

煤矿电气安全



一、煤矿企业对供电的基本要求

- 1、供电可靠：井下不间断供电；全部负荷；双回路电源。
- 2、供电安全：人身安全，设备安全。
- 3、供电经济：保证供电质量，经济、合理。



二、矿井供电电压等级

- 1、35KV：矿井地面变电所电源电压。
- 2、10KV或6KV：井下高压配电电压和高压电动机的额定电压，井下高压不得超过10KV。
- 3、3.3KV或1140V：综合机构化采煤工作面电气设备的额定电压。
- 4、660V：井下低压电网的配电电压。
- 5、380V：地面或井下小型设备配电电压。
- 6、220V：地面或井下新鲜风流大巷的照明电压。
- 7、127V：井下照明、信号、手持式电气设备及电话的最高限额电压。
- 8、36V：煤矿井下电气设备的远距离控制电压。
- 9、直流250V、550V：井下直流架线电机车常用的额定电压。



三、矿井供电系统

由煤矿地面变电所的变压器、配电装置、供电线路将电源输送给中央变电所，采区变电所再经过变配电及供电线路送至电气设备（负荷），便组成了矿井供电系统。



四、煤矿常用的电气设备

1、分类：煤矿电气设备分为两大类：

1) 煤矿一般型电气设备：标志KY

有防护功能，但不防爆，仅适用于煤矿地面及低瓦斯矿井中的井底车场及总进风大巷。

(2) 矿用防爆电气设备：

按GB3836.1—2000标准生产的专供煤矿井下使用的防爆电气设备。采掘工作面必须使用防爆电气设备。

防爆总标志：Ex I：煤矿用； II：除煤矿以外行业



(一)、基本概念与通用要求

1、防爆设备：这种按规定的条件设计制造的，不会引起周围爆炸性混合物爆炸的电气设备。

如：防爆电机、开关、灯具、仪器仪表、电话等。



2、防爆设备类型：共有十种类型。

充砂型q；正压型p；充油型o；
无火花型n；特殊型s；隔爆型d；
本质安全型i；增安型e；浇封型m；
气密型h；

另有用于井下非防爆的一般型KY



防爆设备的国家标准

防爆设备的国家标准是**GB3836—2000**
矿用一般型的国家标准为**GB12173**

设备的设计、制造、检验均应以该
标准为依据。



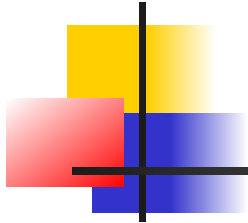
3、类别、级别和组别

类别：按使用环境的不同分两大类。

I类：用于煤矿井下，可在 CH_4 混合物爆炸性混合物环境。

II类：用于工厂，除 CH_4 以外爆炸性混合物环境。

组别：按电气设备的允许最高表面温度分组， $T_1 \sim T_6$ 。



1、分类：煤矿电气设备分为两大类：

(1) 煤矿一般型电气设备：标志KY

有防护功能，但不防爆，仅适用于煤矿地面及低瓦斯矿井中的井底车场及总进风大巷。

(2) 矿用防爆电气设备：

按GB3836.1—2000标准生产的专供煤矿井下使用的防爆电气设备。采掘工作面必须使用防爆电气设备。

防爆总标志：Ex I：煤矿用； II：除煤矿以外行业



4、电气间隙与爬电距离

- a. 电气间隙：**指两个裸露的导体之间的最短距离，即电气设备中有电位差的金属导体之间通过空气的最短距离。
- b. 爬电距离：**两个导体之间沿其固定绝缘材料表面的最短距离，也就是在电气设备中有电位差的相邻金属零件之间，沿绝缘表面的最短距离。



5、防护等级

防护等级：指防外物和防水能力。

如 **IP43** IP外壳防护等级标志。

第一个数表示防外物，第二位数表示防水

数字越大，等级越高。防外物共 **7**级，防水共 **9**级。



6、通用要求：

- (1) 环境温度为 $-20^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，气压为 $(0.8 \sim 1.1) \times 10^5\text{Pa}$
- (2) 外壳如采用塑料外壳，应有不燃性或难燃性，防静电，承受冲击试验和热稳定试验。
- (3) 限制使用铝合金外壳。
- (4) 紧固件是防爆设备的主要零件。
组成：螺栓、螺母、弹簧垫组成。
隔爆型应采用护圈式紧固件。

