯时回缩避免盾体与洞壁干涉,底部采用弧形台阶设计,设专用主机抬头油缸,转弯时支点前移,增大抬头角度。

3.3 后配套设备可调节平台设计

为便于人员操作和检查,TBM 后配套拖车和主机设有便捷的人行通道和护栏,并设计了铰接可调节式设备可调节平台,可适应平洞掘进至 50° 斜井掘进工况,详见图 5:

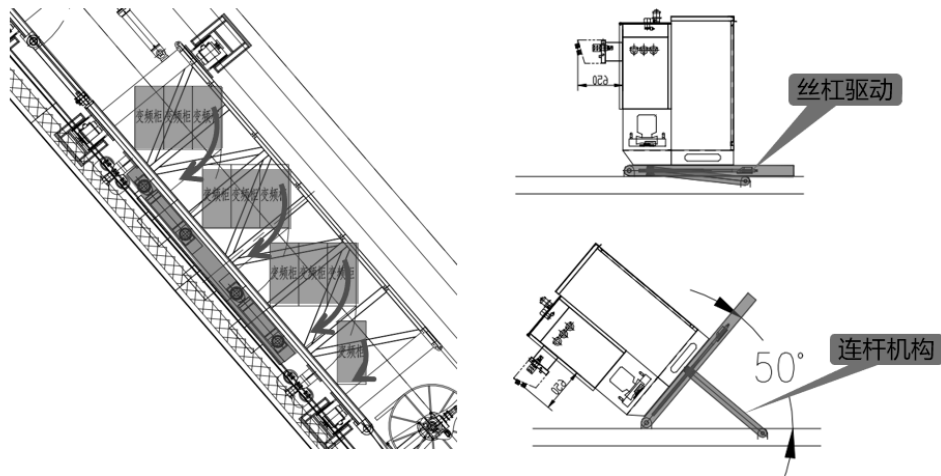


图5 后配套可调节平台示意图

3.4 出渣系统设计

结合本工程施工方案,TBM 掘进出渣分为 1# 下斜井掘进出渣、1# 上斜井掘进出渣、2# 下斜井掘进出渣、2# 上斜井掘进出渣 4 个区段,其中每个区段出渣姿态分为三至四个阶段,互相之间存在对应的结构布置调整和模式转化。

第一阶段为水平状态进入上坡掘进阶段,对应掘进长度约 50m,主要通过 TBM 设备上的主机皮带机+压带皮带机(针对斜井防撒料设计)配合台车尾部的横向转载皮带机将掌子面的渣土输送至台车尾部,利用始发洞的宽度空间留出渣车通道,由渣车对外转运渣土,该阶段至横向转载皮带机贴近始发洞室无法继续前移时止。

第二阶段为在台车尾部续接三至四节拖车,拖车平台上布置延长皮带机,将原横向转载皮带机挪至该皮带机卸料口处,重新利用始发洞渣车出渣直至台车尾部完全进入上坡段为止。

第三阶段为掌子面渣土利用重力作用(50° 斜坡)沿 TBM 主机段底部溜槽向下进入铺设在底拱的钢构节溜槽,直至溜至斜坡面底部再从溜槽排出,导入水平段提前架设好的上料皮带机接口,由上料皮带机转运至始发洞口并装车外运,此阶段掘进至 TBM 主机进入上弯段无法溜渣截止。

第四阶段为 TBM 主机进入上弯段至完成中平段掘进出渣阶段,该区间前期由后配套皮带机将渣土输送至台车尾部,导入溜槽进行排渣;后期 TBM 后配套皮带机出渣口进入上弯段无法溜渣时,通过在上弯段底拱架设上弯段地面皮带机过渡出渣,即后配套皮带机 + 上弯段地面皮带机 + 钢构节溜槽的形式排渣。

3.5 物料运输系统设计

本工程因隧洞结构复杂、斜井坡度大、转弯半径小, TBM 单次的掘进距离短等原因,洞内物料运采用提升机牵

引的方式,为保证运输安全,现场人、物分开运输。

(1) 提升系统设计

提升机运输系统由布置于下部平洞末端的提升机、TBM 辅助撑紧机构下部换向滑轮、以及设置在洞壁上的导向滑轮、附绳压绳轮、地辊、换向滑轮构成。提升机钢丝绳采用下出绳的方式,引出沿洞壁向上,绕过 TBM 上的换向轮后折返向下,与运输车或平板车连接,当提升机缠绳时,运输车或平板车向上运行,当提升机放绳时,运输车及平板车向下行走。如图 6:

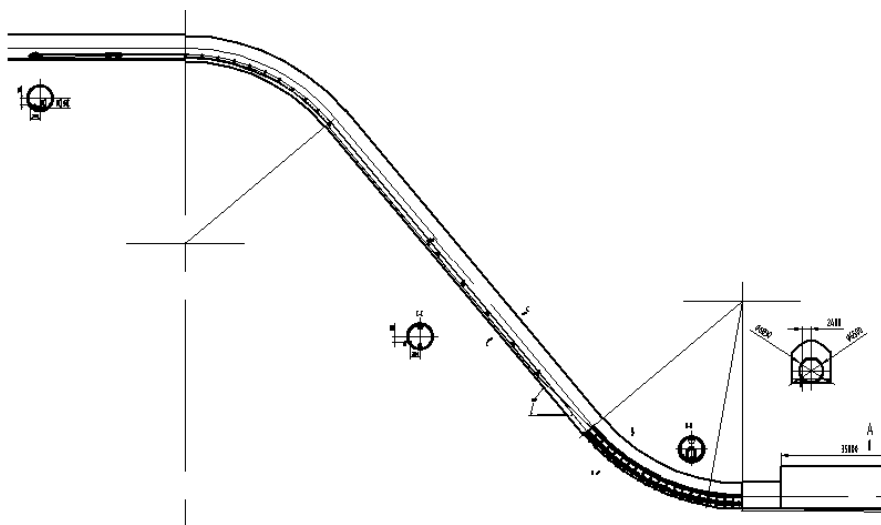


图 6 提升运输系统布置方案

因运输车辆行走路径存在两个水平段,为解决该工况下运输车返程问题,分别于下水平段及上弧段各布置 1 套小卷扬机,当运输车上水平段返程时,通过卷扬将运输车牵引至斜坡段(上卷扬自动脱钩);运输车下放至下平段时,再通过卷扬牵引至停车位置。

(2) 运输车选型

因运输过程中,斜坡的最大角度为 50° ,普通的抱轨运输车已无法满足使用要求,本工程洞内物料运输车辆均采用卡轨运输车,且配备手动制动、断绳制动、溜坡超速制动、欠压报警、平道闭锁等功能,且与提升机形成联控,运输车紧急制动后自动急停提升机。

4 结语

目前国家正大力发展新能源产业,而抽水蓄能电站更是现代能源体系建设的中中之重,本文以湖南平江抽水蓄能电站引水隧洞 TBM 设计选型为示例,对 TBM 针对性设计、出渣系统设计和物料运输系统设计等关键环节、重点事项进行了研究,并分享了实际施工过程中的思路及经验,对后续抽水蓄能电站建设中 TBM 设计选型具有重要指导意义。

作者简介

朱文辉 大学本科,工程师,现任中国水利水电第八工程局有限公司工程装备公司设备物资办副主任。

缆索起重机起升钢丝绳快速更换 施工技术研究

◎郑言超 康伟京 / (中国水利水电第八工程局有限公司)

【摘要】本文总结了缆索起重机起升钢丝绳快速更换施工工艺及方法,通过对更换的每个施工步骤总结和提炼,在更换程序、部件连接、安全防护等方面形成了一整套科学的施工工艺。利用缆机自带起升卷筒进行起升钢丝绳更换,减少施工设备投入,提高了施工效率,对同类缆索起重机起升钢丝绳更换有着很好的指导和借鉴作用,具有较好的推广价值。

【关键词】缆索起重机;快速更换;施工技术

1 引言

缆索起重机又叫走线滑车,挂有取物装置的起重小车沿架空承载索运行的起重机。常用在其他吊装方法不便或不经济的场合,吊重量不大,跨度、高度较大的场合。缆索起重机(以下简称缆机)具有起升高度大、起重作业跨度大、作业范围广,在特定的条件下可以发挥其他起重机械所不能发挥的作用等特点,所以被广泛应用于水电站建设、公路铁路桥梁建设、森林采伐、采矿、堆料场装卸、水下疏浚、港口搬运和渡槽架设等方面的施工。

由于起重设备工作环境的特殊性,在更换起升钢丝绳时,更换覆盖范围大同时由于更换高空作业较多,导致更换施工时间较长、危险系数较大。为降低施工安全风险,减少施工作业时间,本文对缆索起重机起升钢丝绳更换施工工艺进行了深入研究,并对施工过程进行严格管控,对施工方法进行改革创新,最终形成了一种缆索起重机起升钢丝绳快速更换技术。

2 方案设计

缆索起重机起升索更换施工是一个综合性强且复杂的工程,其包括钢丝绳接头的插接制作等综合性工作,具体原理如图1。本工法优化起升索的更换方法,使得更换施工更加便捷,更换过程更加安全。

本施工过程具有以下特点:

(1)更换施工效率高:利用辅助钢丝绳将新旧起升钢丝绳插接起来,通过起升卷筒牵引带动新钢丝绳进行穿绕过滑轮组,避免将旧绳拆除后重新人力穿绕新绳,相同工作量大大节约了施工时间。

(2)更换施工难度低:利用缆机起重小车和起升卷筒实现旧起升钢丝绳回收以及新起升钢丝绳的安装就位。

本文对同类型缆索式起重机及类似起重设备起升钢丝绳(以下简称起升索)更换施工具有可借鉴性。

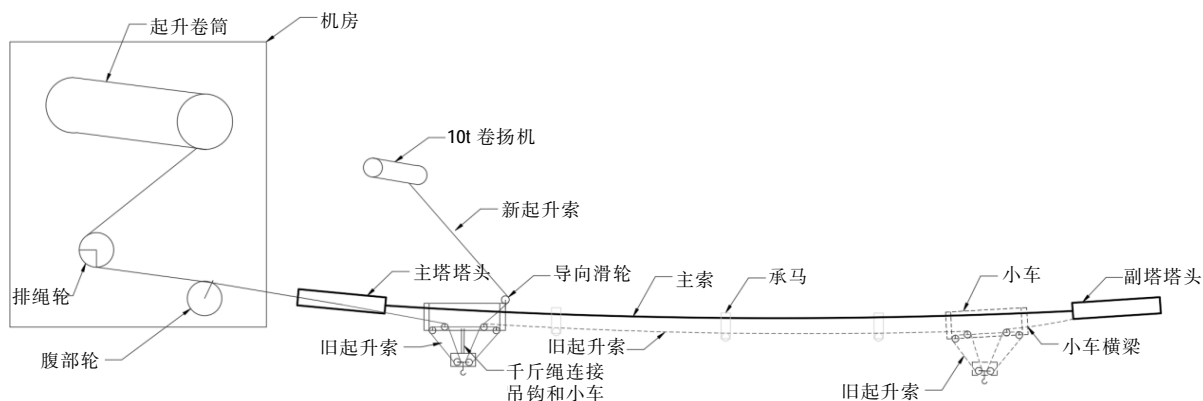


图1 缆索起重机起升索更换施工原理图

3 施工工艺流程及操作要点

3.1 安装工艺流程

工艺流程及操作要点是本文的核心内容,本文是基于项目实际应用情况及实践经验,并在施工过程中不断总结、对比、优化;具体安装工艺流程如下。

施工流程:施工准备→就起升索收回→新旧起升索插接→新起升索安装→限位调试

3.2 操作要点

3.2.1 施工准备

(1)在缆机起升索更换前,结合现场具体施工环境制定合理的更换安全技术方案,并对更换人员进行交底,明确注意事项。

(2)根据更换过程需要,布置好施工电源,准备好更换工具、吊索具及消耗性材料,检查缆机运行状况及安全装置。

(3)仔细阅读缆机使用说明书,根据现场实际情况确

定缆机起升索更换位置、更换场地、更换程序及更换所需的工器具及器材。

(4)起升索更换由于高空作业较多,因此对更换前的准备工作和更换过程都应高度重视。在认真检查、充分准备的基础上,按现场具体情况制定可靠措施后,方可进行。

(5)将起升卷扬机构上的限位开关解除以防止起升索更换过程中损坏。

(6)将新的起升索盘入提前设置在主塔轨道平台上的10t卷扬机中。

3.2.2 旧起升索收回

(1)将缆机小车移动至距离副塔主索索头6m位置,将小车靠副塔处端头的起升索固定在小车横梁居中位置,如图2所示(小车横梁处通过卸扣与2m长 $\phi 32\text{mm}$ 的千斤绳连接,千斤绳另一端与起升索通过绳卡固定)。

