

矿用防爆变频器 和软启动器应用

**KUANGYONG
FANGBAO BIANPINQI**

HE RUANQIDONGQI YINGYONG



索肯和平（上海）电气有限公司 组织编写
张选正 陈乐萌 编著



化学工业出版社

矿用防爆变频器 和软启动器应用

**KUANGYONG
FANGBAO BIANPINQI**

HE RUANQIDONGQI YINGYONG

索肯和平（上海）电气有限公司 组织编写
张选正 陈乐萌 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿用防爆变频器和软启动器应用/张选正, 陈乐萌
编著; 索肯和平(上海)电气有限公司组织编写. —北京:
化学工业出版社, 2011. 8
ISBN 978-7-122-11714-4

I. 矿… II. ①张…②陈…③索… III. ①矿用电气
设备: 防爆电气设备-变频器②矿用电气设备-启动器
IV. TD6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 129792 号

责任编辑: 卢小林

文字编辑: 项 激

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

710mm×1000mm 1/16 印张 17 字数 322 千字 2012 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究



前言

变频器与软启动器在国内问世有近 20 年的历史了，这两个电力电子设备一问世就受到用户的欢迎，原因是它具有调速性能优越，节电效果可观，启动特性良好的优点，所以在各行各业推广十分迅速，每年销售递增率大于 20%，其前景十分美好的。

变频器及软启动器相应地在煤矿及矿山行业应用较晚，近 10 年来由于新型矿山机械的采用，以及节能的要求，发展势头异常猛烈。但在矿井内使用变频器及软启动器除正常行业所要求的技术条件、技术性外，另有特殊要求，即必须是防爆的，可靠安全是首位，所以具有一定的技术难度，也就是说要把变频器、软启动器放置在一个符合防爆安全要求的特殊箱体内，并经严格测试检验，取得合格证书后，方可出厂投入现场使用。

鉴于矿用变频器及软启动器的特殊性，为了方便相关技术人员在设计、制造、安装、调试检验和测试时了解相关标准和技术要求，本书的组织编写人员总结了从事防爆电器设备制造十多年的经验编著了本书。

本书特点：无高深理论，繁琐计算，着重应用，深入浅出，切合实际，花少精力，得高收益。

本书共五章。第一章有关防爆的基础技术要求，第二章矿用变频器应用与检测，第三章矿井软启动器应用与检测，第四章矿井中常用几种设备性能分析及应用，第五章变频器与软启动器调试与维护。本书可供从事矿井自动化技术人员，煤矿从事变频器、软启动器应用、调试、维护人员，以及大专院校师生专业技术参考，目前国内已生产防爆电器产品，近百家单位，科研人员、维修人员、管理人员学习之用。参与本书编写工作的还有倪芳、潘金松、高文余、张晓计、薛星星、邹毅、郭金亮、郭永平。

对化学工业出版社的大力支持予以致谢！

鉴于国内至今少见关于防爆电器设备的专业技术图书，本书在此作了初步尝试，定有不足之处，希望广大读者给予指正。

编著者



目录

第 1 章 防爆基础技术	1
1.1 矿井气体、爆炸性混合物的形成	1
1.1.1 我国煤矿井下的基本环境条件	1
1.1.2 我国煤矿井下的基本工况条件	2
1.1.3 煤矿井下巷道内的气体	3
1.1.4 爆炸性混合物的形成	3
1.2 矿用防爆电气设备的基本要求	6
1.3 矿用隔爆型电气设备“d”	13
1.3.1 隔爆型电气设备基本原理	13
1.3.2 隔爆型电气设备结构	16
1.3.3 隔爆电气设备的外壳强度设计	28
1.4 增安型电气设备“e”	34
1.4.1 概述	34
1.4.2 增安型防爆电气设备的主要防爆措施	35
1.4.3 通用要求	35
1.4.4 专用电气设备的补充要求	38
1.5 本安型电路与本安型电气设备	41
1.5.1 概述	41
1.5.2 本质安全电气设备基础知识	41
1.5.3 本质安全电气设备的等级	49
1.5.4 本质安全设备结构	51
1.5.5 与本质安全性能有关的元件	55
1.5.6 可靠元件、可靠组件和可靠连接	59
1.5.7 本质安全电路设计要求	62
1.6 矿用一般型电气设备	68
1.6.1 通用技术要求	68
1.6.2 专用技术要求	70
1.6.3 标志	71
1.6.4 铭牌	71
1.7 试验检测	71