- (5) 应设置连锁装置。
- (6) 固定在设备外壳隔板上，绝缘套管不易吸湿。
- (7) 功率在**250w**，电流在**5A**以上 I 类设备，连接要用接线盒和连接件。
- (8) 接线端子符合要求。
- (9) 引入装置的密封圈应起到密封和防松作用，具有防松和防止拔脱装置。
- (10) 设备要良好接地。
- (11) 应有明显的防爆标志。

总标志 **Ex I** 类别 制作在设备的最明显



矿用设备通用要求

- ①外壳应具有一定的防护能力。
- ②具有良好的防潮性能，保证绝缘性能。
- ③在保证技术要求前提下，尽量减小体积、重量。
- ④要有良好的防爆性能。



(二)、矿用电气设备的防爆技术

1、间隙隔爆技术

2、本质安全技术

3、超前切断电源和快速断电技术

①屏蔽电缆和漏电继电器配合，超前切断电源。

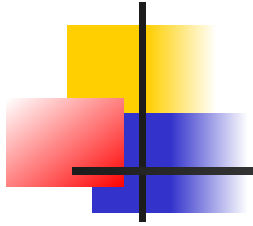
②快速断电技术：故障形成最小时间不少于**5ms**
安全断电时间为**2.5~3ms**

4、增加安全措施（程度）

(三)、防爆电气设备的使用要求：

- 1、电气设备的选用符合《规程》444条的要求。
- 2、普通携带式测量仪表，必须在瓦斯浓度1.0%以下的地点使用，并实时监测。
- 3、井下不得带电检修、搬迁电气设备、电缆和电线，检修或搬迁前应制定安全措施。

措施：切断电源→检查瓦斯→在其巷道通风流中瓦斯浓度低于1.0%时→验电→无电后放电→开关手把闭锁→悬挂“有人工作，不准送电”警示牌→检修工作完毕，方可摘牌送电，中途不得换人。



- 4、操作设备遵守规定（井下）。
- 5、防爆设备入井前应取得“两证一标志”。
- 6、失爆设备应立即更换或处理，不得在井下继续使用。

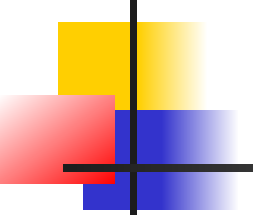


(四)、煤矿常用的防爆电气设备

1、隔爆型电气设备

隔爆型电气设备，具有良好的隔爆和耐爆性能，既耐爆又不传爆。

(1) 防爆原理：“隔爆外壳”（解释）



a、耐爆性：当瓦斯浓度在9.5%时，爆炸压力的理论值为0.8~0.82MPa，爆炸后的温度大致在1850℃左右，实际爆炸压力约为0.716MPa，并且随外壳的形状、容积大小、接合面间隙等因素变化。

耐爆性由外壳机械强度满足：一般采用钢板或铸铁制成，设计时，以0.8MPa和2200℃来设计，并留有安全系数，钢板，最小厚度3~4mm，铸铁为6mm。

b、隔爆性：由外壳装配接合面的结构参数（如宽度、间隙、表面粗糙度）来保证的，主要起散热作用。

(2) 防爆措施：对隔爆外壳的形状、材质、容积、结构等有特殊要求。

a. 长方形外壳爆炸压力最小，球形外壳爆炸压力最大。

b. 其他条件一定时，容积对压力的影响不大。

c. 尽量避免采用多空腔结构，压力重叠，长、宽、高之比也不要过大。

d. 隔爆结合面及隔爆结合面间隙（安全间隙）。



(3) 技术要求:

- a. 隔爆面结构参数
- b. 法兰的变形
- c. 防腐蚀
- d. 紧固件的防锈、防松
- e. 引入装置、接线盒、透明件、衬垫等。



2、本质安全型电气设备

(1) “本质安全”

