

防爆标准与防爆称重传感器、称重仪表标志的介绍

□宁波控泰电气有限公司 杨青锋

【摘要】随着称重计量技术的发展，称重系统已广泛应用于石油、煤炭、化工和制药等行业。这些行业中的危险化学品作业场所，存在易燃易爆气体种类繁多，生产、储存、运输等环节工艺装备复杂多变，释放源种类繁多，爆炸危险因素难以分析判定。本文介绍爆炸及爆炸性环境、防爆指令的应用和实施，进而解释防爆区域和防爆产品的标志，以便能够在各类防爆环境中正确选用称重传感器和称重仪表。

【关键词】爆炸；防爆；称重传感器；称重仪表

文献标识码：A 文章编号：1003-1870（2024）05-0037-07

1 爆炸及爆炸性环境的概念

爆炸是物质从一种状态经过物理或化学变化突然变成另一种状态，并放出巨大的能量。急剧速度释放的能量，将使周围的物体遭受到猛烈的冲击和破坏。

（1）爆炸必须具备的三个条件（俗称：爆炸三角形原理）

①爆炸性物质：能与氧气（空气）反应的物质，包括气体、液体和固体（气体：氢气、乙炔、甲烷等。液体：酒精、汽油。固体：粉尘、纤维粉尘等）。②助燃剂：氧气（空气）。③点燃源：包括明火、电气火花、机械火花、静电火花、高温、化学反应、光能等，如图1所示。

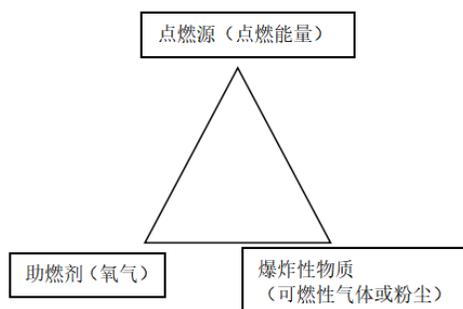


图1 爆炸三角形原理

（2）爆炸性环境的定义

爆炸性环境通常是指在大气条件下，危险物质以气体、蒸汽、薄雾或粉尘的形态与空气形成的混合物。当被点燃后，燃烧将传及整个未燃的混合物。

很多生产场所都会产生某些可燃性物质。煤矿井下，约有2/3的场所存在爆炸性物质。化学工业中，有80%以上的生产车间区域存在爆炸性物质，加上空气中的氧气是无处不在的。在生产过程中大量使用电气仪表，各种摩擦的电火花、机械磨损火花、静电火花、高温等不可避免，尤其当仪表、电气发生故障时。

2 防爆指令的应用和使用

中国防爆标准GB，基本等同或等效采用IEC标准。由于IEC（国际电工委员会是International Electrotechnical Commission, 简称IEC）标准和EN标准（欧洲标准，标准制定机构是CENELEC和CEN，简称EN）基本一致，故中国标准GB也与EN标准等同或等效。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，如表1所示。

表1 中国标准与其他标准对照

防爆型式	中国标准 GB 3836-…	IEC 标准 IEC 60079-…	欧洲标准 CENELEC EN 500-…	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,mc
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

ATEX 首先是“爆炸性环境 (ATmosph è re EXplosible)”的缩写。同时, ATEX 也是欧盟指令 2014/34/EC(又称: ATEX 95) 的简称, 该指令对防爆电气和机械设备、组件及防护系统的投放市场做出了规定。

适用范围: 用在潜在爆炸性环境中的设备和保护系统; 用在潜在爆炸性环境的外部, 但是被要求或为设备的安全功能负责和为承担爆炸风险负责的保护系统的安全设备、控制设备和调节设备。

