

压缩空气储能电站运营期设备信息管理研究

周 杨 陈 露 黄 星 余敦洋 刘万双

(北京洛斯达科技发展有限公司)

摘要：为提高压缩空气储能电站运营期设备信息管理效果，建立压缩空气储能电站设备运营期的管理平台，从设备日常管理、设备巡检管理、设备检修管理等方面对压缩空气储能电站运营期设备信息管理进行总结和分析，使设备资产管理标准化、精细化和智能化，帮助电厂实现更高效的设备管理，提高运行效率，降低维护成本，并增强电厂的整体竞争力。

关键词：压缩空气储能电站；运营期；设备信息管理

0 引言

压缩空气储能（Compressed Air Energy Storage, CAES）电站设备全生命周期的管理平台的建立是一项综合性工作，需要设计人员、施工人员、检修人员、运维人员以及管理人员等共同参与，横跨多个部门^[1]。CAES 电站运营期间的设备信息管理作为该平台中最为重要的内容，需要立足 CAES 电站基建期设备管理获取的设计数据、电厂生产过程的运行和维护数据，才能提供完整的资产管理、生产管理等功能，使各级领导与现场工作人员能够跨系统、更加一体化地进行设备信息管理，最大化提高工作效率，提升压缩空气储能电站的运行效益。

1 平台建设思路

CAES 电站运行期的管理是一个长久而持续的过程，能达到 30 年之久，运行期设备管理是整个电厂

的核心。在 CAES 电站运行期，根据设备唯一标识 KKS 编码建立设备台账，在继承基建期设备信息的基础上维护设备静态信息库，同时通过设备编码与两票、运行、检修和经营管理等功能模块关联，形成设备动态信息卡。通过设备台账里关联的设备动静态信息，建立完整可追溯的设备履历。跟踪设备检修所有环节，从检修计划制定，到检修实施过程，如检修立项、检修策划、检修开工、检修竣工和检修评价等内容进行全流程的信息化管控。平台设计图见图 1。

2 设备日常管理

为实现 CAES 电站的信息化管理，提高设备可靠性，优化设备维护管理。CAES 电站运营期应做好设备台账、设备卡片、缺陷管理、预防性维护、设备异动、设备保护投退管理、设备停服役管理、设备故障库建立等工作，通过实时监测设备的运行状态，及