从根本上解决安全问题；本质安全电路是指在正常工作或规定的故障状态下产生的电火花和热效应均不能点燃规定的爆炸性混合物的电路。全部采用本质安全电路的设备称为本质安全型电气设备。

通风、信号和控制等装置，应优先选用本质安全型设备

(2) 火花放电：火花放电、弧光放电、辉光放电、低压大电流、高压击穿、高压小电流



(五)、失爆及常见失爆现象

失爆：

- 隔爆设备失去耐爆性或着隔爆性。

常见失爆现象：

- 1、外壳严重变形或出现裂缝
- 2、缺紧固螺丝或有螺丝但未拧紧
- 3、无电缆接线嘴、缺密封圈和金属档板
- 4、隔爆面有锈斑，或有油漆
- 5、联锁装置失效
- 6、隔爆间隙超过安全间隙



(六)、真空开关技术

1、结构特点及灭弧原理

真空开关中的陶瓷管壳中密封一对盘状动、静触头，动触头的导杆穿过波纹管伸出真空开关外与电磁操作机构相连，开关管内部抽成高真空，动触头在外部大气压力下与静触头自然闭合，只有在电磁操作机构断路弹簧的作用下才能将动、静触头分断。



2、真空开关的优点

- (1) 真空介质强度高，恢复快，熄弧能力强，分断电流能力大。
- (2) 真空电弧产生在密闭的真空开关管内，不向外飞弧，使用特别安全，防爆性能特别好。
- (3) 真空电弧小，燃弧时间短，触头磨损小，电寿命长。
- (4) 真空触头开距小（1~2mm）
- (5) 体积小，重量轻。

《煤矿安全规程》454条规定：

40KW及以上的电动机，应采用真空电磁起动器控制。



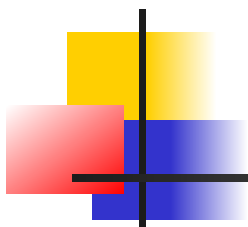
(七)、井下电气设备的检查、维护、修理和调整

1、《规程》488条规定：

(1) 电气设备的检查、维护和调整，必须由电气维修工进行，高压电气设备的修理和调整工作，应有工作票和施工措施。

(2) 高压停、送电的操作，可根据书面申请或其他可靠的联系方式，得到批准后，由专职电工执行。

(3) 采区电工在特殊情况下，可对采区变电所内高压电气设备进行停、送电的操作，但不得擅自打开电气设备进行修理。

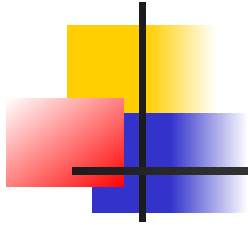


1、《规程》488条规定：

(1) 电气设备的检查、维护和调整，必须由电气维修工进行，高压电气设备的修理和调整工作，应有工作票和施工措施。

(2) 高压停、送电的操作，可根据书面申请或其他可靠的联系方式，得到批准后，由专责电工执行。

(3) 采区电工在特殊情况下，可对采区变电所内高压电气设备进行停、送电的操作，但不得擅自打开电气设备进行修理。



《规程》490条规定：

应按规定的检查周期对电气设备和电缆进行检查和调整（P262 表11）

- ①防爆性能：每月1次
- ②继电保护检查整定：每6个月1次
- ③高压电缆的泄漏和耐压试验：每年1次
- ④绝缘电阻的检查：每6个月不少于1次
- ⑤固定电缆的绝缘和外观部检查：每季1次
- ⑥橡套电缆绝缘检查：每月1次
- ⑦接地电阻值测定：每季1次



(八)、《规程》对电气设备使用的绝缘油的有关规定

电气设备使用的绝缘油的物理、化学性能检测和电气耐压试验，每年应进行**1**次，但对操作频繁的电气设备使用的绝缘油，应每**6**个月进行**1**次耐压试验。

油断路器经3次切断短路故障后，其绝缘油应加试1次耐压试验，并检查有无游离碳。

不符合标准的绝缘油必须及时处理或更换，油浸电气设备的绝缘油应定期检查，并保持规定油量。

更换和试验矿用设备绝缘油应有记录。

五、矿井电网的保护

保护种类	保护分类	保护范围	方法和手段举例
漏电保护	漏电保护	电网绝缘降到某一数值时动作	漏电继电器
	选择性漏电保护	将漏电的回路选择出来动作	选择性漏电继电器
	漏电闭锁	漏电回路不消除漏电不能送电	有漏电闭锁的漏电继电器