(2)小车继续向副塔方向移动至主索索头位置,此时靠近副塔侧起升索会松弛,将起升索与副塔塔头连接处的固定装置解除。

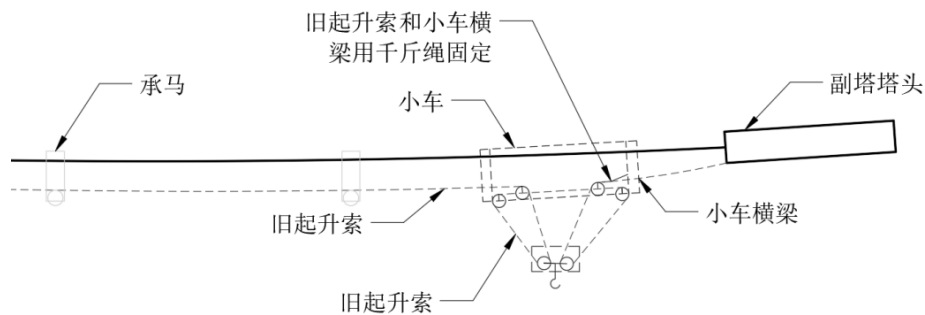


图2 旧起升钢丝绳固定装置拆除示意图

(3)指挥缆机小车往主塔方向移动,同时应注意大钩高度(在小车移动的同时,应同步起升大钩,防止大钩墩地),在小车经过承码时应注意起升索绳头不要卡在承马上。

(4)待小车移动至主塔塔头时,将吊钩滑轮组用两根

$\phi 15\text{mm}$ 千斤绳固定在小车下横梁处,操作缆机吊钩下降,使固定吊钩的两根千斤绳受力,如图3所示,此时起升索会松弛。

(5)在小车靠副塔侧的主索上安装一个10t的单柄导

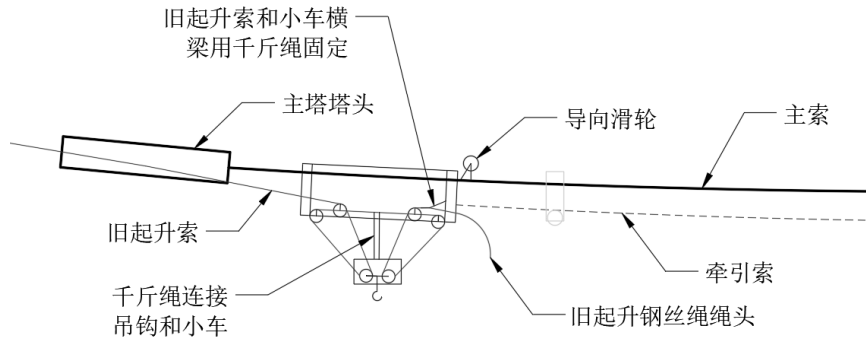


图 3 吊钩固定示意图

向滑轮(用于新起升索安装导向),解除旧起升索绳头处的楔子楔套。

穿过单柄滑轮后,用 20m ϕ 15mm 的钢丝绳将新旧起升索插接(插接为长度 1.5m)。在小车靠副塔侧解除旧起升索与小车横梁的固定装置,如图 4 所示。

3.2.3 新旧起升索插接

(1)操作 10t 卷扬机放绳,将新起升索绳头拉至小车,

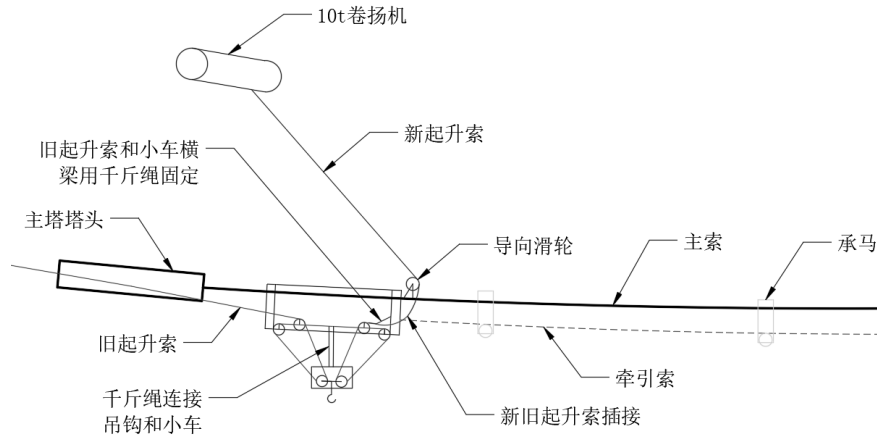


图 4 新旧起升索插接示意图

(2)操作起升卷扬收绳,同步操作 10t 卷扬机放绳,直至将新起升索在起升卷筒至少缠绕 4 圈。起升卷筒停止收绳,10t 卷扬机停止放绳,将起升卷筒处的新起升索可靠固

定在塔架上,如图 5 所示(用一根 6m 长的 ϕ 32mm 的钢丝绳与新起升索通过绳卡固定,钢丝绳另一端固定在塔架)。

(3)操作起升卷筒放绳,使 6m 长的 ϕ 32mm 钢丝绳受

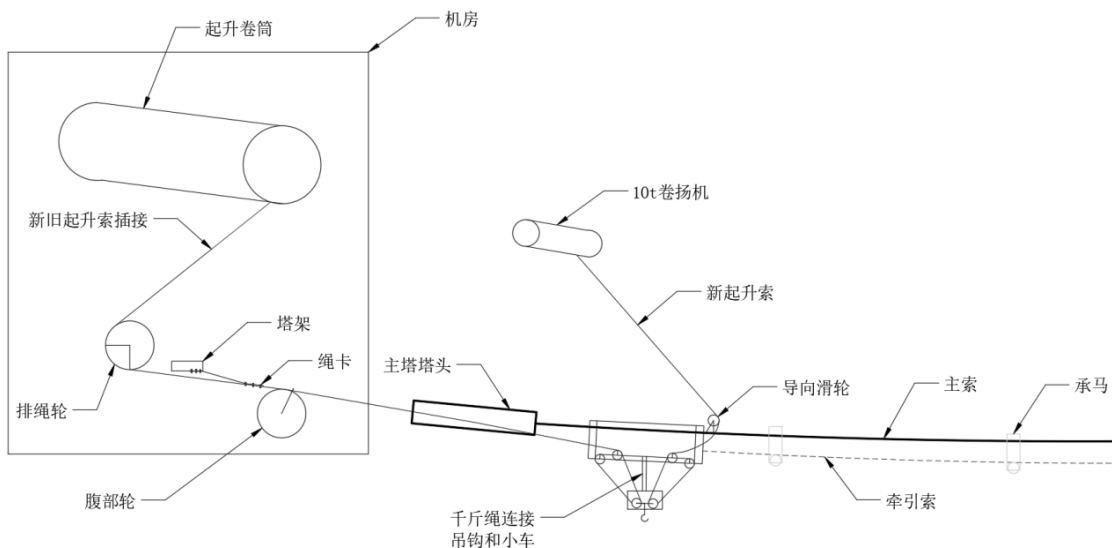


图 5 新旧起升索分离示意图

力,使旧起升索与新起升索连接处落地,分离旧起升索与新起升索的连接。

3.2.4 新起升索安装

(1)退出起升卷筒上的旧起升索,解除起升卷筒上起升索压板,使旧起升索全部从起升卷筒退出。

(2)将新起升索绳头穿过起升机构排绳轮,按照起升方向将新起升索索头用压板固定在起升卷筒上。操作起升卷筒缓慢收绳,至 6m 长的 $\phi 32\text{mm}$ 钢丝绳不受力,解除其与新起升索的绳卡固定,如图 6 所示。

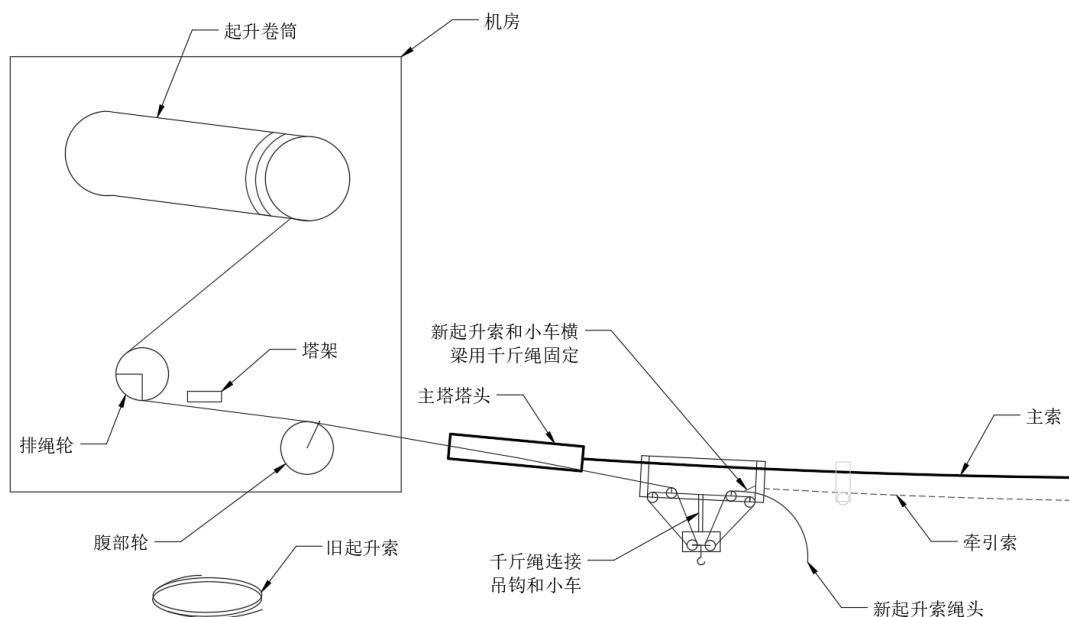


图 6 新起升索安装示意图

(3)继续指挥起升卷筒上升,同步操作 10t 卷扬机放绳,直至新起升索另一绳头到小车上后停止起升卷筒上升。

(4)在距新起升索锁头约 6m 处,将新起升索固定在小车横梁处,如图 6 所示(小车横梁处通过卸扣与 2m 长 $\phi 32\text{mm}$ 的千斤绳连接,千斤绳另一端与起升索通过绳卡固定)。拆除小车靠副塔侧的 10t 单柄滑轮。

(5)指挥小车往副塔方向行走,起升卷筒同步放绳。当小车安全行走至副塔塔头时,将新起升索索头固定至副塔塔头起升索固定装置。

(6)待起升索索头可靠固定后,指挥小车缓慢往主塔方向行走,待小车横梁处固定新起升索的千斤绳不受力后,解除与起升索的固定,如图 7 所示。

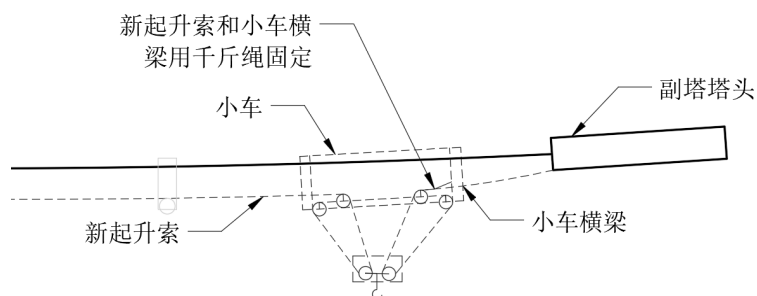


图 7 新起升索更换完成示意图

(7)指挥起升卷筒上升,使固定吊钩的两根 $\phi 15\text{mm}$ 的钢丝绳松劲并拆除。

3.2.5 限位调试

(1)将拆除的限位器电源重新按照标准连接。

(2)操作缆机吊钩升降,直至将吊钩调整至合适高度并进行限位。

4 材料与设备

4.1 材料

本文中主要消耗材料配置如表 1:

表 1 主要材料明细表

序号	设备名称	型号规格	单位	数量	备注
1	大锤	24 磅	把	2	
2	施工接电箱	800mm×600mm	个	1	带漏电保护功能、配三个独立断路器
3	手拉葫芦	2t、5t	个	各 1	
4	绳卡	32mm	个	20	
5	梅开两用扳手	30	把	4	
6	开口滑轮	10t	个	2	
7	千斤绳	φ32	根	3	3 米 2 根, 2 米 1 根
8	移动线盘	DZL18-32F/1	台	1	电缆线 2.5mm×100m
9	焊条	507、Φ4.0	包	1	
10	撬棍	20mm×1000mm	根	2	
11	破布		公斤	2	
12	汽油	92#	升	30	
13	油盆	Φ60mm×200mm	个	2	
14	氧气乙炔		套	1	

