



煤炭企业技能大师实用操作技术系列丛书

# 煤矿采掘工作面低压 开关设备及其故障处理

刘赞利 主编



煤炭工业出版社

煤炭企业技能大师实用操作技术系列丛书

# 煤矿采掘工作面低压开关 设备及其故障处理

主编 刘赞利



煤炭工业出版社

· 北 京 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

煤矿采掘工作面低压开关设备及其故障处理/刘赞利主编. --北京:煤炭工业出版社, 2018

煤炭企业技能大师实用操作技术系列丛书

ISBN 978-7-5020-6580-5

I. ①煤… II. ①刘… III. ①矿用电气设备—低压开关—故障修复 IV. ①TD607

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 077649 号

## 煤矿采掘工作面低压开关设备及其故障处理 (煤炭企业技能大师实用操作技术系列丛书)

---

主 编 刘赞利  
责任编辑 徐 武 尹燕华  
责任校对 尤 爽  
封面设计 于春颖

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)  
电 话 010-84657898 (总编室) 010-84657880 (读者服务部)  
网 址 www.cciph.com.cn  
印 刷 北京玥实印刷有限公司  
经 销 全国新华书店

开 本 850mm × 1168mm<sup>1/32</sup> 印张 6<sup>1/8</sup> 插页 4 字数 156 千字  
版 次 2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷  
社内编号 20180337 定价 26.00 元

---

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010-84657880

## 内 容 提 要

本书根据采掘工作面的工作特点，阐述了采掘工作面对采掘电气设备的要求、综掘工作面电钳岗位作业标准等相关内容，总结分析了各类型馈电开关、磁力起动器的工作原理以及常见故障的排除方法。附录中列出了煤矿机电设备检修技术规范中关于矿用隔爆型低压交流真空开关的要求和 CKJ 系列交流真空接触器在使用维修检验中的技术要求、试验方法和检验规则。

书中选编的内容来自煤矿生产一线，实用性强，可供煤矿采掘电气设备管理人员、维修人员参考使用。

## 本书编审人员

主 编	刘赞利				
副主编	崔 杰	李玉明	柳建文	宋 勇	
编 写	崔晓勇	王丙江	赵甫烈	王 召	
	韩凌玲				
审 稿	刘兴军	郑友刚	明成礼	韩国庆	



## 序

人才资源是第一资源，高技能人才是企业人才队伍的重要组成部分。2012年，国务院下发《关于加强企业技能人才队伍建设的意见》（国发办〔2012〕34号）指出，企业技能人才是我国人才队伍的重要组成部分，是推动经济社会发展的重要力量。加强企业技能人才队伍建设，是增强企业核心竞争力、推动产业转型升级和提升企业创新能力的内在要求，是加快经济发展方式转变、促进产业结构调整的有效手段，是深入实施人才强国战略和科教兴国战略、建设人力资源强国的重要内容。近年来，无论是从国家层面，还是行业和地方政府，都把加强技能培训、培养技能人才工作作为整体人才队伍建设的重要组成部分。

技能大师是企业高技能人才的杰出代表，以技能大师为领办人的技能大师工作室培训创新团队是企业技术攻关创新、课题研究、教学培训、技艺传承和技能推广的新平台和新阵地。充分发挥技能大师和技能大师工作室的作用，特别是在技术革新、解决生产技术难题和传承绝技绝活方面的特长，对调动基层员工群众学技术、长本领的积极性、主动性，提高员工综合素质和技能操作水平能够起到很好的推动作用。

开滦（集团）有限责任公司是一个拥有一百多年煤炭开采历史的大型现代化煤炭生产企业，是我国现代采矿业摇篮，在煤矿生产和管理方面有着丰富的经验。近年来，开滦（集团）有限责任公司高度重视技能大师队伍和技能大师工作室建设，目前拥有包括2个国家级、2个省级、21个行业级在内的各级各类



技能大师工作室 50 多个。这些技能大师工作室扎根基层、立足实际，开展了卓有成效的创新创效工作，取得了显著成果。开滦唐山矿业分公司刘赞利唐山市级技能大师工作室，参与完成技术革新、改造项目 158 项，有 5 项成果获得国家实用技术专利，在生产和安全工作中发挥了重要推动作用，综合创效达 2400 多万元。这样的领军人才对企业生产技术和安全工作产生的作用是倍增式的，其效果是示范性的。