1.7.1	概述	71
1.7.2	防爆性能试验	72
1.7.3	隔爆型电气设备试验项目	74
1.7.4	增安型电气设备试验项目	80
1.7.5	本质安全型试验项目	80
1.7.6	矿用一般型电气设备试验项目	84
1.7.7	电气性能试验	84
1.7.8	防爆开关通断试验装置（以下通断试验装置）	91
1.7.9	防爆开关保护性能出厂测试装置	93

第2章 矿用变频器应用与检测 97

2.1	变频器及功率开关器件	97
2.1.1	概述	97
2.1.2	变频器的控制方式	97
2.1.3	矿用变频器实质	98
2.1.4	功率开关器件	99
2.1.5	通用变频器电气原理图	100
2.2	矿用变频器的检测检验方法	100
2.2.1	电磁兼容试验	100
2.2.2	特性曲线	104
2.2.3	轻载试验	105
2.2.4	压频比试验	105
2.2.5	温升试验	105
2.2.6	供电电压适用能力试验	105
2.2.7	过载能力试验	105
2.2.8	保护及显示功能试验	105
2.2.9	绝缘耐压试验	106
2.3	变频器技术文件编写的基本要求	107
2.3.1	技术文件包含的主要内容	107
2.3.2	产品企业标准的编写	107
2.3.3	变频器标准编写中应注意的问题	108
2.3.4	产品使用说明书	111
2.3.5	矿用产品主要零（元）部件	112
2.4	煤机变频器的应用与问题解决	115

2.4.1	绞车变频控制	115
2.4.2	1140V 变频器	120
2.4.3	输送带机变频控制	122
2.4.4	采用物理钳位的四电平 3300V 变频器	123
2.4.5	单元串联式多电平高压变频器	123
2.5	变频器的谐波及对策	124
2.5.1	变频器的谐波干扰及对策	124
2.5.2	变频器的谐波特性、抑制方法及测量	126
2.5.3	高压变频器的谐波	134
2.5.4	抑制变频器电磁干扰的有效方法	141
2.5.5	共模及差模干扰	143
2.6	动态无功补偿与谐波治理	144

第3章 矿用软启动器应用与检测 149

3.1	智能固态软启动器介绍	149
3.1.1	软启动器的用途	149
3.1.2	低压智能软启动器	149
3.1.3	软启动控制模式	150
3.1.4	停车方式	151
3.1.5	高压软启动器原理框图	151
3.1.6	操作面板及触摸屏	152
3.1.7	HPMV 启动器组成	153
3.2	晶闸管 SCR 在软启动器应用时的十个技术要点	154
3.2.1	晶闸管 SCR 的结构原理和半控特性	154
3.2.2	SCR 的控制角 α , 截止角 β , 导通角 θ , 相位角 φ	155
3.2.3	控制角 α 的允许范围	156
3.2.4	三相的每相应反向并接, 方可全波工作的具体条件	156
3.2.5	软启动器只调电压不调频率, 造成的不良后果	156
3.2.6	软启动器的方向	157
3.2.7	软启动器 SCR 的触发电路	157
3.2.8	锯齿脉冲的技术要求	157
3.2.9	软启动器的 CPU 使用简介	157
3.2.10	SCR 的主要参数	157
3.3	矿用软启动器的检测方法	158

3.3.1	软启动器的电气数据	158
3.3.2	软启动器的工作环境条件	163
3.3.3	生产机械负载类型和工作制	164
3.3.4	软启动器的选用	168
3.3.5	电磁兼容	174
3.3.6	高压大功率软启动器介绍	182
3.3.7	性能及参数	184

