



# TRAINING PACKAGE - FOUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

## 电气防爆技术及其应用

徐建平 教授级高工

国家级仪器仪表防爆安全监督检验站(NEPSI)

国家安全生产上海防爆电气检测检验中心

中国上海漕宝路103号

103 Cao Bao Road, Shanghai 200233, P.R. of China

Tel: 0086-21-64368180, 64516349

Fax: 0086-21-64844580, 64847355

Email: xujianping@sipai.com

Website: www.nepsi.org.cn

*Video*

Rev. 16



# TRAINING PACKAGE - FAUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

## 主要内容

- 1、防爆基础理论概要
- 2、我国防爆技术标准化现状
- 3、主要电气防爆技术介绍
- 4、中国防爆电气设备管理要求
- 5、本安系统配置及安全评定准则
- 6、防爆电气设备应用实践
- 7、在役设备的检查和维护
- 8、防爆电气设备修理
- 9、国际防爆技术最新发展趋势



# TRAINING PACKAGE - FOUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

## 第1部分

### 防爆基础理论概要



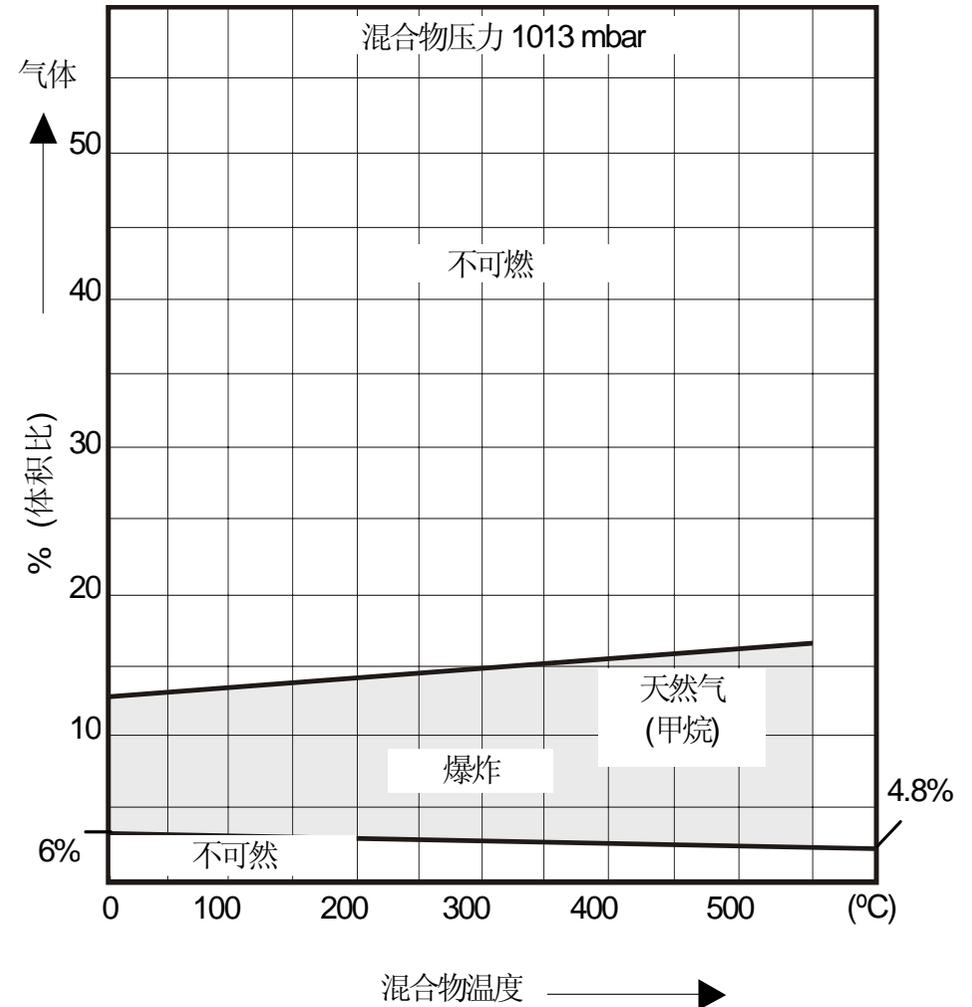
# 爆炸性危险场所

- 爆炸性环境：可能发生爆炸的环境（气体和粉尘）。凡涉及爆炸性物质生产、加工、处理、储存、运输的场所都可能形成爆炸性环境。
- 危险场所：爆炸性环境大量出现或预期出现的数量足以要求对电气设备的结构、安装和使用采取专门预防措施的区域。
- 在石油、化工、煤炭等生产领域将不可避免地产生爆炸性物质的泄漏，并与空气形成爆炸性危险场所。据资料：
  - 在煤矿井下，2/3的场所属于爆炸性危险场所；
  - 在石油开产现场和精炼厂约有60-80%属爆炸性危险场所；
  - 在化学工业中，约有80%以上的生产车间属爆炸性危险场所。



# 爆炸极限

- 可燃性物质与空气的混合浓度介于爆炸极限范围内时，遇点火源就会产生爆炸。
  - 爆炸下限 LEL
  - 爆炸上限 UEL
- 可燃性物质的爆炸极限范围各不相同。
  - 甲烷[5, 15]
  - 丙烷[2, 9.5]
  - 乙烯[2.7, 34]
  - 氢气[4, 75.6]
  - 甲醇[5.5, 36]
  - 环氧乙烷[3.0, 100]
- 爆炸极限范围随环境条件变化而变化。



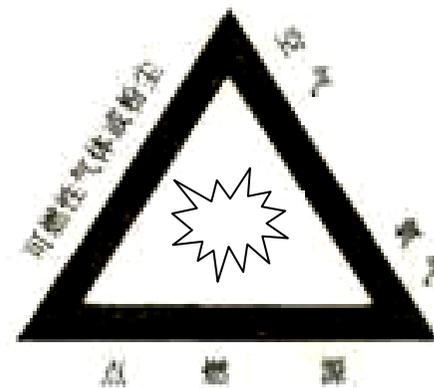
Rev. 16



# 防爆基本原理

- 产生爆炸的基本条件(爆炸三角形原理)

1. 爆炸性物质
2. 空气 (氧气)
3. 点火源 (如电火花、炽热表面)

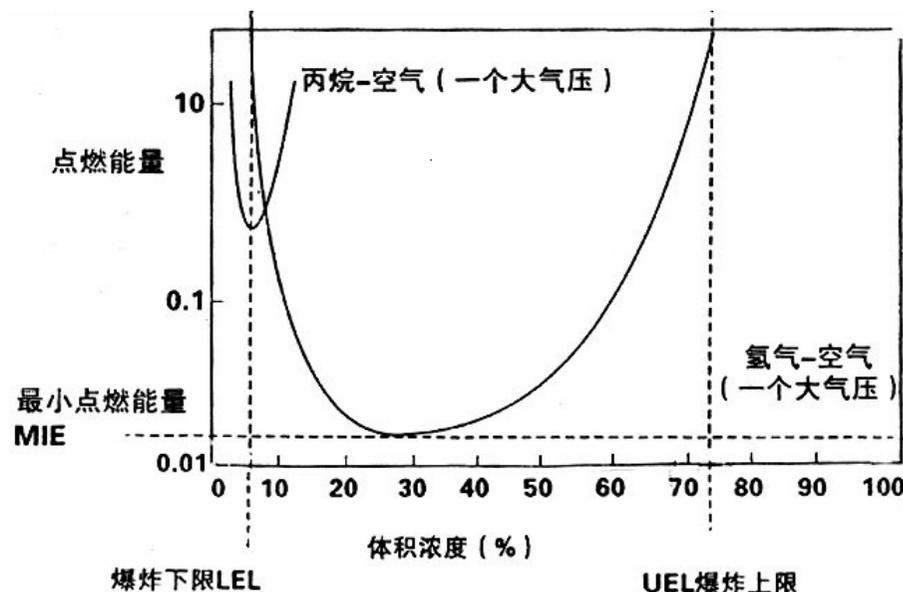


- 防止爆炸发生的基本方法

1. 避免形成爆炸性环境—理想的方法
2. 排除/削除可能的点火源—实际的方法。

# 爆炸性危险物质点燃特征

- 电气设备的电火花和温度是产生爆炸的主要点燃源。
- 不同爆炸性物质的电火花和温度点燃特性各不相同。



物质点燃特性	丙烷	乙烯	氢气
电火花 - MIE, $\mu\text{J}$	180	60	20
温度 - AIT, $^{\circ}\text{C}$	466 (T1)	425 (T2)	560 (T1)

- 为了使采取的防爆措施更具针对性，有必要对爆炸性物质分类、级、组，以及对爆炸危险区域分区。



# 爆炸性危险物质分类

- 中国将爆炸性物质分为三类：

I类：矿井甲烷；

II类：爆炸性气体混合物(含蒸气、薄雾)；

III类：爆炸性粉尘和纤维。

- 北美将爆炸性物质分为三类(级)。它们分别是：

Class I – 爆炸性气体；

Class II – 爆炸性粉尘；

Class III - 纤维。



# 爆炸性气体分级

(基于MESG和MICR)

典型气体	最大试验安全间隙 (MESG), mm	最小点燃电流比 (MICR)	中国、IEC、欧共体标准	北美标准 (Group)	点燃特性
甲烷	1.14	1.0	I	D	难 ↓ 易
丙烷	$0.9 < \text{MESG} < 1.14$	$0.8 < \text{MICR} < 1.0$	IIA		
乙烯	$0.5 \leq \text{MESG} \leq 0.9$	$0.45 \leq \text{MICR} \leq 0.8$	IIB	C	
乙炔	$\text{MESG} < 0.5$	$\text{MICR} < 0.45$	IIC	B	
氢气				A	

👉 最大试验安全间隙(MESG): 在标准规定的试验条件下, 标准外壳内所有浓度的被试气体或蒸气与空气的混合物点燃后, 通过25mm长的接合面均不能点燃壳体外部爆炸性混合物的外壳空腔两部分之间的最小间隙。

👉 最小点燃电流(MIC): 采用火花试验装置, 由电阻电路或电感电路引起爆炸性试验混合物点燃的最小电流。最小点燃电流比 (MICR) 是相对于甲烷最小点燃电流而言。



# 爆炸性气体分组

(基于AIT)

中国、IEC、 欧洲标准	北美标准	气体引燃温度, t(°C)	点燃特性
T1	T1	>450	难 ↓ 易
T2	T2	300<t≤450	
-	T2A	280<t≤300	
-	T2B	260<t≤280	
-	T2C	230<t≤260	
-	T2D	215<t≤230	
T3	T3	200<t≤215	
-	T3A	180<t≤200	
-	T3B	165<t≤180	
-	T3C	160<t≤165	
T4	T4	135<t≤160	
-	T4A	120<t≤135	
T5	T5	100<t≤120	
T6	T6	85<t≤100	

👉 引燃温度(AIT)：依据标准规定的方法进行试验时，能够引燃爆炸性气体与空气混合物的热表面最低温度。



# 爆炸性气体分级、分组举例

类别 级别	爆炸性气体温度组别					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	甲烷					
IIA	乙烷、丙烷、丙酮、苯乙烯、氯苯、甲苯、苯、氨、一氧化碳、甲醛、苯氨	丁烷、甲醇、乙醇、丙烯、氯乙烯、醋酸丁酯、乙酸戊酯	戊烷、己烷、庚烷、癸烷、辛烷、汽油、氯丁烷	乙醚、三甲胺		亚硝酸乙酯
IIB	焦炉煤气、环丙烷、丙烯腈	环氧乙烷、2-环氧丙烷、 <b>乙烯</b> 、1,3-丁二烯	二甲醚、硫化氢、四氢呋喃、丙烯醛	四氟乙烯、二乙醚		
IIC	水煤气、 <b>氢气</b>	乙炔			二硫化碳	硝酸乙酯

☞ 具体可查阅GB3836.1附表《气体或蒸气爆炸性混合物分级分组举例》



# 爆炸性危险区域的划分

- 爆炸危险区域划分的主要标准依据

GB50058-1992 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范

GB3836.14-2000 爆炸性气体环境用电气设备 第14部分  
危险场所分

GB12476.3-2007 可燃性粉尘环境用电气设备 第3部分 存  
在或可能存在可燃性粉尘的场所分类

中华人民共和国爆炸危险场所电气安全规程(试行),  
1987年

- 爆炸性危险区域主要以爆炸性危险物质出现的频繁程度和持续时间为划分依据的。



## 影响危险区域划分的主要因素

- 区域划分时应考虑以下主要因素：
  - 1) 存在危险物质的可能性
  - 2) 危险物质的释放量
  - 3) 危险物质的特性  
(如比重：氢气0.07；环氧乙烷1.52；天然气0.5-0.8；硫化氢1.17)
  - 4) 环境条件（如气压、温湿度及通风情况、风向等）
  - 5) 远离释放源的距离
  - 6) 危险物质泄漏监控设施配置情况
  - 7) 爆炸后果的严重性



## 爆炸性危险区域的划分

- 我国防爆标准与IEC标准一样，对于爆炸性气体危险场所划分为3个区域，即0区、1区和2区。它们对应的定义如下：
  - 0区：在正常情况下，爆炸性气体混合物连续地或长时期存在的场所。 (1000h/y以上)
  - 1区：在正常情况下，爆炸性气体混合物有可能出现的场所。
  - 2区：在正常情况下，爆炸性气体混合物不可能出现，或即使出现也只是短时间存在的场所。 (10h/y以下)
- 对于粉尘场所，同样划分为3个区域，即20、21和22区。



# 爆炸性危险区域划分对照

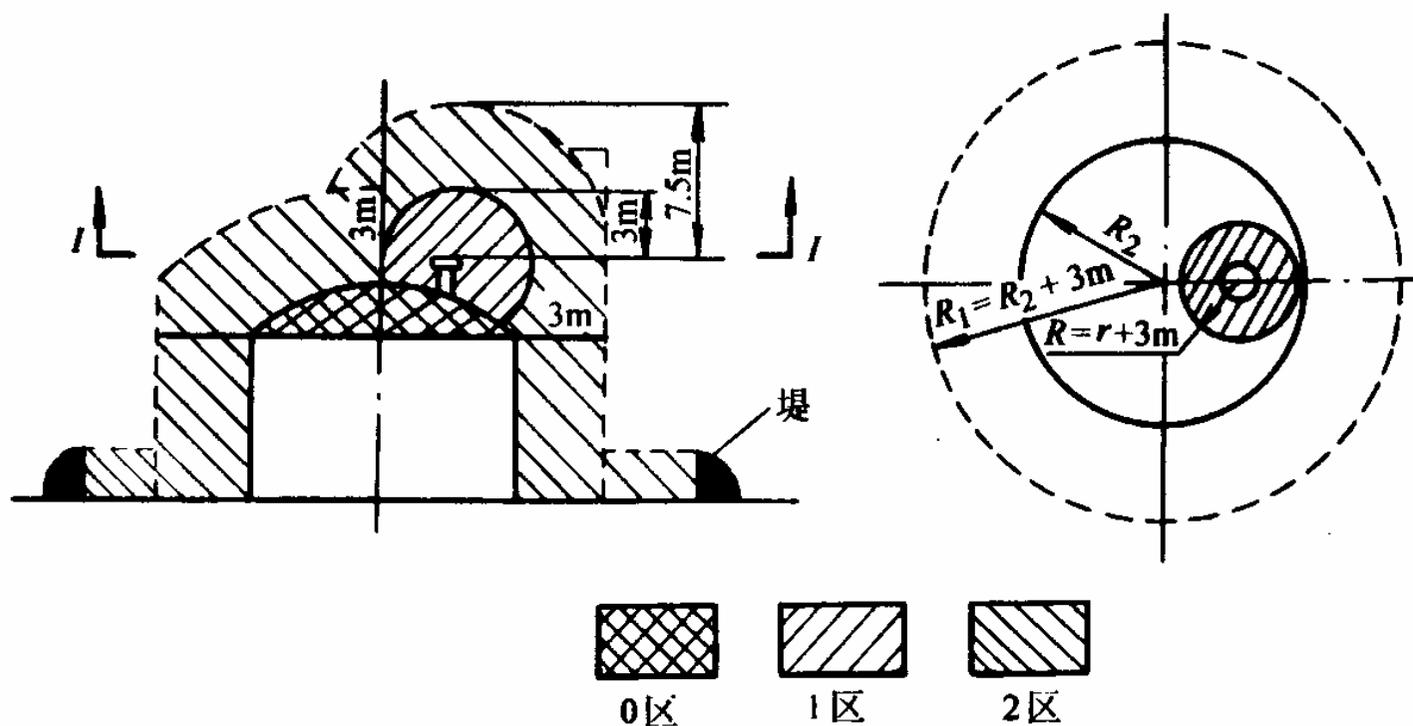
中国、IEC、欧洲标准	北美标准	危险程度
0 区 (20 区)	Division 1 (1 区)	高 ↑ 低
1 区 (21 区)		
2 区 (22 区)	Division 2 (2 区)	

注释：

- 1、美国NEC和加拿大CEC都已接受Zone划分方法。
- 2、加拿大已要求新工程基于Zone划分方法实施安装。

# 爆炸性危险区域划分举例

- 如图所示是典型的带有呼吸阀的露天油罐的危险区域划分示例。



$R$ —油罐半径 (m)     $r$ —呼吸阀阀口半径 (m)