如何把高技能人才的潜力更加深入地发掘出来，使其发挥更大的作用，是企业人力资源工作面临的一项重要任务。技能大师来源于基层，其可贵之处就在于他们的绝技绝活和创新、攻关活动与现场紧密结合，能够及时有效地解决实际问题。每个技能大师都在生产实践中摸索和总结了许多宝贵经验，把这些智慧的结晶、汗水的积累总结归纳，使他们的创新成果能够在更多的地方得到有效应用，并让更多员工从中受益无疑是一个好的办法，这也是我们编写《煤炭企业技能大师实用操作技术系列丛书》的目的。

本系列丛书是面向基层的一套实用性培训教材。编写的出发点和落脚点就是实用性，基础的理论知识虽然含于其中但并非本书重点。我们把生产实践中的专业问题、安全操作方法、故障排除方法及技改创新成果，以员工能够理解的语言，以最通俗、最直接有效的方式向员工讲清楚，让员工能够利用此套丛书解决实际问题。本系列丛书适用于企业新员工培训、岗位培训、转岗培训，具有广泛的适用性和较强的易读性。

本系列丛书的主编是技能大师。他们是从开滦（集团）有限责任公司生产一线众多的技能拔尖人才中重点筛选出来的，具有典型代表意义的国家级、省级、市级和行业级的技能大师，他们是集团公司操作技术人才队伍中的精英，每个人都有丰富的实



践工作经验和令人叹服的技术绝活，每个人都拥有多项实用技术专利，每个人都拥有自己的创新工作室团队，在生产一线的技术攻关、技艺传承、创新创效工作中发挥了独特作用。鼓励和支持他们亲自动手编写教材，保证了教材最大限度地贴近生产工作实际，同时也能够把他们的绝技绝活以固化的形式传承下去，实现了技能大师报效企业的美好愿望，企业与员工互利共享，相得益彰。

本系列丛书是集体智慧的结晶。技能大师及其工作室团队已经成为员工自主创新和技术攻关的新平台。每个技能大师工作室团队由3~8名甚至更多的具有高级工及以上技能资格的人员组成，按照一定的组织原则和活动规范，以技能大师为核心开展工作，凝聚集体的智慧，调动大家的力量，从而产生了更大的创造力。

近年来，企业处于转型发展的关键时期，造就一批又一批具有良好职业道德、技艺高超的高技能人才，是实现企业发展目标的基础和保障，而这也正是企业教育培训工作的核心。作为以企业为主导、以企业高技能人才为主体编写的实用型培训教材，我们期望它在企业员工培训中发挥一定的引导作用，鼓励更多的员工参与其中，从而营造出人人学技术、个个争一流的氛围，为企业的发展提供更加坚实有力的人才保障。

编委会

2018年2月



## 前 言

随着我国煤炭行业的快速发展，综采电气设备的重要性日益显著。综采电气设备在众多煤矿综采设备中相当于工作面采煤生产的中枢神经系统，具有更新换代快、结构复杂和科技含量高等特点。

为提高综采电气设备利用率，避免和减少事故的发生，本书以综采电气设备的特点为切入点，结合井下生产实际，依照检修标准，参照有关技术说明，从基础理论到专业技术，从综采电气设备的结构、工作原理到操作、维修保养和常见故障的处理，对原理及故障排查的方法进行着重讲解，以便快速查找故障，提高检修效率。

本书编写过程中得到了开滦（集团）有限责任公司人力资源部和唐山矿业分公司人力资源部及机电线领导的大力协助，在此深表感谢。

由于编写时间仓促，加之水平有限，编写经验不足，书中难免出现疏漏及不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2017年8月