基本要求: 本指令所覆盖的设备保护系统和装置, 在考虑到它们的用途的基础上必须满足指令 94/9/EC 的附录 II 所规定的对应的健康及安全要求。

在欧洲防爆指令 2014/34/EU 中, 首次提出针对本质安全和相对健康的一系列要求。一方面适用于在爆炸性环境中使用的非电气设备, 在潜在爆炸区域内因粉尘和保护系统导致爆炸的设施。另一方面, 也适用于不在潜在爆炸性环境下使用, 但是必须或要求安全操作的, 与爆炸风险相关的设备或保护系统。这意味着与现行的国家立法相比范围进一步扩大。

除了 ATEX 2014/34/EC (ATEX 95) 之外, 欧盟委员会还通过了一项补充指令 1999/92/EC(ATEX 137), 旨在改进可能受到爆炸性环境威胁人身的健康和安全生产。

ATEX 137 指令包括: 规定了改进人身健康和安全生产保护的最低要求; 对可能出现爆炸性环境的场所进行了划分; 用于可能出现爆炸性环境的区域的警告标志。

根据防爆指令的应用和使用要求, 安装在危险区域内的所有设备, 包括称重系统中的称重传感器、称重仪表、接线盒等, 必须通过防爆认证, 不符合现行指令的所有已安装设备强制进行更新。

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, ic); 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,mc); 9. 粉尘防爆 (tD, DIP A/B); 10. 其它 (如矿用帽灯、拌热电缆等) 解决的主要点燃源是由电气因素引起的电火花和热效应。

各地区的防爆认证机构有 (未完全列举, 只列举部分):

NEPSI: 中国国家级仪器仪表防爆安全监督检验站

CQST: 中国国家防爆电气产品质量监督检验中心

PCEC: 中国国家防爆产品质量监督检验中心 (天津)

CEE: 国际电气设备认可规则委员会

IEC: 国际电工技术委员会

CENELEC: 欧洲电工技术委员会

BASEEFA: 英国防爆检验机构

FM: 美国工厂联合会

UL: 美国保险商实验室

NEC: 美国国家电气规范

NEMA: 美国电气制造商协会

CSA: 加拿大防爆检验机构

PTB: 德国防爆检验机构

那么，不同认证的区别有哪些呢？以ATEX 和 IEC Ex 认证为例。

ATEX 认证在整个欧洲是强制性的，涉及从制造到设备安装和使用的所有阶段。而CE 标志是强制性标志，符合ATEX 指令的所有条款的产品必须贴附CE 标志。因此，防爆产品贴附了CE 标志是其符合ATEX 指令的基本要求及已实施指令规定的合格评定程序的特殊证明。

IEC Ex 认证是国际电工委员会防爆电气产品认证体系的简称，指专门用于石油、化工、煤矿、轻纺、粮食加工以及军工等工业部门中可能聚集爆炸性气体、蒸汽、粉尘或纤维等爆炸危险场所的电气设备的认证。虽然ATEX 是一项仅限于欧洲的强制性应用，但IEC Ex 是一项在多个国家/地区被接受的国际认证，旨在帮助建立对Ex 设备安全性的信心。它还促进了在爆炸性环境中使用的设备和服务的国际贸易。

IEC Ex 认证提供保证并且确保从设备和安装到认证产品的制造、操作和维护的所有内容均符合IEC

国际标准，并且适用于其目的。

虽然每个认证之间存在一些细微差别，但ATEX 和IEC Ex 非常相似。主要区别在于认可和接受认证的地理位置。ATEX 认证是欧洲版的防爆指令，而 IEC Ex 在国际上被多个国家所接受的防爆指令。

3 爆炸环境区域的定义和划分（如图2）

在中国和IEC, 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(含蒸汽、薄雾); III 类: 爆炸性粉尘和纤维。

中国和IEC 的区域定义: 根据爆炸性环境的频率和持续的时间把危险场所划分为不同的区域。气体场所划分为三个区域: 0 区, 1 区和2 区; 粉尘场所分为三个区域: 20 区, 21 区和22 区。