# TRAINING PACKAGE - FAUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

## 第2部分

### 我国防爆技术标准化现状



# 主要防爆技术(防爆型式)

- 目前，中国接受的主要电气防爆技术有：

1. 隔爆型 (Ex d)
2. 本安型 (Ex ia/ib)
3. 增安型 (Ex e)
4. 正压型 (Ex px, py, pz)
5. 油浸型 (Ex o)
6. 充砂型 (Ex q)
7. n型 (Ex nA, nC, nL, nR, nZ)
8. 浇封型 (Ex ma, mb)
9. 粉尘防爆 (tD, DIP A/B)
10. 其它 (如，矿用帽灯、拌热电缆等)

- 解决的主要点燃源：由电气因素引起的电火花和热效应。
- 非电气设备防爆技术在中国尚处于起步阶段。



# 我国防爆技术标准成果

## ● 主要防爆技术标准

- 1) GB3836.1-2000 爆炸性气体环境用电气设备 第1部分: 通用要求
- 2) GB3836.2-2000 爆炸性气体环境用电气设备 第2部分: 隔爆型 “d”
- 3) GB3836.3-2000 爆炸性气体环境用电气设备 第3部分: 增安型 “e”
- 4) GB3836.4-2000 爆炸性气体环境用电气设备 第4部分: 本质安全型 “i”
- 5) GB3836.5-2004 爆炸性气体环境用电气设备 第5部分: 正压外壳型 “p”
- 6) GB3836.6-2004 爆炸性气体环境用电气设备 第6部分: 油浸型 “o”
- 7) GB3836.7-2004 爆炸性气体环境用电气设备 第7部分: 充砂型 “q”
- 8) GB3836.8-2003 爆炸性气体环境用电气设备 第8部分: n型电气设备 “n”
- 9) GB3836.9-2006 爆炸性气体环境用电气设备 浇封型电气设备 “m”
- 10) GB3836.17-2007 爆炸性气体环境用电气设备 第17部分: 正压房间或建筑物的结构和使用
- 11) GB12476.1-2000 可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分: 用外壳和限制表面温度保护的电气设备 第1节 电气设备的技术要求 “DIP A/B”
- 12) GB 20936.1-2007 可燃性气体探测用电气设备 第1部分: 通用要求和试验方法
- 13) GB19518-2004 爆炸性气体环境用防爆电气设备 电阻式伴热器 第1部分: 通用和试验要求
- 14) GB7957-2003 矿灯安全性能通用要求

Rev. 16



# 我国防爆技术标准成果

## ● 其它相关防爆标准

- 1) GB3836.11-1990 爆炸性环境用防爆电气设备 最大试验安全间隙测定方法
- 2) GB3836.12-1990 爆炸性环境用防爆电气设备  
气体或蒸气混合物按其最小试验安全间隙和最小点燃电流的分级
- 3) GB3836.13-1997 爆炸性气体环境用电气设备 第13部分 爆炸性环境用电气设备检修
- 4) GB3836.14-2000 爆炸性气体环境用电气设备 第14部分 危险场所分类
- 5) GB3836.15-2000 爆炸性气体环境用电气设备 第15部分 危险场所电气安装 (煤矿除外)
- 6) GB3836.16-2006 爆炸性气体环境用电气设备 第16部分 电气装置的检查和维护
- 7) GB12476.2-2006 可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分 用外壳和限制表面温度保护的  
电气设备 第2节 电气设备的选择、安装和维护
- 8) GB12476.3-2007 可燃性粉尘环境用电气设备 第3部分 存在或可能存在可燃性粉尘的  
场所分类
- 9) GB15577-2007 粉尘防爆安全规程
- 10) GB1444-1987 防爆灯具专用螺口式灯座
- 11) GB2900.35-1998 电工术语 爆炸性环境用电气设备
- 12) GB/T15604-1995 粉尘防爆术语



# 与国际或区域标准对照

防爆型式	中国标准 GB3836-...	IEC标准 IEC60079-...	欧洲标准 CENELEC EN500... *	防爆符号 中国、IEC Ex... 欧洲 EEx...
通用要求	1	0	14	--
隔爆型	2	1	18	d
增安型	3	7	19	e
本质安全型	4	11 (设备) 25 (系统)	20 (设备) 39 (系统)	ia, ib
正压型	5	2	16	px, py, pz
油浸型	6	6	15	o
充砂型	7	5	17	q
n 型	8	15	21	nA, nC, nL, nR, nZ
浇封型	9	18	28	ma, mb
气密型	10	--	--	h (已废除)
粉尘防爆型	GB 12476.1	IEC61241-1-1	EN50281-1-1	DIP A, DIP B, tD



# 中国标准主要差异

- 综上所述，中国防爆标准GB基本等同或等效采用IEC标准。
- 由于IEC标准和EN标准基本一致，故中国标准GB也与EN标准等同或等效。
- 中国标准的具体差异在IECEX网站公布。

IECEX website: [www.iecex.com/bulletin.htm](http://www.iecex.com/bulletin.htm)

## 👉 重要差异：

- IEC和EN标准允许制造厂商对2区设备进行自认证(自我声明)。
- 而中国要求包括0区、1区和2区场所用的全部防爆产品都必须经国家授权的防爆检验机构认证后，方可投入使用。



# 防爆电气设备的类、级、组

- 按设备适用的环境，分为三类：

I类：矿井用 - Mining Industry

II类：工厂用 - Surface Industry

III类：爆炸性粉尘和纤维环境用

- II类设备分级分组：同气体分级、分组

分级：分为A, B, C三级。

分组：分为 T1~T6六组。

设备温度组别	气体引燃温度	允许最高表面温度
T1	> 450 °C	≤ 450 °C
T2	> 300 °C	≤ 300 °C
T3	> 200 °C	≤ 200 °C
T4	> 135 °C	≤ 135 °C
T5	> 100 °C	≤ 100 °C
T6	> 85 °C	≤ 85 °C

它与气体温度组别不同，是指设备最高表面温度，且它的确定与防爆型式有关。

- I类和III类设备不分级分组，但III类设备分为A、B型设备。



# 设备分类与危险区域的关系



II 2 G EEx de IIC T5

设备分类		适用区域 (IEC Zone)
中国、IEC (Group)	欧洲(Category)	
I类 (煤矿)	M1	0
	M2	1
	---	2
II类 (工厂)	1G	0
	2G	1
	3G	2
III类 (粉尘或纤维)	1D	20
	2D	21
	3D	22

Rev. 16



# IEC EPL与区域的关系

设备分类		适用区域 (IEC Zone)
中国、IEC (Group)	IEC设备保护等级-EPLs (Equipment Protection Levels)	
I类 (煤矿)	Ma - 很高 Mb - 高 ---	0 1 2
II类 (工厂 - 气体)	Ga - 很高 Gb - 高 Gc - 一般	0 1 2
III类 (粉尘)	Da - 很高 Db - 高 Dc - 一般	20 21 22



# TRAINING PACKAGE - FOUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

## 第3部分

### 主要电气防爆技术介绍



## 通用要求 - GB3836.1-2000 (续)

- 运行温度：-20℃ ~ +40℃，否则证书编号有后缀“X”。
- 最高表面温度：必须小于设备温度组别对应的温度 (与防爆型式有关)。
- 内置大电容和加热元件：要求测定延时开盖时间，并设警告牌。
- 外壳材料材料：
  - 金属：II类含镁量≤6%，I类≤15%；
  - 非金属：表面电阻1GΩ，或按下表限制表面积，或通过合理结构设计证明不会积聚静电，否则设置警告牌。

区域	I类设备 (mm <sup>2</sup> )	II类设备 (mm <sup>2</sup> )		
		IIA	IIB	IIC
0区	10000	5000	2500	400
1区		10000	10000	2000
2区		10000	10000	2000

此外，非金属材料的COT应高于最高工作温度10℃，且满足耐热、耐寒性；耐光照（或证号后加“X”）试验。



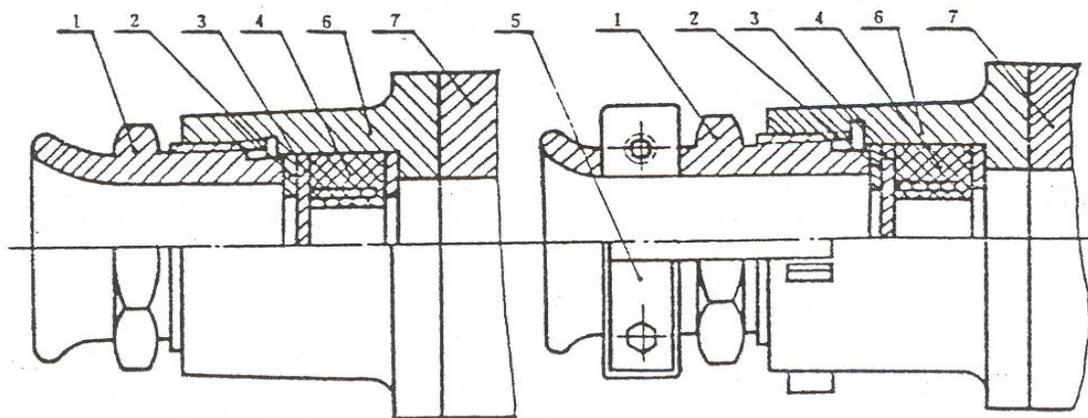
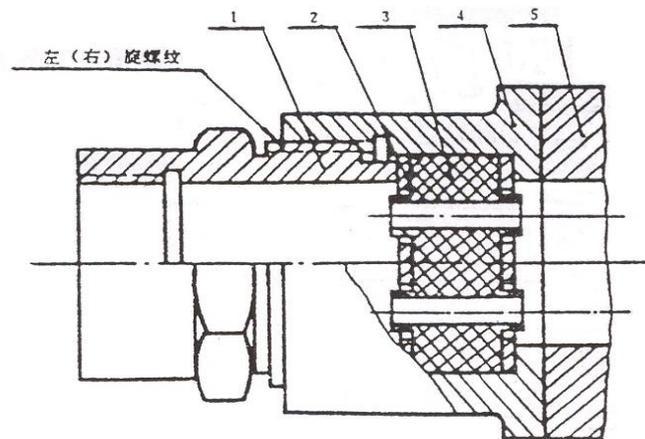
# 通用要求 - GB3836.1-2000 (续)

- 机械强度：应能承受冲击试验，一般要求：
  - II类设备：7J max (低冲击4J) ；
  - I类设备：20J max (低冲击7J) ；
  - 携带式还需进行：1m高自由跌落 (4次) 。
- 外壳防护等级：即外壳应具有与产品使用环境相适应的防尘和防水能力。
  - Exe、n、DIP产品一般应满足IP54；但，
  - 并非所有防爆型式均要求具有IP等级。如，Exd不要求满足IP54；低于IP54就不能用于户外。
  - 因此设备的设计或选型必须同时考虑产品环境相适应要求。如，户外：IP54；清洁户内IP20；浸水设备IP68。

外壳防护等级对照	
NEMA	IP
1	IP10
2	IP11
3	IP54
3R	IP14
3S	IP54
4和4X	IP56
5	IP52
6和6P	IP67
12和12K	IP52
13	IP54

# 通用要求 - GB3836.1-2000 (续)

- 电缆引入装置：可是一体型，也可以是独立部件。常见的电缆引入装置采用弹性密封圈、金属或复合密封圈或填料密封方式。
- 通用试验要求（密封圈式）
  - 拉力试验：20倍电缆直径(mm)或6倍电缆周长(mm)拉力 (N) 作用6h，试验芯棒或电缆产生的位移应小于6mm。
  - 机械强度试验：1.5倍上述试验力矩不产生任何影响防爆型式的损坏。
  - 对于隔爆型还需进行3MPa水压试验。



a. 适用于公称外径不大于20毫米的电缆

b. 适用于公称外径不大于30毫米的电缆

👉 注意区分导管引入结构



## 隔爆型 – Ex d

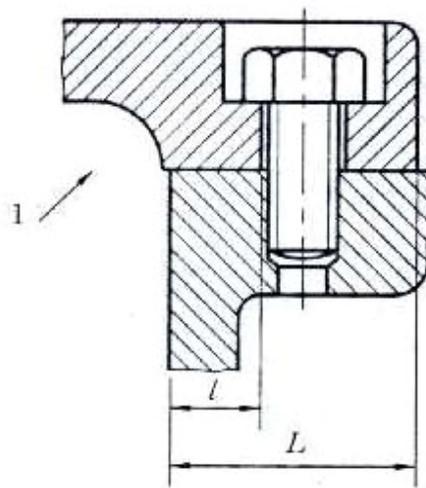
- 设计依据标准：GB3836.1-2000、GB3836.2-2000
- 隔爆型电气设备：具有隔爆外壳的电气设备。
- 隔爆外壳：应能承受内部爆炸性气体混合物的爆炸压力，并阻止内部的爆炸向外部周围爆炸性混合物传播。(1区防爆技术)
- 原理：允许危险气体进入隔爆外壳，外壳内可能产生爆炸。但要求外壳必需具有足够的强度；且各外壳结合面必须具有足够长的啮合长度和足够小的间隙，以确保内部爆炸不会穿过隔爆结合面而导致外部环境爆炸。
- 是间隙防爆技术，依靠间隙、啮合长度来达到降温/熄火效果。
- 欧美间区别：“Flameproof” — “Explosion-proof”。

# 隔爆型 - Ex d (续)

- 强度设计：至少参考压力的1.5倍。通常IIB/1MPa, IIC/1.5MPa
- 隔爆接合面是指为阻止内部爆炸向外壳周围爆炸性气体混合物传播，隔爆外壳各个部件相对表面配合在一起的接合面。
- 接合面结构形式与要素

## ① 平面接合面

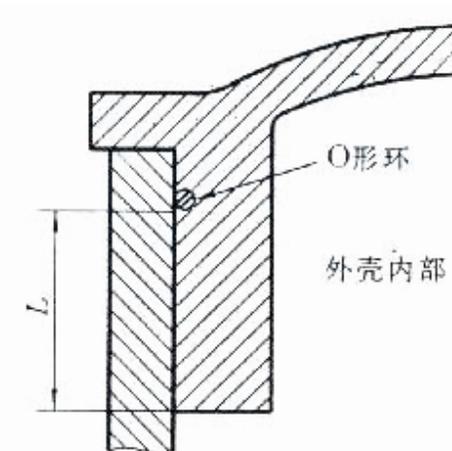
表面粗造度；接合面宽度；间隙



L—接合面宽度

## ② 圆筒接合面

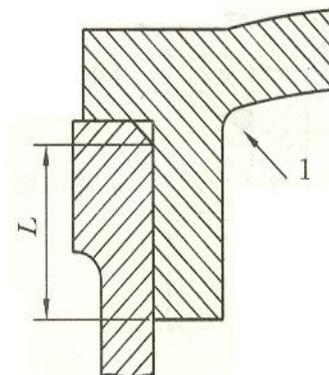
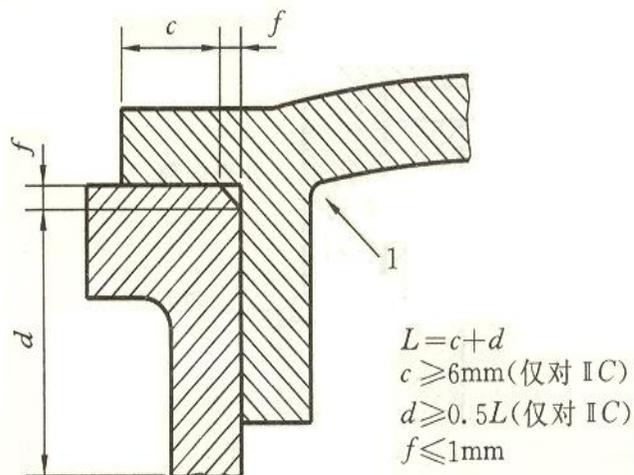
表面粗造度；接合面宽度；间隙



L 接合面宽度(见表 1~4)

## ③ 止口接合面

表面粗造度、接合面宽度、间隙



## ④ 螺纹接合面

啮合长度、配合等级、啮合扣数、螺距 (最小0.7mm)

- 防锈措施：电镀、磷化、涂防锈油，不准涂油漆。



## 增安型 - Ex e

- 设计依据标准：GB3836.1-2000、GB3836.3-2000
- 增安型电气设备：一种对在正常运行条件下不会产生电弧、火花或可能点燃爆炸性混合物的设备结构上，进一步采取措施，提高其安全程度，防止产生危险温度、电弧、火花的可能性的电气设备。
- 增安型是一种1区防爆技术。“e”为“enhanced”的第一个字母。
- 原则：要求设备在正常工作和认可的过载条件下不会产生电火花、电弧和危险温度。
- 增安型技术是一种德国技术。原则上可适用于1区场所，但国际间或行业间认可程度略有不同。
- 增安型外壳不要求具有承受内部爆炸的强度，但至少应能承受规定的机械冲击，且具有IP54的外壳防护等级。
- 其次还要采取：接线端子防松、可靠的结构连接、载流限制、绕组绝缘、温度保护、电气间隙/爬电距离等技术措施。



# 增安型 - Ex e (续)

工作电压U, V	最小爬电距离, mm			最小电气间隙, mm
	材料级别			
	I (CTI≥600)	II (400≤CTI<600)	IIIa (175≤CTI<400)	
U≤15	1.6	1.6	1.6	1.6
15<U≤30	1.8	1.8	1.8	1.8
30<U≤60	2.1	2.6	3.4	2.1
60<U≤110	2.5	3.2	4	2.5
110<U≤175	3.2	4	5	3.2
175<U≤275	5	6.3	8	5
275<U≤420	8	10	12.5	6
420<U≤550	10	12.5	16	8
550<U≤750	12	16	20	10
... (up to 11kV)	...	...	...	...