基金项目：北京洛斯达科技发展有限公司科技项目（No. BNDZF23055）。

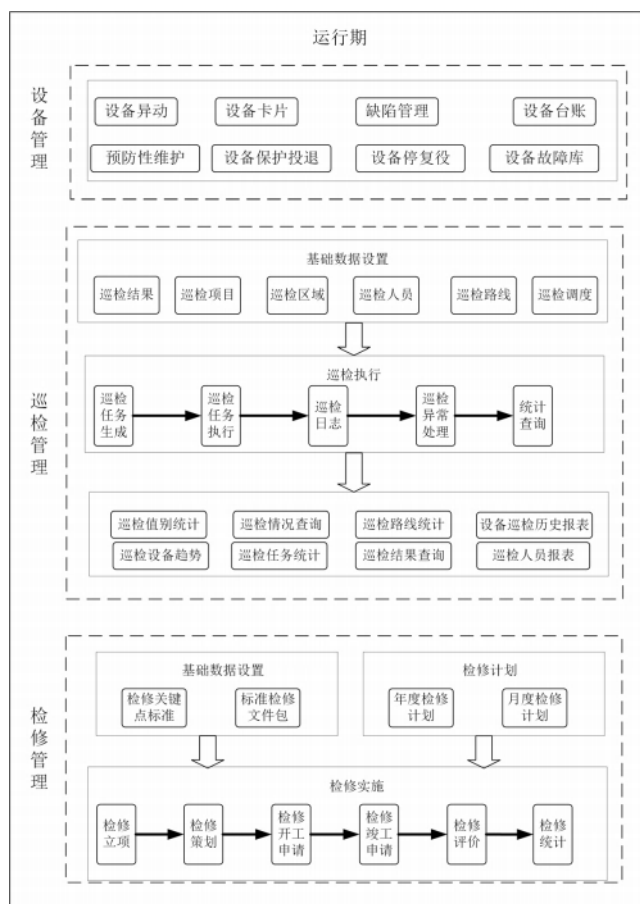


图1 平台设计图

时发现设备的异常情况，建立设备档案，记录设备的使用寿命，实现设备的全方位管理。设备管理业务关系如图2所示。

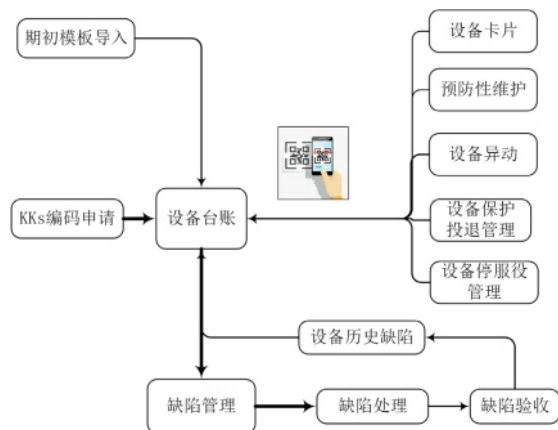


图2 设备日常管理业务关系图

2.1 设备台账

设备是电厂运行的基础，根据设备唯一标识 KKS 编码建立设备信息化台账，维护设备静态信息库，如设备的基本技术参数、原始采购信息（制造和安装）、重要技术参数、设备逻辑和物理位置^[2]。同时通过设备编码与两票、运行、检修和经营管理等功能模块关联，形成设备动态信息卡。通过设备台账里关联的设备动静态信息，建立完整可追溯的设备履历。

2.2 设备卡片

全面整合设备动态数据和静态数据，与设备台账、设备检修管理等模块无缝集成，形成设备“一张卡”，卡片可以实时全面反映设备基本信息、运行概况、运维信息等，并可以实时对设备运行工况进行分析和预警提醒。

2.3 缺陷管理

缺陷管理是对 CAES 电站日常运营过程中出现的各种缺陷进行及时记录、诊断、处理和跟踪，并自动统计缺陷发生的频率、影响范围和处理结果等指标，从而全面掌握全厂设备的运行情况，科学化、数据化、信息化地管理全厂设备^[3]。实现缺陷 Web 端和 App 端线上登记、审批、处理、验收，帮助 CAES 电厂对缺陷进行有序处理，同时通过统计和分析缺陷信息，帮助电厂管理人员制定针对性的设备维护计划，及时调整设备配件、更换老化设备，提高设备的可靠性和安全性。

2.4 预防性维护

预防性维护主要用于定期检查和保养设备，通过系统地分析和评估，确定设备的维护周期、维护内容和维护方式，确保设备得到及时有效地维护^[4]。及时发现设备存在的问题并进行修复，保证生产的连续性和稳定性，避免设备因故障而导致生产停工，减少维修的紧急情况和维修费用，保证设备的正常运转和性能稳定，提高生产效率和产品质量。通过对设备进行

定期维护，可以延长设备的使用寿命，减少设备更换的频率，降低企业的设备投资和维修费用。同时自动完成数据分析和报表生成，直观展示设备的运行状态和维护情况，为 CAES 电厂管理者提供及时的信息反馈和决策参考，帮助 CAES 电厂优化设备维护计划和提高维护效率。

2.5 设备异动

为保证压缩空气储能电厂设备、图纸、技术资料、规程与现场实际情况相符，便于运行、检修人员及时掌握设备和系统情况，防止混乱发生，对膨胀机、压缩机、电气、热控、水工、土建、给排水等专业有关设备的新装、改造、拆除、结构变更、更换主要部件（材料）、变更系统等设备异动情况进行线上管理。设备异动时按其对生产过程中的影响程度，分为重要异动和一般异动两类，系统对不同异动进行分级管理，一般异动专工选择异动设备，填写异动内容、原因、异动情况、预期效果等设备异动信息，对现场设备异动单据进行流程管理，申请，审核，会签异动内容，重要异动增加 QHSE 部和公司高管审核。

2.6 设备保护投退

设备保护投退是指电厂对自动保护装置（如道闸、开关、安全门等）投入和退出进行管理，明确和规范保护、联锁和报警系统的投入和退出，以加强保护、联锁和报警装置的管理。按设备分类、设备保护投退分为主机保护和辅机保护两大类，系统实现线上现场设备保护投退单据流程管理，申请，审核。辅机保护运行人员填写投退内容、原因及相关专业，专业专工对投退内容及原因是否属实，设备部热控专工负责审批可行性，当班值长进行表单确认，热控专工线下执行相应装置操作工作；主机保护增加设备部主任、总工和生产技术总监审核。