4.2 设备

本文中所需主要设备配置如表 2:

表 2 主要设备明细表

序号	设备名称	型号规格	单位	数量	备注
1	切割机	WJG2200-355	台	1	配 4 块切割片
2	角磨机	220V	台	1	配 10 块磨片、20 块切割片
3	电焊机	500A/380v	台	1	带漏电保护功能、配三个独立断路器
4	卷扬机	10t	台	1	

5 质量控制

(1) 更换前对照缆机使用说明书检查新起升索型号、长度是否符合要求。

(2) 新旧起升索索头处与小车横梁处的连接必须可靠。

(3) 在索头经过承码时要注意索头处不要卡在承码中间。

(4) 在利用 10t 卷扬机释放新起升索时, 需要专人指挥, 确保缆机起升卷筒收绳速度与卷扬机放绳速度保持一致。

(5) 作业前对参与施工作业人员进行安全技术交底, 确保参与施工的所有人员都对质量控制要素心中有数; 施工过程中技术人员进行技术旁站指导和质量控制, 对施工作业过程全程跟踪指导和检查。

(6) 必须按照《钢丝绳吊索插编索扣》GB/T16271-2009 要

求进行编插。

(7) 编插采用圆头插接方式, 以防止通过滑轮组时发生卡滞。

6 安全措施

(1) 高处作业应系好安全带。

(2) 对所有参加更换人员进行安全技术交底, 明确施工程序、施工方法, 了解施工工艺要求及安全注意事项。

(3) 施工人员要注意旧绳上的毛刺防止把手扎伤, 施工人员身体的任何部位严禁放在钢丝绳下方, 以防抓不牢掉落伤人。

- (4)禁止带电作业。
 (5)机械转动部位禁止有人触碰,防止挤压碰撞受伤。

7 环保措施

(1)施工场地做到干净整洁、做到无积水、无杂物、无油污。

(2)严格遵守“工完、料尽、场地净”的原则,不留垃圾、不留剩余施工材料和施工机具。

(3)遵守当地国家和地方法律法规的规定,严格管理有毒、有害的危险品,防止污染事故的发生,主要有毒有害物质及危险品为油料、油漆、氧气、乙炔等,作业时必须按要求佩戴劳动防护用品后,方可进行作业。

8 结语

某水电站大坝工程施工时安装了2台LQP-30t缆索起重机,在施工过程中经检查发现起升索有磨损断丝情况并达到报废标准,在对起升索更换时采用此技术进行施工。利用缆机自带起重小车实现新旧起升索的收回与就位,减少了设备与人员投入,更换施工时间由原来的3d缩短为1.5d,工期大幅缩短,更换施工人员从8人降至5人,直接节约人工费和材料费用近万元。整个更换过程安全受控,施工质量大幅提升,更换合格率均为100%,整机安全

运行性能得到保障。

缆索起重机起升钢丝绳快速更换施工技术,极大提高了起升钢丝绳的更换速度,且全程节省人力,机械化程度较高。与传统的起升索更换施工技术相比,本技术提高了施工效率、降低了成本,可以广泛地推广、应用,为企业树立了良好的品牌形象,具有显著的经济和社会效益,极大的降低了设备使用成本。

参考文献

- [1]《缆索起重机使用说明书》
- [2]《缆索起重机》GB/T 28756-2012
- [3]《起重机械检查与维护规程 第6部分:缆索起重机》GB/T 31052.6-2016
- [4]《起重机钢丝绳保养、维护、检验和报废》GB/T 5972-2016
- [5]《钢丝绳吊索插编索扣》GB/T 16271-2009

作者简介

郑言超 大学本科,助理工程师,任中国水利水电第八工程局有限公司工程装备公司特种装备分公司设备技术办副主任,从事设备物资及技术管理工作。

康伟京 大学本科,助理工程师,任中国水利水电第八工程局有限公司工程装备公司特种装备分公司设备技术办主任,从事设备物资及技术管理工作。

(上接 89 页)

为规范材料及供应商名称,系统上线就规定材料及供应商名称由物资管理负责人进行统一维护,项目上直接进行引用;这项措施有效避免了因材料名称问题或供应商名称问题导致的无法追溯、无法进行数据分析等难题,为公司积累有效数据资产打下基础。

4.4 移动办公,提升管理效能

以往管理模式下,公司想要了解项目各个材料的使用情况或者消耗情况,通常都是通过电话或者报表等形式了解项目物资管理现状,及时性可靠性不高。运用了智慧物料验收系统,可以实现移动办公,实时查看现场情况,及时掌握物资管理现状,可以随时随地了解各项目情况,大大提升管理效能。

5 结语

通过智能物料验收的应用,可有效遏止物资进出场验收环节的管理漏洞、提升项目部物资管理水平、帮助项目从“料”入手实现降本增效。通过车车过磅强化了进出场物料验收智慧管理,通过深化应用加强了对供应商评价的数字化管理,通过数据上云累积企业数字资产,智慧物料系统必将赋能施工企业物资成本的精细化管控,助力公司信息化管理转型之路,探索实现企业“数字创新,节本增效”的高质量发展之路。

作者简介

毕广旭 大学本科,高级工程师,现任中国电建市政建设集团有限公司设备物资部高级主管。

无人驾驶技术在沙石骨料矿山的应用研究

谢 辉 / (中国水利水电第八工程局有限公司)
© 臧彦超 / (北京踏歌智行科技有限公司)

【摘要】随着城市化步伐加快,砂石骨料行业迎来了迅猛发展。然而,国内砂石骨料矿区运输存在效率低、成本高、招工难、安全性低等众多难题,加上国内政策助力,矿区无人驾驶技术的普及势在必行。本研究聚焦无人驾驶技术在砂石骨料矿山的应用,分析了砂石骨料矿山运用无人驾驶技术的优势,并给出了无人驾驶技术实现的途径,为国内砂石骨料矿山无人驾驶技术的落地提供了参考。

【关键词】无人驾驶;砂石骨料;矿山

1 引言

随着科技的不断发展,无人驾驶技术逐渐成为各行各业的关注焦点。在砂石骨料行业,传统的有人驾驶运输方式存在诸多问题,如人力成本高昂、事故风险较大、工作效率低下、生产成本不可控等。而无人驾驶技术的应用,为砂石骨料行业带来了前所未有的机遇和挑战。本文旨在研究无人驾驶技术在砂石骨料矿山落地的实施途径,并分析其对行业发展的影响。

2 无人驾驶技术的运用对砂石骨料行业的影响

无人驾驶技术目前在众多领域已经实现落地,矿山行业也在煤炭、金属等领域取得了一些建设的成果,实现基本落地的煤炭领域矿山主要包括国家电投霍林河南露天煤矿、中环协力永顺煤矿、国能宝日希勒露天煤矿等等,金

属领域矿山主要包括马钢和尚桥铁矿、江铜集团城门山铜矿、紫金巨龙铜矿、白云鄂博铁矿等等。因此,砂石骨料矿山无人驾驶技术的落地迫在眉睫。

2.1 运输效率的提升

传统的砂石骨料运输依赖人力驾驶,存在运输速度慢、线路选择不合理、交接班生产间断、车辆调度不合理等一系列问题,严重影响了砂石骨料矿山的生产效率。而无人驾驶技术的应用,可以通过自动化和智能化的方式,自动驾驶运输车辆,并且可以根据优化算法实现卡车的路径优化和智能调度,从而提升了矿山的运输效率。

2.2 降低运营成本

砂石骨料行业的运营成本主要包括人力成本、燃料成本、设备维修维护成本等等,无人驾驶技术的应用可以减少矿山生产过程中对人力的依赖,降低了人力成本;可以通过智能化的行驶控制和能源管理系统,优化燃料消耗,从而有效地降低生产过程中的燃料成本;可以依赖先进的预测技术,实现设备的故障预测和合理维护,提升设备的

使用寿命,降低设备的维修维护成本。最终,达到降低整个运输环节的运输与运营成本。

2.3 降低事故风险,提升生产安全性

砂石骨料矿山是一个存在众多风险的工作环境,尤其是人为诱发的风险更是突出,无人驾驶技术的运用可以将人从危险的环境中解放出来,降低了事故风险。并且无人驾驶技术可以通过各种传感器和相机来实时感知周围的环境,做到了精准识别,快速反应,确保安全。因此,无人驾驶系统自身的安全可靠性也相对较高,可以有效的降低矿山日常生产中事故发生的概率。

3 无人驾驶技术在砂石骨料矿山应用的实现路径

砂石骨料矿山相较于煤矿山和金属矿山而言,其无人驾驶技术普及的难度是最大的,因为,我国沙石骨料矿山遍布全国各地,有的气候严寒,有的气候干燥,有的高寒缺氧,还有的浓雾多雨,不同的沙石骨料矿山存在不同的实现难度。但是,绝大多数的砂石骨料矿山采用的运输设备都是宽体车,图1即为沙石骨料矿山使用的宽体车,并且大致的实现途径是相似的,只是需要因地制宜的做一些针对性的措施。图一为砂石骨料矿山常用的运输设备宽体车。



图1 宽体车

砂石骨料矿山无人驾驶方案主要分为三个部分,分别为车载系统、地面系统和云控平台。车载系统的落地主要是对矿山现场承担运输任务的宽体车设备进行改造,该系统包括了矿车无人驾驶系统和协同作业系统;地面系统主

要是为了弥补车载系统对矿区道路盲区多,路况复杂,信号覆盖不全面等问题,该系统包括了路侧协同系统和远程接管系统;云控平台是整个无人驾驶技术的中枢,承担着整个无人驾驶方案的调度规划、行车指挥、集中监控等功能。图2为砂石骨料矿山无人驾驶技术应用的技术途径。

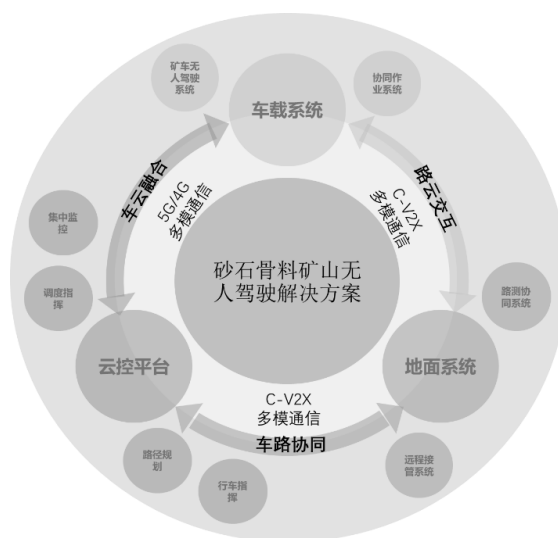


图2 砂石骨料矿山无人驾驶技术应用技术途径

3.1 车载系统

车载系统是指在矿用运输设备上加装这种硬件和软件系统,用于实现车辆的感知、定位、决策、控制和通信等功能。其组成部分主要包括环境感知模块、高精定位模块、无线通讯模块以及决策控制模块。首先,车载系统使用多种传感器来感知周围的环境,包括激光雷达(LiDAR)、摄像头、雷达(Rader)和超声波传感器等,这些传感器可以获取车辆周围的数据,如道路、障碍物和其他车辆的位置和速度等。图3为车载系统的传感器实物图。



图3 车载系统的传感器实物图

其次是高精度定位组件,矿山作为粗放的工作场景,无人驾驶设备的高精度定位至关重要,无人驾驶车载系统采用基于卫星定位和导航技术的全球定位系统(GNSS)和惯性导航(IMU)融合定位导航机制,结合RTK差分定位技术,确保定位和导航信息的准确性和可靠性,以便规划最优路径和目标导航。图4为高精定位模块组件的实物图。



图 4 高精定位组件实物图

然后是无线通讯模块是无人驾驶系统不可或缺模块,因为它是车载系统、地面系统和云控平台进行数据交互和信息传输的纽带,车载端的无线通讯组件由 GPS 天线、V2X 天线和通讯网关单元组成。图 5 为无线通讯模块组件的实物图。

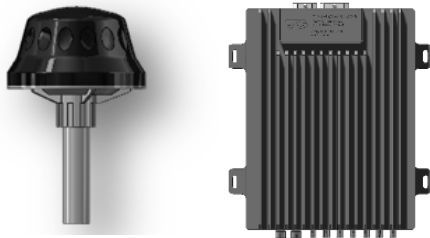


图 5 无线通讯模块组件实物图

最后,是决策控制模块,决策控制模块主要是车载的主机,车载主机具有点云计算、感知融合和定位、安全冗余控制、决策及规划控制执行及安全处理等,并且还需要负责对数据的处理和信息的交互。图 6 为车载主机的实物图。

