

煤矿综采机电设备失爆隐患排查及安全管控对策

李云南

陕西华电榆横煤电有限责任公司 陕西 榆林 719000

摘要：本文基于矿用防爆技术基本原理，对综采机电设备失爆隐患主要表现形式及其产生原因进行探讨，主要有隔爆面损坏、外壳变形或生锈、电缆引入装置松旷、闭锁装置失效以及维修、装配不当等类型；在此基础上提出多层次、全方位隐患排查方式，即静止状态下检查、运行中监控、专门检测和状态评价等手段；最后从设计选型、安装装配、日常维护、定期检修、信息化管理以及人员教育等角度给出全面防范措施。研究表明，失爆预防关键是建立“认识—查找—处理—确认”循环过程，在实际工作中把相关要求落实到每一个具体行动上，以杜绝可能引起爆炸物质存在。

关键词：煤矿安全；综采设备；失爆隐患；防爆性能；隐患排查；安全管控

引言

综合机械化采煤工作面是煤矿最重要的生产区域，在此布置有采煤机、刮板输送机、转载机、破碎机、液压支架电液控制系统、移动变电站、组合开关以及各种电气设备，而这些设备的完好与否直接影响到整个工作面的安全情况。但是，由于综采工作面的工作环境十分恶劣——设备随着采煤进度不断前移，供电电缆经常需要被拆除搬运，煤尘多，容易造成潮湿，同时又因为检修时间短，维修工人工作量大，所以失爆的发生几乎是不可避免并且反复出现的问题。目前大部分煤矿对于失爆的认识还只是停留在“外壳是否完整”这个层面，对于隔爆面宽度、引入装置紧固程度、闭锁装置作用等问题则认识不足，检查流于形式。本文从分析综采机电设备失爆的原因、失爆的表现入手，提出一套切实可行的隐患排查方法以及安全保障措施，以期对煤矿现场防爆管理工作有所裨益。

1 矿用防爆原理与综采设备失爆界定

1.1 矿用防爆型式的基本技术原理

煤矿井下爆炸危险区域分为两类，即瓦斯（甲烷）、煤尘。我国对矿用电气设备进行严格防爆管理，主要有隔爆型、增安型、本安型、浇封型等，其中隔爆型是综采大功率设备最常见的形式。隔爆型防爆方法是“耐爆”+“隔爆”，所谓“耐爆”是指隔爆外壳有足够的强度，可以承受内部爆炸产生的压力而不产生塑性变形或者破裂，把爆炸限制在壳体内；而所谓“隔爆”就是隔爆外壳接合面（隔爆接合面）有足够的宽度以及很小的间隙，在间隙中空气流动降温以及阻止火焰传播的

作用下，使传出的热量降低到外界可燃气体着火点以下并且减弱爆炸波的能量，不会引起外部爆炸^[1]。因此，间隙大小、表面粗糙度以及外壳强度是影响其防爆性能三大因素，只要其中一个不符合要求就属于失爆。

1.2 失爆的概念界定与判定标准

失爆不是指设备损坏，而是在防爆电气的一些技术参数超出国家标准或者行业标准所规定的范围、失去防爆性能的一种状态。判断依据有如下几种情况之一即可：隔爆面间隙大于规定最大值（例如平面间隙大于0.5mm，止口间隙大于0.4mm）；隔爆面长度（宽度）由于磨损或者加工原因小于规定尺寸；隔爆面上有锈蚀、划痕、凹坑并且其深度或者宽度超过允许范围；外壳变形、裂缝或者有孔洞使电气设备内部无法承受爆炸压力；引入装置压紧螺母未拧紧或者密封圈老化损坏导致电缆可以拉出来；闭锁装置失效可以带电开盖；透明件（观察窗）破裂或者松动；多余的接线孔没有堵塞等。了解这些判断依据，才能进行检查工作。

2 综采机电设备失爆隐患的主要类型与成因

综采机电设备失爆隐患主要表现在结构损坏、电气进线口损坏、闭锁失效以及人为因素和环境影响造成的综合结果：隔爆面是其中最为薄弱部位，由于搬运安装时受到磕碰、长期运行振动摩擦以及不当使用工具进行打磨或者涂黄油等原因造成间隙过大和表面损伤，甚至出现锈蚀造成永久性变形；壳体受到煤炭、岩石冲击、挤压以及交变温差应力的作用下容易发生变形、疲劳裂纹或者焊接热影响区脆化而导致整体抗爆能力降低；电缆引入装置由于经常被拉拽使得密封圈老化、压紧螺母

