

单片机应用系统与电气防爆

孙继平 朱李平 编著



煤炭工业出版社

单片机应用系统与电气防爆

孙继平 朱李平 编著

煤炭工业出版社

(京)新登字042号

内 容 简 介

本书较全面、系统地介绍了单片机应用系统及电气防爆。全书共分四章,主要包括以下内容:电气防爆原理及防爆措施、MCS—51系列单片机及存储器扩展、接口电路、爆炸性环境用单片机应用系统的设计。在单片机应用系统方面,介绍了应用最广泛的主流单片机MCS—51系列单片机,并对常用的存储器和接口电路进行了较全面的介绍,具有全面、新颖、实用的特点。在电气防爆系统设计方面,介绍了9种电气防爆型式的防爆原理及防爆措施,爆炸性环境用单片机应用系统的设计方法及防爆措施。本书系统性好、论述面宽、实用性强、取材新颖。

本书可供从事计算机应用、电气防爆的工程技术人员参考,也可作为大专院校计算机应用、电气防爆类课程的参考书。

单片机应用系统与电气防爆

孙继平 朱李平 编著

责任编辑:翟 刚

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092mm¹/₁₆, 印张10³/₄,

字数 252千字 印数1—1,200

1994年5月第1版 1994年5月第1次印刷

ISBN 7-5020-0953-1/TD·879

书号 3719 G0280 定价10.50元

前 言

单片机是一种发展十分迅速的微型计算机，它为传统工业的技术改造和产品的更新换代提供了有力的手段，在煤炭、石油和化工企业，以及船舶、军工部门等具有爆炸危险的场所获得广泛的应用。然而，迄今为止还没有一本较全面、系统地介绍爆炸性环境用单片机应用系统设计方法的书籍。为适应单片机在具有爆炸危险场所应用的需要，作者根据自己多年来科研和教学体会编写了这本书。为便于读者学习和应用，本书力求实用新颖、简明扼要。

在编写本书的过程中，朱建铭教授对全稿进行了审查，孙秀华同志帮助整理了部分资料，在此表示感谢。

由于水平有限，书中难免有错误和欠妥之处，敬请读者批评指正。

编 著 者

1993年8月于北京

目 录

第一章 电气防爆	1
第一节 防爆电气设备概述及通用要求	1
第二节 隔爆型电气设备	8
第三节 本质安全型电气设备	14
第四节 增安型电气设备	30
第五节 浇封型电气设备	33
第六节 气密型电气设备	35
第七节 充砂型电气设备	35
第八节 正压型电气设备	37
第九节 充油型电气设备	38
第十节 无火花型电气设备	40
第十一节 矿用一般型电气设备	41
第二章 MCS—51系列单片机及存储器扩展	43
第一节 MCS—51系列单片机结构	43
第二节 指令系统	51
第三节 定时器/计数器	63
第四节 串行接口	73
第五节 中断	80
第六节 存储器扩展	83
第七节 节电工作	90
第三章 接口电路	93
第一节 定时器/计数器接口电路	93
第二节 并行接口电路	102
第三节 串行接口电路	111
第四节 模/数 (A/D) 转换器	133
第五节 数/模 (D/A) 转换器	140
第六节 其他接口电路	146
第四章 爆炸性环境用单片机应用系统的设计	160
第一节 系统设计与防爆设计	160
第二节 抗干扰设计	161

第一章 电 气 防 爆

第一节 防爆电气设备概述及通用要求

一、概述

工作在煤矿、石油、化工等爆炸性环境中的电气设备必须采取一定的防爆安全措施，使其在规定的运行条件下不会引起周围爆炸性混合物爆炸。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通称为防爆电气设备。防爆电气设备的种类很多，有防爆电机、防爆开关、防爆灯具、防爆仪器仪表、防爆电话、防爆监测系统、防爆控制器等。特别是防爆单片机应用系统，以其体积小、重量轻、低功耗、抗干扰能力强、可靠性高、电源工作范围宽、工作环境温度范围广、价格低廉等优势，在防爆型智能仪器仪表、工业监控系统、自动控制系统、通信系统、数据处理系统中获得了广泛应用，为煤炭、石油、化工等企业的技术改造和产品的更新换代提供了有力的手段。

为了适应不同的生产环境和爆炸性环境，国家制定了不同类型的防爆电气设备的设计制造标准，有以下九种类型：隔爆型、本质安全型、增安型、浇封型、气密型、充砂型、正压型、充油型和无火花型。另外，矿用一般型电气设备是用于煤矿井下的非防爆电气设备。各种类型的防爆电气设备型式及标志见表1-1。防爆电气设备的国家标准是GB3836（矿用一般型除外），所有防爆电气设备的设计、制造、检验均应以此标准为依据。关于各种类型防爆电气设备的防爆原理、防爆措施和技术要求等内容将在以后的章节中逐一介绍。

表 1-1 爆炸性环境用电气设备类型及标志

防爆电气设备类型	标 志	防爆电气设备类型	标 志
隔爆型电气设备	d	充砂型电气设备	q
本质安全型电气设备	i	正压型电气设备	p
增安型电气设备	e	充油型电气设备	o
浇封型电气设备	m	无火花型电气设备	n
气密型电气设备	h	矿用一般型电气设备	KY