# 目 录

第一章 采掘工作面低压开关维护与故障起因.....	1
第一节 采掘工作面低压开关故障的起因.....	1
第二节 电气故障排除步骤及方法 .....	12
第二章 低压开关原理图识图方法 .....	20
第一节 低压开关原理图的组成 .....	20
第二节 低压开关原理图的识图 .....	27
第三章 馈电开关及其故障处理 .....	40
第一节 BKD1 - 630/1140 千伏级矿用隔爆型真空馈电 开关及其故障处理 .....	40
第二节 KBZ - 800/1140(660) 矿用隔爆型馈电开关 (华明)及其故障处理 .....	46
第四章 磁力起动器及其故障处理 .....	57
第一节 QBZ7 - 80/1140/660(JDB 保护器) 矿用隔爆型 真空电磁起动器及其故障处理 .....	57
第二节 QJZ - 300/1140 型真空磁力起动器(改进型) 及其故障处理 .....	61
第三节 QJZ - 4 × 400/1140(660)S 矿用隔爆兼本质 安全型真空电磁起动器及其故障处理 .....	70



<b>第五章 电磁软起动器及其故障处理</b> .....	80
第一节 QJR-2X160/1140(660)Z 矿用隔爆兼本质 安全型两回路软起动器及其故障处理 .....	80
第二节 QJR-2×400/1140(660) 矿用隔爆兼本质 安全型双回路真空软起动器及其故障处理 .....	86
<b>第六章 电牵引采煤机电气控制工作原理及故障分析</b> .....	99
第一节 变频器 .....	99
第二节 MGY300/710-1.1D 型电牵引采煤机及其 故障分析 .....	111
第三节 电牵引采煤机故障类型与分析 .....	131
<b>附录</b> .....	137
《煤矿机电设备检修技术规范》(MT/T 1097—2008) 中关于矿用隔爆型低压交流真空开关的要求 (节选) .....	137
CKJ 系列交流真空接触器在使用维修检验中的技术 要求、试验方法和检验规则 .....	144
防爆电气检查细则 .....	154
综掘工作面电钳岗位作业标准 .....	173



# 第一章 采掘工作面低压开关维护与故障起因

## 第一节 采掘工作面低压开关故障的起因

井下采掘工作面低压电气设备的发热、电动力、电弧、电接触、电压和频率的变化,以及三相交流电运行的不对称、电气接地不良、电机的频繁起动、保护功能失灵、电路切换、电缆管理不规范、电气组件损坏等,都能产生某种电气故障。

### 一、电气设备温升引起的电气故障

井下低压电气设备在运行中如果温升或温度超过允许极限值时,则易产生电气设备故障。

#### 1. 温度升高对金属材料的影响

电气设备中的母线板、接线柱大都采用铜金属材料,而铜金属材料长期工作温度超过 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,机械强度会明显下降;短时工作温度超过 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,机械强度也会明显下降。铝金属材料只用于铠装电缆,铝金属材料的机械强度也与温度密切相关,通常,铝的长期工作温度不宜超过 $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,短时工作温度不宜超过 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

#### 2. 温度升高对导体电接触的影响

温度过高时,电接触的两导体表面会热氧化,接触电阻明显增加,造成导体及其附件温度升高,甚至可能使触头发生熔焊。由弹簧压紧的触头在温度升高后,弹簧压力会降低,两导体电接触稳定性变差,容易造成电气事故。



### 3. 温度升高对绝缘材料的影响

绝缘材料的使用温度超过其极限温度时，绝缘材料会迅速劣化，使用寿命会大大缩短。如 A 级绝缘材料的极限工作温度为 105℃，当超过极限工作温度 8℃ 时，其寿命会缩短一半左右，这就是 8℃ 热劣化规则。

## 二、电子元器件的影响

井下各种电气设备的保护功能都是通过保护插件、可编程控制器 PLC、单片机等各种电子组件来实现的。电子元器件温度过高会产生半导体组件热击穿、电子元器件的性能变低等问题，致使保护插件不起作用或误动作，保护功能失灵，电气设备不能正常运转。

## 三、电动力引起的电气故障

电动力与电流大小密切相关，在小电流情况下，电动力对电气装置的正常工作没有什么影响。然而，在大电流情况下，尤其是在短路电流作用下，所产生的电动力是很大的。因此，电气装置必须具备在短路电流作用下，有关部分不至损坏的稳定性。这种稳定性称为电动稳定性。超出这种稳定性，电气装置将产生故障。电动力引起的电气故障主要表现以下几个方面。