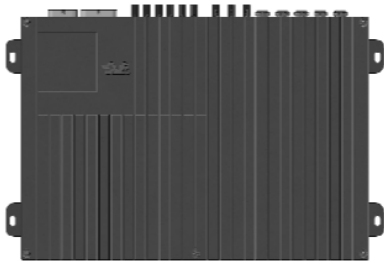


图 6 车载主机的实物图

所有车载系统安装在车辆设备上之后,可以初步实现车辆的感知、定位、通讯和决策功能。图 7 为无人驾驶技术车载传感安装位置及车载感知系统的感知范围示意图。

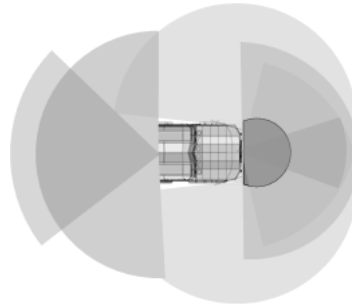


图 7 无人驾驶技术车载传感安装位置及车载感知系统的感知范围示意图

3.2 地面系统

地面系统主要包括路侧协同系统、高精定位基站、远程接管系统和各类地面管控终端,是无人驾驶系统稳健运行的支撑和保障。因为无人驾驶运输系统对于通讯的实时性和可靠性要求极高,因此为保证无人驾驶运输系统的安全、可靠运行,需要根据矿区实际通讯信号的状况,在局部网络弱处增加路侧单元,以实现通讯网络冗余。路侧单元由路侧主机、太阳能板、电池、摄像机、网桥组成。图 8 即为地面系统中的路侧单元实物图。



图 8 地面系统中的路侧单元实物图

地面系统中配置高精定位基站主要是为了对无人运输作业区域覆盖差分定位信号,满足无人驾驶运输系统对高精度定位的要求。图 9 为地面系统中高精度差分定位基站实物图。



图 9 地面系统中的高精定位基站实物图

地面系统中远程接管系统主要是为了在矿卡无人驾驶系统发生意外故障或者运行场景超出矿卡无人驾驶系统自主处理的范围时,系统自动向生产指挥中心发出提醒并申请调度员远程应急接管无人驾驶车辆,迅速远程遥控驾驶脱困,避免造成的运输中断。图 10 为地面系统中的远程接管系统实物图。



图 10 地面系统中的远程接管系统实物图

3.3 云控平台

砂石骨料矿山无人驾驶运输系统的云控平台能够实现车辆路径规划,车辆挖机匹配,交通管理等功能,且支持针对矿用卡车和协同作业系统的高效智能调度和实时动态监控,保障系统对矿山生产作业过程实施全局管控和快速响应。平台支持无人驾驶车辆分别以有人驾驶模式和无人驾驶模式开展运输生产作业的指挥调度,并能够对矿山所有无人驾驶矿用卡车进行统一的调度指挥,以安全、高效地开展采运排生产作业。

云控平台在面向操作用户层面,包含平台首页、车辆智能调度、动态路权管控、运营报警提醒、运行集成监视、数据统计分析、高精地图制作、系统设置管理等主要功能模块。在后台智能算法层面,支持智能自动调度任务分配和无人驾驶车辆行驶路权管控,保障系统自动高效、安全有序运行。图 11 为云控平台界面图。

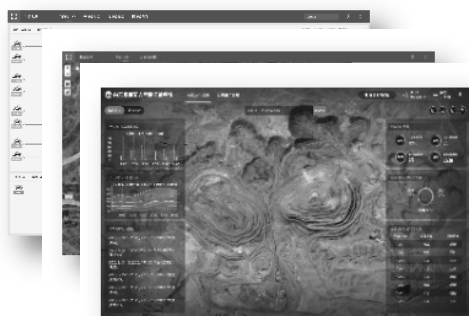


图 11 云控平台的界面图

4 结语

本论文深入探讨了无人驾驶技术在砂石骨料行业中的应用,发现无人驾驶技术在砂石骨料行业中具有巨大的潜力和广阔的应用前景。首先,无人驾驶技术可以提高砂石骨料开采和挖掘的效率。自动化的挖掘设备和无人驾驶的矿用车辆能够准确而高效地执行作业任务,减少人力投入,提高生产效率。通过减少操作误差和提高作业安全性,无人驾驶技术可以有效降低事故风险和运营成本。其次,无人驾驶技术对砂石骨料运输和运输管理具有重要意义。自动驾驶的运输车辆能够按照预设的路线和规则进行物料的运输,实现物流的精确控制和优化。通过云控平台的实时监控和调度,运输路径可以得到最优化,提高运输效率和资源利用率。同时,无人驾驶技术还能有效应对运输过程中的安全隐患,减少交通事故的发生。此外,无人驾驶技术在设备维护和管理方面也发挥着重要作用。自动化的巡检和维护机器人能够进行设备的例行检查和维护工作,提高设备的可靠性和使用寿命。无人机和传感器网络的应用可以实时监测设备状态,及时发现并解决潜在的故障问题,提高设备的运行效率和可靠性。最后,无人驾驶技术在砂石骨料行业中对安全和环境保护具有积极影响。自动驾驶的车辆和机器人可以承担危险和高风险的工作任务,减少工人的暴露和伤害风险。无人机和传感器网络的应用可以监测矿山环境的气体浓度、振动、温度等,有助于保护环境和采取相应的措施。

综上所述,无人驾驶技术在砂石骨料行业中的应用将提高生产效率、降低成本、增强安全性,并对环境保护起到积极作用。然而,需要注意的是,在推进无人驾驶技术应用的过程中,我们也应重视技术标准和法律法规的制定,确保技术的安全和可持续发展。我们相信随着无人驾驶技术的进一步发展和应用创新,砂石骨料行业将迎来更加智能化、高效化和可持续发展的新时代。

参考文献

- [1]于海旭,杜志勇,魏志丹,包玮玮,滕春阳,薛国庆,海素峰.我国矿区无人驾驶技术现状与发展趋势分析[J].工矿自动化,2022,48(S2):82-87.
- [2]刘伟芳,吴迪.国内外露天矿山无人驾驶技术发展现状[J].露天采矿技术,2020,35(04):32-34+38.
- [3]毕善春.宝武马钢南山矿和尚桥露天采场 5G+MEC 无人驾驶矿车项目[J].自动化博览,2021,38(02):80-82.
- [4]王本金,王山东,尹力,林震源.露天采场无人驾驶矿车试运行[J].现代矿业,2021,37(06):159-161.
- [5]刘育铭.浅析矿用卡车无人驾驶技术发展趋势[J].黑龙江交

(下转 86 页)

群塔防碰撞技术在房建项目中的应用研究

◎姚晋永 刘 建 / (中国水利水电第十一工程局有限公司)

【摘要】随着科技新时代的迅速发展,在有限的施工用地面积限制条件下,全国各地对高层建筑的需求量越来越大,与此同时,对高层建筑施工过程中的安全作业的要求性求也越来越高。为确保高层建筑安全施工,响应国家“安全第一”的号召,群塔防碰撞技术应运而生。本文以三门峡市刚玉砂厂周边棚户区改造工程项目(黄河花园)工程为例,对群塔防碰撞技术在房建项目中的应用进行分析和研究,对提高群塔作业中安全施工给出合理化建议,确保企业施工企业安全生产工作的稳步推进。

【关键词】群塔;塔吊;防碰撞;措施;数字化

1 引言

塔式起重机(tower crane)简称塔机,亦称塔吊,起源于西欧。动臂装在高耸塔身上部的旋转起重机。作业空间大,主要用于房屋建筑施工中物料的垂直和水平输送及建筑构件的安装。

三门峡市刚玉砂厂周边棚户区改造项目(黄河花园)工程位于三门峡市湖滨区黄河路西段,建设用地面积约 60102m²,共包含 9 栋住宅楼、附属商铺及地下车库,总建筑面积约 202447.92m²,施工内容包含建筑基础、建筑主体、建筑电气、给排水、采暖通风与空气调节、热动力、消防、人防、建筑外立面装饰、建筑室内装饰、电梯工程、信息设备、监控设备、其他全部配套设备。9 栋高层建筑均为剪力墙结构,地下二层混凝土框架结构。

本项目主体工程施工阶段安装的 7

台塔吊,主要用于钢筋、方木、模板、小型器具及周转材料等施工材料的垂直运输和水平运输,如图 1、图 2。

2 群塔作业的特点分析

2.1 塔吊数量多

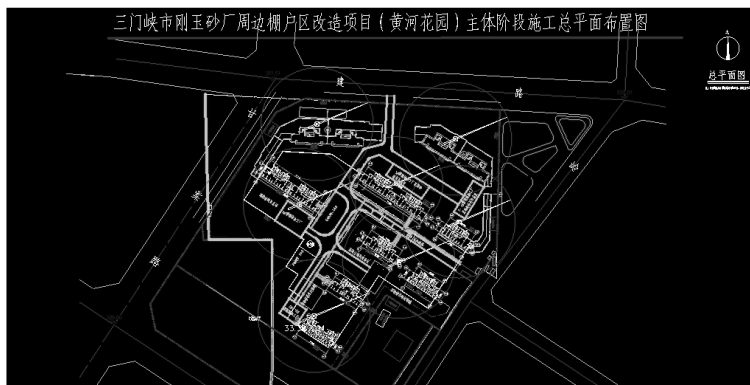


图 1 7 台塔吊平面布置图

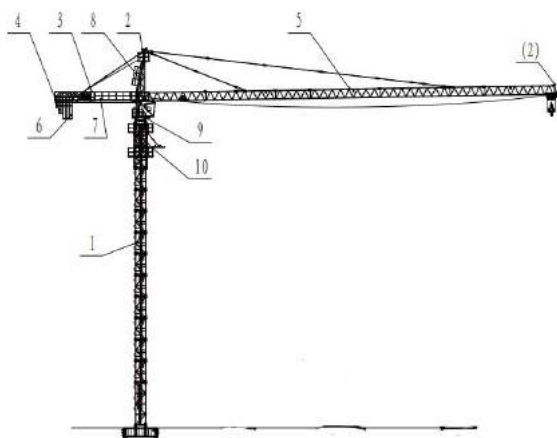


图2 塔吊示意图

在现场有限的施工范围内,科学合理的组织、协调多台塔吊之间共同作业是垂直运输和水平运输的重要工作内容。

2.2 塔吊高度高

相邻塔吊的塔臂必须要有高度差,并且回转时不得与相邻塔吊发生碰撞。各塔吊的自由高度和锚固后顶升高度不一样,要求各塔吊操作人员必须按照操作规程进行操作,不得违章作业。

2.3 为确保施工工期、质量、安全,各施工区域之间的资源平衡及各劳务作业班组之间的协调配合,要求对塔吊施工任务的合理分派。

3 群塔防碰撞措施

3.1 安装措施

在塔吊进场安装时,按照要求对各塔吊安装高度进行了调整,使每台塔吊的高度差在合理的范围内,确保了各塔吊在大幅度回转作业时不会发生碰撞,为项目安全生产提供有利保障。

3.2 技术措施

按要求对塔吊操作人、指挥人员、司索人员开展技术交底工作,在塔吊交叉作业区域内的吊装作业必须通过协调,做到分开吊装。根据现场实际施工情况,在保证各塔吊之间的安全距离、吊装高度的前提下,制定切实可行的顶升方案和时序表。

3.3 人员措施

第一,操作人员必须持证上岗。操作人员必须经过专业培训考核合格取得有效操作证后才能上岗,且必须严

格遵守操作规程和“塔吊十不吊”规定。第二,操作人员身体状况良好。操作人员必须经过正规医疗部门进行身体状况检查,不得患有色盲、听觉障碍、癫痫、心脏病、矫正视力低于1.0、突发性晕厥等影响起重作业其他疾病。第三,操作人员做好日常运行监测记录。操作人员认真做好日常维护保养工作,确保各项安全装置齐全有效,并按时填写维护保养记录。如果在塔吊运行中发生突发性机械故障时,必须立即停止作业,及时上报主管部门,并做好运行记录填报工作。第四,操作人员在作业前,需要对现场作业环境、临时道路、架空电线、吊装物的重量等实际情况进行充分的了解,确认各项内容均正常后方可作业。第五,塔吊司机、指挥人员、司索人员必须密切配合,须熟悉所负责塔吊的基本性能和基本原理,便于更好地指导日常的吊装作业。