- 对于通用接线盒，除满足外壳强度、防护等级、电气间隙和爬电距离外，需通过试验确定允许的最大耗散功率，并保证不超过外壳材料、绝缘部件、温度组别允许的温度。
- 典型应用：除接线盒外，还有电磁线圈(阀)、照明灯具、变压器和无刷电机等。自动化仪表通常存在调零/调满度的电位器或选择开关，即认为正常情况下会产生火花，因此一般不设计为Exe。



# 本质安全型 - Ex i

- 设计依据标准：GB3836.1-2000、GB3836.4-2000
- 本质安全型电气设备：指其内部的所有电路都是本质安全电路的电气设备,即该电路在标准规定条件（包括正常工作和规定的故障条件）下产生的任何电火花或任何热效应均不能点燃规定的爆炸性气体环境的电路。
- 本质安全为0区（ia）/1区（ib）防爆技术。“i”为“intrinsic safety”的第一个字母
- 是一种以抑制点火源能量为防爆手段的“安全设计”技术。要求设备在正常工作和故障状态下可能产生的电火花和热效应分别小于爆炸性危险气体的最小点燃能量和自燃温度。例如，H<sub>2</sub>，19uJ，560℃。
- 本安技术实际上是一种低功率设计技术。因此它能很好地适用于工业过程自动化仪表。



# 本质安全型 - Ex i (续)

- 基本设计技术措施（电路与结构设计方面）
  - 限制电压
  - 限制电流
  - 限制能量（含储能元件：电容和电感）
  - 合理选择元器件额度参数、载流导线截面等
  - 结构及电路的分隔措施
- 本安防爆的技术和商务特征
  - 制造工艺简单、体积小、重量轻、造价低(开关回路1:4)。
  - 易于实现较高防爆级别的设计
  - 可带电操作与维护。
  - 安全可靠性高。
  - 可有效避免人员触电伤亡事故发生。
  - 适用范围广（ia等级是唯一的0区技术）。
  - 简单设备只需满足通用要求，不需认证即可接入本安防爆系统。



## 本质安全型 - Ex i (续)

- 电气设备类型

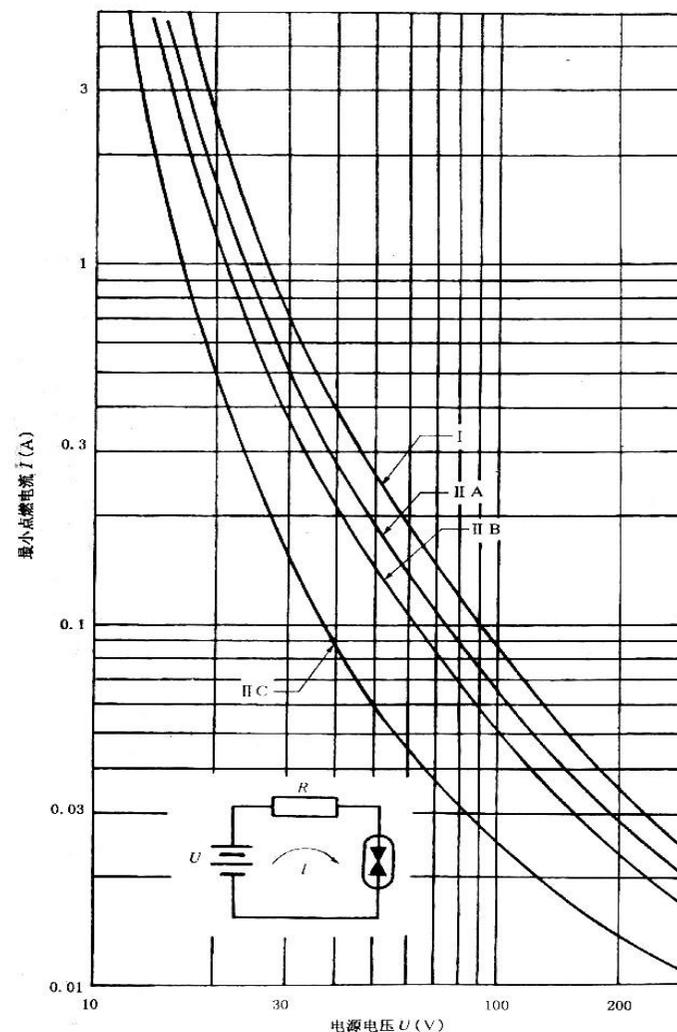
- 1、本安设备 - 其内部所有电路都是本质安全电路的电气设备。
- 2、关联设备 - 装有本安电路和非本安电路，且结构使非本安电路不能对本安电路产生不利影响的电气设备。(关联设备一般安装在安全场所)

- 本安设备的等级

- 1、Exia - 直至两个元件或其它类型的故障仍能保持防爆性能的设备。本安设备可安装在0区、1区、2区危险场所。本安关联设备可连接到0区、1区、2区危险场所。Ex ia是0区防爆技术 (但已不是唯一的)。
- 2、Exib - 直至一个元件或其它类型的故障仍能保持防爆性能的设备。本安设备可安装在1区、2区危险场所。本安关联设备可连接到1区、2区危险场所。

# 本质安全型 - Ex i (续)

- 最小点燃曲线的概念
  - 1、最小点燃电流：用标准火花试验装置，在电阻和电感电路中引起爆炸性试验混合物点燃的最小电流。
  - 2、最低点燃电压：用标准火花试验装置，在电容电路中引起爆炸性试验混合物点燃的最低电压。
  - 3、最小点燃曲线：最小点燃曲线包括最小点燃电流曲线和最小点燃电压曲线。它是通过大量电火花试验确定的点燃爆炸性气体混合物的临界值曲线，是设计人员设计本安电路的重要依据。国家标准GB 3836.4附录A给出了这些曲线。





# 本质安全型 - Ex i (续)

- 安全系数

- 由于点燃曲线中给出的最小点燃电流（或电压）值是点燃临界值，不能直接使用。使用时，应考虑相应的安全系数。
- 所谓安全系数是指最小点燃电流（或电压）与本安电路的设计电流（或电压）相比的倍数，即最小点燃电流（或电压） / 本安电路电流（或电压）。

设备故障	Exia	Exib	Ex ic (nL)
正常工作	1.5	1.5	1.0
一个故障	1.5	1.0	----
两个故障	1.0	----	----

- 通常情况下，对于电感电路利用降低电流，电容电路降低电压，电阻电路降低电流或电压的方法达到规定的安全系数。



# 本质安全型 - Ex i (续)

## ● 最小点燃曲线的应用

例1: 找出一个与28V直流电源(蓄电池)相串联的限流电阻的最小值, 使该电路适用于氢气危险场所。

- 该电路属于IIC电阻性电路。

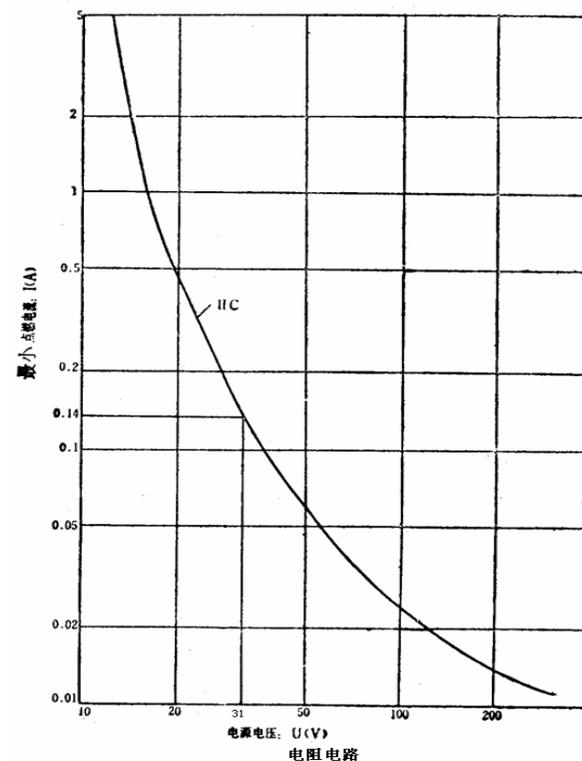
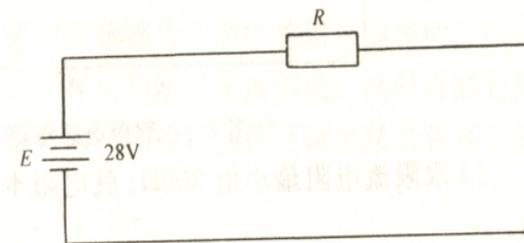
- 考虑电源波动10%的因素, 电源电压:  
 $E=28 \times (1+10\%)=30.8\text{V}$ , 取 $E=31\text{V}$ 。

- 查电阻性IIC曲线 (GB3836.4附录A1曲线) 可知, 电源电压为31V时最小点燃电流为140mA, 取安全系数1.5, 则允许的最大电流 = 最小点燃电流 / 安全系数 = 93.3 (mA)。

- 由此可得出与28 V直流电源串联的最小电阻值为  $31\text{V} / 93.3 \text{ mA} = 332\Omega$ 。

- 考虑电阻器允许误差精度5%, 限流电阻的阻值至少为349Ω。

- 电阻功率:  $31^2 / 349 * 1.5 = 4.1\text{W}$





## 正压外壳型 - Ex p

- 设计依据标准：GB3836.1-2000、GB3836.5-1987
- 正压外壳型电气设备：指具有正压外壳的电气设备，即该外壳能保持内部气体的压力高于外部环境大气压力，且能阻止外部爆炸性混合物的进入。
- 标准所指的**正压技术**（**P**ressurization）是指1区防爆技术，即通过换气使外壳内部的1区爆炸性环境置换为“安全区域”，并通过保持适当正压，使周围危险气体不能进入外壳。这样未经防爆设计和认可的普通电气设备可安全地安装在外壳内。
- 主要技术措施：用空气或惰性气体换气，在规定时间内进行换气后，当外壳内部压力高于设计规定值（50Pa min）时，外壳内部电气设备自动得电；当内部压力低于规定值时就切断主电源。注意：压力监控设备通常需要采取其它防爆技术。



## 正压外壳型 - Ex p (续)

- 是一种较为复杂的防爆技术，但有时又是唯一的技术。
  - 正压外壳分为“通风正压”、“补偿正压”和“静态正压”种。
  - 典型应用：控制柜、仪表盘、分析仪器、正压小屋等。
  - 注意：换气取风口和出风口的安全。(在危险区内，取风口高于地面9m或爆炸危险区1.5m以上)
  - **最新IEC标准 (GB3836.5 - 2004)** 规定的主要型式有3种：
    - px: 将正压外壳内的危险等级从1区降到非危险区域
    - py: 将正压外壳内的危险等级从1区降到2区
    - pz: 将正压外壳内的危险等级从2区降到非危险区域
- 👉 使正压防爆技术应用更具灵活性。



## 浇封型 - Ex m

- 设计依据标准：GB3836.1-2000、GB3836.9-1990
- 浇封型电气设备：一种将整台设备或部分浇封在浇封剂中，在正常运行和认可的过载或认可的故障下不能点燃周围的爆炸性混合物的电气设备。（m型技术为1区防爆技术）
- 是一种隔离型防爆技术。在没有形成专门标准前，将这种技术称为特殊型(Ex s)。主要适用于电子组件单元(电子整流器)、线圈部件、超声波探头等产品。
- 也可用作对本安技术的补充措施。如降低功率元件温升、结构间距保护等。
- 浇封材料必须具有较好的热稳定性。
- 浇封表面不应出现裂痕、龟裂等现象。

👉 最新**GB3836.9-2006**规定了两个等级：**ma（0区）**，**mb（1区）**



## 油浸型 - Ex o

- 设计依据标准：GB3836.1-2000、GB3836.6-2004
- 油浸型电气设备：一种将电气设备或电气设备的部件整个浸在油或其它保护液中，使设备不能够点燃液面以上或外壳外面的爆炸性混合物的电气设备。
- 油浸型是一种1区防爆技术。“o”为“oil-immersion”的第一个字母。
- 通过充油的方法，防止设备可能产生的电火花与可燃性气体环境的接触。
- 需配置适当的液位、油温检测控制电路。
- 允许电气设备存在移动触头、电弧、电火花或危险温度。适用于大电流开关装置、变压器等产品。



## 充砂型 - Ex q

- 设计依据标准：GB3836.1-2000、GB3836.7-2004
- 充砂型电气设备“q”：一种外壳内充填沙粒或其它填充材料，使之在规定的使用条件下，壳内产生的电弧、传播的火焰、外壳壁或填充材料表面的过热均不能点燃周围爆炸性混合物的电气设备。
- 是一种1区防爆技术。字母“q”表示“quartz - 石英”。
- 原理：危险气体可能与电火花接触并产生爆炸，但足够的石英砂厚度能阻止爆炸传播到周围环境。
- 适用于各种电子部件，如启辉器等。
- 采用充砂技术也可作为其它防爆技术的附加措施。



# n型 - 最新2区防爆技术

- IEC 2区定义：在正常情况下，爆炸性气体混合物不可能出现，只有在故障情况下短时间存在的场所。
- 2区分布比例：据资料，典型的爆炸性危险场所被划分为0区(Zone 0)、1区(Zone 1)和2区(Zone 2)的百分比分别约为2%、28%和70%；而按北美被划分为Division 1和Division 2的百分比分别约为5%和95%。欧洲实践表明：2区的比例仍呈增长趋势。
- 2区防爆技术最新标准出版物 - “n”型电气设备标准
  - 1) 欧洲: EN50021:2000
  - 2) IEC: IEC60079-15:2001
  - 3) 中国: GB3836.8-2003(eqvIEC60079-15:2001).



## n型 - 最新2区防爆技术 (续)

- n型电气设备：一种在正常运行时或标准、制造厂规定的异常条件下，不会产生引起点燃的火花或超过温度组别限制的最高表面温度的电气设备。目前具有5种防爆型式：
  - 1) Ex nA - 无火花型设备
  - 2) Ex nR - 限制呼吸外壳
  - 3) Ex nL - 限制能量设备
  - 4) Ex nZ - 具有简单正压
  - 5) Ex nC - 封闭式结构 - 有火花型设备，电火花触头采用除nR、nL和nZ之外的保护技术(封闭、密封外壳)。

**注意：**序号1) 适用于正常工作不产生电弧、火花或过热表面的设备；

序号2) - 5)适用于正常工作产生电弧、火花或过热表面的设备，它通过采取标准规定的措施，使其不会产生点燃。



## n型电气设备通用要求

- 1) **外壳材料材料**: 金属: 含镁量 $\leq 6\%$ ; 非金属: 表面电阻 $1G\Omega$ , 且材料COT应高于最高温度 $10^{\circ}C$ , 满足耐热、耐寒性; 耐光照 (或证号后加“X”) 试验。
- 2) **机械强度**: 外壳冲击试验 $3.5J \max$ ; 携带式一跌落试验: 1m高, 4次。
- 3) **外壳防护等级**: 内部具有裸露导体的外壳和接线盒IP54; 具有绝缘部件的外壳和接线盒IP44; 电机外风扇通风孔: 进风口IP20、出风口IP10。
- 4) **连接件**: 要求能可靠保持电气连接接触压力, 且不松脱和扭转;
- 5) **电缆引入**: 承受拉力: 对于圆形电缆, 10倍直径 (mm), 至少100N; 对于其它形状电缆, 3倍周长, 持续6小时, 位移应小于6mm。
- 6) **电气间隙和爬电距离**: 在空气、密封、浇封下的电气间隙和爬电距离应符合GB3836.8标准中表2的规定。
- 7) **电气强度**:  $U < 90V$ ,  $500V/1min$ ;  $U \geq 90V$ ,  $2U+1000V$ 或 $1500V$ , 取较大者。
- 8) **电机风扇间隙**: 大于直径1%, 最小1mm。
- 9) **专用要求**: 标准对无火花旋转电机、熔断器、灯具、电流互感器、插头、插座、仪器、小功率设备单体电池、蓄电池; 以及产生电弧、火花或热表面的相关设备提出了进一步的补充要求。详见标准条款。



# nA型设备基本技术要求

- 1) 概念：是传统的无火花防爆技术。是指设备正常使用条件下，不会产生危险电火花、电弧或温度；
- 2) 技术方案：采取结构措施，使设备在正常工作时其内部和外部产生能引起点燃的火花、电弧和温度的危险减至最小；
- 3) 注意：正常使用不包括移去或插入带电元件；熔断器断裂不能视为正常工作；但滑动触头被认为是有火花的；除非采取避免产生火花的特殊措施，例如经调整后压紧触头。
- 4) 外壳防护等级：
  - 内部具有裸露导体的外壳和接线盒IP54；
  - 具有绝缘部件的外壳和接线盒IP44；
- 5) 设备温度组别：需同时考虑设备内部和外部的温度。



# nR型设备基本技术要求

- 1) 设备特征：内部能产生电火花、电弧或允许的温度；
- 2) 技术方案：将外壳设计成能限制气体、蒸气和薄雾进入外壳；
- 3) 重要技术要求：
  - a) 外壳防护等级必须不低于IP54；
  - b) 满足**半压力试验**： -300Pa降到-150Pa的时间 $\geq 80s$ ；  
或 -3000Pa降到-1500Pa的时间 $\geq 180s$ ，后者不需逐台出厂试验。
- 4) 注意：设备投用前，须进行半压力试验；  
须定期检查和维护，以确保外壳持续满足上述要求。
- 5) 设备温度组别：仅由设备外壳表面温度确定。