### 1. 电动力可能使导体变形

井下各种电气设备采用三根平行导体（母线板或软连接）供电，在短路电流作用下，导体受到吸力或斥力，当这种力超过某一程度时，就会使导体变形、接头松脱、支撑固定件损坏。

### 2. 电动力可能使开关误动作

当流过开关的电流很大（过载或短路）时，其电动力可能使刀开关自动打开。此时刀开关不具备断开短路及过载故障的功能，因此这种自动打开属于一种误动作。

正常供电时，当载流导体截面沿导体长度（轴向）发生变化时，在截面变小处会产生轴向电动力，这种电动力称为收缩电



动力。触头接触处的电动力有使触头受到排斥的趋势，所以，收缩电动力使触头接触紧密程度变差，甚至断开。

#### 四、电接触引起的电气故障

(1) 电接触材料的改变。首先，电接触材料，尤其是开关触头的材料，对其导电性、硬度等有着较严格的要求。如果不适当地更换了原有的电接触材料，势必影响到电接触的性能。其次，为了弥补某些电接触材料的缺陷，常常在电接触材料表面镀上一层其他金属，如银、锡、金等。在修理过程中或经过长时间的磨损，镀层损伤或消失，电接触性能变差。

(2) 电接触形式的改变。由于修理或其他原因，电接触表面平整或接触面发生位移及方向的变化，从而导致电接触形式的改变，如将面接触、线接触变成点接触，都可能使电接触不良。如井下真空馈电开关和磁力起动器的芯体与腔体连接时，由于操作不当或其他原因，使芯体的插头没有全部进入腔体的夹紧装置，致使接触面积改变，造成电气事故。

(3) 电接触压力的降低。变形、传动机构不到位等会使电接触压力降低，造成电接触不良。

(4) 铜 - 铝导体直接连接产生化学腐蚀。铜 - 铝导体直接连接构成铜离子 - 铝离子的高电位差的电化时，运行时间一长，易引起电化腐蚀，产生电接触故障。

(5) 电接触表面性能不良。电接触表面由于某种原因，覆盖着一层导电性很差的物质，如金属氧化物，硫化物，覆盖在接触面上的灰尘或污物，夹在接触面间的油膜、水膜等，这些物质的存在使接触电阻值增大或引起接触电阻不稳定，甚至破坏电接触连接的正常导电。

(6) 环境因素的影响。潮湿、温度偏高、酸、碱、氧化硫、氧气等环境因素的影响，加速了电接触材料的化学腐蚀。

(7) 安装工艺不符合要求。不同的电接触类型，有不同的



安装工艺要求，达不到规定的工艺要求和标准，也会导致电接触不良。

电接触电阻的增加也会引起电气故障。电接触电阻的增加对于某些电路的影响是不可忽视的。电流互感器二次回路，其负载阻抗电阻极小，正常情况下处于短路运行状态，如果该回路接触电阻过大，将导致正常短路运行状态被破坏，造成电测仪表、取样信号的误差加大，继电器误动作等故障的发生。

## 五、电弧引起的电气故障

(1) 电弧是引起瓦斯煤尘事故的原因之一。电弧的温度高达数千摄氏度，在电弧产生的一定范围内如果存在瓦斯，瓦斯的浓度达到 1.5% 以上（瓦斯的点燃温度为  $650 \sim 750 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ）就会引起瓦斯、煤尘的爆炸事故。

(2) 电弧威胁人身安全。电弧中含有大量的金属离子，当电弧喷向人的皮肤时，高温的金属离子，可使皮肤灼伤，留下金属化烙印。另外，电弧光极强，这些强光直接照射到人的眼睛，轻则眼睛红肿流泪，疼痛，重则双眼失明。

(3) 电弧的可导电性是造成电气短路事故的重要原因。在三相导体中，若其中一相因某种原因产生电弧，这一相电弧，可能吹向另一相，造成相间短路。若导体对地放电形成电弧，这个电弧又不能迅速熄灭，则会造成相对地短路。