3.4 安全措施

第一,加大塔吊进场验收把关力度。塔吊进场验收时,应检查塔吊的安全性能,各限位保险装置应灵敏可靠,并形成相应的验收记录,未验收的或验收不合格的,不得使用。禁止使用国家、省明令淘汰或禁止使用的、存在严重事故隐患的、超过安全技术标准或者制造厂家规定使用年限的、擅自拼装改装的、经检验达不到安全技术标准规定的塔吊。第二,低塔让高塔的原则。正常情况下,主要施工区域的塔吊、使用频率高的塔吊,其安装高度较高;次要施工区域、使用频率低的塔吊,其安装高度较低。低塔在回转作业时时刻关注高塔的运行情况,在确认无异常的情况下再进行回转作业。第三,后塔让先塔的原则。塔吊在交叉作业区域内同时作业时,后进入该交叉区域的塔吊须主动避让先进入该交叉区域的塔吊。第四,轻车让重车的原则。两台塔吊同时作业时,无吊载或吊载较轻的塔吊须主动避让有吊载货吊载较重的塔吊。第五,动塔让静塔的原则。塔吊在交叉区域施工作业时,进行运作的塔吊须主动避让处于静止状态的塔吊。第六,客塔让主塔的原则。在明确划分施工区域范围后,进入非本塔吊施工区域范围的塔吊须主动避让该区域范围内的塔吊。第七,夜间施工作业时,在保证有夜间照明的前提下,在塔吊的起重臂沿、平衡臂下沿采用霓虹灯进行环绕,在塔吊的吊钩上粉刷荧光漆,便于起到警示作用。

3.5 组织措施

为确保施工期间内各塔吊合理使用和安全作业,发挥塔吊的最大效能,满足现场施工进度需求,加强群塔作业的管理和调控,须成立群塔作业领导小组,全面负

责施工现场的所有塔吊作业的指挥和协调。第一,分工明,各司其职。群塔作业领导小组负责施工现场所有塔吊的总体指挥、协调。塔吊出租单位负责其塔吊的日常管理、故障排除、紧急抢险、日常维护保养等工作,按要求及时完成塔吊的锚固和顶升工作,组织塔吊的进场、安装、拆除、退场工作。塔吊机长负责塔吊的日常使用,加强使用工程中的管理和控制,并将有关信息及时反馈给群塔作业领导小组,便于及时作出合理的调整。群塔作业领导小组定期召开塔吊使用情况汇报专题会议,根据现场施工进度和实际情况,对不同时期、不同阶段、不同施工任务,对塔吊的使用进行科学、合理的协调,尽量减少塔吊交叉作业。

3.6 数字化远程监测措施。

建筑塔吊远程监测系统主要由3大部分组成:服务端包括数据库、管理平台;无线通信终端采用3G、4G或者5G工业路由器来实现数据联网;前端部分主要由摄像头、各种监控传感器组成。中心平台主要由数据服务器、应用服务器和监控大屏组成。主要实现数据的存储、计算、分析与监控等功能,及时对前端返回的数据进行处理,及时发现各种安全隐患,并发面预警信息,甚至做急停处理。前端采集与监控主要由摄像头、集各种监测与控制于一体的采集模块组成。由摄像头做视频监控,防止恶意操作、误操作等各种情况,传感器监测塔吊的起吊重量、电机温度、起吊高度等多种参数,及时把握塔吊的支行状态,发现各种安全隐患。主要优点为:一、集成监控系统一体化,实现塔吊的规范化操作,无线化、智能化管理。二、视频监控,可远程传输,通过手机IPC端查看,有效防止违规操作、误操作的现象出现,防止事故发生。三、塔吊状态监测,实时监测塔吊的起重重量、起吊高度、当前风速等塔吊状态和环境状态,提供工作状况的连续信号,实时控制,实时监视,实时互校,实时反馈,并及时发布警报。四、极强的抗干扰能力,

确保设备及系统的稳定性、数据的完整性、数据的可靠性。五、工业及无线传输设备,防尘、防锈、耐腐蚀,确保设备永久在线,安全、可靠;六、使用无线传输方式,无需布线,扩容方便,管理方便。七、实时对塔吊进行视频、状态等全方位监测,及时把握塔吊的运行状态。

4 结语

由于塔吊的特点,随着楼层的升高而升高,工地位置不同而随时转移,这导致了常规的塔吊监控方式难以满足实际要求。通过建筑塔吊远程监测系统,对设备状态实时监控,对运行数据实时采集并分析,建设设备故障、备件等数据库,提高设备故障诊断水平及维修实效,实现精细化管理。远程无线的监控,由于使用无线网络作为传输方式,无需人工布线,安装方便,价格低廉,可以很好地满足各个工地的实际需求。

参考文献

- [1]张勇. 建筑塔吊监控中心系统的开发[D].电子科技大学,2011.
- [2]李春雷. 建筑塔吊监控系统远程终端的开发[D].电子科技大学,2012.

作者简介

姚晋永 大学本科,经济师,现任中国水利水电第十一工程局第四分局设备物资科科长。

刘建 大学本科,经济师,现在中国水利水电第十一工程局第四分局设备物资科副科长。

(上接 83 页)

通科技,2022,45(08):141-143.

个人简介

谢辉 大学本科,工程师,任中国水利水电第八工程

局基础设施公司履约管理部副主任,从设设备物资及技术管理工作。

臧彦超 硕士研究生,高级工程师,现任北京踏歌智行科技有限公司解决方案总监,主要从事无人驾驶解决方案研究。

智能物料验收在工程项目物资管理中的应用研究

◎ 毕广旭 / (中国电建市政建设集团有限公司)

【摘要】随着物联网、云计算等数字技术的不断发展,其应用范围在不断拓展,尤其在工程项目物资管理方面,通过将传统物资管理进行数字化改造,达成智能物料验收,可轻松实现工程项目物资管理的数字化、智能化,实现物资全方位精细管理,实时、精准、科学的收集数据,有效规避人为干扰,减少亏损,通过多维度智能统计分析,使企业管理有闭环,问题可追溯,决策有依据。

【关键词】工程项目;物资验收;数字化;智能物料验收

1 引言

习近平总书记强调,加快数字中国建设,就是要适应我国发展新的历史方位。2020年国资委发布《关于加快推进国有企业数字化转型工作的通知》,2022年党的二十大提出加快数字中国建设的战略部署,要充分发挥数字化、信息化的带动作用,可以看出国家正在加快全社会的数字化转型进程,加快发展数字经济。在建筑领域,施工企业都积极响应国家新发展方向,切实行动,加快数字化转型,通过数字化手段进一步提高工程项目的成本管理水平,提升经济效益,以期在数字经济浪潮中站稳脚跟。由于物资成本往往占工程项目成本比例较大,物资管理更应成为工程项目管理数字化转型的重中之重,在物资管理方面可通过智能物料验收建设,轻松实现物资验收的数字化、信息化,有效提升工程项目的物资管理水平。

2 传统管理方式下物资验收的主要问题

2.1 现场验收过程不可追溯

车辆进出场时,过磅只有磅单小票,材料规格是否与记录一致、是否更换车牌、是否完全上磅、是否大车换小车等情况无从考究,无法实现过磅过程追踪管理。

2.2 现场验收过程繁冗,费时费力

过磅员过磅、材料员记账、监督供应商作弊等工作任务繁冗复杂,每次过磅需要4-5min,有项目施工高峰期一天过磅次数高达百次,项目上必须设置专职司磅员2-3名三班倒才能完成项目现场验收。车辆进场称重需要打印小票、贴附原始运单、再统一留存记录表格台账,需要多次重复填写供应商、车牌号、材料、时间等信息,工作量大且容易出现有意无意的人为错误,磅单保存混乱、易丢失等问题。

2.3 数据统计复杂,时效性差,对账结算问题多

通过excel汇总,费时费力,发现问题,也难以追溯,没有证据留存,填报数据滞后、准确性无法保障,多维度的数据分析难以实现。月底供应商对账结算阶段,通常要进

行大堆单据的计算对账,单据的真实性难以追溯,存在磅单一张多用,重复打印等风险。

3 智能物料验收解决方案

针对以上问题,通过智能物料验收建设,可很好帮助工程项目在材料进场、原材耗用、原材库存至现场耗用的整个生命周期中卡住各个关键环节,直接抓取业务数据、排除人为因素,从粗放式管理往精细化迈进,做好材料核算。通过远程视频及实时的业务数据分析进行远程管控,有效的节省物资成本,为公司层管理决策提供有效的依据。智能物料验收的所有基础数据由硬件设备采集,通过互联网上传至云平台,对数据进行分析再下发至控制端。在材料管理方面有效为公司堵住管理漏洞,达到降本增

效的目的。

3.1 智能物料验收应用主要数字化技术

运用物联网技术,通过地磅周边硬件智能监控作弊行为,自动采集精准数据,运用数据集成和云计算技术,及时掌握一手数据,有效积累物料数据资产;运用互联网和大数据技术,多项目数据监测,全维度智能分析;运用移动互联技术,随时随地掌控现场、识别风险,零距离集约管控、可视化智能决策。通过以上技术应用可实现物资验收的智能管理。

3.2 智能物料验收整体结构

智能物料硬件设备主要包括地磅、工控机、摄像头、红外对射、高拍仪等构成,软件主要有管控终端、数据分析平台、移动 APP 等。(详见图 1-4)

3.3 智能物料验收应用过程

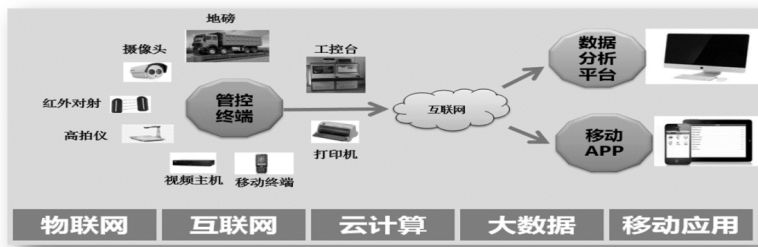


图 1 智能物料验收整体结构图



图 2 智能物料验收现场硬件



图 3 智能物料验收过磅场景



图 4 智能物料验收过磅单据

(1)业务管控终端通过软硬件结合,系统与地磅仪表集成,直接采集称重数据,称多少,记多少,避免人为干预,实称实入库,保证材料真实到场,堵塞管理漏洞。杜绝重复称重,同一车辆未出场不准再次称毛,避免一车多计。

(2)车辆皮重监控,自动记录车辆每次皮重,自动计算额定皮重合理波动范围,超限警示,提示过磅员检查车辆,避免车辆作弊造成数量亏损。对于车辆皮重,多次进场后,系统能够自动计算一个额定皮重并设定波动范围,皮重超出波动范围系统能够及时在称重界面进行预警提示,避免供应商换车换斗,避免物料数量潜亏,有效控制成本。

(3)摄像头全方位监控,有效监督验收过程,称重时系统自动抓拍车前/后/斗、磅房 4 个部位、称毛 4 张、回皮 4 张,共 8 张图片,与称重记录、磅单、及时拍自动采集的原始运单,发现问题及时制止、惩罚,过往问题核查追溯有依据。运单、质量证明等集成,有效积累物料数据。

(4)车牌自动识别,有效避免人工记录失误,规避在车牌上的作弊行为,如换车回皮、篡改车牌等;提高工作效率,同时留存车牌照片,可视化监督,发现问题能够追溯责任车辆,理清责任方。

(5)非称重材料移动 APP 现场实时点验,确保进出场数据完整、可控;移动发料实时发生实时上传,保证整体数据完整,且发料可填写使用部位,精准确定各施工部位消耗量,为经济活动分析、部位消耗核算提供实耗数据支持,提高效率、节省人力;移动收发料过程,可按企业管理制度设定拍摄过程图片,如“满车”“空车”“收料人”“发料人”“运单”“发料单”等等,同时要求各相关人签字,并将这些图片、签字与验收单或发料单进行集成。

(6)通过安装红外对射设备,在车辆不完全上磅或者后车压磅时出现报警,禁止车辆过磅直至车辆上磅规范。系统与仪表集成,实称实结。磅单自动抓取进场、出场共 8 张照片,并可以留存运单照片,所有图片信息与磅单一一对应,方便日后的查询,改错,问题追查。4 张进场图片与 4 张出场图片对比直观,过磅时即可立即发现是否出现大

车换小车、更换车牌等问题。车载材料是否与磅单、运单材料一致。同时对供应商的各种潜在作弊行为造成极大震慑,避免给项目带来经济上的损失。

(7)一次完整进出场称重,记录供应商,材料,车号,打印磅单等全部工作用时 50s,大大提升了效率。供应商信息、材料信息、规格型号统一录入,项目直接使用,实现从公司统一管理统一规范,这样也避免了人为原因造成的称重数量、供应商、材料等信息有意无意的错误、简称不一致导致无法统计的问题。