# nL型设备基本技术要求

- 1) 指在标准所述的试验条件下，设备电路产生的电火花或任何热效应不能点燃规定的可燃性气体或蒸气；
- 2) 基于本质安全防爆原理，但仅对正常运行情况进行评价或分析；
- 3) 与本质安全一样，限能技术主要是通过限制设备或电路在正常工况下的电压、电流或能量；
- 4) 本质安全最小点燃曲线是限能电路设计、评定的主要依据（安全系数取1.0）；
- 5) 限能技术是一个系统的概念，它一般由关联限能设备、限能设备和连接电缆组成；关联限能设备一般置于安全场所，当设备用于危险场所时还须具有另一种防爆型式；
- 6) 重要特征：可带电维护。
- 7) 设备温度组别：由电路、元器件、甚至导线表面温度确定。
- 8) 最新IEC标准已经将nL的内容纳入本安标准为ic级本安设备。



# nZ型设备基本技术要求

- 1) Ex nZ技术是用保护气体充于外壳，并保持压力高于周围环境，以阻止外壳内部形成爆炸性环境，即将2区环境变为安全区域；
- 2) 要求正压不低于50Pa；
- 3) 当压力低于规定值时，设备应发出声光报警，但不必断电；
- 4) 压力监控器一般采用本质安全防爆技术；
- 5) 设备温度组别：
  - 考虑正压外壳表面温度；
  - 考虑处于危险区的排气处温度；
  - 必要时应考虑失压时内部元件温度。
- 6) Ex nZ相当于新的正压标准中的Ex pz型正压外壳。



# nC型设备基本技术要求

- 1) **对象**: 正常工作时, 能产生电火花、电弧和热表面的设备;
- 2) **技术措施**: 除ExnR、nL、nZ外, 还可采取或采用:
  - a) 封闭式断路装置: 指装有通断电触头的装置, 它在进入其内部的可燃气体或蒸气爆炸时不会受到损坏, 且也不会将内部爆炸传播到外部的可燃性气体或蒸气。额定负载下点燃试验进行10次。相当于简化隔爆型技术。(Ue≤690V; Ie≤16A)
  - b) 非点燃元件: 元件具有通断特定电路的触头, 其触头的结构设计成能抑制早期火焰, 并能防止元件在规定的爆炸性环境中产生点燃。额定负载下点燃试验进行3次。注意: 其外壳不是用来排除爆炸性气体环境或包容爆炸。(Ue≤254V; Ie≤16A);
  - c) 气密装置: 是通过熔接, 如钎焊、铜焊、熔焊或金属与玻璃的熔接来达到气密性能, 以阻止外部气体进入内部。(按密封要求考核)
  - d) 密封装置: 其结构在正常运行时不能打开, 并且是有效密封, 防止外部大气进入。容积小于100cm<sup>3</sup>。
  - e) 浇封装置: 含空腔或不含空腔的装置, 其结构全部埋在浇封化合物中使其密封起来, 以阻止外部大气进入。浇封材料COT高于组别20℃; 浇封最小厚度3mm, 但表面积小于200mm<sup>2</sup>的允许1mm。
- 3) **设备温度组别**: 仅需考虑设备外部温度。



## 2区防爆技术特征

归纳起来，2区防爆技术具有下列技术特征：

- 可靠性：已被欧洲多年的实践证明了2区防爆技术的安全性。
- 实用性：最新2区防爆技术可解决绝大部分电气设备防爆问题，并能更好地满足工业应用要求。例如，简单正压Ex nP可避免失压断电，满足工业生产的连续性要求。
- 经济性：由于标准规定的要求实际上都是对普通工业应用设备要求的补充或加强，因此2区技术具有简单易行，成本低廉的特点，并可避免2区用设备高选的问题。



## 2区防爆技术推广前景

- 新技术的推广需要一个普及、认识过程；
- 日常维护要求相对于其它1区和2区防爆技术更高；
- 相应地，2区技术对使用人员专业水平提出了更高要求；
- 由于Ex nL技术是一个系统的概念，设备的推广会受限能关联设备的认证情况和不同制造厂设备的兼容性、互换性问题的牵制；
- 但是，由于2区技术简单易行、成本低等显著优势，应予以大力推广；更由于2区场所范围广，2区技术必将具有广阔的应用前景。
- 目前，已由多家国际著名防爆企业取得了中国防爆检验合格证书，产品已投放中国市场。
- 中国防爆产品企业(包括合资厂)应抓住机遇，调整产品结构，研究、开发和生产相应产品。



# 粉尘防爆型 – DIP

- 国际上，正加紧粉尘环境防爆技术的标准化工作。其趋势正朝着气体防爆技术标准化方向发展（ExpD、mD、iD.....）。中国将不断跟踪IEC粉尘标准化发展趋势，完善粉尘系列标准。
- 中国现行粉尘标准：  
GB12476.1-2000 可燃性粉尘环境用电气设备  
    第1部分：用外壳和限制表面温度保护的电气设备  
    第1节：电气设备的技术要求
- 危险区域：划分为20、21、22三个区。与气体环境划区方法对应。
- 温度组别：采用GB3836.1规定的气体温度分组方法，划分为T1-T6六个组别。



## 粉尘防爆型 – DIP(续)

- 欧洲和北美是左右IEC粉尘防爆标准化工作重要因素，标准规定的A、B两种设备实际上就是分别代表了各自的粉尘防爆思想，两者具有同等安全程度：

A型设备(欧洲)：防尘方法采取适宜的防尘等级，并在5mm厚粉尘层堆积的情况下确定设备表面温度；

B型设备(北美)：采用类似于隔爆面的防尘设计方法，并在12.5mm厚粉尘层堆积的情况下确定设备表面温度；

- 粉尘环境不利于安全的重要因素
  - 粉尘堆积影响散热
  - 导电粉尘进入外壳可引起火花



# 防爆电气设备标志举例

-  II 1 G EExiaIICT4 - 表示设备可适用于0区工厂爆炸性气体环境。
-  II 2 G EExdeIICT6 - 表示设备可适用于1区工厂爆炸性气体环境。
-  II 2 [2] G EExd[ib]IICT6 - 表示设备可适用于1区工厂爆炸性气体环境，并含有可与1区气体危险场所用本安设备相连的关联电路。
- DIP A21 TA T5 - 表示设备可适用于1区工厂爆炸性粉尘环境。  
(Ex tD A21 TA T5)

(注：温度组别可直接标志最高表面温度)

Rev. 16



## 2区设备防爆标志举例

防爆标志组成:

Ex + 防爆型式符号 + 类别符号 + 温度组别(温度/气体)

- 1) ExnA无火花型设备: Ex nA II T4
- 2) ExnR限制呼吸外壳: Ex nR II T4
- 3) ExnL限制能量设备: Ex nL IIB T4

关联限能设备: [Ex nL] IIC T4

- 4) ExnZ具有简单正压: Ex nZ II T4
- 5) ExnC有火花型设备:

Ex nC IIB T4 (封闭式断路装置, 非点燃元件)

Ex nC II T4 (气密、密封、浇封装置)



# TRAINING PACKAGE - FOUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

## 第4部分

### 中国防爆电气设备管理要求



# 防爆产品管理法律依据

- 鉴于防爆产品质量的好坏将直接危及人身和财产安全。为此，世界众多国家或地区都将防爆产品认证纳入强制管理(如，ATEX认证)。
- 中国依据国际惯例，对防爆产品同样实行强制管理和认证。
- ☞ 中华人民共和国标准化法、中华人民共和国标准化法实施条例
  - 将标准分为强制性(GB)、推荐性(GB/T)、指导性 (GB/Z) 三种。
  - 中国防爆标准为强制性标准。
  - 强制性标准必须执行。不符合强制性标准的产品禁止生产、销售和进口。
- ☞ 中华人民共和国产品质量法
  - 可能危及人身、财产安全的工业产品，必须符合相应国家标准。
- ☞ 中华人民共和国安全生产法
  - 安全设备(产品)的设计制造、安装、使用、检测、维修和改造，应当符合国家标准。



# 中国防爆产品市场准入制度

- 防爆合格证制度
    - 适用所有防爆产品
    - ISO 第一种认证模式(型式检验)
  - 生产许可证制度
    - 仅适合境内企业生产的部分防爆产品
    - 型式检验 + 工厂检查
  - 煤安标志(MA)
    - 适合矿用产品
    - 型式检验 + 工厂检查
- ☞ 多种制度并存，但“防爆合格证制度(型式检验)”是基本要求，相互间工作基本不重复。



# 申请文件

- 申请认可的产品清单，包括型号、规格和防爆标志等；
  - 产品防爆设计描述性资料（含必要的计算书）；
  - 与防爆型式有关的关键图纸；
  - 产品安装、使用说明书；
  - 若有可能，请提供IEC ExTR或国外防爆检验机构（如，PTB）出具的认可文件（试验报告和防爆合格证书）；
  - ISO9001认证证书复印件或其它等效文件(如，QAR)。
- 👉 试样及数量将在文件审查后，由NEPSI依据标准向申请方提出。



# NEPSI认证程序

- 申请受理 (接收技术文件资料, 签署合同)
- 文件资料审查
- 样机检查与试验
- 签发试验报告和防爆合格证书

注：

- 1、防爆合格证书有效期为5年。
- 2、产品证书和部件证书 (U) 。
- 3、NEPSI认证标志。



☞ 详见 [《NEPSI防爆产品认证程序》](#)



## 制造厂商职责和责任

- 制造厂商必须对产品进行必要的检查和试验，以保证出厂的产品与提交检验机构检测的样机和文件资料一致；
- 制造厂商应保证生产出厂的防爆产品满足相关的基本性能和全性能要求；
- 制造厂商应向用户提交产品安全使用说明书。说明书必须包括检验机构认证产品时规定的全部安全使用条件和要求。
- 对认证电气设备的修改，尤其是涉及到设备防爆型式和温度时，应经检验机构重新检验认可后方可实施。



# 应用规范

- **GB50058-1992** 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范
  - **GB50257-1996** 电气装置安装工程 爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范
  - 中华人民共和国爆炸危险场所电气安全规程(试行)
  - GB3836.14-2000 爆炸性气体环境用电气设备 第14部分 危险场所分类
  - GB3836.15-2000 爆炸性气体环境用电气设备 第15部分 危险场所电气安装 (煤矿除外)
  - GB3836.16-2006 爆炸性气体环境用电气设备 第16部分 电气装置的检查和维修
  - GB12476.2-2006 可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分 用外壳和限制表面温度保护的电气设备 第2节 电气设备的选择、安装和维护
  - GB15577-1995 粉尘防爆安全规程
- ☞ 这些规范(标准)均属强制性。
- ☞ 要求所有防爆产品必须取得国家指定防爆检验机构的检验，并在产品上标识检验信息。
- ☞ 防爆工程项目设计、防爆产品选型、安装、维护和验收等应符合上述规范规定的安全要求。



# 产品使用监督

- 防爆产品监督依据

- 中华人民共和国安全生产法- 2002.11.01
- 安全生产许可证条例 - 2004.01.13

- ☞ 条例规定: 对危险化学品生产、储存、运输、使用企业实施安全生产许可证制度。
- ☞ 涉及爆炸危险的工程项目, 要求接受专业防爆检查机构的防爆安全评价与验收。
- ☞ 重点验证工程项目中使用产品防爆合格证书的有效性、核查认证防爆产品的符合性、设备选型适宜性和设备安装的正确性, 并最终确认整个工程项目是否符合“电气整体防爆”。
- ☞ 《上海市危险化学品安全管理办法》危险化学品生产、储存企业和使用危险化学品的单位应当委托具有相应资质的检测机构, **每3年**对易燃易爆场所的防爆设施、设备进行一次检测。



# TRAINING PACKAGE - FOUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

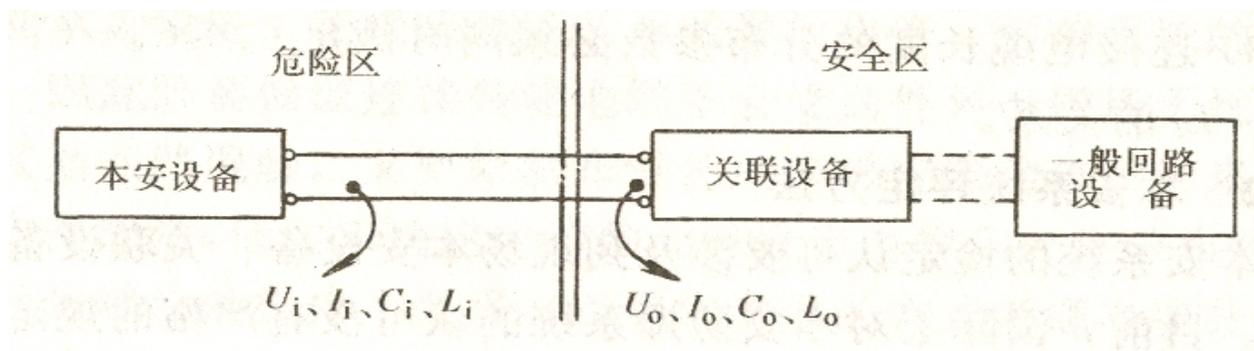
## 第5部分

### 本安系统配置及安全评定准则



# 本安防爆技术的应用特点

- 本安防爆技术是一个系统的概念
- 系统的一般构成
  - 1、 关联设备，即安全栅
  - 2、 现场设备，即本质安全设备
  - 3、 本质安全系统用电缆



- 实际本安系统的配置
  - 1、 一台关联设备 + 一台现场设备
  - 2、 一台关联设备 + 多台现场设备



# 传统的本安系统认证方法

- 系统认证，即回路认证(System Approval, or Loop Approval)

是指对本安设备和关联设备按特定的组合方式进行的检验认证。这种组合的系统一经认证，本安设备或关联设备就不能用未经检验机构按这样的组合认证过的其它型号规格的设备代用。(83版标准)

- 即是大家熟知的“联合取证”的概念。

- 参量认证(Parametric Approval)，北美称之为“整体概念” – Entity Concept。

其核心思想是：本安设备和关联设备都可单独进行认证，防爆认证机构将分别给出一组“安全参数”。用户可根据一定的安全评定规则合法地组成本安系统。(2000版标准)

- 适用于传统本安系统，也可适用于本安现场总线系统。



## “系统认证”的特征及安全性评定准则

- “系统认证”的特征：认可的本安设备通常在其铭牌、使用说明书或防爆合格证书文件中明确规定适宜配用的关联设备名称、型号和制造厂商。在认证产品的使用说明书和/或防爆合格证书文件中还会规定本安系统连接电缆的分布参数限值(Cc、Lc)。
- 基于“系统认证”的回路安全性评定准则
  - 确认实际使用的关联设备与认证文件规定的一致性。
  - 依据实际使用电缆分布参数(Cp, Lp)，计算使用电缆的总的分布电容和电感是否符合规定的限值。要求：

$$\text{允许电缆长度} \leq \min\{C_c/C_p, L_c/L_p\} \text{ m}$$

注：1、电缆分布参数典型值为：200pF/m，0.66uH/m。电缆分布参数应由防爆检测机构测定，并出具报告。

2、没有本安电缆之说法，只有本安系统用电缆。本安系统用电缆应是兰色的或在端子侧加兰色套管或其它等效标识。



# 基于“参量认证”的特征参数

- 本安设备

- 1) 安全参数

- 最高输入电压 ( $U_i$ )
- 最大输入电流 ( $I_i$ )
- 最大内部电容 ( $C_i$ )
- 最大内部电感 ( $L_i$ )
- 最大输入功率 ( $P_i$ )

- 2) 防爆标志

- 关联设备

- 1) 安全参数

- 最高开路电压 ( $U_o$ )
- 最大短路电流 ( $I_o$ )
- 最大外部电容 ( $C_o$ )
- 最大外部电感 ( $L_o$ )
- 最大输出功率 ( $P_o$ )