接地保护	保护接地	防止人员触电，防止电火花引燃爆炸性气体	保护接地系统
电流保护	过电流（负荷）保护	1、设备出现连续的过负荷时动作 2、设备由于过负荷而出现异常时动作	1、过电流（负荷）继电器 2、过热继电器
	短路保护	对电气系统或设备出现短路时动作	1、短路继电器 2、熔断器

电压保护	欠电压保护	<p>当电压消失或低于某一数值时动作</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、防止设备自启动; 2、防止电压过低时电气设备过热 	<ol style="list-style-type: none"> 1、欠电压继电器 2、无电压继电器 3、磁力起动器的电磁铁 <p>低电压释放</p>
	过电压保护	<ol style="list-style-type: none"> 1、保护大气过电压引入井下 2、保护操作过电压 	<ol style="list-style-type: none"> 1、避雷器 2、熔断器 3、压敏电阻 4、R-C吸收装置
断线保护	断线保护	局部通风机电动机一相断线时动作	断线保护装置
	风电、瓦斯电闭锁	风、瓦斯必须在规定的限度下方可向掘进工作面送电	风电、瓦斯电闭锁装置



1、过流保护

(1) 过流： $I_{\text{实}} > I_{\text{额}}$ 。过流是指电气设备发生短路、过载、断线故障时，流过电气设备和供电线路的电流超过它们的额定电流。

(2) 过流危害：过电流不及时得到控制，不仅烧坏电气设备，还可能引起电气火灾及瓦斯、煤尘爆炸事故。

(3) 过流保护的作用

当电气设备及电缆中电流超过规定额定电流时（出现短路、过载时），保护装置能在规定时间内快速切断故障处电源，防止事故扩大，避免造成灾害。：

(4) 过流保护装置

- a、熔断器
- b、电磁式过流继电器
- c、感应式过热继电器
- d、电子保护器

(5) 过流保护装置的整定值:

a、对保护电缆干线的馈电开关: $I_2 \geq I_{Qe} + Kx \Sigma I_e$

Kx — 需用系数 取 $0.5 \sim 1$

I_{Qe} — 容量最大一台电机启动电流

b、对保护一个负载的电缆支线: $I_2 \geq I_Q$

$I_{Qe} = (1.5 \sim 1.8) I_e$ (绕线型电动机) $I_{Qe} = 6 I_e$ (鼠笼型电动机)

c、校验灵敏度: $\frac{I_d^{(2)}}{I_2} \geq 1.5$

$I_d^{(2)}$: 被保护电缆干线或支线距电源变压器最远点的两相短路电流值。

d、如灵敏度不满足要求，可采取：

①加大电缆截面；

②减少 $I_d^{(2)}$ ：被保护电缆干线或支线距电源变化器最远点线路长度；

③换大容量变压器或变压器并联使用；

④增设分段保护开关。

e、由 $I_d^{(3)}_{\max}$ 校验开关设备的分断能力。

(6) 熔体额定电流的选择:

①对保护电缆干线的熔体:
$$I_R = \frac{I_{Qe}}{1.8 \sim 2.5} + \sum I_e$$

1.8~2.5 : 容量最大的电动机启动时保证熔体不熔化的系数。

②对保护电缆支线的熔体: ;
$$I_R = \frac{I_{Qe}}{1.8 \sim 2.5}$$

③对保护照明负荷的熔体: $I_R \approx I_e$ 。

④选用的熔体按两相短路电流最小允许值、最小允许电缆芯线断面、最小允许的长时负荷进行校验,合格后方可使用。

⑤按两相短路电流进行校验:
$$\frac{I_d^{(2)}}{I_R} \geq 4 \sim 7$$

如不满足,同样按上述四种办法改进。



2、漏电保护

(1) 漏电的种类:

