

[电力自动化]

电厂检修隔离与管控系统的研究与应用

文/长园共创电力安全技术股份有限公司 罗映梅 谭志勇

针对电厂的特殊结构以及检修过程中由于人为因素导致的安全事故，提出了一种电厂检修隔离与管控系统方案，在检修过程中对危险点进行强制闭锁隔离，将隔离设备的操作权限转移到检修人员手中，确保检修作业过程安全进行。

近年来，电厂检修过程中的安全事故呈高发态势，根据原国家电监会及国家能源局通报汇总，全国的电力人身伤亡事故中发生在电厂的事故占70%以上，其中发生在检修试验过程的事故件数占70%以上。以2017年国家能源局统计数据为例，2017年的电力安全事故中，发生在检修试验过程的事故件数为35起，占72.9%；检修试验过程中事故死亡人数为35人，占62.5%。因此，研究如何保障检修过程中的人员和设备的安全非常有意义。有文献提出在微机防误系统的基础上引入电气检修隔离操作，通过事先在防误软件上隔离检修设备的方式，确保检修隔离设备在系统中不可模拟预演，从而防止人员误动检修设备。对电厂关键部位进行刚性控制、对电气状态进行状态检修，是确保检修过程中检修人员及设备安全的主要手段。检修隔离系统在国内已经取得了一定的成果，但却始终未能实现在特殊情况下，按照隔离点设备状况，自动识别交叉隔离点进行权限分解。本文提出的检修隔离与管控系统是专门针对检修作业过程中的安全措施危险点进行强制隔离闭锁管控的方案，系统通过专家系统生成安全措施电子票，当检修工作涉及交叉作业时，对交叉隔离点进行重叠授权，在系统上对隔离设备授权为唯一操作权，确保在检修过程中隔离设备在模拟预演中不可操作，未经解锁授权确认，其他人员无法解除安全

措施，从而保障检修过程安全进行。

电厂检修现状及研究思路

电厂的检修对象主要有热力设备及电气设备，设备种类繁多，检修涉及面广，多作业交叉作业，检修过程安全管控难度大。目前，一般采用传统的操作挂牌的方式进行安措布置，存在误动误碰的安全隐患，同时，现场布置的安全措施，容易被人为误动，造成安全隐患，如何对种类繁多的各种设备进行统一集中管理，防止人员误动误碰或误闯检修作业区域，导致事故隐患，一直是电厂检修中亟待解决的问题。

围绕检修安措的管控，以管理安措的正确性、控制安措执行的强制性为目标开展系统研究工作。在安措“管”的方面，依托工作票（或隔离票），提炼安全措施中的规则，积累成“安全措施专家库”，利用图模一体化技术，建立现场安措同专家库的相互关联机制，结合生产自动化系统接口获取远程控制设备状态数据进行稽核校验，实现安措智能评估，确保检修作业中各项安措的正确性。在安措“控”的方面，以生产工艺流程为依托，结合上锁挂牌的安全理念，用智能钥匙作为正确执行的桥梁，采用隔离锁具及附件达到智能锁定的目的，实现现场强制隔离闭锁、交叉作业的智能控制，确保检修作业中各项安措

与工作票的一致性。

检修隔离与管控系统

1. 系统介绍

检修隔离与管控系统由检修隔离管控系统软件、检修隔离管控主机、智能钥匙、授权卡（安全卡、控制卡）、适配器和闭锁附件等组成，其架构图如图1所示。



图1 系统架构图

2. 系统配置

(1) 软件配置

检修隔离与管控系统最重要的部分即检修隔离管控系统软件，简称管控软件。管控软件一般布置在电厂的主控室内，主要作用是完成操作任务的模拟预演；逻辑校核；预存危险点数据库，智能生成工作任务安全措施票，对隔离设备设置为唯一操作权进行软闭锁；交叉作业时智能识别重叠隔离点，通过逻辑分析判断重叠点的安全措施是否完备、作业是否可进行；操作追忆（黑匣子）功能，可对历史任务、历史操作进行追溯等。管控软件支持与DCS系统数据交互，可实时监测设备状态。