- 2) 防爆标志



## 基于“参量认证”的回路安全评定准则

- 本安设备与关联设备防爆标志必须匹配，否则取低等级防爆标志为系统防爆标志。
- 本安设备和关联设备的“安全参数”必须满足：

$$U_i \geq U_o$$

$$I_i \geq I_o$$

$$P_i \geq P_o$$

- 电缆分布参数必须满足：

$$C_c \leq C_o - C_i$$

$$L_c \leq L_o - L_i$$

$$\text{允许电缆长度} \leq \min\{C_c/C_p, L_c/L_p\} \text{ m}$$



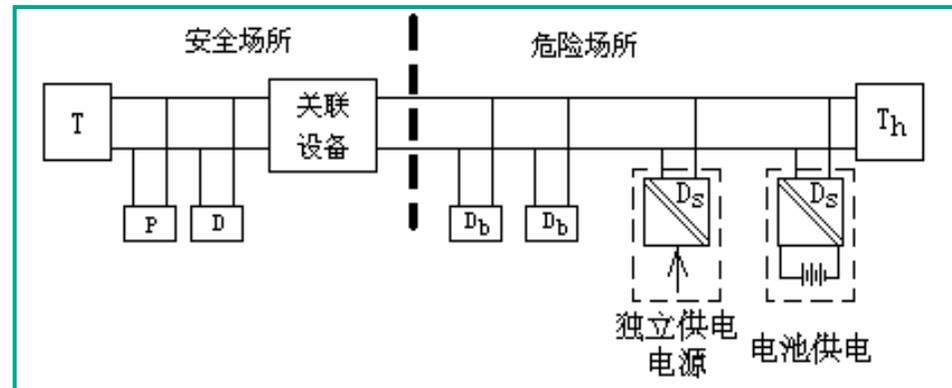
# 基于“参量认证”的 现场总线本安系统的回路安全评定准则

- 总线系统的本安防爆标志应取系统中所有设备的最低等级。
- 挂接在关联设备本安侧的每一台现场设备安全参数必须满足：

$$U_{in} \geq U_o$$

$$I_{in} \geq I_o$$

$$P_{in} \geq P_o$$



- 电缆分布参数必须满足：

$$C_c \leq C_o - (C_{i1} + C_{i2} + \dots + C_{in})$$

$$L_c \leq L_o - (L_{i1} + L_{i2} + \dots + L_{in})$$

$$\text{允许电缆长度} \leq \min\{C_c/C_p, L_c/L_p\} \text{ m}$$

- 局限性：可挂接负载数少(典型为4台);不能体现总线“多负载”特征。

# FISCO模型与回路安全性评定准则

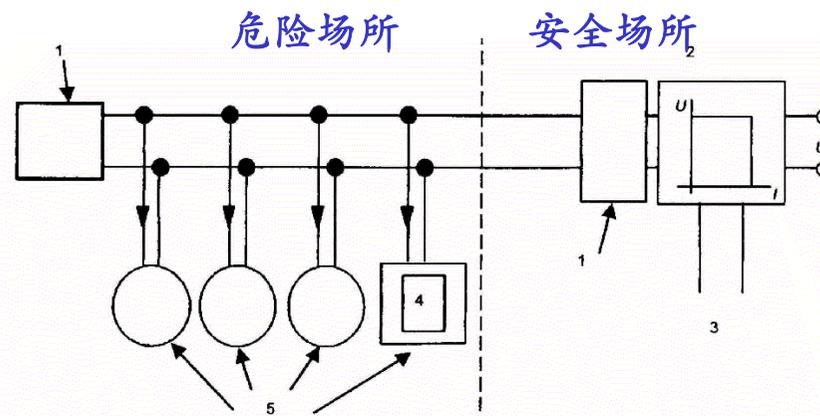
## ● FISCO系统的配置要求:

- 一个供电电源（关联设备）
- 电源应离主干电缆一端不大于30m的地方
- 当供电电源是通过分支接入时，分支电缆长度也应限制在30m以内
- 最大可达32台的现场设备
- 两个网端（在主干电缆两端）
- 对于IIB和IIC级，盆路电缆最大长度为30m
- 主干电缆最大长度，对于IIC级1km，对于IIB级，5km。

## ● 构成FISCO系统的供电电源、现场设备（含终端器）和连接电缆的结构和参数应满足IEC60079-27规定的要求。

☞ 满足上述系统配置和下述参数设备要求的总线系统的本安性能可满足0区或1区场所安全使用，无需作更进一步的安全性分析。

## FISCO – Fieldbus Intrinsically Safe COnccept



1 网端    2 供电电源    3 数据  
4 手持通信器    5 现场设备



# FNICO模型与回路安全性评定准则

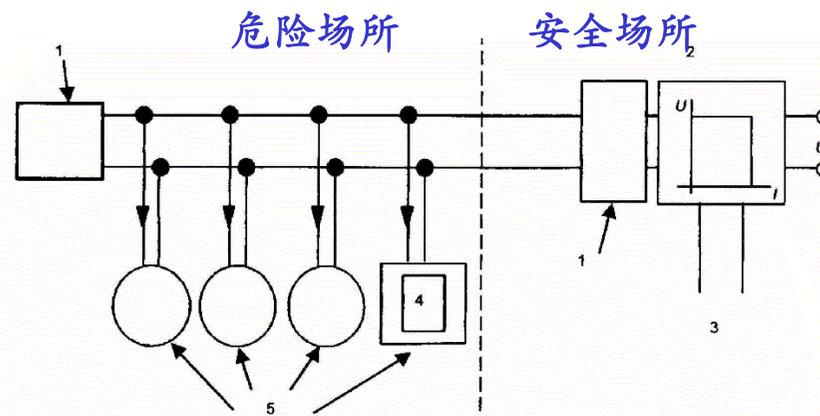
## ● FNICO系统的配置要求:

- 一个供电电源（关联设备）
- 电源应离主干电缆一端不大于30m的地方
- 当供电电源是通过分支接入时，分支电缆长度也应限制在30m以内
- 最大可达32台的现场设备
- 两个网端（在主干电缆两端）
- 对于IIB和IIC级，盘路电缆最大长度为30m
- 主干电缆最大长度，对于IIC级1km，对于IIB级，5km。

## ● 构成FNICO系统的供电电源、现场设备（含终端器）和连接电缆的结构和参数应满足IEC60079-27规定的要求。

☞ 满足上述系统配置和下述参数设备要求的总线系统的本安性能可满足2区场所安全使用，无需作更进一步的安全性分析。

## FNICO – Fieldbus Non-Incendive COnccept



1 网端    2 供电电源    3 数据  
4 手持通信器    5 现场设备



# TRAINING PACKAGE - FAUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

## 第6部分

### 防爆电气设备应用实践



# 防爆设备安全应用相关环节

- 区域划分 - 一般为设计院
- 设备选型 - 设计院、工程公司或最终用户
- 采购验收 - 工程公司或其它采购单位
- 正确安装 - 工程公司或其它安装单位
- 检查维护 - 用户、业主
- 设备检修 - 用户、业主、专业修理单位
- 人员培训 - 用户、业主



# 防爆电气设备选型原则

- **安全可靠原则**：设备的类、级、组别应与使用的爆炸性环境相适应。
- **经济性原则**：设备选型不必高选，对于同等级别的产品应考虑价格、寿命、可靠性、运行费用耗能、备件的可获得性等因素。
- **环境适应性原则**：考虑环境温度、湿度、大气压；外壳防护等级以及抗腐蚀性能等。
- **可维护性原则**：在同等条件下，应选结构简单，重量轻的产品；必要时还应考虑系统运行要求，如连续的自动化系统应优先选用本质安全型产品。
- **附加要求**：
  - 1、0区场所只选用Ex ia产品，必要时可考虑双重防爆产品；
  - 2、1区场所不宜选用壳体内经常会形成点燃源的设备 and 高压设备；
  - 3、1区场所不宜用温升不稳定的设备，必须时应选Ex d/Ex p设备。



# 防爆型式与区域的关系 (气体环境)

防爆型式 Type of Protection	防爆型式符号 Ex Code of Type	允许使用的区域 Area for use
本质安全型 – Intrinsically safe ‘ia’ 浇封型 – Encapsulation ‘ma’ 为0区设计的特殊型 – special type for Zone 0	Ex ia Ex ma Ex s	0区 - Zone 0
适合于0区的防爆型式 – all types for Zone 0 隔爆型 – Flameproof 本质安全型 - Intrinsically safe ‘ib’ 增安型 – Increased safety 正压型 – Pressurization 油浸型 – Oil immersion 充砂型 – Powder filling 浇封型 – Encapsulation ‘mb’ 为1区设计的特殊型 – special type for Zone 1	Ex d Ex ib Ex e Ex px, Ex py Ex o Ex q Ex mb Ex s	1区 - Zone 1
适合于0、1区的防爆型式 – all types for Zone 0 & 1 “n”型 – non-sparking 正压型 – Pressurization 为1区设计的特殊型 – special type for Zone 1	Ex nA, nC, nR, nL Ex pz Ex s	2区 - Zone 2



# 防爆电气设备的选择 (气体环境)

- 在选择防爆电气设备前，我们必须首先了解设备使用场所的危险介质及其所处的区域。然后，依次确定设备的防爆型式、类别、级别和温度组别。

## (1) 依据区域选择防爆型式

0区：Ex ia, Ex ma, Ex s

1区：Ex ib, Ex d, Ex p, Ex q, Ex o, Ex e, Ex mb和适用于0区的设备

2区：Ex n和适用于1区的设备

## (2) 依据存在危险气体所属的类别与级别选择设备的类别和级别

查GB3836.1附表，假若介质属IIA，选IIA ~ IIC设备；

假若介质属IIB，选IIB ~ IIC类设备；

假若介质属IIC，选IIC类设备；

例如：甲醇 IIA? ; 环氧乙烷 IIB?

Rev. 16



# 防爆电气设备的选择 (气体环境)

(3) 依据危险气体温度组别确定设备温度组别，查GB3836.1附表，

危险场所气体组别	引燃温度	可选设备组别
T1	> 450°C	T1 ~ T6
T2	> 300°C	T2 ~ T6
T3	> 200°C	T3 ~ T6
T4	> 135°C	T4 ~ T6
T5	> 100°C	T5 ~ T6
T6	> 85°C	T6

例如：甲醇 T? ; 环氧乙烷 T?

特别注意： a) 涉及多种爆炸危险气体时，应按较高的等级选择电气设备。

如，对于同时存在氢气(IIIC, T1)和乙醛(IIA, T4)的爆炸危险场所，至少应选择IICT4的设备。



# 粉尘防爆电气设备选型

- 依据标准：GB12476.2-2006 可燃性粉尘环境用电气设备 第1部分 用外壳和限制表面温度保护的电气设备 第2节 电气设备的选择、安装和维护 (2007.1.1)

## (1) 根据粉尘类型和区域选型

设备类型	粉尘类型	20区或21区	22区
A	导电粉尘	DIP A20或DIP A21	DIP A21 (IP6X)
	非导电粉尘	DIP A20或DIP A21	DIP A22或DIP A21
B	导电粉尘	DIP B20或DIP B21	DIP B21
	非导电粉尘	DIP B20或DIP B21	DIP B22或DIP B21



## 粉尘防爆电气设备选型（续）

### (2) 粉尘防爆电气设备温度组别的确定

- ▶ 对于A型设备（粉尘厚度最大至5mm时），应同时满足：

$$T_{\max} \leq 2/3 T_{cl} K ;$$

$$T_{\max} \leq T_{5\text{mm}-75} K, \text{ 取两者较小值。}$$

- ▶ 对于B型设备（粉尘厚度最大至12.5mm时），应同时满足：

$$T_{\max} \leq 2/3 T_{cl} K ;$$

$$T_{\max} \leq T_{12.5\text{mm}-75} K, \text{ 取两者较小值}$$

- ▶ 对于20区应用、粉尘层厚度可能超过5mm的A型设备，或粉尘层厚度可能超过12.5mm的B型设备，设备允许的最高表面温度必须进一步降低，并经实验室试验验证。



# 防爆电气设备的采购验收

- 采购设备质量的好坏，将直接影响安装质量和工程项目的总体防爆安全技术水平。为了确保建设项目安全运行，有必要从源头上把好防爆电气设备采购验收关。
- 实施采购设备的验收应至少应包括以下活动：
  - a) 核查防爆合格证书的有效性和产品适用性
  - b) 核对产品铭牌信息与证书的一致性
  - c) 依据防爆标准和设备的外观特征和部分可观察到的结构特征，判断是否满足防爆要求
  - d) 设备连接界面（必要的附件、配件）是否齐全

注：1) 该项工作通常邀请或直接委托专业检查机构实施验收工作，也可由具备一定防爆专业技能的企业设备管理技术人员独立进行。

2) 常见问题：无证或证书失效，不符合使用环境，产品质量、缺少附件，错误选型等。



# 防爆电气设备安装 - 基本要求

## 1) 电气设备的配电

- a) 进入爆炸危险场所的电源应采用3相5线制，即零线和地线分开；
- b) 如果是3相4线制，则应在安全场所首先转化为3相5线制；
- c) 保护地线的接地电阻应满足有关标准要求。

## 2) 电气设备的接地

- a) 处于爆炸危险场所的电气设备外壳应与接地系统可靠连接；
- b) 电气设备的内接地端子应与电缆中专门配置的地线相连；
- c) 如果设备是安装在接地的金属构架上，或者设备采用接地良好的导管布线方式安装，则可视作已有外接地。

注意：不能用输送可燃气或液体的管道作为接地线。

## 3) 其它要求

- 电气设备的供电应设置适当的保护装置，以免设备因过载、短路、断路或接地故障产生有害影响。如，增安型鼠笼电机应配反时限保护装置。
- 应关注设备防爆合格证书，是否涉及部件“U”及特殊使用条件“X”。



# 防爆电气系统的配线要求

- 0区：只允许铺设本质安全电缆系统，并应考虑浪涌保护和防雷措施。
- 1区和2区：可采用电缆配线系统，也可采用导管配线系统。

## 1) 电缆配线系统

- a) 对于固定式设备允许使用塑料护套、橡胶护套或矿物绝缘护套电缆；
- b) 对于移动式设备须使用重型(加厚)橡胶护套电缆，导线截面最小 $1\text{mm}^2$ 。

## 2) 导管(保护的)配线系统 - 必须防止直接将导管用作压紧螺母

- a) 导管中允许使用绝缘单芯电缆线或多芯电缆
- b) 导管中电缆的总面积(含绝缘层)应不超过导管截面的40%；
- c) 导管进入或离开爆炸危险区域交界的地方应按要求配置密封附件，并作堵封处理。

注意：采用地沟或桥栈敷设的电缆或导管应靠危险性较低的一侧或远离释放源。即当危险介质比重比空气重时，电气布线应在上侧，否则应在下侧。



# 常用防爆电气设备的安装要求

## (1) 隔爆型电气设备安装要求

- 隔爆面应涂防锈油不允许涂油漆或胶；
- 隔爆型电气设备电缆引入装置的橡胶密封圈的内径应与引入电缆外径相适应，并用原配压紧螺母或压盘充分压紧；不能直接用钢管或挠性管压紧密封圈。
- 冗余电缆引入口应用符合标准规定的盲垫进行堵封；
- 隔爆面紧固件应设弹垫，并充分拧紧。
- 用于外部导线或电缆接线的接线盒的电气间隙和爬电距离应满足标准规定要求。
- 特别注意北美进口的防爆电气设备电缆引入口的处理。



## 常用防爆电气设备的安装要求(续)

### (2) 增安型电气设备安装要求

- 增安型设备引入电缆或导线应与连接件可靠连接，并满足电气间隙和爬电距离要求；
- 电缆引入装置内的橡胶密封圈应用压紧螺母或压盘充分压紧；
- 冗余电缆引入口应用符合标准规定的盲垫进行堵封；
- 增安型电动机应配用过载反时限保护装置，保证电动机堵转时在电动机铭牌规定的时间内断开电源；
- 完成安装后的增安型电气设备的外壳防护等级应满足IP54要求。



## 常用防爆电气设备的安装要求(续)

### (3) 本安型电气设备安装要求

- 没有特别保护措施的关联电气设备必须安装在安全场所;
- 关联设备的供电电源不应超过铭牌规定的最高允许电压 $U_m$ ;
- 关联设备与本安设备间连接电缆的分布电容和电感应满足产品说明书规定的要求;
- 关联设备应按规定要求接地(如齐纳安全栅接地应设两根接地线,且接地电阻应小于1欧姆);
- 本安电路的电缆应与其它电路分开走线;
- 连接电缆或导线截面应满足规定要求,并满足500V绝缘要求;
- 不同本安回路的连接电缆或导线应采取屏蔽隔离措施,屏蔽层应在安全场所接地;
- 本安回路安全参数必需满足评定准则要求。



## 常用防爆电气设备的安装要求(续)

### (4) 浇封型电气设备安装要求

- 浇封型电气设备的供电电源的配置应满足说明书规定要求，电源的预期短路电流应满足产品铭牌规定要求；
- 产品的使用应遵守产品说明书规定的其它相关要求(如，对环境温度、湿度、介质、阳光照射等的限制要求)；
- 浇封型电气设备连接电缆的延伸必须采用防爆接线盒过渡连接。



## 常见的防爆安装问题

- 1) 没有区域划分图（爆炸性气体或粉尘危险区域）。
- 2) 不同防爆区域隔离墙上的穿线管或通孔没有有效堵封。
- 3) 进口电气设备未经国内认证，且由于规范和标准差异导致安装不能符合中国安装规范要求。
- 4) 电缆引入不装压紧密封圈、平垫和压紧螺母，直接用钢管旋入。
- 5) 照明灯具与配套接线盒之间的接管没有采用原装部件，致使连接结构不满足电缆引入要求。
- 6) 一个电缆引入口穿多根电缆或电缆和导线的混合，或电缆护套外径尺寸与密封圈不匹配（ $\pm 1\text{mm}$ 要求满足）；
- 7) 冗余电缆引入口没有按规定使用金属堵板堵封；有的密封圈堵板和平垫圈的相对位置不对；



## 常见的防爆安装问题(续)

- 8) 接线盒内部电气间隙和爬电距离不满足产品规定的使用要求。有的丢弃原配的接线端子，直接采用绞接。
- 9) 户外用设备不满足IP54要求，设备有进水现象。
- 10) 本安与非本安电路没有分开走线；本安设备没有配安全栅（如消防系统）；组成本安系统的设备安全参数不匹配；有的安全栅布置不能满足本安与非本安电路分开走线的要求；或配置的齐纳安全栅没有可靠接地。
- 11) 增安型电机没有按规定配置安全保护装置。
- 12) 不带电的金属裸露导体（如，电缆布线的电气设备外壳）没有可靠接地，或接地芯线截面不满足要求。
- 13) 部分项目在设备选型方面存在误区：在爆炸性粉尘危险场所选用气体环境用防爆电气设备；有的氢气爆炸危险场所，因实际使用量较少而选IIB级电气设备；也有乙炔站使用了IIB压缩机电机。