二、基本概念

1. 类别、级别和组别

为了正确选用防爆电气设备，必须了解防爆电气设备的类别、级别和组别。防爆电气设备按使用环境的不同分为两大类：

I类：用于煤矿井下的电气设备。主要用于含有甲烷混合物的爆炸性环境。

II类：用于工厂的防爆电气设备。主要用于除甲烷外的其他各种爆炸性混合物环境。由于这些爆炸性气体在相同的外界条件下具有不同的最大安全间隙和不同的最小点燃电流，所以对II类电气设备要进行分级。分级的依据就是它们各自的最大试验安全间隙和最小点

表 1-2 I 类电气设备级别划分

级 别	δ_{max} (mm)	MICR
I A	$\delta_{max} \geq 0.9$	$MICR > 0.8$
I B	$0.9 > \delta_{max} > 0.5$	$0.8 \geq MICR \geq 0.45$
I C	$0.5 \geq \delta_{max}$	$0.45 > MICR$

注: δ_{max} 为最大试验安全间隙, MICR 为最小点燃电流比。

燃电流比, 分级标准见表1-2。

最大试验安全间隙: 是指在标准规定的试验条件下, 点燃试验壳内爆炸性混合物后, 让其通过25mm长的试验外壳空腔两部分的接合面, 而不能点燃试验壳外爆炸性混合物的外壳空腔两部分之间接合面的最大间隙。

最小点燃电流: 是指在标准的试验条件下对直流电压为24V, 电感95mH的电路, 用火花试验装置分断该电路后, 电路产生的火花对各种爆炸性气体混合物进行点火, 能使其点燃的最小电流。

最小点燃电流比: 各种爆炸性气体混合物的最小点燃电流同甲烷与空气的混合物的最小点燃电流之比。

为了保证各种类型电气设备在运行中不产生引燃爆炸性混合物的温度, 对II类电气设备运行时能允许的最高表面温度进行了分组, 分组情况见表1-3。

表 1-3 电气设备的允许最高表面温度

电气设备类型	温 度 组 别	设备允许表面温度 ($^{\circ}\text{C}$)	说 明
I 类	—	150	设备表面可能堆积粉尘 采取措施防止粉尘堆积
	—	450	
II 类	T_1	450	$450 \leq t$
	T_2	300	$300 \leq t < 450$
	T_3	200	$200 \leq t < 300$
	T_4	135	$135 \leq t < 200$
	T_5	100	$100 \leq t < 135$
	T_6	85	$85 \leq t < 100$

注: 表中 t 为可燃性气体、蒸气的引燃温度。

2. 电气间隙与爬电距离

由于煤矿井下空气潮湿、粉尘较多、环境温度较高, 严重影响电气设备的绝缘性能。为了避免电气设备由于绝缘强度降低而产生短路电弧、火花放电等现象, 对电气设备的爬电距离和电气间隙作出了规定。

电气间隙和爬电距离是既有区别又有联系的两个不同概念。电气间隙是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。电气间隙通常包括: (1) 带电零件之间以及带电零件与接地零件之间的最短空气距离;

表 1-4 电气间隙与爬电距离

额定电压 (V)	最小电气间隙 (mm)	最小爬电距离(mm)				额定电压 (V)	最小电气间隙 (mm)	最小爬电距离(mm)			
		a	b	c	d			a	b	c	d
36	4	4	4	4	4	660	10	12	16	20	25
60	6	6	6	6	6	1140	18	24	28	35	45
127	6	6	7	8	10	3000	36	45	60	75	90
220	6	6	8	10	12	6000	60	85	110	135	160
380	8	8	10	12	15	10000	100	125	150	180	240

注：表中a、b、c、d是绝缘材料按相对泄痕指数的分级。

(2) 带电零件与易碰零件之间的最短空气距离。电气间隙应符合表1-4的规定。

只有满足电气间隙的要求，裸露导体之间和它们对地之间才不会发生击穿放电，才能保证电气设备的安全运行。

爬电距离是指两个导体之间沿其固体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。爬电距离是由电气设备的额定电压、绝缘材料的耐泄痕性能以及绝缘材料表面形状等因素决定的。额定电压越高，爬电距离就越大，反之，就越小。绝缘材料表面施加污染液或污垢杂质之后，在两个电极之间的电场作用下，这些导电液体或污垢杂质将产生微小的火花放电，使绝缘材料发生局部破坏，那么绝缘材料抵抗这种破坏的能力就称为耐泄痕性能。防爆电气设备是在有爆炸危险的场所使用的，环境中含有各种污染液和污垢杂质，设备绝缘材料的耐泄痕性能是十分重要的。绝缘材料的耐泄痕性能通常是用耐泄痕指数来表示。耐泄痕指数是指固体绝缘材料能够承受50滴或100滴以上的电解液而没有形成漏电的最高电压。绝缘材料根据相对泄痕指数分为a、b、c、d 4个级，a级最高，d级最低。常用绝缘材料耐泄痕指数分级见表1-5。由此可见，绝缘材料耐泄痕性能越好，爬电距离就越小，反之越大。防爆电气设备的最小爬电距离见表1-4。

表 1-5 绝缘材料按相对泄痕指数分级

级 别	相对泄痕 指 数	试验电压 (V)	滴 数	绝 缘 材 料
a	—	600	>100	上釉的陶瓷、云母、玻璃
b	500	500	>50	三聚腈胺石棉耐弧塑料、硅有机石棉耐弧塑料
c	380	380	>50	聚四氟乙烯塑料、三聚腈胺玻璃纤维塑料，表面用耐弧漆处理的环氧玻璃布板
d	175	175	>50	酚醛塑料、层压制品