(2) 硬件配置

检修隔离与管控系统硬件配置主要由主机套件、通信套件、操作套件和闭锁套件四大套件组成。检修隔离管控主机作为主机套件，是配置有检修隔离与管控系统软件及锁具数据的电子计算机，通过搭建软件平台预存电厂的设备信息、锁具信息，实现对电厂设备智能化管理；通信适配器作为通信套件，是智能钥匙与管控软件信息交互的纽带，票数据的传送以及操作记录回传均通过适配器才可完成；智能钥匙作为操作套件，具有对锁具解闭锁、记录存储等功能；闭锁锁具及附

件作为闭锁套件，其原理是通过打开或关闭设备的机械操作结构，实现设备的解闭锁，锁具常使用的是无源编码锁，可满足各种不同的现场需求。

3. 系统特点

本系统与市场现有的电厂检修隔离管控系统主要有三个特点。

1) 专家库系统开票。预先在系统内存储电厂检修作业过程中的所有危险点数据，组成危险点数据库，在使用系统的过程中根据检修设备智能生成隔离票，专家库的使用使整个操作流程更加便捷简单，在技术方面更是向智能化迈进了一大步，进一步提升电厂检修作业安全管理水平。

2) 权限转移。检修作业开始时，隔离设备的唯一操作权限掌握在检修人员手中，杜绝其他人员误动、误碰检修隔离设备等行为，真正做到将生命握在自己手中。

3) 交叉作业管控。智能识别交叉作业中的重叠隔离点，对该隔离点依次增加远程闭锁，当该隔离点所涉及的所有检修作业全部完成后，才可解除安全措施，可有效管控交叉作业安措权限管理。

这三点区别决定了检修隔离与管控系统在电厂中的重要地位，在保障检修作业安全进行的前提下，将电厂生产带入新智能化的时代，为推动电力生产起到了关键性作用。

4. 系统功能

(1) 安措自动生成功能

根据电厂生产现场情况，预先在系统中绘制现场一次接线图，通过分析系统内设备连接关系，实现系统自动识别检修工作所需最小安全措施，改变常规以人工经验为主的安全措施列举方式。为得出完整的检修安全措施，该系统由主系统安措自动识别模块、辅助系统安全措施模块和专家库模块分别得出安全措施，汇总后得到完整、可靠的安全措施列表。

主系统安措自动识别是根据系统连接关系及检修目标得出的安全措施，具体表现为检修点默认要求带压状态为0（不带压），从该检修点出发检索与其直接相连的有源类、开关类和负载类元件，将检索结果列出并要求该类元件不带压，这就是主系统安措自动识别的原理。辅助系统安全措施是在主系统安措自动识别的基础上应用逻辑表达式功能，完成安措生成，其原理为系统获取检修目标后，根据预设的逻辑表达式，生成该检修任务的安

全措施。专家库是专业人员预先根据现场经验总结整理出于系统连接关系无关的安全措施,根据检修目标,匹配专家库中的安全措施。由以上三个模块汇总可得出专业的、可靠的安全措施。

(2) 强制闭锁功能

隔离票下发到智能钥匙,此时在系统中被锁定为隔离设备的设备在系统中不允许被操作,运行人员拿智能钥匙到现场执行安措,每布置一项安全措施需经智能钥匙确认,确保安全措施完整性和正确性。只有安全措施按照隔离票对隔离设备进行强制闭锁后,工作负责人才能确认执行检修工作。强制闭锁隔离设备是利用技术手段来避免由于人为因素破坏安全措施、误动隔离设备导致安全事故发生。