第4章 矿井中常用几种设备性能分析及应用

4.1	变频器在煤矿运输机驱动系统中的应用	185
4.1.1	运输机对驱动装置的基本技术要求	185
4.1.2	几种运输机驱动方式的优缺点	185
4.1.3	变频器在运输机系统上的适应性	187
4.1.4	变频器与运输机控制系统的接口	189
4.1.5	隔爆型变频器应用中应注意的问题	189
4.1.6	中压变频器在主斜井运输机上的应用	191
4.1.7	典型案例	193
4.2	矿井带式输送机防爆变频器电控系统	196
4.3	矿井排水自动化系统	198
4.4	矿井提升机交流变频电控系统	199
4.5	矿井提升机直流调速电控系统	202
4.6	矿井提升机防爆变频电控系统	207
4.7	矿用隔爆兼本安型可编程控制箱	211
4.8	矿用本质安全型操作显示台	213
4.9	软启动器在带式输送机上的应用	214
4.9.1	运输类机械负载的控制特点	214
4.9.2	应用系统介绍	214
4.9.3	改造设想	215
4.9.4	系统结构	215
4.9.5	各部分主要功能	215

4.9.6 应用效果	217
4.10 常用防爆变频器防爆软启动器产品介绍	217

第5章 变频器与软启动器的调试与维护 222

5.1 变频器通电调试条件	222
5.1.1 检查安装质量	222
5.1.2 系统调试条件	223
5.1.3 变频器故障显示及故障排除	225
5.2 变频器测试	230
5.2.1 测量表具的选择	230
5.2.2 变频器绝缘测试	231
5.2.3 变频器在线电压的测量	231
5.2.4 变频器在路电阻的测量	234
5.3 变频器调试举例	236
5.4 变频器维护保养	239
5.4.1 变频器的日常巡视	239
5.4.2 变频器的定期维护与保养	240
5.5 软启动器的基本设置	241
5.5.1 控制方式的选择	241
5.5.2 软启动器参数的整定	242
5.6 软启动器的安装与接地	244
5.6.1 安装的一般规定	244
5.6.2 安装的环境条件	244
5.6.3 电控屏、柜的内部装配要求	244
5.6.4 电控设备的外部安装要求	245
5.6.5 软启动器安装的具体方法和要求	246
5.6.6 系统的接地技术	247
5.6.7 软启动器的配线	249
5.7 软启动器的温升和冷却	250
5.7.1 软启动器的发热与散热问题概述	250

5.7.2	软启动器温升的要求	251
5.7.3	常用冷却方式及使用条件	252
5.8	软启动器的调试和测试	253
5.8.1	一般检查	254
5.8.2	通电前检查	255
5.8.3	通电检查和参数预置	256
5.8.4	空载试验	257
5.8.5	拖动系统的负载试验	257
5.9	设备的维护	257
5.10	标志、包装、运输、存储	260
5.11	漏电流和空载输出电压	260
5.12	操作面板的引出距离	261
5.13	提高软启动系统工作可靠性的要点	262

第 1 章

防爆基础技术



1.1 矿井气体、爆炸性混合物的形成

1.1.1 我国煤矿井下的基本环境条件

(1) 空气成分

在煤矿井下采掘过程中,空气里含有瓦斯,瓦斯(甲烷)含量占 85% 以上。当空气中的瓦斯(甲烷)含量达到 5%~15% 时,遇到 650℃ 以上的高温或具有足够能量的火花,便会发生气体爆炸。在采掘过程中还会引起大量煤尘的飞扬,当煤尘粒度在 0.75~1mm 以内,其含量在 30~2000g/m³ 范围内时,遇到 700℃ 以上的较大热源,便可能发生爆炸。这两种爆炸是伴生的,一般在瓦斯爆炸后引起煤尘爆炸,而煤尘爆炸造成的破坏更为严重。因此,《煤矿安全规程》对煤矿井下的空气成分与井巷中风流速度都作了严格的规定。对采掘设备也有相应的规定,例如,在综合机械化采掘工作面,规定采煤机、掘进机设立内喷雾降尘装置;对工作面、井下煤仓、溜煤眼、翻罐笼、输送机、装煤机及其他转载地点都规定必须有外喷雾或喷水措施。

(2) 环境温度

煤矿井下的气温随着地层深度和季节变化而有所区别。《煤矿安全规程》规定生产矿井采掘工作面不得超过 +26℃,机电峒室不得超过 +30℃。若超过规定的温度,必须采取降温措施,进风井筒冬季结冰时,必须装设空气预热设备,保持进风口以下空气温度在 +2℃ 以上。以上规定既考虑了煤矿井下矿工有较合适的工作环境,又考虑了电气设备在运行中能基本防止高温散热差及高、低温的热剧变、热老化现象导致的绝缘老化、工作寿命短,以确保正常运行。