3. 防护等级

电气设备应具有坚固的外壳，外壳应具有一定的防护能力，达到一定的防护等级标准。防护等级就是防外物和防水能力。防外物是指防止外部固体进入设备内部和防止人体触及设备内的带电或运动部分的性能，简称防外物。防水是防止外部水分进入设备内部，对设备产生有害影响的防护性能，简称防水。防护等级用字母IP连同两位数来标志。例

如：IP43中的IP是外壳防护等级标志，第一位数字4表示防外物4级，第二位数字3表示防水3级。数字越大表示防护等级越高，要求越严格。防外物共分7级，防水共分9级。外壳防护等级标准见表1-6。

表 1-6 外壳的防护等级

防护等级	防外物能力分级		防水能力分级	
	简称	说明	简称	说明
0	无防护	没有专门的保护	无防护	没有专门的保护
1	防护大于50mm的固体	能防止直径大于50mm的固体异物进入壳内	防滴	垂直的滴水应不能直接进入产品内部
2	防护大于12mm的固体	能防止直径大于12mm的固体异物进入壳内	15°防滴	与铅垂线成15°角范围内的滴水应不能直接进入产品内部
3	防护大于2.5mm的固体	能防止直径大于2.5mm的固体异物进入壳内	防淋水	与铅垂线成60°角范围内的淋水应不能直接进入产品内部
4	防护大于1mm的固体	能防止直径大于1mm的固体异物进入壳内	防溅	任何方向的溅水对产品应无有害的影响
5	防尘	能防止影响产品正常运行的灰尘进入壳内	防喷水	任何方向的喷水对产品应无有害的影响
6	尘密	完全防止灰尘进入壳内	防海浪或强力喷水	猛烈的海浪或强力喷水对产品应无有害影响
7	—	—	浸水	产品在规定的压力和时间下浸在水中，进水量应无有害的影响
8	—	—	潜水	产品在规定的压力下长时间浸在水中，进水量应无有害的影响

三、通用要求

不同类型的防爆电气设备具有不同的特性，这就需要对它们作出专用的规定。但作为防爆电气设备，它们又有共同的特性，这就是对防爆电气设备的通用要求。无论何种类型的电气设备都必须在符合通用要求和专用规定的情况下，才能保证其防爆性能。通用要求主要包括：防爆电气设备使用的环境温度，对外壳、紧固件、联锁装置、绝缘套管、接线盒、连接件、引入装置及接地的要求等。现将有关要求介绍如下：

(1) 防爆电气设备使用的环境温度为 $-20\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，环境气压为 $(0.8\sim 1.1)\times 10^5\text{Pa}$ 。

(2) 防爆电气设备如果采用塑料外壳，须采用不燃性或难燃性材料制成，并保证塑料表面的绝缘电阻不大于 $1\times 10^9\Omega$ ，以防积聚静电还必须承受冲击试验和热稳定试验。

(3) 防爆电气设备限制使用铝合金外壳，防止其与锈铁摩擦产生大量热能，避免形成危险温度。

(4) 紧固件是防爆电气设备的主要零件。常用的紧固件是由螺栓和螺母及防松用的弹簧垫组成。对于要用特殊紧固件的防爆电气设备必须用特殊紧固件，如隔爆型电气设备外壳各部分的连接必须用护圈式紧固件，以防无关人员随意打开外壳，使外壳失去防爆性

能。使用护圈式紧固件应符合以下几点要求：①螺栓头或螺母要放在护圈内，并且只有使用专用工具才能打开；②紧固后的螺栓头或螺母的上平面不能超出护圈；③各种规格螺栓的通孔直径、护圈高度、护圈直径应符合表1-7的有关规定；④护圈可设开口，开口的圆心角不大于 120° ；⑤护圈要与主体牢固连在一起。无论何种紧固件都应采用不锈钢材料制成或经防锈处理。

表 1-7 护圈式或沉孔式紧固件技术要求

螺纹规格 d	通孔直径 d_1	护圈高度 h	护圈直径 d_2 (适用于六角头)		护圈直径 d_2 (适用于小六角头)		护圈直径 d_2 (适用于内六角头)	
			最 大	最 小	最 大	最 小	最 大	最 小
M4	4.5	4	—	—	—	—	9	8
M5	5.5	5	19	17	—	—	11	10
M6	6.6	6	20	18	—	—	12	11
M8	9	8	25	22	20	18	16	15
M10	11	10	30	27	25	22	20	18
M12	14	12	35	31	30	27	22	20
M14	16	14	40	36	35	31	26	24
M16	18	16	44	40	40	36	28	26
M18	20	18	48	44	44	40	31	29
M20	22	20	50	46	48	44	35	33
M22	24	22	56	51	50	46	38	36
M24	26	24	61	57	56	51	42	40

(5) 为了防止电气设备误操作造成事故，防爆电气设备应设置联锁装置。联锁装置在设备带电时，设备可拆卸部分不能拆卸。当可拆卸部分拆开时，设备不能送电，以保证安全。

(6) 对于固定在设备外壳隔板上用来使导线穿过隔板的绝缘套管，必须用吸湿小的绝缘材料制成，绝缘套管的使用不能改变电气设备的防爆型式。如果绝缘套管或电气设备需要使用胶结剂，胶结剂必须具有抗机械、热和化学的能力。