(3) 权限转移

运行人员布置完安措后,由工作负责人和工作许可人共同确认安全措施的正确性和完整性,安措确认无误后,通过智能钥匙将设备唯一操作权限转移至安全卡、控制卡,检修人员持安全卡去现场操作,运行人员持控制卡,只有当检修结束,检修人员与运行人员共同刷卡权限确认后,方可解除安措,其他人员无法解除安措,实现检修人员控制设备操作权限,将生命握在自己手中。权限转移的同时,管理主机会将已经实施安全措施的隔离设备在软件上进行强制闭锁,从源头进一步隔离危险点。

(4) 交叉作业管控

出现多任务交叉作业的情况时,针对交叉作业中的重叠设备在上一个任务已对该设备执行安措的情况下,系统仍会将重叠设备列为该任务的安措范围但会给出提示“该设备为交叉项”,运行人员对该设备执行安措时只对锁具进行读码,不具备开锁、闭锁功能;同样,解除安措时如果重叠设备中还有其他任务未结束时,针对该设备只读码,不具备开锁功能,只有该隔离设备涉及的所有检修作业均结束时,才允许解锁,解除安措。交叉作业管控功能可有效防止交叉作业时因安措权限管理不到位而导致安全事故的发生。

工作流程

进入检修隔离与管控系统,将需检修的设备选为“待检修设备”,可从专家库中调取安全措施,也可手动添加其他危险点到隔离票中,选入隔离票中的设备即为隔离设备,将隔离票传票至

智能钥匙,此时系统将隔离设备设置为唯一操作权,不可模拟操作;运行人员拿着智能钥匙去现场执行安措将隔离设备强制闭锁,安措执行完毕后,智能钥匙将闭锁操作记录回传并将隔离设备操作权限转移到安全卡、控制卡中,检修人员持安全卡到现场进行检修工作,运行人员持控制卡,执行安措操作流程,如图2所示。

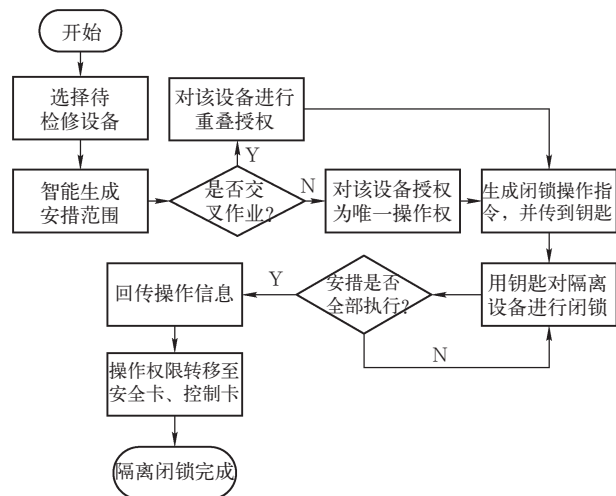


图2 执行安措操作流程

检修工作完成后,智能钥匙读取安全卡、控制卡权限,只有安全卡、控制卡均授权确认的情况下才可及设备操作权限收回,将智能钥匙放到适配器中,回传操作纪录;运行人员在系统中选中该任务点击“解除”按钮,生成操作指令到智能钥匙中,运行人员拿钥匙去现场解除安措,如果存在交叉作业的隔离设备,并且有任务未完成时,针对该重叠设备只读码,不具备解锁权限,只有最后一个任务才具备解锁功能,安措解除成功,钥匙回传操作记录,票结束,解除安措操作流程如图3所示。