松动,在接线盒内部由于连接不良引起发热放电现象,并且闲置孔未及时堵塞也构成通路,另外机械闭锁和电气闭锁由于卡涩、变形或者被违章短接也会失去其功能从而大大增加带电启盖的可能性;而且在检修过程中不用力矩扳手随意安装密封圈、采用不合格零件等行为,再加上煤尘堆积导致散热效果差、酸性水和高湿度产生的冷凝水造成电化学腐蚀从而降低绝缘性能、顶板压力导致基础变化等多重不利条件叠加在一起就会进一步加剧防爆性能劣化,说明了防爆技术水平低下及安全生产责任感缺失。

3 失爆隐患的系统化排查方法

3.1 静态外观检查

静态检查是检查工作第一步,必须由经过防爆专项培训的机电管理人员以及维修人员进行。检查内容为:设备铭牌及防爆标志是否清楚完整并且符合实际使用要求;外壳是否有裂缝、凹陷或者焊接处脱落以及机械损伤等;隔爆接合面是否生锈、刮痕或涂油漆(防爆面不允许油漆);固定螺丝是否缺少或者松动,弹簧垫片是否压平并具有防松功能;电缆进线口是否拧紧,密封圈是否完好并且与电缆外径一致,电缆是否有扭绞或者破损;接线盒盖板上固定螺丝是否齐全并且拧紧;空闲进线孔是否用合适的金属堵板封闭;接地装置是否良好,接地线截面是否满足标准。静态检查应对每台设备、每个接线口都进行,不能有任何疏忽大意之处并且做好记录,由检查者和复查者双人签字。

3.2 隔爆间隙专项测量

对通过外观检查有疑问或者已经到检修期的设备要利用专门工具对其隔爆结合面间隙及长度进行测量。平面结合面用塞尺沿结合面全长多个位置测量,取其中最大值为判断依据;止口结合面分别测量其径向间隙以及轴向长度;而转动轴结合面要测量轴与轴座之间间隙^[2]。测量之前要把结合面上的浮煤、油污以及锈斑全部清除干净以便得到准确结果。间隙测量数值要一一记录并与出厂标准以及检修标准做比较,对于接近临界值结合面要适当缩短下次检查时间进行重点监控。

3.3 绝缘性能与电气参数检测

失爆不仅是机械上的损坏还包括电气性能下降,在用兆欧表测量主回路及控制回路对地绝缘电阻以及相间绝缘电阻,如果绝缘电阻明显小于规定值,则说明内部有进水、灰尘或者绝缘老化,造成内部短路、放电从而引起内部爆炸威胁到外壳。还要检查电缆芯线连通情况,保证没有断芯或者接触不良,在本质安全型电路中

还要测试它的输出参数(电压、电流、功率)是否仍然在允许范围内,以防止由于电路出现最坏情况时产生能够点燃瓦斯的火花或者热量。

3.4 动态运行状态监测

在设备工作中使用红外热像仪对隔爆外壳表面温度进行扫描,判断是否有局部过热点,内部接头发热或者绝缘不良一般会在外壳上有温度升高现象;用振动频谱分析仪检测重要部件(例如采煤机牵引电动机、皮带机减速器等)振动情况,异常振动通常表示轴承故障或者是不平衡,长时间振动会磨损隔爆面间隙尺寸。观察工作状态下电缆进线装置受力变化,在设备运行时查看电缆是否被过度拉伸或者打结,防止由于运行时施加额外拉力而使进线装置松弛。动态监测可以发现静态检查不能发现的问题,也是检查内容的一部分。

3.5 闭锁与保护功能验证

检修或者停机期间应对所有防爆相关保护进行检查。如:隔离开关及外壳盖板机械闭锁动作是否正常,在合闸情况下能否可靠防止开盖;打开盖板后其上的电气联锁能否迅速切断上级电源;检漏继电器以及选择性漏电保护的動作是否灵敏可靠;过载、短路、缺相等保护设置是否合理,動作时间是否满足现场负荷需求。检查应模拟实际故障情况(在保证安全的前提下),使保护处于良好工作状态,任何一个保护失效都是很大问题。

4 失爆隐患的安全管控对策

4.1 设计选型阶段的源头管控

从源头上预防失爆,就要合理、科学选择设备。依据工作面瓦斯涌出量以及煤尘爆炸性,正确选择设备防爆标志及防护等级,不能随意降低标准。对于外壳材料要充分考虑其抗冲击强度和耐腐蚀能力,在采煤机、刮板机头部等易受到冲击位置,宜采用加厚外壳或者高强度合金材料。引入装置要根据电缆外径进行选择,最好使用具有多道密封、防脱功能压紧式引入装置^[3]。同时,在设计供电系统中,尽可能减少中间接线盒数量,减小移动电缆长度以及频繁拉扯次数,在一定程度上可以降低引入装置损坏几率。