(7) 为了保证电气设备导线和电缆联结牢固，防止电气设备运行中产生火花、电弧，引燃爆炸性混合物，对正常运行产生火花、电弧或危险温度的电气设备，功率大于250W或电流大于5A的Ⅰ类电气设备，其电缆和导线的连接都应使用接线盒和连接件。接线盒的型式根据使用环境及有关技术要求决定。接线盒应符合下列条件：接线盒内要留有导线弯曲半径的空间；接线盒内裸露导体间的电气间隙、爬电距离要符合相应防爆类型的有关规定；为防止电弧、闪络现象，接线盒内壁应涂耐弧漆。

(8) 连接件是置于接线盒内，供引入电缆或电线接线用的（又称接线端子）。连接件要有足够的机械强度和结构尺寸，要保证导线连接可靠，保证在振动和温度的影响下连接不松动，不产生火花、过热和接触不良等现象。对于与铝芯电缆连接的连接件要用铜铝过渡接头。

(9) 引入装置是防爆电气设备外电路的电缆或电线进入设备内的过渡装置，是防爆电气设备的薄弱环节，因此引入装置的密封是十分重要的。常用的密封引入装置有三种：①密封圈式引入装置，该种引入方式应用最广泛，包括压盘式引入装置和压紧螺母式引入

装置两种,如图1-1和图1-2所示;②浇封固化填料密封式引入装置,如图1-3所示;③金属密封环式引入装置,如图1-4所示。

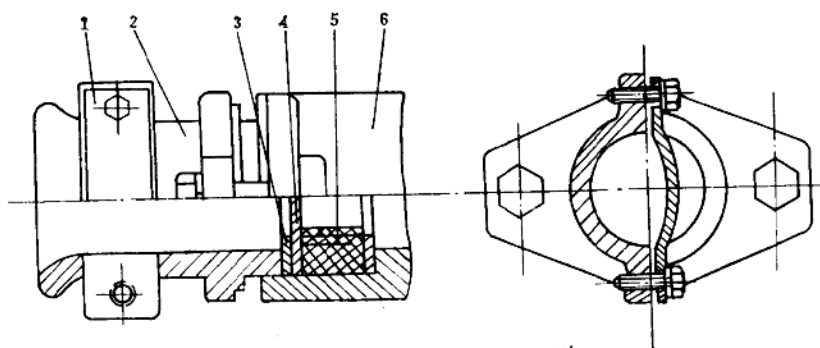
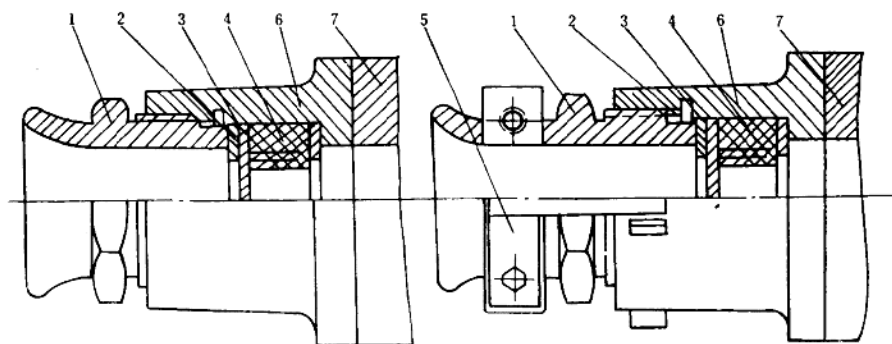


图 1-1 压盘式引入装置

1—防止电缆拔脱装置;2—压盘;3—金属垫圈;4—金属垫片;5—密封圈;6—联通节



(a) 适用于公称外径不大于20mm的电缆

(b) 适用于公称外径不大于30mm的电缆

图 1-2 压紧螺母式引入装置

1—压紧螺母;2—金属垫圈;3—金属垫片;4—密封圈;5—防止电缆拔脱及防松装置;6—联通节;
7—接线盒

引入装置所用密封圈的材料要用弹性好、不易老化不易龟裂的橡胶材料或其他类似材料制成,其硬度应达到邵尔氏硬度 $45^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 。密封圈只有硬度适宜才能起到密封和防松作用,保证防爆性能。引入装置必须具有防松和防止拔脱装置。

(10) 为了防止电气设备外壳带电时发生人身触电或对地放电引起周围可燃性气体混合物爆炸,防爆电气设备必须进行良好接地。电气设备的接地主要包括设备金属外壳的外接地端子和设备接线盒内的内接地端子。内外接地端子都应标接地符号“⏏”。接地零件要用不锈钢材料制成或经防锈处理。无论是内接地端子还是外接地端子,所选用的规格必须与电气设备容量大小相匹配,设备功率越大所用接线端子直径应越大。对于便携式或运行

中需要移动的电气设备，可不设置接地装置，但必须使用有接地芯线的电缆，其外壳与接地芯线连接并与井下总接地网可靠连接。

(11) 无论何种型式的防爆电气设备，都应有明显的防爆标志，它是由防爆电气设备的类型、类别、级别、组别和防爆设备的总标志“Ex”构成。单一型防爆电气设备标志按前面所述内容标出即可。例如：