## 常见的防爆安装问题(续)

- 14) 防爆电气设备/部件额定参数与认证条件或证书规定参数不符。如增安型电机额定电压660V，实际为690V；灯具的灯泡功率大于铭牌规定参数。
- 15) 部分项目爆炸区域边缘（门、窗外）没有使用防爆电气设备。
- 16) 爆炸危险区域内使用非防爆电气设备，如电子钟、铲车、消防风门电控装置、通风设施等。
- 17) 部分电气设备不具备整机防爆合格证书。如风机、排风扇、正压柜等；
- 18) 危险区电源系统的中线N与地线PE没有分开。
- 19) 老项目设备老化严重。如，隔爆面锈蚀、紧固件缺少弹垫、密封圈失去弹性、电缆龟裂等。
- 20) 爆炸性危险区域没有使用不发火工具。
- 21) 监控、保护设备功能不健全。如，可燃气体探测器没有定期检定；与通风设施没有实现联动。
- 22) 防雷措施落实不到位（0区）。

☞ 以上是危化品生产许可证现场检查中发现的主要问题

Rev. 16



# 电气整体防爆

- 1) “电气整体防爆”是指对设备制造、工程设计、安装使用和维修等方面安全工作的全面要求。
- 2) 在我国爆炸危险场所中的电气设备和线路存在诸多不防爆环节：例如，有的主机防爆，附件不防爆；有的设备防爆，仪表不防爆；有的同类设备一部分防爆，而另一部分不防爆；有的防爆设备型号不全，系统配置不符合要求，备件不配套及施工存在问题等等，都是不满足“电气整体防爆”要求的表现。
- 3) 这一概念最先由《中华人民共和国爆炸危险场所电气安全规程》针对我国在防爆电气设备应用中存在的上述实际现状而提出的，其目的是为了削除爆炸危险场所设施的危险因素。
- 4) 因此，防爆电气设备的设计、生产、检验、使用和维护等各环节的相关方都必须基于“电气整体防爆”要求各司其职。



# TRAINING PACKAGE - FOUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

## 第7部分

### 在役防爆设备的检查和维护



# 防爆电气设备的检查和维护

- 防爆电气设备在结构上具有特殊性，能适用于爆炸性环境的使用。
- 出于安全考虑，如何确保在设备的整个寿命周期保持其特性的完整性是十分重要的。

注：设备功能运行正常并不意味着安全特性的完整性已被保持。

- 为此，对于工程项目或电气装置应开展以下工作：
  - 初始检查
  - 随后的定期检查，或
  - 由专业人员进行的连续监督
  - 必要时，进行维护
- 依据标准：**GB3836.16-2006** (idtIEC60079-17:2002) 爆炸性气体环境用电气设备 第16部分: 电气装置的检查与维护(煤矿除外) (2007.1.1实施)



# 设备安全性下降的主要因素

- 不适当的安装或配置
- 化学物质的腐蚀
- 可能堆积粉尘或灰尘、可能进水
- 暴露在过高环境温度中
- 机械损坏的危险
- 受到激烈的振动
- 工作人员的培训和经验
- 未经批准的修改或调整
- 不适当的维护等

因此，有计划地开展工程项目安全性检查和维护是十分必要的。



# 检查和维护的通用要求

- 文件要求
  - 危险场所区域划分图
  - 危险气体类别和组别
  - 设备清单，包括防爆标志、位号
  - 防爆合格证书复印件
  - 产品使用说明书
- 人员要求
  - 由有经验的人员进行
  - 经专业培训：防爆原理、防爆型式、安装实践、场所分类、原理以及相关的法律、法规、标准
  - 接受继续教育或定期培训
  - 保存相关工作经验和培训证明
- 定期检查周期
  - 定期检查应不超过3年一次
  - 移动式设备不超过12个月一次
- 检查等级
  - 目测检查：用肉眼而不用检测设备和工具来识别明显缺损的检查，如螺栓丢失。
  - 仔细检查：包括目测检查以及使用检测设备和工具才能识别明显缺陷的检查，如螺栓松动 -。（一般不开盖、不断电）
  - 逐项检查：包括目测检查以及只有打开外壳和/或(必要时)采用工具和检测设备才能识别明显缺陷的检查，如接线端子松动。（应断电检查）



# 防爆设备检查和维护内容

一、对于电气设备本身而言，应重点核查以下内容：

- 1) 电气设备是否适用于危险场所区域；
- 2) 电气设备级别是否正确；
- 3) 电气设备温度组别是否正确；
- 4) 电气设备、电路标志是否正确；
- 5) 电气设备、电路标志是否有效；
- 6) 外壳、透明件及透明件与金属密封垫和/或胶粘剂是否符合要求；
- 7) 是否存在可见的非授权的修改；
- 8) 螺栓、电缆引入装置（直接或间接引入）和堵板的类型是否正确并完整紧固；
- 9) 法兰表面是否清洁、有无损坏，衬垫是否良好；
- 10) 法兰间隙尺寸是否在允许的最大尺寸范围内；



# 防爆设备检查和维护内容

- 11) 灯具光源额定值、型号和安装位置是否正确;
- 12) 电气连接是否牢固;
- 13) 外壳衬垫状态是否良好;
- 14) 封闭式断路装置和气密式断路装置是否损坏;
- 15) 限制呼吸外壳是否良好;
- 16) 电动机风扇与外壳和/或外罩之间是否有足够的间距;
- 17) 呼吸和滴液装置是否符合要求;
- 18) 安全栅单元、继电器和其它限能装置是否为批准的防爆型式, 并按证书规定的要求安装和牢固接地 (i) ;
- 19) 安装的本安设备是否是文件所规定的设备 (仅指固定式设备) (i) ;
- 20) 本安设备的印刷电路板是否清洁、无损坏 (i) ;
- 21) 浇封外壳材料是否有裂痕等缺陷 (m) 。



# 防爆设备检查和维护内容

二、对于电气设备的安装，应重点核查以下内容：

- 1) 电缆类型是否合适；
- 2) 电缆有无明显损坏；
- 3) 线槽、管道、管线和/或导管的密封是否良好；
- 4) 填料盒和电缆盒装配是否正确 (d) ；
- 5) 导管系统及与混合系统的接口是否保持完整；
- 6) 接地连接，包括附加的屏蔽接地连接是否良好（如连接牢固、导线截面足够）
- 7) 电气自动保护装置是否在允许范围内工作；
- 8) 电气自动保护装置的设置是否正确（不能自动复位）；
- 9) 是否符合特殊使用条件（适用时）；
- 10) 不用的电缆或电缆延伸是否正确处理；
- 11) 邻近隔爆法兰接合面的障碍物是否符合IEC60079-14 (d) ；
- 12) 各种电压、频率是否符合文件要求；
- 13) 本安电路电缆按文件安装，屏蔽按文件规定接地 (i) ；
- 14) 本安系统的点与点的连接是否正确 (i) ；



# 防爆设备检查和维护内容

- 15) 本安接地连接是否满足要求 (如, 连接牢固, 导线截面足够) (i) ;
- 16) 对地连接是否保持防爆型式的完整性 (i) ;
- 17) 本安电路对地隔离或仅在一点接地 (i) ;
- 18) 在共用的配线盒或继电器盒内本安和非本安电路之间是否保持隔离 (i) ;
- 19) 如果适用, 电源短路保护是否符合文件要求 (i, m) ;
- 20) 正压用惰性保护气体温度是否低于规定的最高值 (p) ;
- 21) 正压系统管道、管线和外壳是否处于良好状态 (p) ;
- 22) 保护气体是否基本未受污染 (p) ;
- 23) 保护气体压力和/或流量是否足够 (p) ;
- 24) 压力和/或流量指示仪、报警器和联锁装置功能是否正确 (p) ;
- 25) 预先换气时间是否足够 (p) ;
- 26) 处于危险场所的排气管中火花和炽热颗粒屏障是否满足要求 (p) 。

此外, 还应开展下列项目检查:

- 1) 故障回路电抗 (TN制) 或接地电阻 (IT制) 是否合格;
- 2) 绝缘电阻是否符合要求。



# 防爆设备检查和维护内容

三、对于电气设备环境适应性，应重点核查以下内容：

- 1) 电气设备是否适应防腐、气候防护、防止振动和其它不利条件；
- 2) 设备外部是否存在粉尘和杂物的过度堆积；
- 3) 电气绝缘是否清洁、干燥 (e, n) 。

以上列举了Exd、e、i、n、p等电气设备的主要检查内容，对于其它防爆技术，可依据相应的标准确定具体的检查内容。

总之，业主应结合工程项目的特点，制定详细的检查和维护的计划，确定检查和维护的内容、周期和等级，做好检查的实施和记录工作。除初次检查必须采取详细检查外，定期检查、连续监督检查等可依据IEC60079-17选用不同的检查等级(目测、仔细、详细)，并对上述检查内容作相应的删减。



# 在用设备防爆有效性核查举例

隔爆型电气设备应核查的主要内容:

- 1) 产品防爆等级是否与使用区域相适应; (1区、级? 组?)
- 2) 外壳(含透明件、窗)有否影响隔爆性能的裂痕、变形、腐蚀、损伤;
- 3) 隔爆面是否完好(三要素);
- 4) 隔爆面紧固件是否完整、有否防松措施;
- 5) 电缆引入结构是否正确、有效(有否多电缆引入);
- 6) 电缆和密封圈是否出现老化和龟裂现象;
- 7) 冗余电缆引入口是否有效堵封;
- 8) 接线盒电气间隙和爬电距离是否符合要求;
- 9) 外壳接地是否可靠、有效。
- 10) 外壳防护等级是否依然满足使用环境的要求。



# TRAINING PACKAGE - FOUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

## 第8部分

### 防爆电气设备的修理



# 防爆电气设备的检修

- 检修的原因和目的
  - 腐蚀、锈蚀、老化
  - 关键部件机械或电气损坏、损伤
  - 关键部件缺少、遗失
  - 节省开支、降低运行成本
- 检修依据的法规和标准
  - 中华人民共和国爆炸危险场所电气安全规程(试行) -该规程对防爆电气设备的维修(含大修、中修、小修等)作出了较为具体的规定, 并具有一定的可操作性。
  - **GB3836.13-1997** 爆炸性气体环境用防爆电气设备 第13部分: 爆炸性气体环境用电气设备的检修 - 该标准参照IEC60079-19:1993制订, 涵盖了电气设备的检修(包括修理、定期检查修理和改造等技术内容。该标准系强制性标准, 因此防爆电气设备的检修工作原则上应遵守此标准。
  - First IECEx Services Certificate



# 检修的基本概念

- 可使用状态 - 考虑合格证的要求后，允许更换或修复所用零件而不会损害使用这类零件的电气设备的电气性能和防爆性能的一种状态。
- 修理 - 使发生故障的电气设备恢复到完全可使用状态并符合有关标准要求的活动。
- 大修 - 把已经使用或储存一段时间，但不一定发生故障的电气设备恢复到完全可使用状态的活动。
- 维护 - 维持安装的电气设备处于完全可使用的例行活动。
- 修复 - 是修理的一种，对已经损坏的待修零部件去除或增加材料，根据有关标准使零部件恢复到完全可使用状态。
- 改造 - 对电气设备结构、材料、形状或功能的变动。



## 检修的基本概念(续)

- **修理单位** – 承担防爆设备修理的制造厂、用户或第三方(修理部门)。
- **检验** – 设备修理后，由修理单位的检验部门评定其性能并颁发修理合格证的检查和试验工作。

检验内容包括：修理后的设备是否符合图纸和/或标准规定要求；电气绝缘强度试验；绝缘电阻试验；其它补充试验。
- **修理标志** – 显示电气设备修理后特征的标牌和符号。
- **修理合格证** – 证明修理后的电气设备符合有关标准要求并达到可使用状态的证明。-- 一般由修理单位出具。需要时也可委托检验机构出具。



# 对防爆电气设备检修单位的要求

## 👉 基本要求

修理单位应具有工商登记执照；

修理单位应配备专职或兼职的质量负责人、检验人员和专业修理人员

修理单位应有健全的质量管理体系和规章制度。

## 👉 工艺、文件要求

修理单位应制订相关的修理作业指导书；

修理单位应制订相应的修理质量检查和试验作业指导书；

修理单位应具备必要的技术标准和规范(如，防爆标准、产品标准和相关的安全规范等)；

与修理相关的修理检查、修理、检验和试验均应形成记录并归档。

## 👉 设备、工装和检验器具要求

修理单位应具备与修理工作相适应的工具、工装和加工设备；

修理单位应具备必要的修理质量检验设备、仪器和器具。



# 对防爆电气设备检修单位的要求

## 人员和环境要求

- 修理单位应了解国家相关法规;
- 相关技术人员应熟悉修理标准、修理技术;
- 修理相关的技术人员应掌握有关防爆标准和规范;
- 修理单位应具有了解修理技术的工人;
- 对修理技术人员应定期(至少3年一次)进行培训, 培训内容应包括:

电气安全基本知识、防爆基本原理、防爆标准和规范、防爆标志及识别、防爆型式和技术要求、防爆设备选型与安装要求、防爆设备的使用与维护要求、防爆设备的修理技术、防爆设备的检验技术、国内外防爆标准和规范及其差异等等。

- 修理单位应具有与修理工作相适应的工作场所和其它相关的设施。



# 防爆电气设备检修通用要求

## 👉 修理前文件准备

修理人员应从制造厂或用户查询必要的信息和数据资料，包括以前的修理、改造信息、原合格证要求以及应该依据的有关防爆标准。

## 👉 修理单位修理后应形成的文件

修理单位应向用户提供：故障检查情况；检修工作的情况说明；更换、修复部件的目录；改造说明、电气原理图；所有检查、试验结果；修理合格证等文件。

## 👉 防爆电气设备修复的基本要求

修复工作应由经过培训，并熟悉该工艺的人员进行。

如果采用某些专利工艺方法时，应按专利说明书进行。

全部修复情况应予以记录，并保存。记录应包括：

零部件的标记；修复方法；与合格证文件的尺寸或零件的原始尺寸不同的尺寸的详细情况；日期；进行修复的单位名称。



# 防爆电气设备检修通用要求

- 防爆电气设备的修复的基本方法

- 金属喷涂
- 金属合压法
- 电镀法
- 旋转电机定、转子铁芯机加工法
- 安装套筒法
- 紧固件的螺孔(加大钻孔-重新攻丝; 加大钻孔-堵封-重新攻丝; 堵死螺孔-另钻孔-重新攻丝; 焊死螺孔-另钻孔-重新攻丝)
- 硬钎焊或熔焊法
- 重新机加工法

注意：上述方法的使用还必须同时遵守相应防爆型式检修的补充要求。

- 防爆电气设备的修复限制

下列零件不允许修复，应更换新件：玻璃、塑料或其它尺寸不稳定的材料制成的零件、紧固件，以及制造厂说明不能进行修复的零件，例如浇封组件。



# 防爆电气设备检修通用要求

## 🔧 设备修理后的标志

- 除不影响防爆电气性能的情况，一般经修理的设备的主部件上应单独设置标志。

- 标志内容应包括：

- 1) 修理标志：
  - 符合标准，又符合合格证文件要求
  - 符合标准，但不符合合格证文件要求



- 2) 标准代号GB3836.13-1997;
- 3) 修理合格证编号;
- 4) 修理单位名称;
- 5) 修理日期等。

- 与设备原标志牌的关系：

- 1) 如修理、大修或改造后的设备已不符合标准和合格证的规定，应去掉原标志牌(但已取得补充合格证的情况除外);
- 2) 如被修理、大修或改造的设备仍符合标准但未必符合合格证文件，则保留原合格证标志牌。

## 🔧 修理合格证

由修理单位检验部门发给。修理合格证应包括：设备名称、型号规格、防爆标志、修理厂名、及认可证编号、修理合格证编号、日期等。



# 隔爆型电气设备检修特殊要求

## 隔爆壳体的修理

如壳体有裂纹，建议用新的相同零件更换；如果发现有小通孔，可以用熔焊焊补。外壳上钻孔属改造，未经检验机构和制造厂同意不得进行。

## 隔爆结合面的修理

- 1、隔爆面轻度锈蚀，用煤油和抹布将锈斑擦去后涂润滑脂；
- 2、隔爆面严重锈蚀，建议用除锈剂除锈后，检查接合面尺寸。如间隙大于图纸规定，但不超过标准规定的可以不加修理。
- 3、如果隔爆面局部出现直径不大于1mm，深度不大于1mm凹坑，且每平方毫米不超过两个的，也可不修理。否则，对于非活动隔爆面可用胶粘剂调入金属粉粘补。
- 4、如隔爆面损坏严重，间隙超过防爆标准规定，对于平面接合面，可将坏的一侧磨平；对于圆筒接合面，可将一侧轻微加工，另一侧采用焊接、电镀或镶套的方法增添金属，然后加工到规定尺寸；盖与壳体间的螺纹隔爆面不允许修复。
- 5、对于活动接合面(如转轴、操纵杆)应该用熔焊或硬钎焊后磨平或镶套的方法修理。