(4) 电弧引起开关电气故障。开关在断开电路（尤其是高电压、大电流电路）时，电弧持续时间长，甚至不能熄灭，易造成开关短路事故。电弧可加速触头烧损，造成严重电接触不良；强烈高温电弧，可使电气设备的绝缘性能降低，电弧的飞溅易造成两相、三相短路故障。

## 六、湿度引起的电气故障

每年 6—9 月份，随着雨季到来，井下潮湿加剧，电气故障



率增加，其主要原因有以下几个方面：

### 1. 湿度偏高

空气的湿度增加，一方面使空气的绝缘强度降低；另一方面空气中的水分附在绝缘材料的表面，使电气设备的绝缘电阻降低，特别是当空气中的水分，渗透到绝缘材料内部或溶解到绝缘油（变压器油）时，材料的绝缘性能大大降低，导致电气故障。

### 2. 湿度与长霉

井下潮湿的气候条件易使电气设备产生霉菌，霉菌对电气设备会产生如下影响：

(1) 霉菌细胞中含有大量的水分，当菌丝呈网状布满绝缘体的表面时，绝缘体的绝缘性能将大大降低，对一些多孔性绝缘材料。霉菌根部还能深入到材料的内部，导致绝缘击穿。

(2) 霉菌的生长使电气设备生成霉纹毛，甚至长出绒毛，影响设备的外观和标志。

(3) 霉菌在代谢过程中，往往会分泌出酸性物质，二氧化碳、醋酸、柠檬酸等，这些物质与绝缘材料相互作用后会导致绝缘性能下降，特别是对印制电路板和精密仪表等影响较大。

(4) 霉菌分泌出的一些酸性物质，对金属起腐蚀作用。金属腐蚀是一种常见的现象，电气设备中的导电金属、导磁硅钢片、金属外壳受到损失后，将严重降低设备的性能和使用寿命，甚至造成电气故障。电工产品中的金属腐蚀除可使导电金属和电接触材料产生一层晦暗膜，大气湿气形成的水膜和腐蚀生成的晦暗膜也是导致接触电阻增大的重要原因之一。一些极细的导线，如仪表、继电器的线圈等，在井下潮湿地区常因长霉而被腐蚀，易造成断线故障。

## 七、电压偏高或偏低引起的电气故障

(1) 对异步电动机的影响。由于电动机的起动转矩和最大



转矩与电压的平方成正比，若电压偏低，转矩会大大下降，电动机有可能不能正常起动；若电压偏高，电动机起动电流大，起动时间过长，则电动机会因发热而烧毁。

(2) 对电气设备的影响。电气设备中的低压电气组件和保护插件，都是工作在额定电压状态下。当电压偏高时，低压电气组件和保护插件将被损坏；如有过压保护，过压保护动作，使电气设备正常断电，以免故障进一步扩大。当电压偏低时，低压电气组件和保护插件将不能工作，保护起不到作用，低压电气不能维持正常工作，电气设备也不能正常供电。

## 八、电源负载不对称引起的电气故障

由于某种原因使三相电源缺少一相造成严重的不对称。例如：变压器高压侧一相熔断器的熔丝熔断，或高压侧真空管一相断开，或是断路器开关一相触头接触不良，或断线等都使三相电源不对称，在这种情况下，电气设备将不能正常工作。

井下低压供电系统中，三相负载不对称的情况经常发生，即使三相电源对称，但在实际工作中也可能出现各相电压不相等，电流也不相等的状况，从而引起负载不对称，在这种情况下，电气设备将不能正常工作。

## 九、环境温度引起的电气故障

如果周围环境温度偏高，或者流动性差，使得电气设备的热量不能尽快散发到空气中或其他介质中（如水），必将使电气设备温升超过其允许的程度，易产生电气故障。

例如：井下电气设备的环境温度为  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，电动机的散热有风冷、水冷。电动机工作时间较长，如果不及时将热量释放掉，电动机的绝缘材料、绕组将受到严重损坏，甚至烧毁电动机。变压器是长期不间断供电的设备，其正常的工作温度为  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，变压器的极限温度为  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，如果超出这个温度，变压器的绝缘材