(8)系统数据通过互联网、物联网、大数据等先进技术,实现自动上传汇总,形成不同维度的数据台账,可按收发料类型、收发料汇总、收发料明细、供应商供货明细、车辆皮重分析、公司下属各项目部应用情况形成相应的台账。在数据中心可以提供多维度分析,决策者可按期查看大宗主材费用测算,废旧钢材处理情况等。部门主任可以按期次查看材料收发超负差情况。通过项目层数据的大量积累,为公司、项目提供及时、有效的决策依据。

4 智能物料验收应用效果

4.1 可实时查看现场物资管理情况

项目管理人员可以在办公室通过数据分析现场的物资验收情况,包括称重环节的直播视频、录像回放、称重数据及时上传、预警及时提醒等。企业和项目管理者外出时,也可以使用手机 APP 随时随地查看物资实际过磅情况,通过远程视频监控功能了解整个过磅过程。

4.2 提高工作效率

通常的管理模式都是通过项目进行数据采集汇总,以报表的形式发送给公司,这个数据的准确性得不到保障,也存在滞后性。使用智能物料验收可依据系统数据对材料进场量进行统计,可直接导出数据报表,极大的提高了物资收发存台账编制效率,系统确保每一条材料、每一条磅单都可以有据可查。

4.3 集约管控

(下转 79 页)

无铅焊料 Sn-0.7Cu 助焊剂 浅析及应用研究

◎吴云伟 冯元发 / (中国电建集团青海工程有限公司)

【摘要】本文主要通过大量的实验,验证加入不同浓度松香助焊剂后 Sn-0.7Cu 无铅焊料在铜表面的润湿性的好坏,找出松香助焊剂对 Sn-0.7Cu 无铅焊料在铜表面的润湿性的最佳浓度,应松香助焊剂的腐蚀性很严重,所以选择加入不同成分和不同浓度的活化剂,以减小其腐蚀性最后经过试验选出松香助焊剂与活化剂的最佳的配方与配比。

【关键词】无铅焊料;新型助焊剂;活化剂

1 引言

由于铅是重金属元素,在人体内易于积累,特别是铅离子与人体内蛋白质结合,会抑制蛋白质的正常化合。此外铅离子还易侵害人的神经系统,造成精神错乱。铅对婴幼儿的危害更大,会影响智商和正常发育,同时含 Pb 的物质会使人的神经系统发生紊乱,并导致癌症等疾病的发生。

目前开发出并可商业购买的无铅焊料有 40 余种(见图 1)。所有的无铅焊料都利用 Sn 作为基体材料,通过加入 Bi, Cd, In, Zn, Au; Ti, Ga, Hg, Cu, Sb 和 Ag 等元素中的一种或几种来得到合适的熔点和力学性能。由于 Pb 在地球上分布广泛,其价格十分便宜。因此,用以上无毒元素替代原焊料中的 Pb 都会导致焊料价格的上升。仔细分析新焊料在现今及将来的供应量是十分必要的。目前研究的无铅焊料主要有 Sn-Ag, Sn-Sb, Sn-Zn, Sn-In, Sn-Bi 等二元合金或三元合金。

合金系	熔化温度 (°C)	优点	缺点
Sn-9Zn	198	强度较高	润湿性差,不耐腐蚀,易氧化
Sn-Zn-Bi	180-197	熔点接近 Sn-37Pb 强度较高	润湿性及塑性差,冶炼及钎焊过程中容易氧化,服役过程中易腐蚀
Sn-52In	120	润湿性良好	熔点过低,成本高,韧性较差
Sn-58Bi	139	疲劳寿命好于 SnPb	熔点低,润湿性差,对应变速率敏感
Sn-0.7Cu	227	成本低,强度较高 延伸率高	熔点高,力学性能不如 Ag 钎料
Sn-3.5Ag	221	力学性能较好,蠕变 抗力较高	熔点高,高温下组织不稳定
Sn-3.33Ag-4.83Bi	205-212	剪切强度较高	延伸率低,容易产生角焊缝咬底
Sn-4.7Ag-1.7Cu	217	润湿性良好,抗疲劳 性能良好,对铅污染 不敏感	熔点较高,成本较高
Sn-3.8Ag-0.7Cu	217-219	润湿性良好,抗疲劳 性能良好,对铅污染 不敏感	熔点较高

图 1 当前出现的各种无铅焊料合金系列

2 针对 Sn-0.7Cu 无铅焊料助焊剂的有关研究

2.1 试验过程和方法

在查阅大量文献、专利,并参考相关助焊剂对 Sn-0.7Cu 的影响的基础上,本次实验重点研究,松香性助焊剂和不同的活性剂对 Sn-0.7Cu 合金在铜表面焊接后铺展率的影响,同时也希望能寻找其最佳匹配关系。通过试验分析,显微观察分析等对比考察松香性助焊剂加不同的活性剂对 Sn-0.7Cu 在铜表面焊接后的铺展率的大小影响。采用的实验方案如下:

(1)分别做实验观察出其松香作为助焊剂在一定的浓度下焊接在铜表面后的铺展率最好的松香浓度,松香 10%+乙醇 松香 30%+乙醇 松香 50%+乙醇 松香。

(2)在松香最合适浓度基础上加入不同物质不同浓度的活性剂,观察其铺展率。

(3)做出试样进行显微观察和数据处理。

(4)经过上步的观察和数据处理得出结论。

2.2 试样的制备及实验设备

(1)试样制备:Sn-0.7Cu 合金焊料切为 0.3g 颗粒,Cu 片 30 mm × 30 mm × 0.2 mm,无水乙醇、乙二醇、氯化铵、氯化亚锡、松香、盐酸二甲胺、己二酸、乙二胺。

(2)实验主要器材:箱式节能炉。

(3)实验环境:在箱式节能炉中 260℃ 温度下保温 60s。

2.3 助焊剂配制(以松香作为溶剂)

2.3.1 松香乙醇

(1)10%松香乙醇;(2)30%松香乙醇;(3)50%松香乙醇:在 50%松香乙醇中加入活性剂

2.3.2 加入一种有机酸

2.3.2.1 己二酸

(1)50%松香乙醇 +10%己二酸 (2)50%松香乙醇 +30%己二酸;(3)50%松香乙醇 +50%己二酸。

2.3.2.2 乙二胺

50%松香乙醇 +10%乙二胺

2.3.2.3 DMA

(1)50%松香乙醇 +5%DMA;(2)50%松香乙醇 +10%DMA。

2.3.3 加入无机氯化物 SnCl₂

(1)50%松香乙醇 +5%SnCl₂;(2)50%松香乙醇 +7%SnCl₂。

2.3.4 加入二种有机酸或三种活化剂

2.3.4.1 加入 DMA、己二酸

(1)50%松香乙醇 +0.5%DMA+1%乙二胺;

2.3.4.1 加入 DMA、己二酸

(2)50%松香乙醇 +0.5%DMA+20%己二酸;

(3)50%松香乙醇 +1%DMA+20%己二酸。

2.3.4.2 加入一种无机氯化物和一种有机酸

(1)50%松香乙醇 +0.5%DMA+2%SnCl₂

(2)50%松香乙醇 +3%SnCl₂+20%己二酸

(3)50%松香乙醇 +5%SnCl₂+20%己二酸

2.3.4.3 加入一种无机氯化物和两种有机酸

50%松香乙醇 +1%SnCl₂+10%己二酸 +1%DMA

2.4 润湿性及铺展率试验

2.4.1 基本理论

很多生活或工业上的过程都涉及到固体与液体的界面,如机械润滑、金属或陶瓷的钎焊、陶瓷的坯釉结合以及复合材料制备等。在这些过程中,液体对固体表面的润湿性能均起着重要的作用。液体对固体的润湿或不润湿均是常见的界面现象。如早晨水形成露珠在树叶上闪闪发亮。水银在玻璃上形成小珠,而水在玻璃表面则会铺展开来。

润湿作用实际上涉及气、液、固三相。因为固体表面的不均匀性及固体表面能难以直接测量,加上液体分子结构与固态比没有那么整齐,与气体比分子间距又很小,分子间作用力不可不考虑,这就使得固-液-气三相界面十分复杂。(见图 2)。

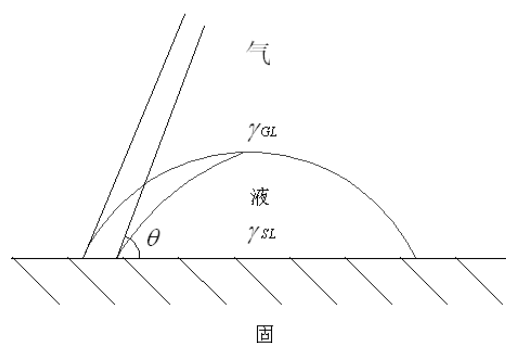


图 2 润湿形貌图

将一液滴置于固体表面上,形成如图所示的形貌。设在固-液-气三相界面上,固-气的界面张力为 γ_{SG} ,固-液的界面张力为 γ_{SL} ,气-液的界面张力为 γ_{GL} 。在三相交界面处自固-液界面经过液体内部到气-液界面夹角叫接触角,以 θ 表示。通过分析三相界面处的张力平衡可得 γ_{SG} 、 γ_{SL} 、 γ_{GL} 一般服从下面的关系:

$$\gamma_{SG} = \gamma_{SL} + \gamma_{GL} \cos \theta$$

这就是 Young 方程，也是研究液 - 固润湿作用的基础。接触角的大小可作为判断润湿好坏的依据，一般的，若：

- $\theta = 0^\circ$ 完全润湿，液体在固体表面铺展；
- $0 < \theta < 90^\circ$ 润湿， θ 越小，润湿性越好；
- $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 不润湿；
- $\theta = 180^\circ$ 完全不润湿，液体在固体表面呈球状；

用力学方法导出的 Young 方程虽是完全正确的，但仍有不少争议。Adam 等从能量观点导出 Young 方程。液体放在固体表面上，并形成如图所示的形状，平衡后系统达到最小自由焓状态。假定液滴足够的小，重力影响可以忽略。现液体发生一个小的位移，使各相界面的面积变化分别为： dA_{SL} 、 dA_{SG} 、 dA_{LG} ，则系统自由焓的变化为：

$$dG = \gamma_{GL}dA_{LG} + \gamma_{SG}dA_{SG} + \gamma_{SL}dA_{SL}$$

在液体位移后：

$$dA_{SL} = -dA_{SG}$$

$$dA_{LG} = \cos \theta dA_{SL}$$

代入式得

$$dG = (\gamma_{LG} \cos \theta - \gamma_{SG} + \gamma_{SL}) dA_{SL}$$

平衡时， $dG = 0$ ，因此有

$$\gamma_{SG} = \gamma_{SL} + \gamma_{LG} \cos \theta$$

2.3.2 润湿性及铺展率试验

将已准备好的无铅焊料 Sn-0.7Cu 小粒放在铜片（30 mm × 30 mm × 0.2 mm）上并加入松香助焊剂，放入 260 °C 烘箱中烘 60s。

(1) 松香乙醇助焊剂

表 1 加入不同比例松香乙醇助焊剂所得铺展面积

助焊剂成分	铺展面积 (cm)				
	1 #	2 #	3 #	平均值	铺展率%
10%松香乙醇	0.5291685	0.5314165	0.5253768	0.528653933	66.79%
30%松香乙醇	0.5307708	0.5366388	0.5422831	0.536564233	67.89%
50%松香乙醇	0.5406464	0.5606419	0.5306423	0.543976867	68.72%

根据所得结果测得铺展面积如上表(见表 1)，算出平均值并计算其铺展率，因为此次试验的目的在于无铅焊料与铅焊的比较。为了减小实验分析误差，铺展率计算为加入助焊剂后的铺展面积(图 3)与加入 50%松香乙醇助焊剂的比值(以下计算类同)。