## 隔爆型电气设备检修特殊要求(续)

- ❏ 紧固件的螺孔的修理：加大钻孔尺寸，重新攻丝，或焊死螺孔，磨平后重新钻孔和攻丝。要注意的是在扩孔或重新钻孔时，必须保证隔爆接合面有效长度(L1)和螺孔周边厚度不小于3mm。
- ❏ 紧固件：只允许用相同尺寸和相同等级的备件更换。
- ❏ 观察窗：隔爆外壳上观察窗的透明件和密封垫不允许修理，只能用备件更换。
- ❏ 电缆引入装置的修理：不得改变引入方式；引入装置中零件的损坏应用相同材料、结构和质量的备件更换。
- ❏ 隔爆外壳内零部件的修理：原则上按一般产品的修理方法修复或修理。修理应注意对设备外壳表面温度的影响和其它防爆性能的影响。
- ❏ 接线盒内隔爆接线端子的修理：此类接线端子的损坏原则上应使用与原零件相同的备件更换，以确保两腔间的隔爆性能和端子间的电气间隙和爬电距离。



## 隔爆型电气设备检修特殊要求(续)

### 🔧 电机零件的更换与修理:

- 1、风扇距风扇罩、挡板以及紧固件的间距应不小于风扇直径的1%，至少为1mm，以防止产生机械磨擦火花。如需更换外风扇，应确保其含镁量或表面电阻满足标准要求。否则必须选用相同的备件。修理或更换风扇罩时，其外壳防护等级应满足防爆标准要求。
- 2、轴和轴套隔爆接合面的磨损，可以通过对轴颈电镀、熔焊和金属喷涂法修复。修复后的参数应确保符合GB3836.2，并满足正常运行的机械强度要求。滑动轴承表面可采用电镀或金属喷涂法进行修复。
- 3、转子和定子：允许采用刮削方法削除定转子内外表面的轻微损坏，但修复后设备温度组别应符合要求。严重损坏的定子表面修复后，应重新测定设备表面温度。
- 4、绕组：拆除 - 损坏绕组可用溶剂软化绕组浸渍漆的方法或加热的方法拆除。但使用加热法时要防止破坏矽钢片间的绝缘层。这对于增安型和T5/T6设备应特别小心。修理 - 允许从制造厂购买或仿绕。仿绕用的材料、尺寸、绝缘等级等应与原绕组相同；修理焊接鼠笼转子时，其导条和端环须用与原转子相同的材料，且须使导条紧密地插入转子铁芯槽中；带测温元件的绕组须将其与绕组同时嵌入铁芯槽中。



# 隔爆型电气设备检修特殊要求(续)

## 修理后的试验:

可能涉及的电气性能试验; 水压试验和其它规定的试验。

对于重新绕制绕组的电机至少应进行下列试验:

### a) 静态试验

- 1、测量室温下绕组电阻, 并与制造厂的数据比较; 对于三相绕组, 其相电阻或线电阻应平衡, 其公差值应符合有关规定;
- 2、按产品标准对测量绕组间及对地的绝缘电阻和耐压进行核查;
- 3、测量额定电压、频率下的空载电流, 并与制造厂的数据比较; 对于三相系统, 其相间应保持平衡, 其公差应符合产品标准;

### b) 动态试验

- 1、检查额定速度运转下的噪声和振动是否正常, 异常的应校正;
- 2、鼠笼电机的定子绕组, 应在适当降低电压情况下进行堵转试验, 并达到额定电流, 检查各相是否平衡。



# 增安型电气设备检修特殊要求

## 🔧 壳体的修理

- 1、对于损坏的增安型壳体的修理主要是要恢复外壳的外壳防护等级，并确保原有的外壳机械强度。其修理方法可采用原厂的新部件或其它相同结构的部件更换，但更换时还应注意材料或表面处理等因素的变化，而影响外壳表面温度、外壳机械强度，或防护等级。密封垫不允许修复，也不允许取消，必须采用与原设计相同的配件更换。
  - 2、对于旋转电机的进出风孔既要满足标准规定的防护等级，也要消除风道的堵塞和损坏，以确保冷却作用。风扇材料应用原部件材料，它与罩的距离应满足增安型要求。
  - 3、对于损坏不严重的接合面、轴、轴承室、滑动轴承、定子、转子固体绝缘材料可按标准规定进行修复。(细节见标准8.3.1);在确保满足GB3836.1和GB3836.3的情况下，可对增安型电气设备的外壳、连接件、绕组及辅助装置等进行改造。
  - 4、电缆引入装置的修理应选用原配件或具有相同材料、尺寸、性能的零件，修理后应满足IP54。
- 🔧 连接件的修理：可采用原配备件或经检验机构认定的替换件更换。电气设备内部的连接导体的替换件的绝缘、几何尺寸、电参数、耐热性能、机械强度不得低于原水平。连接方法应符合GB3836.3。
- 🔧 不能修理的零件：透明件、浇封件、灯座、整流器和电容器等应采用原配件或检验机构认可的替换件更换，一般不得修复。



# 增安型电气设备检修特殊要求(续)

## 👉 绕组的修理:

- 1、增安型电气设备的绕组会直接影响防爆性能，修理单位在修理之前应具有必要的资料和设备，否则应由制造厂修理。
- 2、必要的资料至少包括：绕组图纸、绕组型式、每槽导体数量和每相并联路数；相间连接、导体尺寸以及绕组绝缘系统的详细技术要求，如漆包线线径、材料、绝缘等级、相电阻、线电阻和浸渍要求等)。
- 3、绕组的浸渍前应进行清洗处理，浸渍禁止采用涂刷、喷洒或浇漆等方法。
- 4、对于损坏的铸铝鼠笼转子，需用原配转子更换；对于焊接鼠笼转子可采用同技术性能的材料重铸，如更换导条，应保证导条与转子的紧密配合。
- 5、具有温度监测传感器的，应按原设计结构在浸渍前将其埋入绕组。

## 👉 修理后的试验:

- 1、考虑可能涉及的冲击试验、外壳防护试验、温升试验、电缆引入装置试验、变更外壳材料试验(含镁量或表面电阻)
- 2、绕组修理后的试验还应满足静态和动态试验要求，具体要求与隔爆型设备基本一致。



# 正压型电气设备检修特殊要求

- 🔧 正压外壳型电气设备是在设备的外壳内通入一定压力的新鲜空气或惰性气体，使周围的可燃性气体不能进入外壳内部，从而阻止点燃源与爆炸性气体接触，达到防止爆炸的目的。
- 🔧 正压型电气设备的的关键措施是设备外壳内部保护性气体（新鲜空气或惰性气体）的压力高于环境的压力至少50Pa。为此，设备需要配置鼓风机、管道和压力控制器等，它一般用于大型电动机和控制开关设备。
- 🔧 修理要求
  - 1、设备外壳和管道：如果设备外壳或通风管道及其密封衬垫损坏需要更换或修理，可以用一般工业的工艺修理，应该保证设备和管道的气密性。
  - 2、内部压力控制器：如果压力控制器失灵或损坏，应该用相同的备件更换，或者用满足性能要求（灵敏度和量程的要求）的新品更换，应该注意测量风压的取样位置和风压报警设置值与原来相同。
  - 3、风机或气源：如果风机损坏，应该按照原来的风机型号和规格（风压和风量不小于原来风机的）更换或修复。
  - 4、正压外壳内部的零部件：正压外壳内部的零部件损坏，可以用与原来零部件相同的备件更换，如果不可能，可以用一般工业的修理工艺进行修理，或者用性能基本相同的新品更换，应该注意不影响外壳表面的最高温度和外壳内的气流状态。
  - 5、相关防爆电气设备：按相应防爆类型规定进行修理。



## n型电气设备检修特殊要求

- 对于n型设备中的nA技术一即是正常运行中不产生火花电弧的类型，例如异步电动机、变压器、灯具、接线盒等，它们的标志为Ex nA，与增安型设备的防爆原理很相似，仅仅有防护性外壳，外壳内的零部件的防爆要求与增安型也相似，但是没有增安型严格。例如对内部导线的连接方式、绝缘材料、绕组等只要求一般工业高质量的制造材料和制造工艺，因此在修理时使用的材料和工艺方法与一般工业高质量产品相同。但是，由于内部的零部件的温度和产生火花的可能性与设备的防爆安全性与直接关系，因此，在修理时应该按照原来的尺寸和形状重新制造或更换。
- n型设备中的其它设备，是指在正常工作中产生火花或电弧的，但是通过限制火花能量，气密外壳或不能传爆外壳等措施以达到规定的防爆安全性。对于这类设备的修理应该严格按照原来零部件的要求进行修理，或用与原来零部件相同的备件更换，以免破坏设备的防爆性能。
- 如果设计电动机的外风扇或风扇罩的更换或修理，其要求与隔爆型电动机相同。如果内风扇需要修理或更换，其要求与增安型相同。



# 防爆电气设备修理与改造的区别

- ❏ 前述的防爆电气设备的**检修**主要是指通过对部件的修理或更换，将需要大修或修理的电气设备恢复到完全可使用状态并符合有关标准要求的活动。
- ❏ 如果在修理过程中将防爆电气设备的结构、主要材料、形状、功能予以改变，则这种“修理”就发生了质的变化，通常称之为“**改造**”。
- ❏ “改造”与“修理”的最大**区别**是看它经过修理或改造后的安全是否符合原合格证文件的要求。凡不符合的都视为“改造”。
- ❏ 防爆电气设备的改造通常会直接影响设备原有的防爆性能，因此改造前改造应将改造方案送防爆检验机构审查，审查合格后才能按批准的文件实施改造。
- ❏ 首台样机改造完毕后，一般应由检验机构对改造样机进行检测，并颁发改造合格证。以后按方案规定要求改造的样机可由改造单位检验并颁发合格证。
- ❏ 经改造的设备，应去掉设备上原来的防爆铭牌和防爆标志，并将新的防爆性能指标在技术文件和说明书中说明。
- ❏ 原则上各种防爆型式的电气设备均可实施改造。



# 防爆电动机维修实例

■例1：一台隔爆型电动机，发生“抱轴”并且定子绕组损坏。

修理前检查：将电机拆开，发现轴伸端轴承损坏，轴承内圈不能从轴上拆下；定子线圈烧坏；机座与端盖止口防爆结合面有中度锈蚀；轴伸端轴承内盖的轴孔（防爆面）与轴之间有磨损痕迹，外风扇损坏。

修理内容：

- 1、更换定子线圈：采用加热法将绕组拆除，记录其绕组形式、线径，每槽导体数、并联路数及绝缘系统等。按照与原来绕组相同的方式重新制造线圈和绕组并浸漆烘干。测量各相电阻，检查对比各相是否平衡。然后用兆欧表测量各相对地绝缘电阻，然后进行绝缘耐电压试验。
- 2、测量磨损的轴承内盖的内直径和对应轴的外直径，其直径差值超过标准的规定。将轴承内盖轴孔扩大，在孔内用热套法镶一个黄铜套（铜套与内盖采用静配合）。以内盖与端盖轴承孔配合的凸缘外圆为基准精车轴承内孔，参照另一端轴承盖与轴之间的间隙值配做孔。
- 3、更换轴承，用机械法或火焰切割法将轴承内圈除去，用热套法安装新轴承。
- 4、防爆结合面除锈：用煤油或除锈液将防爆结合面上的锈蚀擦掉，检查金属表面上有个别凹坑，但深度和直径都不超过1mm，按照规定，可以不修复，可以用研磨砂布将表面磨光，并在防爆面上涂一薄层润滑脂防锈。测量机座止口内径和端盖止口外径，计算其间隙是否超过防爆标准的规定。
- 5、向原电机制造厂或风扇制造厂购买与原风扇相同的风扇，安装后检查与风扇罩的间距满足标准的规定。
- 6、将电机重新装配后进行电气性能试验，例如空载试验，必要时，进行温升试验。
- 7、加设修理标牌，签发修理合格证，将有关的检查和试验报告整理、存档。

Rev. 16



## 防爆电动机维修实例(续)

■例2：一台增安型电动机定子线圈损坏，需要修理。

修理前检查：电机接线盒中接线板损坏，接线盒盖与接线盒之间的橡胶密封垫丢失，轴承转动不灵活。拆开电机后，发现一相线圈对地电击穿，机座一端有裂纹。

修理内容：

- 1、用铸铁焊条将机座裂纹补焊，挫平。按照例1中的方法更换定子绕组，但应该浸渍干燥两遍。
- 2、更换新的轴承。
- 3、更换新的接线板，注意接线板的绝缘材料的抗漏电指数应该不小于原来的接线板。接线端子之间的电气间隙和爬电距离不应小于原来的接线板，接线端子应该防锈处理，并具有防止接线松动的措施。
- 4、更换接线盒盖与接线箱体之间的密封垫。
- 5、参照例1进行有关的试验，但必须进行温升试验。
- 6、加设修理标牌，签发修理合格证，整理检查和试验报告并存档



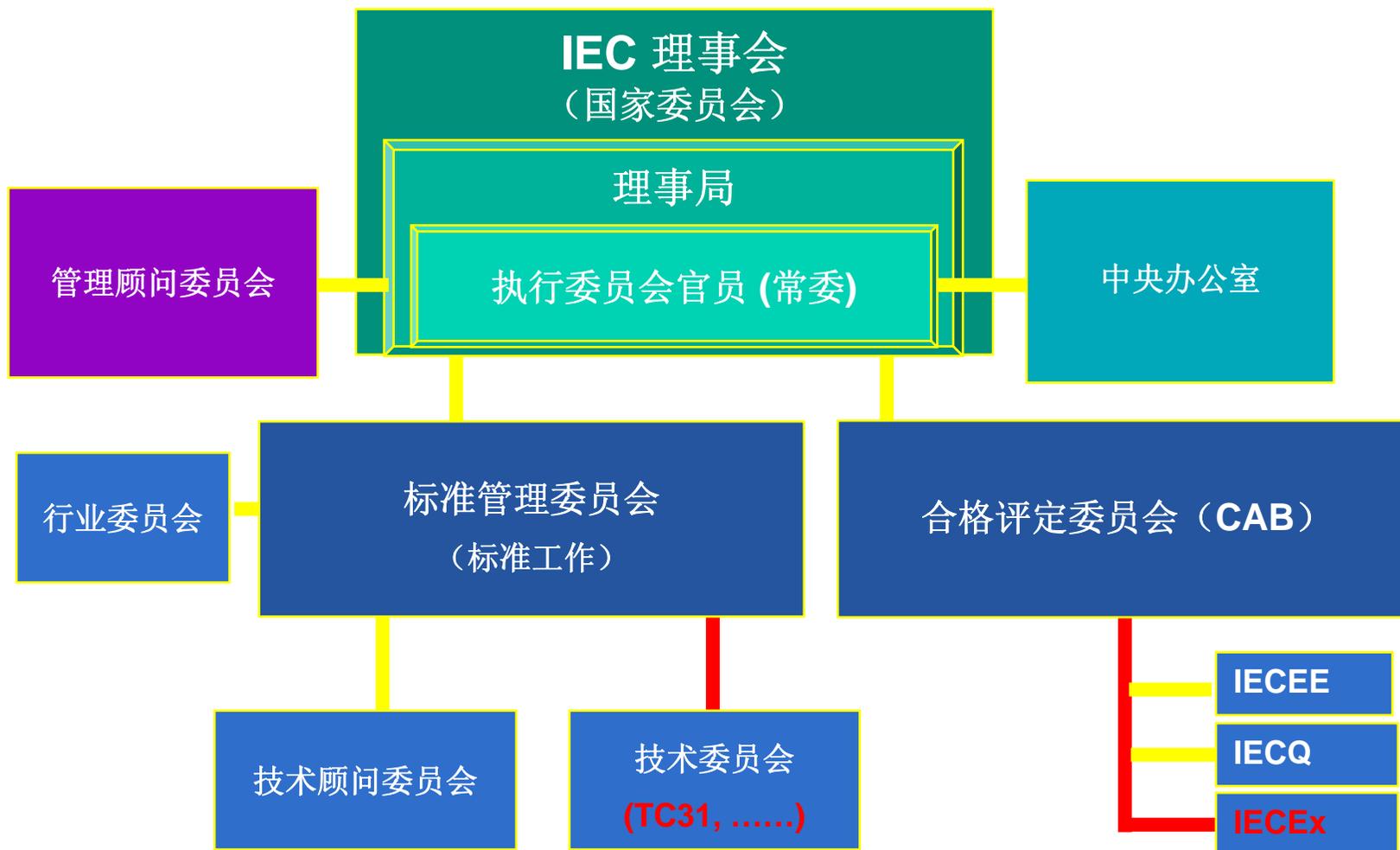
# TRAINING PACKAGE - FOUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

## 第9部分

### 国际防爆技术最新发展趋势



# 国际电工委员会 (IEC) - 100 Years!





# IEC TC31技术委员会

- IEC TC31: 爆炸性环境用电气设备 (Electrical apparatus for explosive atmospheres)，成立于1948年7月。
- 目前由32个P成员和12个O成员国组成。主席：AU – Jim C. MUNRO；秘书：GB - George F. THOMPSON
- 范围（任务）：制修订潜在爆炸性气体、蒸气、薄雾或可燃性粉尘危险场所用设备相关的国际标准
- 目前，IEC TC31下设3个分技术委会，它们是：
  - SC 31G 本质安全设备
  - SC 31H 可燃性粉尘环境用电气设备
  - SC 31J 危险场所分类和安装要求
  - TC31 负责隔爆型（原SC31A）、增安型、无火花型、充油型、充砂型设备，可燃气体探测设备（原SC31L）以及通用要求和其它相关基础标准的标准化
  - **最新成立**：SC 31M 非电气设备防爆技术