“Exd II BT₃”表示是Ⅱ类隔爆型B级T₃组防爆电气设备；“Exia II AT₀”表示是Ⅱ类本质安全型ia等级A级T₀组防爆电气设备。复合式防爆电气设备必须先标出主体防爆型式，后标出其他防爆型式。例如：“ExepT₄”表示是Ⅱ类主体增安型并具有正压型部件T₄组的电气设备。复合型电气设备，还应分别标出在不同防爆型式的外壳上标出相应的防爆型式。防爆标志一定要制作在防爆电气设备的最明显处。其标志牌可铆或焊在外壳上，

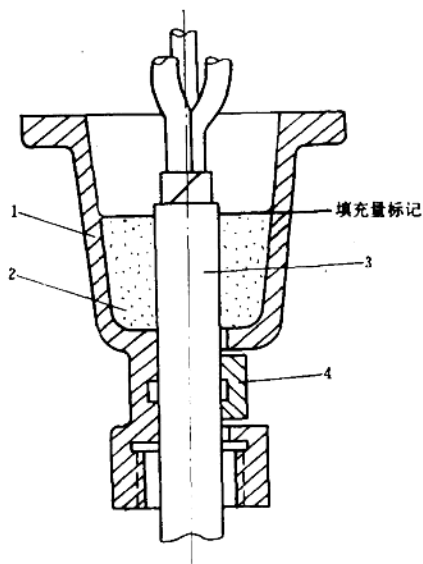


图 1-3 浇封固化填料密封式引入装置

1—联锁节；2—固化密封填料；3—电缆；4—防止电缆拔脱装置

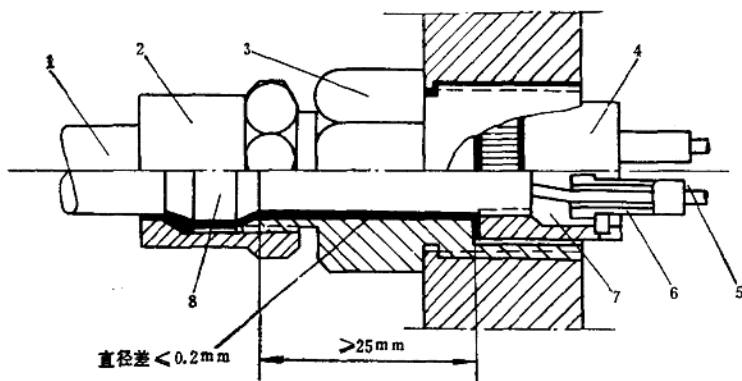


图 1-4 金属密封环式引入装置

1—金属护套电缆；2—螺母；3—套筒；4—端部固定套管；5—导体；6—绝缘套管；7—绝缘填料；8—金属密封环

也可以采用凹纹标志。防爆型电气设备必须设置铭牌，在铭牌的右上方标出“Ex”字样。铭牌应包括以下内容：防爆标志（型式、类别、级别、温度组别等），防爆合格证编号，其他要标出的特殊条件，有关防爆型式专用标准规定的附加标志，出厂日期或产品编号。铭牌可用青铜或不锈钢制成，厚度应不小于1mm。标志应清晰可见，经久不褪。

由于煤矿井下环境潮湿，还有煤块、岩石冒落的危险，并存在爆炸性混合物，因此用于煤矿井下的电气设备应具有一些基本条件，也就是矿用电气设备的通用要求：①电气设备的外壳应具有一定的防护能力；②具有良好的防潮性能，以保证电气设备良好的绝缘性能；③各种类型的电气设备在满足技术要求的前提下，应尽量减小体积、减轻重量、便于

操作、维修方便，以适合井下工作环境狭小的特点；④无论何种型式的电气设备必须具有良好的防爆性能，这是至关重要的一点。

第二节 隔爆型电气设备

一、防爆原理

隔爆型电气设备的防爆原理是：将电气设备的带电部件放在特制的外壳内，该外壳具有将壳内电气部件产生的火花和电弧与壳外爆炸性混合物隔离开的作用，并能承受进入壳内的爆炸性混合物被壳内电气设备的火花、电弧引爆时所产生的爆炸压力，而外壳不被破坏；同时能防止壳内爆炸生成物向壳外爆炸性混合物传爆，不会引起壳外爆炸性混合物燃烧和爆炸。这种特殊的外壳叫“隔爆外壳”。具有隔爆外壳的电气设备称为“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，被广泛用于煤矿井下等爆炸性环境工作场所。隔爆性电气设备的标志为“d”。

隔爆型电气设备除电气部分外，主要结构包括隔爆外壳及一些附在壳上的零部件，如衬垫、透明件、电缆（电线）引入装置及接线盒等。

根据隔爆型电气设备的防爆原理，我们知道隔爆外壳应具有耐爆和隔爆性能。所谓耐爆就是外壳能承受壳内爆炸性混合物爆炸时所产生的爆炸压力，而本身不产生破坏和危险变形的能力。所谓隔爆性能就是外壳内爆炸性混合物爆炸时喷出的火焰，不引起壳外可燃性混合物爆炸的性能。为了实现隔爆外壳耐爆和隔爆性能，对隔爆外壳的形状、材质、容积、结构等均有特殊的要求。