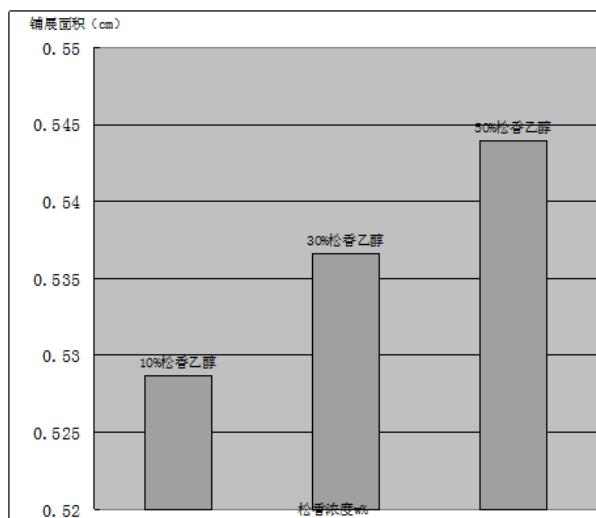


图 3 加入不同比例松香乙醇助焊剂所得铺展面积

以上图表(见表 1、图 3)分析得知，在 50%松香做助焊剂时(松香作为溶质，乙醇为溶剂)，松香浓度越高，无铅焊料 Sn-0.7Cu 在 Cu 片上的铺展面积越大，说明松香的浓度越高它对无铅焊料 Sn-0.7Cu 的润湿性越好。

下图(图 4、图 5、图 6)为不同浓度松香乙醇做为助焊剂，在铜片表面的润湿情况，10%松香乙醇做助焊剂，焊料焊接后的表面比 30%和 50%松香乙醇做助焊剂焊接后铺展面积要小但表面较光滑，说明观察浓度越高，松香腐蚀性越强，实验结果与理论相符。

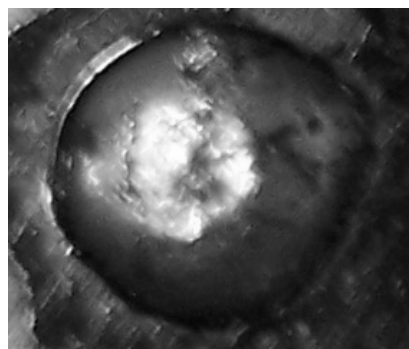


图 4 加入 10%松香乙醇

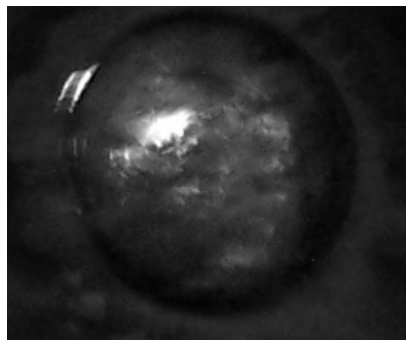


图 5 加入 30%松香乙醇

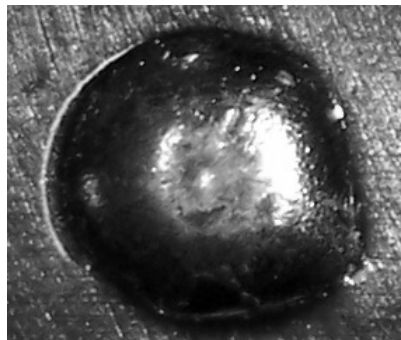


图 6 加入 50%松香乙醇

考虑到松香的强腐蚀性，本次试验选用松香浓度为 50%，在其基础上加入不同的活性剂，以提高润湿性，降低腐蚀性。

(2)在 50%松香乙醇助焊剂中加入一种活化剂

1)加入不同浓度有机酸己二酸

根据上面的图表(见表 2 与图 7)分析,在己二酸浓度

表 2 加入 50%松香乙醇助焊剂和不同浓度有机酸己二酸所得铺展面积

助焊剂成分	铺展面积(cm)				
	1 #	2 #	3 #	平均值	铺展率%
50%松香乙醇+10%己二酸	0.5856157	0.6489311	0.5944608	0.6096692	77.20%
50%松香乙醇+30%己二酸	0.5644055	0.5228160	0.6122684	0.566496633	71.57%
50%松香乙醇+50%己二酸	0.5727289	0.5929223	0.574699	0.580116733	73.42%

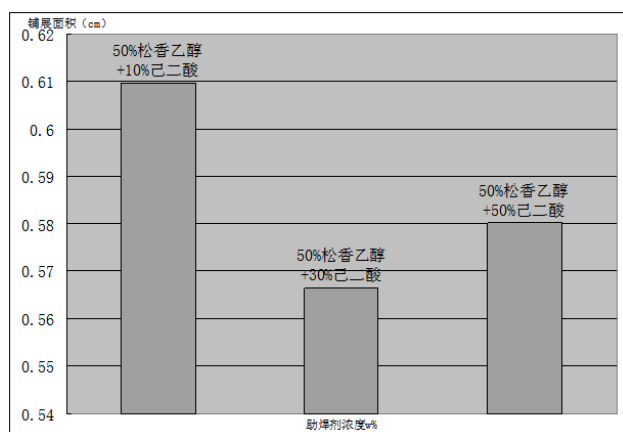


图 7 加入 50%松香乙醇助焊剂和不同浓度有机酸己二酸所得铺展面积图示

为 10%时,焊料在 Cu 片表面的铺展面积较大,润湿性比较好的好。

下图(见图 8、图 9、图 10)为不同浓度松香乙醇做为助焊剂,在铜片表面的润湿情况,己二酸浓度越高焊料表面越粗糙,铜片表面的残留物也越多,说明己二酸浓度越高

腐蚀性越大。

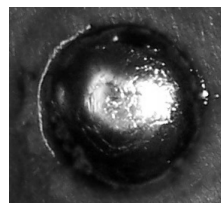


图 8 50%松香乙醇 +10%己二酸

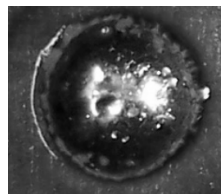


图 9 50%松香乙醇 +30%己二酸

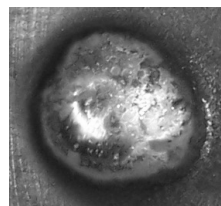


图 10 50%松香乙醇 +50%己二酸

2)加入乙二胺

以上面的数据(见表3)与图11分析,乙二胺做为活性

剂,使得焊料的润湿作用很差,而且有很强的腐蚀作用,铜片表面的残留物也较多。

表3 加入 50%松香乙醇 +10%乙二胺所得铺展面积

助焊剂成分	铺展面积(cm)				
	1 #	2 #	3 #	平均值	铺展率%
50%松香乙醇 +10%乙二胺	0.4026281	0.5012091	0.4052713	0.4363695	55.13%

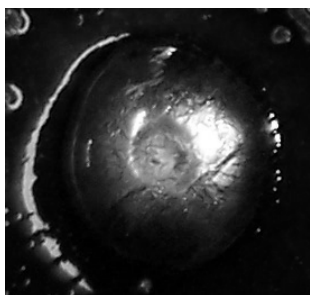


图11 加入 50%松香乙醇 +10%乙二胺所得铺展面积

3)加入不同浓度 DMA

根据上图表(见图12与表4)分析,在松香乙醇助焊剂中加入活性剂 DMA,10%的要比5%的铺展面积大,铺展率高,DMA的浓度越高其所起的助焊作用越明显。

根据下图(见图13、图14),DMA浓度越高虽铺展面积较大,铺展率越好,但焊料表面不光滑,腐蚀很明显,且铜片表面留有大量的残渣。

4)加入 SnCl₂(如表5所示)

表4 加入 50%松香乙醇助焊剂和不同浓度 DMA 所得铺展面积

助焊剂成分	铺展面积(cm)				
	1 #	2 #	3 #	平均值	铺展率%
50%松香乙醇 +5%DMA	0.6676781	0.6276393	0.6940893	0.663135567	83.78%
50%松香乙醇 +10%DMA	0.9626191	0.9154077	0.806922	0.894982933	113.14%

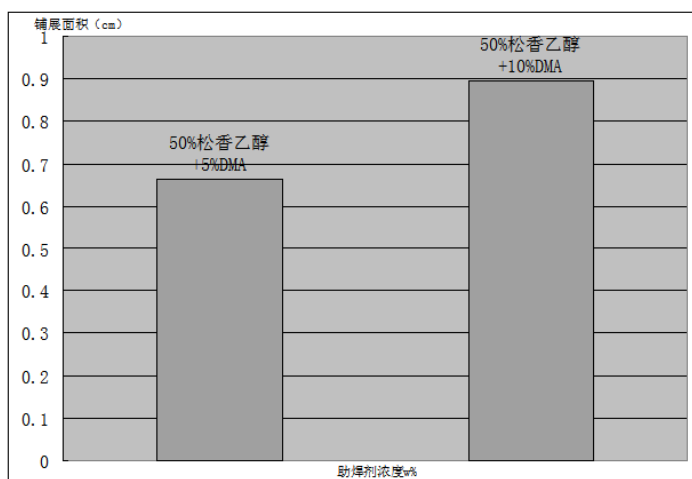


图12 加入 50%松香乙醇助焊剂和不同浓度 DMA 所得铺展面积图示

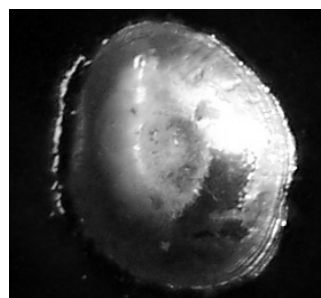


图13 50%松香乙醇 +5%DMA

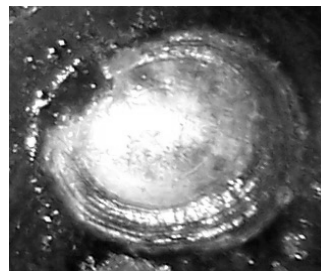


图14 50%松香乙醇 +10%DMA

表 5 加入 50%松香乙醇助焊剂和不同浓度 SnCl₂ 所得铺展面积

助焊剂成分	铺展面积(cm)				
	1 #	2 #	3 #	平均值	铺展率%
50%松香乙醇 +5%SnCl ₂	0.8973506	0.9199985	0.8420221	0.886457067	
50%松香乙醇 +7%SnCl ₂	0.8470326	0.9081273	0.8176723	0.857610733	

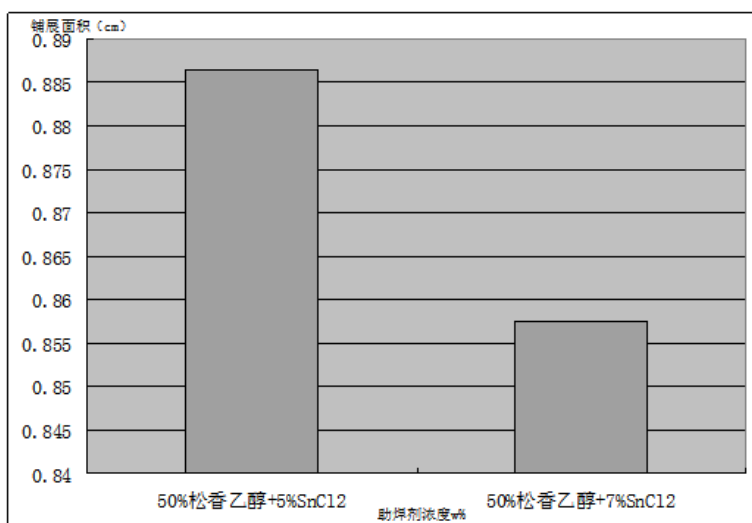


图 15 加入 50%松香乙醇助焊剂和不同浓度 SnCl₂ 所得铺展面积

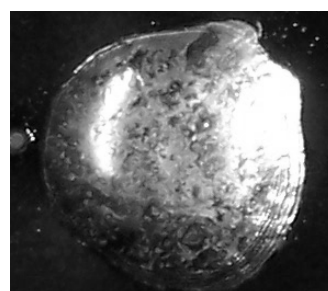


图 16 50%松香乙醇 +5%SnCl₂

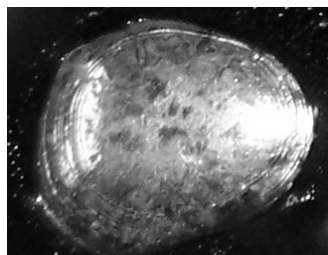


图 17 50%松香乙醇 +7%SnCl₂

根据上图表(见表 5 与图 15)分析,加入 SnCl₂ 焊料在铜片表面的铺展面积比较好,铺展率也很高,且 5%SnCl₂ 要比 10%SnCl₂ 铺展率要好。

根据以上比较,在 50%松香助焊剂中分别加入不同浓度活性剂己二酸、乙二胺、DMA 和 SnCl₂。Sn-0.7Cu 在 Cu

片表面的润湿性,存在活性剂 DMA 和 SnCl₂ 的润湿性最好,乙二胺效果不明显。

(3)加入两种或三种活性剂

1)加入两种有机酸

根据上面的数据(见表 6)与图 18 分析,在加入两种

表 6 50%松香乙醇助焊剂中加入不同浓度的两种有机酸所得铺展面积

助焊剂成分	铺展面积				
	1 #	2 #	3 #	平均值	铺展率%
50%松香乙醇 +0.5%DMA+1%乙二胺	0.4483722	0.4785984	0.4655297	0.464166767	58.64%
50%松香乙醇+ 0.5%DMA+20%己二酸	0.5807216	0.639780	10.6022453	0.607582333	76.76%
50%松香乙醇 +1%DMA+20%己二酸	0.7079463	0.7067067	0.8037838	0.739478933	93.42%