# 国际标准体系现状

- IEC TC31 60年防爆技术标准化工作取得了丰硕的成果，基本建立了国际防爆技术标准化体系。
- 按标准用途可分为三类
  - 基础标准，如MESG、MIC、AIT试验方法、物质分类等
  - 制造标准，如各类防爆技术标准或具体产品防爆标准
  - 应用标准，如场所分类、设备选型、安装、检查、维护、修理标准等
- 按标准系列有5大系列 (as of 2006)
  - IEC60079/GB3836系列标准 (24个) (气体)
  - IEC61241/GB12476系列标准 (11个) (粉尘)
  - IEC61779/GB20936系列标准 (6个) (可燃性气体探测器)
  - IEC62013/GB7957系列标准 (2个) (矿用安全帽灯)
  - IEC62086/GB19518系列标准 (2个) (加热器、伴热电缆)
  - possible IEC 80079 系列标准 - (非电气设备)



# 形成的防爆理论构架

- 设备保护
  - 采取不同防爆型式实现（如，Ex d、Ex ia、Ex e、Ex tD等）。
- 场所界定
  - 按爆炸性物质出现的可能性和持续时间划分为区域（如，0区、1区、2区/20区、21区、22区）。
- 合理选型
  - 设备可否用于特定的区域，基于设备的防爆型式来确定，并在标准中形成了固定的对应关系。
  - 只有ia防爆型式可用于0区爆炸危险场所。
- 正确设计、选型、安装（IEC60079-14 + IEC61241-14）
- 定期检查、维护（IEC60079-17 + IEC61241-17）
- 设备修理、大修、改造（IEC60079-19）
- 人员技能的持续培训（IEC60079-19 + IEC60079-14 Ed.4 CDV）



## 推广应用概况

- 较为完善的IEC标准体系为促进全球贸易和经济发展发挥着重要作用：
  - 已成为各国制订国家标准的基础；
  - 已开始被越来越多的国家直接采纳（AU、NZ、CA、KR等）；
  - 已被IECEx认证体系用作为全球性的防爆产品/服务认证的依据标准。
- IEC标准化工作面临的冲击和压力：
  - 在煤矿、船舶、海洋石油领域，被接受的程度相对较低；
  - 爆炸事故依然居高不下。
- 存在问题：
  - 主要考虑了电火花和热表面两个点燃源，其它点燃源考虑不够；
  - 标准体系结构不合理；
  - 0区防爆技术（仅为Ex ia，Ex ma）；
  - 没考虑爆炸后果（如物质的毒性、对环境的影响等）的控制；
  - ……等等。

使用安全性？结构合理性？体系完整性？

Rev. 16



## 最新发展趋势

- IEC TC31标准体系结构和范围正作重大调整
- 粉尘防爆基本概念及其防爆技术正得到进一步完善
- 引入了设备保护等级EPL概念，明确了EPL与防爆型式和区域的关系
- 引入了满足0区应用的双重防爆概念（IEC60079-26）
- 基于EPL概念，提出了防爆标志新方法
- 本质安全防爆技术得到进一步优化和发展（FISCO/FNICO）
- 开始关注各种新的点燃源（辐射源、非电气设备点燃源）
- 开始引入“功能安全”的概念（可燃气体探测器、特殊型技术Ex s等）
- 标准增加了安全使用说明书的要求和设备使用人员的技能要求（管理性）
- .....

Rev. 16



# 标准体系结构和范围的变化

- IEC TC31委员会易名：意味着范围的变化

Electrical apparatus for explosive atmospheres (电气设备)

➤➤➤ Equipment for explosive atmospheres (设备 = 电气 + 非电气设备)

- IEC60079系列标准的扩容：

◆ 名称变化：爆炸性气体环境用电气设备 ➤➤➤ 爆炸性环境

◆ IEC61241粉尘系列标准将全部融入IEC60079系列标准

◆ IEC61779气体探测器系列标准，将成为IEC60079-29-1~5

◆ IEC62086电阻式伴热电缆系列标准已转化为IEC60079标准系列：

- IEC60079-30-1:2007 通用要求和试验方法

- IEC60079-30-2:2007 设计、安装和维护指南



# 爆炸性环境（设备）分类、分组

◆ 粉尘环境（设备）的分类、分组方法趋于统一

分 类	分 组	典型物质
I类（煤矿）	—	甲烷
II类 （工厂气体）	IIA	丙烷
	IIB	乙烯
	IIC	氢气、乙炔
III类 （粉尘和纤维）	IIIA	可燃性纤维
	IIIB	非导电粉尘
	IIIC	导电粉尘



# 主要防爆技术

◆ 气体环境防爆技术得到了完善

◆ 粉尘环境防爆技术体系已基本形成

爆炸性环境	防爆型式	符号	依据标准
气体 (I、II)	隔爆型	d	IEC60079-1
	增安型	e	IEC60079-7
	本质安全型	ia, ib, ic (nL)	IEC60079-11
	正压型	px, py, pz (nZ)	IEC60079-2
	油浸型	o	IEC60079-6
	充砂型	q	IEC60079-5
	浇封型	ma, mb	IEC60079-18
	n型	nA, nR, nL, nC, nZ	IEC60079-15
粉尘 (III)	外壳保护型设备	tD	IEC61241-1 IE 60079-31CCDV
	本质安全型	iaD, ibD	IEC61241-11
	浇封型	maD, mbD	IEC61241-18
	正压型	pD	IEC61241-4

● 爆炸性气体和粉尘环境用特殊型设备 “s” 正在制订中 - [ExTAG WG09](#)。



## 设备保护等级 (EPLs)

- EPL定义：是基于气体（Gas）、粉尘（Dust）和煤矿（Mining）爆炸性环境下成为点燃源的风险赋予设备的保护等级。
- 矿用设备的EPL分为Ma和Mb两个等级：
  - ◆ **Ma**：指具有**很高**的保护等级的矿用设备，它具有足够的安全性，即设备在正常工作、预期故障、罕见故障，甚至在通电情况下瓦斯气体突出时也不可能成为点燃源。
  - ◆ **Mb**：指具有**高**的保护等级的矿用设备，它具有足够的安全性，即设备在正常工作、预期故障情况下，在瓦斯气体突出到设备断电的时间间隔内也不可能成为点燃源。
- 气体和粉尘环境用设备的EPL均分为三个等级：
  - ◆ **Ga/Da**：指具有**很高**的保护等级的爆炸性气体/粉尘环境用设备，它在正常操作、预期故障或罕见故障情况下不会成为点燃源。
  - ◆ **Gb/Db**：指具有**高**的保护等级的爆炸性气体/粉尘环境用设备，它在正常操作或预期故障情况下不会成为点燃源。
  - ◆ **Gc/Dc**：指具有**增强**的保护等级的爆炸性气体/粉尘环境用设备，它在正常操作情况下不能成为点燃源，且具有附加的保护措施能保证在预期的事件（如灯的故障）发生时也不会成为点燃源。



# IEC EPLs与区域的关系

◆ IEC EPL源自欧洲的设备分类，但在表述上有差异

设备分类 Group of Equipment	设备保护等级 IEC EPLs	欧洲设备分类 EN Categories	适用区域 Suitable Zone
I类 煤矿-Mining	Ma - 很高	M1	0
	Mb - 高	M2	1
II类 工厂气体-Gas	Ga - 很高	1G	0
	Gb - 高	2G	1
	Gc - 增强	3G	2
III类 粉尘-Dust	Da - 很高	1D	20
	Db - 高	2D	21
	Dc - 增强	3D	22



# 防爆型式与EPLs的关系

- ◆ 设备EPLs可以反映设备防爆型式保护水平
- ◆ 引入了双重防爆概念

防爆型式 Type of Protection	符号 Ex Code	依据标准 According to	设备保护等级 EPLs
本质安全型	ia	IEC 60079-11	Ga / Ma
浇封型	ma	IEC 60079-18	Ga / Ma
具有两个独立Gb级防爆型式	如, <b>d+e</b>	IEC 60079-26	Ga / Ma
隔爆型	d	IEC 60079-1	Gb / Mb
增安型	e	IEC 60079-7	Gb / Mb
本质安全型	ib	IEC 60079-11	Gb / Mb
正压型	px	IEC 60079-2	Gb / Mb
	py	IEC 60079-2	Gb
油浸型	o	IEC 60079-6	Gb / Mb
充砂型	q	IEC 60079-5	Gb / Mb
浇封型	mb	IEC 60079-18	Gb / Mb
无火花型	nA	IEC 60079-15	Gc
限制呼吸型	nR	IEC 60079-15	Gc
能量限制型/本质安全型	nL / ic	IEC 60079-15/11	Gc
火花设备	nC	IEC 60079-15	Gc
正压型	pz / nZ	IEC 60079-2/15	Gc

Rev. 16



# 设备防爆标志新方法

- 组成：Ex\_防爆型式\_设备组别（级别）\_温度组别\_设备保护等级，其它必要的信息（如，粉尘设备的IP等级）

- 标志举例

- Ex d [ia Ga] IIC Gb

- Ex ma III C T120 °C Da, IP54

- Ex e px IIB T125 °C (T4) Gb

- Ex iaD IIIB T120 °C Da, IP20

- Ex d II (NH3) Gb

- Ex pD III C T120 °C Db, IP65

- Ex d e IIB T3 Gb

- Ex tD III C T225 °C T500 320 °C Db, IP65

- Ex d IIB T5 Gb, Ex e IIB T4 Gb

- Ex maD III C T120 °C Da, Ex ma IIC T4 Ga

- Ex d+e IIB T4 Ga

注：Ex e II, Ex p II 等标志将不允许使用



# 基于EPL的设备选型新规则

◆ 依据爆炸危险场所的区域、类级别选择设备

危险场所	0区 (20区)		1区 (21区)		2区 (22区)	
I	Ma		Ma或Mb		-	
IIA	Ga	IIA、IIB或IIC	Ga或Gb	IIA、IIB或IIC	Ga、Gb或Gc	IIA、IIB或IIC
IIB		IIB或IIC		IIB或IIC		IIB或IIC
IIC		IIC		IIC		IIC
IIIA	Da	IIIA、IIIB或IIIC	Da或Db	IIIA、IIIB或IIIC	Da、Db或Dc	IIIA、IIIB或IIIC
IIIB		IIIB或IIIC		IIIB或IIIC		IIIB或IIIC
IIIC		IIIC		IIIC		IIIC

◆ 依据爆炸危险场所的物质的引燃温度选择设备

物质温度组别	T1	T2	T3	T4	T5	T6
允许的设备温度组别	T1~T6	T2~T6	T3~T6	T4~T6	T5~T6	T6



# 关注更多的工业防爆安全

- 炼油、化工企业
- 燃油/燃气充装站
- 制药业
- 气体管线和输配站
- 分析实验室
- 表面喷涂工业
- 印刷工业
- 电子器件制造业
- 地下煤矿工业
- 污水处理厂
- 医院手术室
- 制糖业
- 木材加工区
- 粮食处理和储存
- 金属表面研磨，特别是铝粉和粒子



## 更多点燃源防爆技术得到标准化

- 传统的电气防爆技术主要解决了由电气因素引起的电火花和炽热表面点燃源引起的防爆问题。
- 在实际工业应用领域，还可能存在着以下非电气因素引起的点燃源：
  1. 机械火花（撞击、磨擦）
  2. 热表面
  3. 火焰和热气体
  4. 静电（[Video](#)）
  5. 无线电电磁波辐射
  6. 光辐射
  7. 超声波
  8. 离子辐射
  9. 雷电
  10. 绝热压缩和冲击波
  11. 放热反应和粉尘自燃
- 欧洲已经制定了完善的非电气设备防爆标准系列，IEC已成立**SC31M**。
- IEC60079-0/28已对电磁波、光辐射和超声波能量控制作出了定量规定。



# 引入了“功能安全”的概念

- 功能安全定义：起安全作用的E/E/PES的可靠性
- 基础标准：IEC61508、IEC61511
- SIL（Safety Integrated Level）及目标值

安全完整性等级 (SIL)	每小时危险失效概率, P	
	低要求操作模式	高要求或连续操作模式
4	$10^{-5} \leq P < 10^{-4}$	$10^{-9} \leq P < 10^{-8}$
3	$10^{-4} \leq P < 10^{-3}$	$10^{-8} \leq P < 10^{-7}$
2	$10^{-3} \leq P < 10^{-2}$	$10^{-7} \leq P < 10^{-6}$
1	$10^{-2} \leq P < 10^{-1}$	$10^{-6} \leq P < 10^{-5}$

- 防爆对象：相关的安全装置、保护系统（如，本安关联设备、增安型电机温度检测系统、正压控制器、可燃气体探测器）
- IEC60079-29-3Ed.1.0 爆炸性环境 第29-3部分：气体探测器 固定式安装气体探测系统的功能安全要求。特殊型设备标准也将引入功能安全概念。
- 欧洲已经在制订防爆安全装置的功能安全要求标准。



# 重视产品说明书的作用

- IEC60079-0 (Ed.5) “通用要求”首次对产品说明书提出了明确的要求：
  - 给出安全使用说明
  - 列出依据的标准名称及其版本；
  - 给出设备使用环境条件、主要电气参数、最高表面温度和其它限值；
  - 对设备正确拆卸、装配、安装、调试、投运、使用、维护、检查和修理作出说明；
  - 必要时，应给出特殊使用条件、配备工具的重要特性的信息；
  - 必要时，应给出使用人员能力要求、设备维修渠道信息等；
  - 相关时，应给出使用电池的型号、规格、电气参数、供应商等信息等
- 应用限制 - IEC60079-14 (Ed.4)
  - 规定仅经部件认可的隔爆、增安、正压、n型外壳不得直接使用。
  - 为了减少寿命终止 (EOL) 效应可能带来的危险，限制带电子整流器的荧光灯使用于T5或T6爆炸性气体场所或环境温度超过60℃的场所。
  - 基于整体爆炸安全要求，对处于安全场所设备的辐射源、电火花/危险高温的影响作出了规定 - 满足限值要求、3.5m要求。



## 强调人员技能要求

- IEC60079-14 (Ed.4) 标准首次对电气装置建设相关的项目负责人员、实施（选型、安装）人员和设计（设计、选型）人员提出了强制性要求，这些要求包括：
  - ◆ 知识要求：防爆基础知识和其它通用知识
  - ◆ 能力要求：特定防爆型式和设备方面的技能
- 人员评定要求
  - ◆ 应按国家标准或规范定期评定；
  - ◆ 具备工作职责范围所必需的知识和技能；
  - ◆ 能胜任指定的工作。
- 国际IECEx体系将开展防爆专业人员能力认证。



# 中国标准化成果与国际差距

◆ 中国基本建立了防爆标准体系

◆ 但相对迟滞后于IEC最新标准

防爆型式	中国标准 (IEC版本)	最新IEC标准 (下一版本)
通用要求	GB3836.1 (1998E3)	IEC 60079-0:2004E4 (2008E5)
隔爆型	GB3836.2 (1990E4)	IEC 60079-1:2003E5 (2006E6)
增安型	GB3836.3 (1990E3)	IEC 60079-7:2006E4 (2011E5)
本质安全型 本安系统 FISCO/FNICO	GB3836.4 (1999E3) - -	IEC 60079-11:2006E5 (2009E6) IEC60079-25:2003E1 (2008E2) IEC60079-27:2005E1 (2008E2)
正压型	GB3836.5 (2001E4)	IEC 60079-2:2007E5 (2010E6)
油浸型	GB3836.6 (1995E2)	IEC 60079-6:2007E3 (2012E4)
充砂型	GB3836.7 (1997E2)	IEC 60079-5:1997E2 (2007E3)
n型	GB3836.8 (2001E2)	IEC 60079-15:2005E3 (2009E4)
浇封型	GB3836.9 (-)	IEC 60079-18:2004E2 (2008E3)
粉尘防爆	GB12476.1 (1999)	IEC 61241-1:2004 (2008)
场所分类	GB3836.14 (1995E3)	IEC 60079-10:2002E4 (2007E5)
电气安装	GB3836.15 (1996E2)	IEC 60079-14:2002E3 (2007E4)
检查和维护	GB3836.16 (2002E3)	IEC 60079-17:2007E4 (-)
设备检修	GB3836.13 (1993E1)	IEC 60079-19:2006E2 (-)

Rev. 16



## 结论与建议

- 中国现行防爆标准与相应的IEC标准基本等同或等效。
- 但中国标准化速度相对滞后IEC（最大约16年之久）。
- IEC正基于风险控制理论和整体爆炸安全的要求，完善标准体系：
  - 引入EPL概念
  - 将更多的点燃源纳入了爆炸风险控制的范围
  - 引入本安防爆优化设计与认证技术（FISCO/FNICO）
  - 更多关注设备的安全应用
  - 粉尘等标准与IEC60079系列标准的整合
  - 开始引入功能安全概念
  - .....
- 近两年内IEC新标准将陆续出台，相应的认证产品将陆续上市。
- 建议加强国际标准化跟踪、全面推进我国防爆标准化工作。



## TRAINING PACKAGE - FOUNDAMENTAL KNOWLEDGES OF EXPLOSION PROTECTION

谢 谢!

Many thanks for your attention!

更多信息欢迎访问:

[www.sitias.com.cn](http://www.sitias.com.cn) 或 [www.nepsi.org.cn](http://www.nepsi.org.cn)

 *Open Discussion*

Rev. 16