(3) 相对湿度

煤矿井下湿度大,有淋水,相对湿度在 95%~100% 范围内变化,当井下温度大于 +25℃ 时,对电气设备的绝缘性能影响很大。为此,Ⅰ类电气设备规定必须按国家标准 GB/T 2423.4《交变湿热试验方法》进行测试,以确保电气设备在恶劣环境下能正常运转。

(4) 周围空间

煤矿井下作业空间狭窄，巷道受顶板压力的作用造成煤块、岩石冒落，使电气设备易遭碰、砸、压，而且煤矿生产作业经常变动，电气设备需要频繁移动。因此，要求矿用电气设备外壳既要防爆，又要在强度满足要求的前提下设计得轻巧，同时电性能还要满足要求，并且运行可靠，操作简单，维修方便。

(5) 电气设备壳内的环境条件

由于电气设备外壳达到防爆要求，因此电气设备在正常运行中壳内温度扩散条件差，尤其对经常频繁启动、停止工作状态有分断大电流现象的，其电气件触头的电弧会引起设备内高分子绝缘材料的分解，从而产生有害物质，导致电子、电气元件工作条件的恶化。由于过负荷、过电压等原因，在隔爆外壳中也会出现电弧短路故障，电弧能量使得隔爆外壳中的压力异常升高，甚至造成外壳结构的破坏，这是值得引人注意的。

1.1.2 我国煤矿井下的基本工况条件

(1) 供电系统和电压等级

煤矿供电系统一般为地面变电所以 10kV 或 6kV 供电下井到中央变电所、采区变电所直到工作面配电点。煤矿井下电气设备伴随着供电电压等级的变化而发展。采区供电电压普遍采用 380V、660V、1140V 电压等级，综采机械化工作面现已采用 3300V 电压等级，手动电动工具（如煤电钻）及井下照明均规定采用 127V 电压等级。

自 1989 年起，煤炭行业发展日产 7000t 高产高效综合机械化采掘工作面任务，我国采煤机单机功率已达到 500kW 以上，整台采煤机装机容量达 1000kW 以上，由此而使井下采区供电电压由 1140V 电压等级向 3300V 电压等级发展。

(2) 电压偏差

煤矿井下由于开采深度、层次的变化，采煤工作面距离的移动及更换，井下用电负荷经常变化，因此供电电压的波动范围也较大，这就要求矿用电气设备能在 75%~110% 的额定电压下正常工作，同时对电性能提出更高的要求，如矿用电器器的动作特性和电子保护的电压稳定性等。

(3) 冲击与振动

矿用电气设备从井上到井下各场所的运输过程要承受不同程度的冲击与振动，采掘、运送机械（包括运输机车）用的机械电气设备在设备运行时更要承受不同程度的冲击与振动，其振动频率、振幅及时间与正弦振动概念不同，难以以现有标准来判定，电气设备运行不正常与冲击、振动也有很大关系。

(4) 安装类别

安装类别（过电压类别）主要对低压电器而言，矿用电气设备按 GB/T 14048.1《低压开关设备和控制设备总则》的有关规定。

1.1.3 煤矿井下巷道内的气体

把煤层及其围岩涌出的天然气和井下巷道内由于大气氧与煤、岩石、木棚之间化学反应和生物化学反应以及在井下钻眼爆破工作和有机物质燃烧形成的工艺气体，统称为矿井气体。

矿井气体的主要成分是甲烷（ CH_4 ）及其同系物（俗称瓦斯）。煤矿井下最危险的是爆炸性气体。它包括甲烷（98%）及其同系物（乙烷、丙烷、丁烷）及其他可燃性气体。井下空气中瓦斯的含量很大程度上取决于地质构造、煤层埋藏深浅程度及开采方式。井下巷道内瓦斯含量主要取决于各种自然因素，如开采深度、煤层瓦斯含量、煤层中甲烷压力和透气性。一般来说，瓦斯主要的涌出源是顺槽准备巷道的新暴露面、回采工作面、经常更新的移动工作面及采落的煤。在通风量不足的情况下，巷道内瓦斯含量会超过《煤矿安全规程》规定的标准，尤其在准备巷道的掘进工作面、回采工作面的采煤机附近和工作面与回风巷道的交界处附近更为严重。