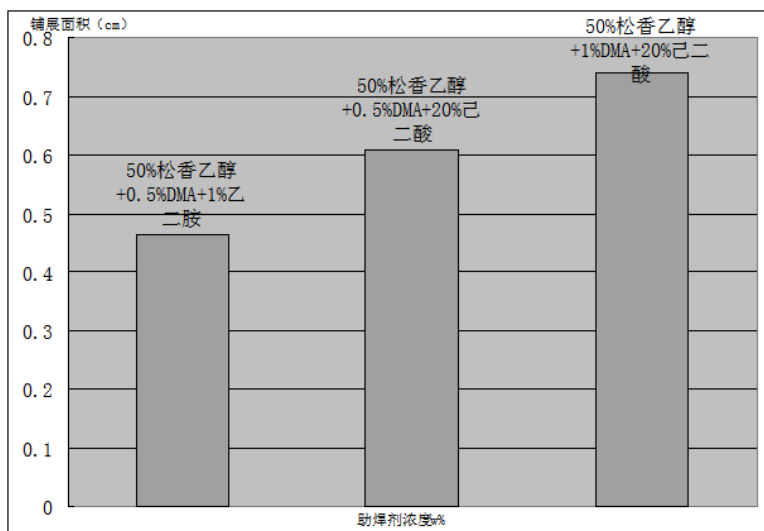


图 18 50%松香乙醇助焊剂中加入不同浓度的两种有机酸所得铺展面积

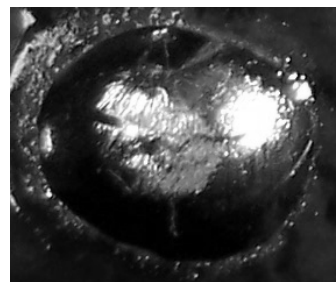


图 19 50%松香乙醇 + 0.5%DMA + 20%己二酸

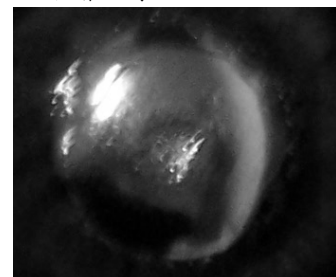


图 20 50%松香乙醇 + 1%DMA + 20%己二酸

有机酸时,有乙二胺的效果不好,铺展面积很小,铺展率底。在加入的己二酸浓度相同的情况下,加入 DMA 浓度高的铺展面积较大,铺展率高,润湿效果好。

根据对上示图片(图 19、图 20)的分析,在加入的己二

酸浓度相同的条件下,加入不同浓度的 DMA, DMA 浓度高的其焊料表面腐蚀较明显,并且在铜片上有大量的残渣。

2)加入一种无机氯化物和一种有机酸

根据上面的数据(见表 7)与图 20 分析在加入无机氯

表 7 50%松香乙醇助焊剂中加入不同浓度有机酸(DMA)和无机氯化物(SnCl_2)所得铺展面积

助焊剂成分	铺展面积				
	1 #	2 #	3 #	平均值	铺展率%
50%松香乙醇 + 0.5%DMA + 2% SnCl_2	0.6356546	0.9591424	0.8692655	0.821354167	
50%松香乙醇 + 3% SnCl_2 + 20%己二酸	0.8807319	0.6320547	0.7173564	0.743381	93.91%
50%松香乙醇 + 5% SnCl_2 + 20%己二酸	0.6085376	0.5856737	0.7123505	0.6355206	80.29%

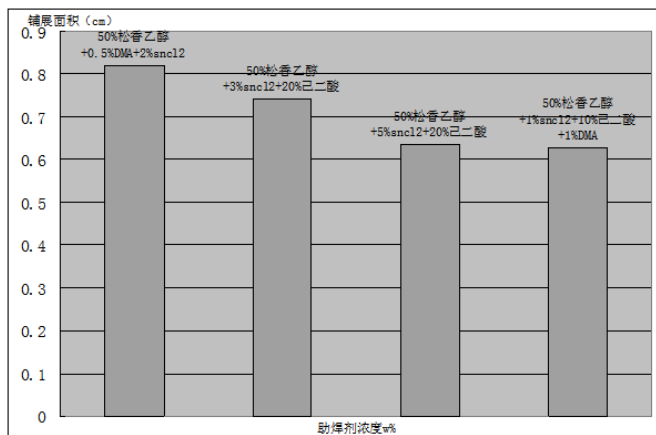


图 20 50%松香乙醇助焊剂中加入不同浓度有机酸(DMA)和无机氯化物(SnCl_2)所得铺展面积

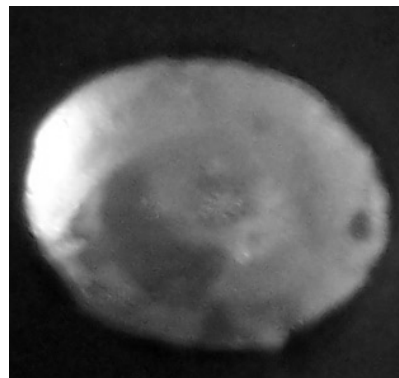


图 21 50%松香乙醇 + 0.5% DMA + 2% SnCl_2

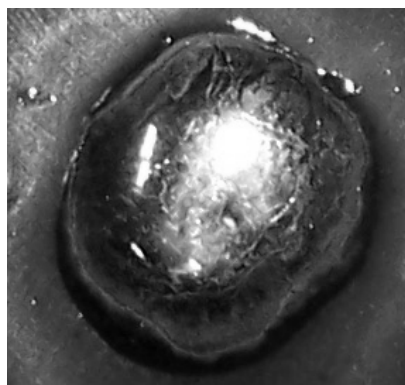


图 22 50%松香乙醇 +5%sncl+20%
己二酸

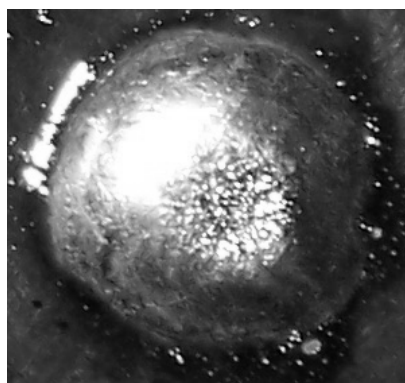


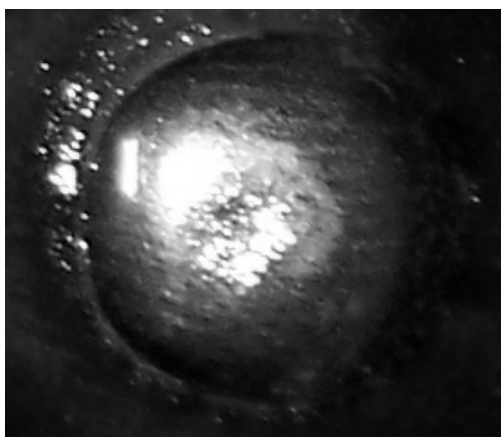
图 23 50%松香乙醇 +3%sncl+20%己二酸

化物和有机酸时,无机氯化物的浓度在 2%时的铺展面积最大,铺展率最好。但与以前几组数据相比较,加入无机氯化物时的铺展面积明显比没有无机氯化物时的面积要

大,铺展率较高。

3)加入一种无机氯化物和两种有机酸

助焊剂成分	铺展面积				
	1 #	2 #	3 #	平均值	铺展率%
50%松香乙醇 +1%sncl ₂ +10%己二酸 +1%DMA	0.7082598	0.5593717	0.6211084	0.629579967	79.54%



图片 24 50%松香乙醇 +1%sncl+10%己
二酸 +1%DMA

3 助焊剂成分对 Sn-0.7Cu 合金润湿性的影响

经过试验和结果分析得出结论,松香助焊剂对无铅焊料 Sn-0.7Cu 的润湿性中,松香浓度越高其润湿性越好,但浓度越高 Cu 片表面的腐蚀性越强。在松香助焊剂中加入

不同种类不同浓度的活性剂,再加入单一活性剂时 50%松香乙醇 +10%DMA、50%松香乙醇 +5%SnCl₂、50%松香乙醇 +7%SnCl₂ 的润湿性比较好,再加入多种活性剂时 50%松香乙醇 +1%DMA+20%己二酸、50%松香乙醇 +0.5%DMA+2%sncl₂、50%松香乙醇 +3%sncl+20%己二酸的润湿性较好。

4 结语

综上所述,在传统乙醇松香助焊剂中添加 DMA 可显著提高其活性,使 Sn-0.7Cu 对铜的润湿铺展面积有显著提高;再加入适当比例的乙二酸、SnCl₂ 可使其改善润湿性的效果进一步提高,并大大减轻助焊剂对 Sn-0.7Cu 合金和基体的腐蚀性。活化剂在助焊剂中的含量有一个最佳值。

作者简介

吴云伟 大学本科,工程师,中国电建集团青海工程有限公司,从事质量与科技管理。

冯元发 大学本科,工程师,中国电建集团青海工程有限公司金属试验室,从事金属检测技术管理。

《机电设备技术与管理》征稿启事

各单位、联络员：

尊敬的广大读者、作者：

★ 《机电设备技术与管理》是经湖南省新闻出版局批准内部发行的综合科技资料。主管单位：中国电力建设股份有限公司（以下简称“股份公司”），主办单位：中国水利水电第八工程局有限公司。

★ 本资料宗旨是为进一步提高股份公司机电设备技术与管理的专业化水平，打造高素质的机电设备技术与管理人才队伍，更好地贯彻落实股份公司的发展战略，促进机电设备与管理经验在股份公司内部子企业之间的沟通与交流，推广应用“四新”技术，建立一个技术创新与管理经验总结与交流平台。

★ 刊登内容：主要刊登股份公司当前机电设备技术与管理方面具有一定学术和应用价值的学术文献和机电设备技术领域内的新成果、新工艺、新产品等方面的论述文章。

主要栏目：观察与论坛；施工设备与管理；成套设备与安装；设备与金属结构制造安装；物流管理；发明与创新；操作运行与经验交流；行业动态与资讯。

★ 稿件质量要求：

1. 论文论点明确，逻辑严密，文字精练，数据准确，一般以 3000-5000 字为宜（特殊情况除外），标题应题意确切、言简意赅、力求简洁，字数不超过 20 个字。

2. 文章应附 150 字以内的摘要、3-5 个关键词。摘要是文章基本内容的简述，不加注释、评论，一般应说明研究工作的目的、实验方法、结果和最终结论等。

3. 文章题目、作者姓名、单位名称、摘要、关键词不可缺失。

4. 正文的标题层次用阿拉伯数字连续编号，如“1”、“1.1”、“1.1.1”，并一律左顶格，空一字的位置后接标题。如文章层次较多，内容可依次有（1）、2）、①，连续编号，限定不超过六个层次。

5. 正文采用宋体、五号字，Word 文档录入，1.5 倍行距，一档排版，请作者务必认真校核，如正文中插有图片，请另附 JPG、DWG 格式文件及说明。终稿后可直接或通过各单位联络员以电子邮件投稿。

6. 文章一律采用法定计量单位，且符合国家相关标准如《量和符号》《出版物上数字用法的规定》等的要求。

7. 图表要求浅晰、准确，插图请用 CAD 绘制，要求线条清细明晰、比例适当，文字简洁，尺寸单位、数字符号应标注清楚。

8. 来稿请注明作者姓名、职称、职务、工作单位、邮政编码、联系电话、电子信箱、参考文献等信息。

9. 来稿一经刊载，即按规定标准支付稿酬，稿酬只发放到各单位（原则上不直接面对作者）。

本资料编辑部地址：湖南省长沙市常青路 8 号《机电设备技术与管理》编辑部。

联系人：赵军帅

邮 编：410004

电 话：0731-82822020 18570629166（赵）

电子邮箱：jjdianjishu@163.com

《机电设备技术与管理》编辑部

2023 年 9 月 18 日



1	
2	4
3	5

- 1 引汉济渭”工程一期调水工程
- 2 杭州市富阳北支江水上运动中心
- 3 塞尔维亚贝尔格莱德绕城公路
- 4 东宝河停车场主体结构分部工程
- 5 坦桑尼亚朱利诺水电站7号机定子完成吊装





TB水电站