①集中性漏电：漏电发生在电网的某一处或某一点，其余部分的对地绝缘水平正常。

②分散性漏电：指某条线路或整个网络对地绝缘水平均匀下降或低于允许绝缘水平。



(2) 漏电的危害：

- ① 产生电火花，能引起瓦斯、煤尘爆炸。
- ② 有可能造成人身触电。
- ③ 提前引爆电雷管， $I_{\text{漏}} \geq 50\text{mA}$ 。
- ④ 漏电长期存在，引起相间短路。



(3) 漏电保护装置的功能:

- ① 能够连续监视电网的绝缘水平。
- ② 当电网绝缘水平下降到危险值或发生人身触电时，能迅速自动切断供电电源
- ③ 发生人身触电时，补偿通过人体的电容电流，减轻触电危险，发生单相接地，能减少接地电容电流.防止瓦斯、煤尘爆炸事故发生。



(4) 对漏电保护装置的要求:

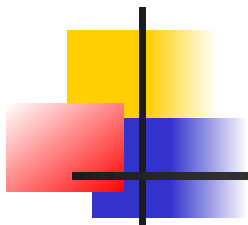
- ① 每天值班电工必须对低压检漏装置进行一次跳闸试验，并做记录。
- ② 不准甩掉检漏装置不用。



(5) 事故案例：

案例一：检漏继电器送不上电，电工垫上检漏继电器后继续生产，工人碰到电缆破口处触电死亡。

案例二：某矿输送机道，供工作面电的电缆先是放在人行道一侧，行人来回踩、压，内有内伤，检漏继电器长期甩掉不用，电缆漏电不能及时发现，最后造成电缆短路着火，酿成火灾，死亡35人，直接经济损失近40万元



3、保护接地

(1) 保护接地：把电气设备的金属外壳和构架用导线与埋在地下的接地极连接起来，称为保护接地。

(2) 保护接地的作用：

电气设备绝缘破坏，使外壳带电时，人身即使接触了这个带电外壳，因接地装置和人体构成并联电路，对人体起分流作用，大大减少了通过人体的电流，可减少人体触电的危险，

$$U_d = \frac{3U_{\text{相}} + R_{\text{人}}}{3R_{\text{人}} + R_{\text{相}}}$$



4、“三专”、“两闭锁”：

《煤矿安全规程》明确规定：

要求使用局部通风机通风的掘进工作面，必须严格执行风电闭锁、瓦斯电闭锁和采用“三专”供电方式。

(1) “三专”：专用变压器、专用开关、专用线路

目的：保证供电可靠

(2) “风电闭锁”

①意义：指掘进工作面的局部通风机停止工作时，能立即切断该巷道中的一切电源，并且在局部通风机未开动时，也不能接通该巷道中的一切电源。

②作用：主要是防止停风或瓦斯超限的掘进工作面在送电后，由于设备绝缘不良或漏电产生的电火花，造成瓦斯燃烧或爆炸事故。



(3) “瓦斯电闭锁”

① 瓦斯电闭锁是指掘进工作面正常供风或停风状态下，瓦斯浓度超过了规定值或整定值而切断掘进工作面动力电源，此种瓦斯监控装置与动力电源开关之间进行联锁。

② 作用：主要是防止正常通风产生局部瓦斯积聚时，造成事故。



5、煤电钻综合保护装置

- (1) 意义：煤电钻电缆由于受环境潮湿、移动频繁、电缆落地磨损、物件碰撞、挤压的可能，极容易发生漏电故障，危及操作人员及井下安全，为此采取降低的工作电压（**127V**）及煤电钻综合保护装置。
- (2) 作用：煤电钻必须设有检漏、短路、过负荷、断相、远距离启动和停止煤电钻的综合保护装置，煤电钻综合保护装置在每班使用前必须进行一次跳闸试验。