二、防爆措施

隔爆型电气设备主要在煤矿井下爆炸危险工作场所使用，其使用环境场地狭窄，搬运困难，并有岩石、煤块冒落、撞击的危险，其外壳不仅要具有耐爆性，还应具有足够机械强度，才能保证设备外壳在发生内部爆炸或受到外物撞击时，外壳不发生严重变形或损坏。为此，常在煤矿井下采掘工作面工作的隔爆型电气设备的隔爆外壳必须采用钢板或铸铁构成，但其他零部件或装配后冲击不到的或容积不超过2L的电气设备，可用HT25—47灰铸铁制成。对于I类非采掘工作面用隔爆外壳也可以用HT25—47灰铸铁制成。对于容积不大于2L的外壳，也可以采用工程塑料制成，这种材料具有易成型、易切削加工、比重轻、易于制造等优点，但使用这种材料作隔爆外壳时必须注意到塑料在高温下易发生分解和变形的性质。因此，在具有大量热源和能发生大电弧的电气设备上不宜使用塑料外壳。

隔爆外壳的几何形状是多样的，大量的理论研究和实践证明：在相同容积、不同形状的隔爆外壳中，非球形外壳中的爆炸压力比球形外壳中压力低，即球形外壳的爆炸压力最大，而长方体外壳爆炸压力最小，外壳内的爆炸压力是随着容器形状的不同而改变。这是因为随着外形散热表面积的增加而降低了爆炸压力。因此，隔爆外壳以采用长方形外形为宜，这样可以提高外壳的耐爆能力。

隔爆外壳的容积也是设计隔爆外壳的关键。理论和实践都证明：在其他条件都一定的情况下，隔爆外壳的容积与外壳内的爆炸压力无关，容积对压力的影响不大。因此在设计制造隔爆外壳时就可以在满足设备技术要求的前提下，尽量减小隔爆外壳的体积，既保证了外壳的耐爆性又减小了体积、减轻了重量，更便于在煤矿井下特殊环境中使用。

一般隔爆外壳大都是由两个或两个以上的空腔组成，且空腔间是连通的，因此在外壳内

爆炸性混合物发生爆炸时将会产生压力重叠现象,也就是当一个空腔里的爆炸性混合物爆炸时,会使另一个空腔里的爆炸性混合物受到压缩,而使压力增高。如果这个空腔再爆,将会出现过压现象,形成多空腔压力重叠,隔爆外壳的耐爆性将受到威胁。因此,在设计制造隔爆外壳时应尽量避免采用多空腔结构,如果无法避免这种结构则应尽量增大各空腔间联通孔的面积。因为多空腔压力重叠的过压大小与两空腔容积比以及连通孔断面积有关。当两空腔容积比一定时,连通孔断面积越大,过压就愈小,从而增加外壳的耐爆性能。另外,外壳的长、宽、高尺寸之比也不要过大,以免造成外壳内的压力重叠现象。

隔爆型电气设备的隔爆外壳不但具有耐爆性还应具有隔爆性。隔爆外壳如何实现隔爆作用,这是研究隔爆型电气设备的关键。我们知道,由于加工、制造、使用、维修等方面的需要,无论何种形状的隔爆外壳,都不可能是一个“天衣无缝”的整体,而是由几部分和各种零件构成的。各部分以及零件之间都需要联接,而联接的缝隙势必会成为外壳内的爆炸性产物穿过的途径。如果对这些联接的间隙不作特殊规定和技术要求,那么穿过间隙的壳内爆炸产物就要引燃壳外周围爆炸性混合物,其后果不堪设想。为了阻止壳内爆炸性混合物爆炸生成物引燃壳外周围的爆炸性混合物,就必须在外壳的各接合处,也就是联接间隙采取一些特殊有效的措施,实现外壳隔爆性能。通常把互相联接的接合面称为“隔爆接合面”,简称“隔爆面”。而隔爆面之间的间隙称为“隔爆接合面间隙”,简称“隔爆间隙”。隔爆间隙的大小是隔爆外壳能否隔爆的关键。通常隔爆面是采用法兰连接的隔爆保护方式。隔爆结合面间隙有多种结构:平面形结构(开关大盖与壳体、接线盒与壳体),圆筒形结构(电动机端盖与机座、转轴与转孔),平面加圆筒形结构(煤电钻接线盒盖与接线盒),曲路(迷宫)结构(原苏联进口的开关大盖与壳体),螺纹结构,衬垫结构(照明灯罩与金属外壳),叠片结构(老式蓄电池箱上防爆结构),微孔结构(分析仪器传感器用铜基、不锈钢基粉末冶金片、不锈钢球隔爆结构、发泡不锈钢板);金属网隔爆结构(多层铜网、不锈钢网)等,如图1-5所示。

利用外壳的间隙进行隔爆的理论与金属网对火焰熄灭作用原理相仿。隔爆外壳的隔爆作用是利用外壳的法兰间隙来实现隔爆的。为什么法兰间隙能实现隔爆,现在理论研究上仍有两种观点:一种观点认为,法兰间隙对壳内爆炸生成物(火焰)有熄火作用,火焰在狭窄的法兰间隙中自动熄灭,因此法兰间隙有隔爆作用;另一种观点则认为,法兰间隙不仅能熄灭壳内火焰而且还能降低壳内爆炸生成物的温度,而这些生成物是有传爆危险的,所以法兰间隙能起到隔爆作用。总之,理论的研究和实践都证明了利用隔爆外壳的法兰间隙能起到隔爆作用。既然法兰间隙能起隔爆作用,那么间隙的大小与隔爆作用的大小又存在什么关系呢?研究证明:法兰间隙越大,穿过间隙的爆炸产物能量就越多,传爆性就越强,隔爆性能就越差。相反,法兰间隙越小,传爆性就越弱,隔爆性能就越好。