2.7 设备停复役

对设备的计划性和非计划性停役和服役的过程信息进行管理，计划性停复役填报基本信息作为记录进行系统留痕，主要包含停役信息和服役信息。停役信息有停服役编号、设备编码、申请人、申请时间、停役工作内容、停役安全措施、申请停役时间。服役信息有停服役编号、设备编码、申请人、申请时间、申请服役时间、网调批复时间、实际停役时间、服役工作内容、服役安全措施等。突发性设备非计划性停复役需要完成线上审批流程，专工、员工选择停服役设备及其专业，运行主任检查停服役内容，总工程师、生产技术总监审批其技术可行性，当班值长进行确认。

2.8 设备故障库

设备故障库总结设备发生的故障、所表现出来的症状、产生故障的原因，以及解决该故障所采取的措施，建立和维护设备故障历史记录，并定义故障代码。通过故障代码，可查看设备的故障历史记录的详细信息。建立故障、症状、原因、措施的设备故障体系功能，以层次性、关联性的方式将设备故障状态、频次、级别直观地加以显示。对设备故障进行登记，运行人员、技术或巡检检修人员发现故障后填写故障设备，录入故障名称、类型、故障经过、处理过程、事故损失等故障基本信息。对设备故障进行分析，技术专工根据故障登记分析原因，录入故障类型、故障名称、专业、发生时间、设备概括等故障主要信息。

3 设备巡检管理

设备巡检是保障 CAES 电站生产安全、提高工作效率的关键环节。传统的巡检方式存在很多问题，如巡检不规范、数据不准确、无法跟踪记录等。为了解决这些问题，CAES 电站引入数字化设备巡检功能，通过智能化、数字化的方式，实现对设备运行状态的

实时监控和数据记录, 为企业提供更加高效、可靠的巡检管理方式。设备巡检管理具体内容如下。

3.1 巡检任务设置

巡检管理实现巡检标准的配置与定义功能, 主要包括巡检的项目、设备、部位、内容以及巡检的顺序、周期、线路等。可根据巡检策划信息, 自动推出巡检任务下发到巡检设备中, 线上巡检, 支持巡检仪和手机 APP 巡检。根据巡检区域、巡检人员、巡检路线、巡检设备、巡检执行频度等因素编制成不同的巡检任务。制定完巡检任务后, 通过网络将当前需求执行的巡检任务下发至巡检仪, 巡检人员对任务信息进一步细化后开始当次巡检作业。通过将巡检任务自动分配给合适的人员, 减少了人工调度的时间和精力消耗, 同时还可以确保巡检任务按时完成^[5]。

3.2 巡检任务执行

运行部人员定期会对全厂设备运行状态、性能表现、安全性能和清洁程度进行巡回检查, 发现设备的安全隐患和不安全操作行为, 及时消除安全风险, 保障员工和设备的安全。通过在巡检线路上部署无线网络, 配合巡检设备完成整个巡检数据采集。巡检员根据设定的巡检路线和巡检内容进行巡检, 利用巡检设备实时采集设备的数据, 巡检数据自动回传到系统形成巡检记录, 系统对巡检数据进行处理, 自动生成多维度统计报表, 及时发现设备运行中存在的潜在问题, 并提出改进措施, 进一步提高工作效率。

3.3 巡检异常管理

巡检中发现的异常情况需要在最短时间内得到解决, 巡检管理模块支持设置异常报警规则, 当设备出现异常情况时, 系统会自动发送报警信息给相关人员, 以便及时采取措施, 对巡检异常情况进行处理, 包括生成缺陷、闭环处理、生成隐患、登记检修日志等。此外, 巡检模块还可以通过多维统计, 例如任务总数、完成数、完成率、执行数、执行率、应

测数、实测数、漏测率、异常数、异常发现率等信息, 展示巡检人员的巡检执行异常情况, 使巡检人员日常巡检更规范化, 方便电厂领导层直观掌握当前巡检设备异常和巡检执行异常的全部信息。

4 设备检修管理

设备检修管理实现 CAES 电站电力检修计划、检修过程和检修结果记录的自动化管理, 让设备部人员和电厂管理者随时掌握电厂设备的运行状态和检修情况, 并能及时制定对应的检修计划和调度方案, 从而提高电力设备的运行效率和设备的可靠性^[6]。设备检修分为计划性检修和日常检修, 将原来检修零散化管理归类成从局部到系统、从被动到主动的系统性管理模式, 打造机组标准化检修体系, 实现大小修工作的修前、修中、修后标准化全生命周期智慧管控, 提高检修质量, 缩短检修周期, 降低检修成本, 提升 CAES 电站效益。设备检修管理业务如图 3 所示。