六、电缆的使用和管理

1、电缆的选用

- (1) 根据使用地点的不同选用满足要求的电缆。
- (2) 采区低压电缆禁止使用铝芯电缆。
- (3) 采掘工作面设备必须用分相屏蔽不延燃橡套电缆。

2、电缆的敷设

(1) 电缆必须悬挂：

a、在立井井筒或倾角在 30° 以上的井巷中，电缆应用夹子、卡箍或其它夹持装置进行敷设。

b、电缆悬挂点的间距，在水平巷道或倾斜井巷内不得超过3m；在立井井筒内不得超过6m。

(2) 电缆不应悬挂在压风管或水管上，不得遭受淋水或滴水，盘圈或盘“∞”型电缆不得带电，电缆必须悬挂在管子上方0.3m以上的距离处。

(3) 高、低压电缆之间的间距在0.1m以上，同等级电缆间的间距不得小于50mm，通讯电缆敷设在电力电缆上方0.1m以上的地方。



3、电缆的连接

井下电缆的连接应无明接头、无鸡爪子、无羊尾巴，并保证连接处绝缘良好，电缆同电气设备的连接，必须用同电气性能相符的接线盒，电缆芯线必须使用齿形压线板或线鼻子与电气设备连接；不同类型的电缆之间不得直接连接；纸绝缘电缆必须使用符合要求的电缆接线盒连接；橡套电缆连接可采用热补（井上）冷补（井下）连接后，必须经浸水、耐压试验，合格后使用。



七、触电及其防治

1、触电：人身触及带电体或接近带电设备，有电流通过人身的事故。

2、触电对人体的伤害：

（1）电击：致人死亡； （2）电伤：致人肢体伤残

3、伤害程度影响因素：电流、电压、触电时间长短、电流频率、人的身体状况。

交流电：1mA有感觉（麻木感）；50mA以上有生命危险。

煤矿规定：安全电压36v，安全电流30mA。



4、井下人身触电原因：

- (1) 井下带电检修、接线和搬迁电气设备及电缆。
- (2) 没有执行停、送电制度，停电后电源开关无专人看管，没上锁，不挂停电标志牌。
- (3) 人身触及已经破皮漏电的导线或由于漏电而带电的电气设备金属外壳，造成触电伤亡。
- (4) 井下因环境窄小，电机车架线较低，人员上、下矿车或携带较长的钢纤等导电物体触及架线而发生触电伤亡。
- (5) 触及已停电但未放电的高压电缆而触电伤亡。



5、预防触电的一般方法

- (1) 防止人身接触或接近带电导体。
 - ①将电气设备的裸露导体安装在一定高度。
 - ②对高压电气设备设遮栏。
 - ③电气设备的导电部件和电缆接头，封闭在外壳内，外壳上设机械闭锁。
 - ④变（配）电所的入口或门口，悬挂禁止牌或警示牌。

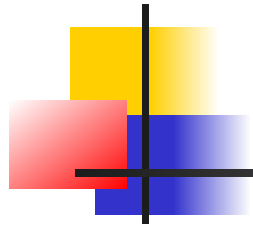


(2) 降低使用电压。

- ① 对人员经常接触的电气设备采用较低的工作电压。如煤电钻照明采用**127V**。
- ② 远距离控制线路的额定电压不超过**36V**。。

(3) 严格遵守各项安全用电作业制度。

- ① 井下严禁带电检修、搬迁电气设备、电缆和电线。
- ② 所有开关把手，在切断电源后都要及时闭锁或上锁，并悬挂“有人工作、不准送电”牌，并且谁停电谁摘牌送电。
- ③ 非专职或值班电气人员，不得擅自操作电气设备。
- ④ 井下操作电气设备，必须遵守操作规程和有关安全规定。
- ⑤ **127V**手持式电气设备的操作手柄和工作中，必须接触的部分，应有良好绝缘。
- ⑥ 电气设备的检查、维护和调整，必须由电气维修工进行，高压电气设备的修理和调整工作，应有工作面和施工措施。
- ⑦ 井下采取变压器中性点禁止直接接地，电气设备设置保护接地装置和漏电保护等技术措施。



6、人体触电后怎样处理：

- (1) 使触电者迅速切断、脱离电源。
 - a、断开电源开关或截断导体；
 - b、用绝缘物使触电者脱离电源。
- (2) 立即进行现场抢救：人工呼吸法，胸外按压法。