4.2 安装与装配过程的质量控制

安装、装配质量保证防爆效果。要编制完善的防爆电气设备安装作业指导书,规定隔爆接合面加工方法(如采用规定的防锈油,不得刷油漆或者涂抹黄油)、螺栓紧固扭矩值、引入装置装配流程以及密封圈尺寸(内径与电缆外径之间间隙满足要求)。在安装时执行

工序检查制度,在每一个防爆环节完成后由专人检测,符合要求后方可进行下一工序。对组合开关、移动变电站等大件设备要有防爆特殊安装措施,保证各腔室之间隔爆完好。

4.3 日常维护与定期检修的制度化运行

制定失爆隐患排查工作常态化机制。生产班每班开工前由当班电工对设备外表及运转情况进行检查,主要查看是否发出异响、异味或过热现象;检修班每天对设备隔爆结合面、进线装置以及闭锁装置进行逐一检查并保养,清除煤尘油垢、拧紧松动螺丝、更换老化密封件等;每周开展一次全面防爆检查并且抽检不低于30%设备隔爆间距;每月由区队长牵头负责组织整个工作面失爆问题的大排查大整治活动。而且要有专人负责记录,做到“发现问题—记录—处理—复查合格后销号”,对于反复出现问题的责任人要追究责任。

4.4 数字化管理手段与档案建设

用信息化手段提升防爆管理水平。为每台设备建立防爆档案,记载该设备出厂时防爆参数、历次检修时隔爆结合面测量值、零部件更换情况以及发生的问题等;采用二维码或者RFID电子标签实现设备从始至终防爆信息可追溯;开发失爆隐患排查APP,在现场人员使用手机客户端即可完成检查工作、拍摄照片作为证据保存,软件与标准进行比较给出超标的项目,形成维修工单下发给相关负责人;大数据分析平台可以统计出各个区域失爆隐患种类分布、易发位置及变化趋势,从而为制定预防性检修方案提供依据。

4.5 人员防爆技能培训与责任意识提升

失爆管理归根结底是人的素质问题,要进行分级防爆培训:领导人员熟悉防爆相关法律法规以及管理制度,能够发现隐患并及时处理;工人熟悉防爆设备的操作方法及日常检查维护知识,了解失爆的危害性;维修工需要经过全面系统的防爆电气作业培训,取得特种作业操作资格证后方可上岗工作并且每年进行一次复审和技术比武。培训内容结合综采现场实际情况,通过实物拆装、不合格品与合格品进行比较以及模拟失爆情况等,让抽象的规定变得形象易懂^[4]。另外还要落实防爆责任制度,从区队长到每一名职工都有自己的防爆责

任,把防爆作为一项重要工作纳入到安全奖惩中去,做到人人防爆、逐级负责。

4.6 更新改造与技术升级

对于服役年限长、防爆性能严重退化且反复维修仍难达标的设备,应坚决列入更新改造计划。新一代综采防爆设备在结构设计上更注重模块化和可维护性,隔爆结合面采用耐腐蚀涂层处理,引入装置配置自锁紧机构,闭锁系统具备防误操作的人机工程学设计,可显著降低失爆隐患的发生率。同时积极推广应用在线绝缘监测、接点温度在线监测和电缆受力监测等智能化传感技术,将防爆参数的异常变化纳入集中监控平台,实现从周期性人工排查向实时自动预警的转变,但须明确智能监测是对人工排查的增强而非替代,两者应有机结合。

5 结语

煤矿综采机电设备失爆隐患排查及管理是预防瓦斯煤尘爆炸的重要手段。主要隐患有隔爆面损伤、外壳强度降低、引入装置损坏、闭锁失效以及违章接线等,外部条件和人为原因加速防爆性能劣变。建立以“静态检查——间隙测量——电气测试——动态监控——功能试验”的多级检查机制,制定从产品选择、安装、使用、信息化管理、培训等全方位管控措施。失爆防治不仅是一种技术要求,更是一种把制度变成习惯动作的过程。要坚持“以防为主,关口前移”,实现检查经常化、程序规范化、防范预见性,从根本上杜绝点火源,使煤矿安全生产长治久安。

参考文献

- [1] 李国华,王德林,张建军.矿用隔爆型电气设备隔爆结合面失效机理及检测技术综述[J].煤矿安全,2023,54(6):112-118.
- [2] 王志强,陈敏,赵志刚.煤矿井下电气设备失爆成因分析与防治策略[J].工矿自动化,2022,48(9):45-51.
- [3] 刘慧,周晓峰,吴昊.矿用电缆引入装置密封性能退化规律及检测方法[J].煤炭技术,2024,43(4):201-206.
- [4] 杨振涛,孙丽芳,高岩.基于风险矩阵的煤矿机电设备防爆完整性评估模型[J].中国安全生产科学技术,2023,19(8):76-82.