法兰隔爆面的长度也和法兰间隙的隔爆性紧密相关。隔爆面越长,传爆的可能性就愈小;隔爆面越短,传爆的可能性就越大。为了能使隔爆外壳具有最佳隔爆性,人们对外壳法兰间隙的大小与隔爆性能进行了试验研究,试验得出:最大不传爆间隙就是最大试验安全间隙,不同的爆炸性混合物的最大试验安全间隙不同(当法兰间隙的长度为25mm)。既然法兰最大安全间隙对隔爆有如此重要的作用,那么影响最大安全间隙又有哪些因素呢?研究证明,影响最大试验安全间隙的因素有:①爆炸性混合物的浓度;②隔爆法兰的长度及其表面加工粗糙度;③隔爆外壳的容积;④爆炸混合物的初始压力、温度和湿度;⑤点

火源到隔爆间隙内缘的距离；⑥爆炸性混合物的流动状态等诸多因素。下面逐一研究这些因素对最大安全间隙影响的程度。

(1) 爆炸性混合物浓度的影响。最大安全间隙试验时使用的爆炸性混合物的浓度是

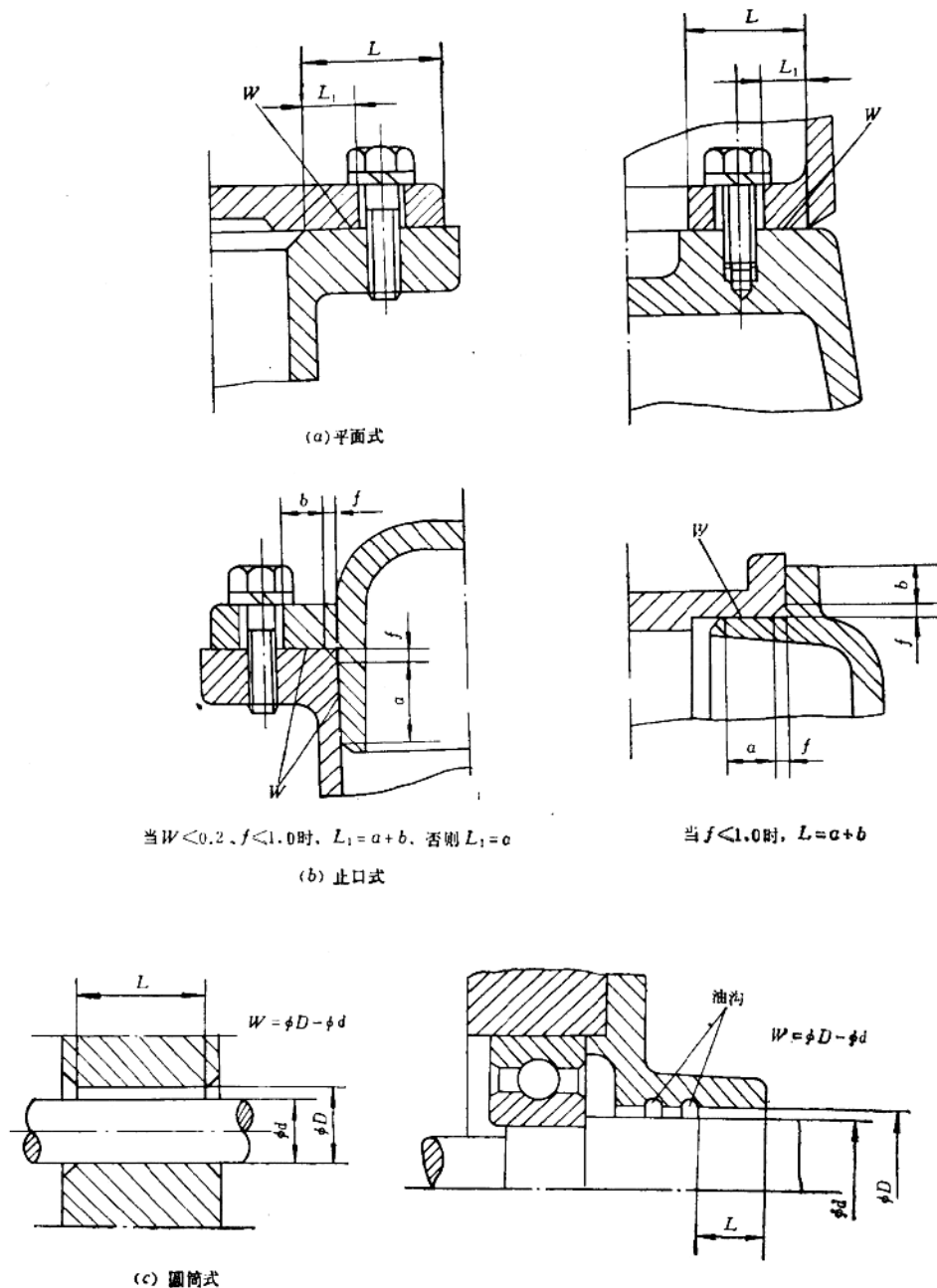


图 1-5 隔爆结合面间隙结构

最危险的浓度，当这种爆炸性混合物浓度高于或低于最危险浓度时（最大安全间隙试验中所采用的浓度），都会使试验安全间隙增大。爆炸性混合物浓度对最大试验安全间隙的影响是非线性关系变化的。