（1）在掘进巷道打眼放炮情况下

放炮后大约在 0.5min 之内，瓦斯含量由 1% 提高到 16%；在 1min 之内，瓦斯含量可提高到 30% 左右；在 3~15min 内，瓦斯含量降低到 4.5%。当风扇停止通风时，这种巷道瓦斯积聚含量随着瓦斯绝对涌出量的增加、瓦斯含量超限时间的延长、巷道长度及倾角增大而增大。

（2）在回采工作面的采煤机附近落煤带和工作面与回风巷交界处

采煤机落煤带内瓦斯涌出量除了与煤层瓦斯含量有关以外，还与落下的煤和新暴露煤壁的瓦斯逸出量有关，一般认为开采煤层的厚度、工作面风速、煤层瓦斯含量和回采工作面平均日推进速度，是使最大瓦斯含量超过工作面各断面平均值的主要因素。

（3）矿井瓦斯等级的划分

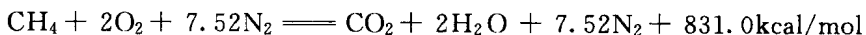
《煤矿安全规程》规定，一个矿井中，只要有一个煤（岩）层发现过瓦斯，该矿井即定为瓦斯矿井，并依照矿井瓦斯等级的工作制度进行管理。矿井瓦斯等级：低瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量小于或等于 $10\text{m}^3/\text{t}$ ；高瓦斯矿井，矿井相对瓦斯涌出量大于 $10\text{m}^3/\text{t}$ ；煤（岩）与瓦斯（二氧化碳）突出矿井。对低瓦斯矿井，个别采区瓦斯涌出量较大或瓦斯涌出有异常情况时，则该采区应按高瓦斯区进行管理。

1.1.4 爆炸性混合物的形成

（1）爆炸性气体空气混合物的爆炸界限

瓦斯-空气混合物的爆炸是大气中氧气与瓦斯在危险高温或足够的火花能量

时的自动快速反应，同时伴随着放热，产生二氧化碳气体和水蒸气，即：



在正常条件下，(5%~15%) 瓦斯-空气混合物是爆炸性混合物。当井下空气中瓦斯含量低于 5% 或超过 15% 时，由于在瓦斯含量低的低混合物中，瓦斯燃烧时产生的热量不足以维持燃烧，而瓦斯含量高的高混合物中瓦斯过剩，对混合物起冷却作用（瓦斯的热量消耗比空气高 1.5 倍），两者均使混合物不爆炸。但是，在井下空气中瓦斯含量超过 15% 时，由于瓦斯气体取代氧气，对人的生命安全存在危险。例如，空气中瓦斯气体含量超过 43% 时，由于氧气不足，人就会发生窒息。

由上可知，5% 是爆炸下限，15% 是爆炸上限，它还随着初始压力的上升而提高。任何爆炸性气体混合物都存在着爆炸的下限和上限，几种可燃性气体混合物的爆炸极限含量列于表 1-1。

表 1-1 几种可燃性气体混合物的爆炸极限含量

名 称	分子式	爆炸极限含量(体积)/%		最低引燃能量 /mJ	燃点温度 /K
		下限	上限		
瓦斯(甲烷)	CH_4	5	15	0.28	2316
丙烷	C_3H_8	2.1	9.5	0.25	2383
乙烯	C_2H_4	2.7	34	0.1	2557
乙炔	C_2H_2	1.5	82	0.019	2893
氢	H_2	4.0	75.6	0.019	2483
氨	NH_3	15	28	—	—
二硫化碳	CS_2	1.2	60	—	—
硫化氢	H_2S	4.3	45	—	—
甲苯	C_7H_8	1.27	6.75	—	2484