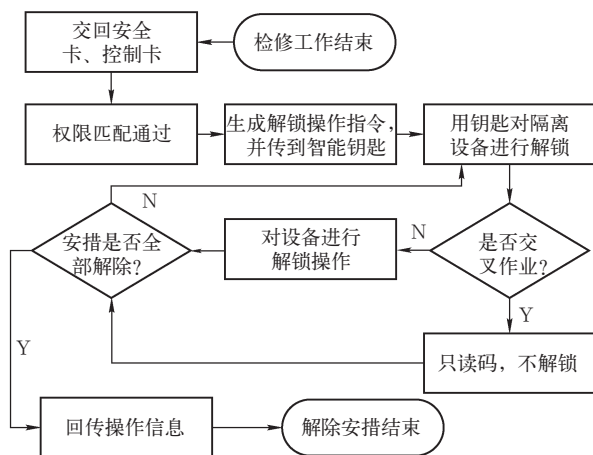


图3 解除安措操作流程

应用分析

1. 工程简介

广东大唐国际雷州发电厂 $2 \times 1\,000\text{ MW}$ 工程位于广东省粤西地区湛江市雷州市乌石镇，规划总容量 $6\,000\text{ MW}$ ($2 \times 1\,000\text{ MW} + 2 \times 1\,000\text{ MW} + 2 \times 1\,000\text{ MW}$)，一期建设 $2 \times 1\,000\text{ MW}$ 超超临界机组。

2. 应用介绍

(1) 系统布置

长园共创在雷州发电厂主控室安装了一套电厂检修隔离系与管控系统，该系统具备先进的检修隔离管控功能，同时也具备完善微机五防的功能，能够对设备的检修过程以及设备操作过程进行有效地安全管控。该系统现场布置如图4所示。



图4 电厂检修隔离与管控系统

(2) 现场闭锁方案

根据电厂设备操作机械不同，现场由电气锁、机械编码锁、易安锁及其附件等组成，用于对现场设备的防误闭锁，满足强制闭锁的要求，部分现场如图5所示。



图5 闭锁实施现场

3. 应用流程

检修作业的应用流程如图6所示，签发工作票之后，运行人员根据工作票安全措施内容，在系统中进行模拟预演，并生成隔离票传票至智能钥匙，运行人员拿着计算机钥匙及相关附件去现场布置安措，布置完成后由工作负责人和工作许可人复查安措，确认无误后双方刷卡许可检修作业开始，检修工作人员开始检修工作，检修工作结束后工作负责人和工作许可人均刷卡确认解除安措后，运行人员拿智能钥匙去现场解除安措，工作票结束。检修隔离与管控系统的使用为雷州电厂的安全生产提供了可靠的保障，也为电力安全作出了巨大贡献。

应用流程

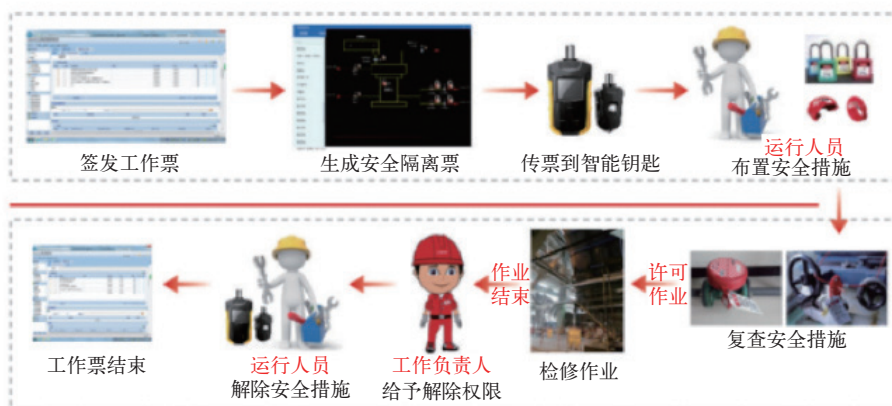


图6 检修作业应用流程

结束语

检修隔离与管控系统是利用软件技术将电厂种类繁多的热力及电气设备进行统一集中管理，并利用管控软件将设备在系统上进行软闭锁，现场设备利用智能锁具对设备进行强制闭锁，这种

管控方式可有效防止人员误动、误碰检修隔离区域，杜绝检修过程中误操作事故发生，保障电力生产安全进行，也是电力行业的发展趋势。EA

(收稿日期：2019.09.16)

(编辑：朱金凤)