（2）隔爆法兰长度的影响。法兰长度下降，安全间隙下降；法兰长度上升，试验安全间隙增大。当法兰长度从零增加到15mm时，试验安全间隙增长很快。但当法兰长度再度增大时，试验安全间隙只能增大到这种爆炸性混合物的熄火距离。如果再增大法兰面的间隙，爆炸性混合物的爆炸生成物将穿过间隙向壳外周围传播，那么外壳也就失去了隔爆作用。

（3）隔爆外壳法兰表面加工粗糙度的影响。法兰表面加工粗糙度只要不影响间隙的宽度，即只要保持法兰表面平整，不会造成间隙宽度畸形，法兰表面略粗糙一些，对隔爆性能没有大的影响。一般认为，隔爆面加工粗糙度达到 $\frac{1}{20}$ 就能满足要求，但不能低于 $\frac{1}{20}$ 。在保证隔爆面平整的前提下，加工表面略粗糙些，将会降低隔爆壳内爆炸性产物在穿过隔爆间隙时的速度，这对法兰间隙的隔爆作用是有利的，但不能过分粗糙，否则将引起安全间隙下降。

（4）隔爆外壳的容积对最大试验安全间隙的影响。在壳内点火源位置一定的前提下，隔爆外壳容积的改变对最大试验安全间隙影响是不大的。

（5）爆炸性混合物的压力和温度对最大安全间隙的影响。爆炸性混合物压力提高，最大试验安全间隙将下降；爆炸性混合物温度的提高更易爆炸，将会使试验安全间隙下降。

（6）爆炸性混合物湿度的影响。随着爆炸性混合物湿度的提高，间隙的传爆的可能性减小，最大试验安全间隙将随之增大。

（7）隔爆外壳内点火源位置对试验安全间隙的影响。对于快速反应的爆炸性混合物，壳内点火源位置对试验安全间隙的影响不大。但对于反应缓慢的爆炸混合物，点火源对最大试验安全间隙有较大影响。点火源位置偏离中心，最大试验安全间隙将随之增大。

三、技术要求

隔爆型电气设备的技术要求如下：

（1）隔爆接合面结构参数应符合表1-8、表1-9、表1-10和表1-11的要求。

表 1-8 I 类隔爆接合面结构参数

接 合 面 型 式	L (mm)	L ₁ (mm)	W (mm)	
			外壳容积 V (L)	
			V ≤ 0.1	0.1 < V
平面、止口或圆筒结构	6.0	6.0	0.30	—
	12.5	8.0	0.40	0.40
	25.0	9.0	0.50	0.50
	40.0	15.0	—	0.60
带有滚动轴承的圆筒结构	6.0	—	0.40	0.40
	12.5	—	0.50	0.50
	25.0	—	0.60	0.60
	40.0	—	—	0.80

表 1-9 I A隔爆结合面结构参数

接合面型式		L (mm)	L ₁ (mm)	W (mm)		
				外壳容积 V (L)		
				V ≤ 0.1	0.1 < V ≤ 2.0	2.0 < V
平面、止口或圆筒结构		6.0	6.0	0.30	—	—
		12.5	8.0	0.30	0.30	0.20
		25.0	9.0	0.40	0.40	0.40
		40.0	15.0	—	0.50	0.50
带有右列轴承的 电动机圆筒结构	滑动轴承	6.0	—	0.30	—	—
		12.5	—	0.35	0.30	0.20
		25.0	—	0.40	0.40	0.40
		40.0	—	0.50	0.50	0.50
	滚动轴承	6.0	—	0.45	—	—
		12.5	—	0.50	0.45	0.30
		25.0	—	0.60	0.60	0.60
		40.0	—	0.75	0.75	0.75

表 1-10 I B隔爆结合面结构参数

接合面型式		L (mm)	L ₁ (mm)	W (mm)		
				外壳容积 V (L)		
				V ≤ 0.1	0.1 < V ≤ 2.0	2.0 < V
平面、止口或圆筒结构		6.0	6.0	0.20	—	—
		12.5	8.0	0.20	0.20	0.15
		25.0	9.0	0.20	0.20	0.20
		40.0	15.0	—	0.25	0.25
带有右列轴承的 电动机圆筒结构	滑动轴承	6.0	—	0.20	—	—
		12.5	—	0.25	0.20	—
		25.0	—	0.30	0.25	0.20
		40.0	—	0.40	0.30	0.25
	滚动轴承	6.0	—	0.30	—	—
		12.5	—	0.40	0.30	0.20
		25.0	—	0.45	0.40	0.30
		40.0	—	0.60	0.45	0.40

(2) 在平面对平面的隔爆结构中,当法兰长度确定后,法兰厚度的设计选择要保证在爆炸压力的作用下,法兰的变形程度不能影响隔爆间隙的大小。

(3) 在加工法兰时,对法兰的隔爆面有严格的技术要求。对于圆筒面对圆筒面的隔爆结构,在设计和制造时,要保证其同心度,避免发生单边间隙过大或过小的现象。对于圆筒形活动隔爆结构要避免发生摩擦现象。

(4) 为了确保隔爆面间隙宽度,隔爆面的防腐蚀措施也是十分重要的。一般采用磷化、电镀、涂防锈油等方法,但绝对不能涂油漆,因为油漆的漆膜在高温作用下分解,将会使隔爆间隙宽度变大,影响隔爆性能。