(2) 电气设备在故障状态下电气绝缘材料有机成分受热分解气体

煤矿井下空气湿度较大，矿井水蒸气有腐蚀作用，电气设备在长期运行过程中由于煤尘向电器外壳与内部不断侵入，会使原有电气材料绝缘性能降低，严重者会导致电气击穿现象；由于电气保护装置调整不符合要求或者保护失效，电气设备大功率放电，对绝缘材料产生热作用；带电部件匝间短路或电路系统短路产生飞弧现象等，这些均是产生可燃性气体的直接原因。众所周知，塑料在持续加热到几百度时，最初是性能下降，然后产生材料分解，析出气体和烟雾。所析出的气体中氢气和一氧化碳占主要成分，绝缘材料在电弧电流 1400A、电压 700V 作用下，在 0.2~0.25s 内，在密封钢壳（净容积 16L）内发现了可燃性气体，

其中氢和一氧化碳含量较大，而外壳内部的压力取决于电流强度和电弧燃烧时间。

三种树脂在密闭容器内高温分解现象列于表 1-2。

表 1-2 三种树脂在密闭容器内高温分解现象

气 体	高温分解 1g 树脂产生气体量/cm ³		
	聚酰胺树脂	环氧树脂	苯乙烯聚酯共聚物
二氧化碳	52	8.3	19.0
一氧化碳	100	28.2	—
氢	80.6	—	—
甲烷	56.3	30.2	16.9
乙炔	—	2.9	—
乙烯	—	8.8	13.2
气体总量	288.9	84.4	73.8
爆炸危险浓度计算下限值(体积)/%	7.7	6.1 ^①	2.6 ^①
在 10dm ³ 空气内足够产生爆炸性气体的经过高温分解的树脂数量	2.9	7.7 ^①	3.6

① 近似值。

注：三种树脂尽管均有耐高温的特点，但经高温分解，也足以达到爆炸危险的含量，不能忽视。

(3) 爆炸性混合物的分类

防爆电气设备分为两类，其中煤矿井下用电气设备为Ⅰ类；除煤矿外其他爆炸性气体环境用电气设备为Ⅱ类。煤矿井下爆炸性混合物主要是瓦斯（甲烷）；爆炸危险厂房主要指石油开采、石油炼制、输油系统及化工、纺织、石棉厂房等，由于具有各种各样的爆炸性气体，而这些爆炸性气体在相同的试验条件下，具有不同的试验安全间隙、不同的最小点燃电流和自燃温度，因此，根据试验安全间隙和最小点燃电流比将Ⅱ类电气设备又分为 A、B、C 三类。其分类标准如表 1-3 所示。

表 1-3 电气设备分类标准

类 别	MESG/mm	MICR
Ⅰ	1.14	1
Ⅱ A	$\delta_{\max} \geq 0.9$	MICR > 0.8
Ⅱ B	$0.5 < \delta_{\max} < 0.9$	$0.45 < \text{MICR} \leq 0.8$
Ⅱ C	$\delta_{\max} \leq 0.5$	MICR < 0.45

注：1. MESG 指最大试验安全间隙。

2. MICR 为最小点燃电流比。

各种爆炸性气体或蒸汽与空气的混合物按其引燃温度分为六组： T_1 、 T_2 … T_6 。分组标准见表 1-4。

表 1-4 气体分组标准

温度组别	最高表面温度/℃	温度组别	最高表面温度/℃
T ₁	450	T ₄	135
T ₂	300	T ₅	100
T ₃	200	T ₆	85

注：1. 引燃温度测定采用 IEC79-4 的试验方法。

2. 可燃性气体、蒸汽级别、温度组别举例见 GB 3836.1 中附录 B。

3. 实测引燃温度可采用 IEC 标准方法的测定值，也可对实物通过试验测定。

1.2 矿用防爆电气设备的基本要求

各类矿用防爆电气设备都有专用标准和其他有关标准的规定，但各类矿用防爆电气设备又要执行共同的要求，即《爆炸性气体环境用电气设备——通用要求》(GB 3836.1—2000)。只有在满足两者规定的条件下，才能符合其防爆性能。

(1) 电气设备分类和温度组别

爆炸性气体环境用电气设备分为Ⅰ类(煤矿用)和Ⅱ类(除煤矿外的其他爆炸性气体环境用)电气设备。Ⅱ类隔爆型“d”和本质安全型“i”电气设备，按爆炸性气体特性又分为ⅡA、ⅡB和ⅡC类。