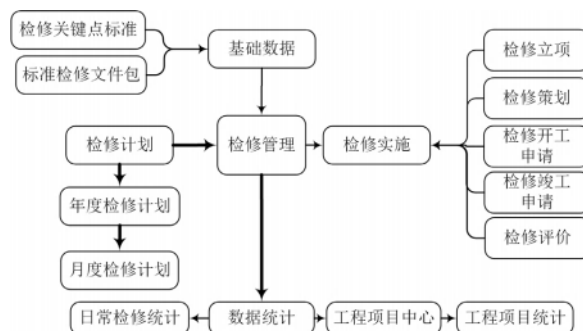


图3 设备检修管理业务图

4.1 基础数据收集

通过模板提取文件包结构化数据, 并以结构化数据方式进行数据存储, 实现检修关键点标准和标准检修文件包的电子化应用, 建立完整的标准化检修项目数据库, 为检修策划提供基础数据, 解决线下依赖于纸质文件, 文件处理过程中出现遗漏、错误或损坏的痛点。

4.2 检修计划

计划检修能够在 CAES 电站故障发生之前,及时发现并消除潜在的隐患,例如设备老化、磨损、松动等,避免故障进一步发展,降低设备故障率,保证设备在一个良好的工作状态下运行。通过定期的检查和维护,可以有效地减少设备的故障率和意外损坏,保证设备在正常运行状态下工作^[7]。科学合理的检修计划对电厂的运维至关重要,CAES 电站检修计划分为年度检修计划和月度检修计划,根据现场实际需求,填写年度和月度检修计划,进行报送审核,支持线上填报和审批检修计划。

4.3 检修实施

检修实施主要包含检修、技改工作。从项目策划、核准、审批,到项目作业前准备,到项目作业过程管控,到项目作业验收及总结进行一体化全过程管理,以及对项目质量、作业安全、外委团队等实现精细化管控,可以有效提高 CAES 电站检修、技改管理能力^[8]。

4.4 检修评价

CAES 电站在检修竣工完成后,线上对本次检修内容进行总结,包含验收内容,验收标准,验收意见,本次检修所涉及的相关文件,本次检修所花费的总体金额,检修安全项评分,检修质量项评分。同时对本次检修工作进行总体评价,评价可分为“优”“良”“合格”和“不合格”四种等级。其中“优”的条件包括符合质量标准上限、原始记录正确齐全、进度快且安全好等;而“不合格”的条件则包括达不到上述标准要求。这种细致的线上评价体系有助于全面了解检修工作的质量和效果,进而不断改进和优化检修流程。

5 结束语

总之,压缩空气储能电站运营期设备信息管理的

最终目的是在确保规划合理、工程优质、电网安全、设备可靠的前提下追求设备资产全生命周期整体收益成本比的最大化,帮助电厂实现更高效的设备管理,提高运行效率,降低维护成本,并增强电厂的整体竞争力。

参考文献

- [1] 李子钰,吕宏,李祖辉,等.空气压缩储能的发展现状及其应用前景[J].资源节约与环保,2023(8):5-8.
- [2] 陈辉,张宪岭,林迎虎.新型电力系统下压缩空气储能标准体系研究[J].江西电力,2024,48(2):52-56.
- [3] 毕凯,宋明中,林玉杰,等.基于光伏电站的压缩空气储能研究[J].中国科技信息,2022(21):62-63.
- [4] 章阳.浅谈设备管理信息系统对数据准确性的影响与改进[J].中国设备工程,2024(9):94-96.
- [5] 王树民,程海峰.海外电力投资项目设备全生命周期管理与实践[J].水电站机电技术,2023,46(1):140-142.
- [6] 李洪伟,程国灿.设备管理标准化体系建设探讨[J].中国设备工程,2024(S2):331-334.
- [7] 王玲.浅析发电厂电气设备的运行管理及维护措施[J].中国设备工程,2023(22):57-59.
- [8] 兰金江,张金伟.基于集约化模式新能源设备管理体系建设与应用[J].企业管理,2023(S1):124-125.

(收稿日期:2024-08-25)