GB 3836.1 标准规定了最高表面温度、环境温度、表面温度和引燃温度。最高表面温度：小于Ⅰ类电气设备表面可能堆积煤尘时，不应超过 150℃；采取措施防止堆积煤尘时，不应超过 450℃。其实际最高表面温度应在铭牌上标示出来，或在防爆合格证号之后加符号“X”。

电气设备在环境温度-20~+40℃下使用时，不需附加标志，超出此范围视为特殊情况，应将环境温度范围在资料中给出并在铭牌上标出，或在防爆合格证号后加符号“X”。

对于总表面积不大于 10cm² 的某些结构元件，其最高表面温度相对于实测引燃温度具有一定的安全裕度时，该元件的最高表面温度允许超过电气设备上标志的组别温度。其安全裕度是：Ⅱ类 T₁、T₂、T₃ 组电气设备为 50℃；T₄、T₅、T₆ 组和Ⅰ类电气设备为 25℃。这个安全裕度可由经验或试验来保证。本安电路中的小型元件的裕度按 GB 3836.4 的规定。

《煤矿安全规程》对井下空气温度作了规定，如生产矿井采掘工作面的空气温度不得超过 26℃，机电硐室的空气温度不得超过 30℃。

(2) 对电气设备的通用规定

对电气设备承受一些不利条件(如运行条件恶劣、潮湿影响、化学剂影响、

环境温度的变化),由用户提出要求,用户和制造厂协商解决。但是,如果前述的不利条件影响到电气设备的防爆性能,则防爆检验单位应该在进行防爆审查和检验时考虑这些条件。例如,一种隔爆型产品标志的环境温度为 $-30\sim+80^{\circ}\text{C}$,则应该在 $-30\sim+80^{\circ}\text{C}$ 条件进行防爆试验,如果产品标志有利于腐蚀性环境,则在防爆审查和试验时应该考虑腐蚀性环境对防爆性能的影响。

考虑到我国煤矿井下潮湿的特殊情况,对Ⅰ类电气设备要求进行防潮规定试验,GB 3836.1 标准对防潮要求提出具体试验方法和考核标准,规定湿热试验按GB/T 2423.4 标准进行。试验严酷等级应符合产品相应的现行湿热带电工产品标准的规定,且至少为 40°C 、6d。

对具有快开门式或盖的电气设备,要限制其开门的速度,内装电容器时开门所需时间间隔须大于电容器放电到下列剩余能量所需时间:充电电压大于200V时,Ⅰ、ⅡA 电气设备为0.2mJ,ⅡB 电气设备为0.06mJ,ⅡC 电气设备为0.02mJ;充电电压低于200V时,剩余能量可为上述值的2倍。

内装电热元件时,开门的时间间隔须大于元件温度降至电气设备允许最高表面温度所需的时间,并设警告牌标明所需的时间间隔。

(3) 非金属外壳和外壳的非金属部件

非金属外壳和外壳的非金属部件应按GB 3836.1 第23.4.7 的规定进行耐热、耐寒、机械、光老化、耐化学试剂、表面电阻等试验,密封圈应按相关专项规定进行老化试验。

在制造厂向检验单位提供的文件中,对非金属外壳的材料的有关参数(如制造厂名、颜色、成分比例、表面处理符合的标准等)和加工工艺过程应给予说明,并由制造厂对其负责,检验单位对其存档备查。

塑料外壳或外壳部件的最高表面温度至少应比20000h点的温度指数 T_1 低20K,并且应能经受耐热、耐寒试验的考核。

对移动式可能被摩擦或擦拭塑料部件的固定式电气设备,应设计为正常维护和进行清洁时能防止产生引燃危险的静电电荷的结构。不能防止时应设警告牌说明运行中须采取的安全措施。

Ⅰ类电气设备塑料外壳的表面大于 100cm^2 时,按照GB 3836.1 第23.4.7.8,在特定条件下[温度 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $50\%\pm 5\%$],测得的表面绝缘电阻不应超过 $1\text{G}\Omega$ 。

Ⅰ类电气设备塑料外壳应具有阻燃性能的要求,具体规定见GB 3836.1 附录E,即按GB/T 11020 中FV法试验应不低于FV2的要求,以适应我国煤矿井下特殊情况的需要。

(4) 含轻金属的外壳

Ⅰ类电气设备外壳材料的铝、钛和镁的总含量(质量分数)不允许大于