3.1 0 区、1 区和2 区: 气体、蒸汽和薄雾环境

0 区: 连续或长期或频繁出现易燃物质, 以气体、蒸汽或薄雾形态与空气混合的易爆环境。

1 区: 在正常运行时可能会出现或偶尔形成易燃物质, 以气体、蒸汽或薄雾形态与空气混合的易爆环境。

2 区: 在正常运行时不太可能出现或形成易燃物质, 以气体、蒸汽或薄雾形态与空气混合的易爆环境, 或即便出现也仅是短时存在的易爆环境。

3.2 20、21、22 区: 粉尘环境

20 区: 空气中连续或长期或频繁存在可燃粉尘的易爆环境。

21 区: 正常操作过程中空气中可能或偶尔会形成可燃粉尘的易爆环境。

常用数据 地区	连续存在, 危险性 大于1000小时/年	断续地存在, 危险性 10 ~ 1000小时/年	事故状态下存在, 危险性 0.1~10小时/年
IEC/CENELEC	0区(气体) 20区(粉尘)	1区(气体) 21区(粉尘)	2区(气体) 22区(粉尘)
北美(美国及加拿大)	1区(气体, 粉尘)		2区(气体, 粉尘)
中 国	0区(气体) 20区(粉尘)	1区(气体) 21区(粉尘)	2区(气体) 22区(粉尘)

图2 不同地区的爆炸区域定义

22区：正常操作工程中空气中不太可能出现或形成可燃性粉尘的易爆环境，或即便出现也仅是短时存在的易爆环境。

在北美(美国及加拿大)爆炸性物质分为三类(称为Class) Class I: 爆炸性气体； Class II: 爆炸性粉尘； Class III: 纤维。

北美(美国及加拿大)的区域定义：

1区(Division 1)：在正常情况下可能出现危险环境的场所。

2区(Division 2)：在正常情况下不可能出现危险环境的场所。

4 防爆专用标志和附加标志的介绍（以ATEX为例）

4.1 防爆专用标志（如图3所示）

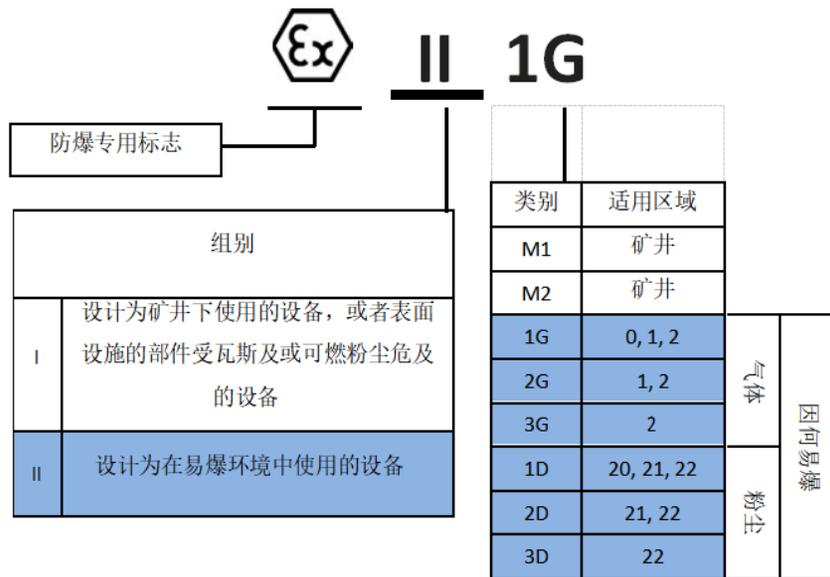


图3 防爆标志

(1) 适用于 I 组的分类

M1 和M2 仅适用于I 组，应用于煤矿井下环境。

①M1 类：基于安全原因，此分类中的设备必须保证在爆炸性环境中也能正常工作，或具有综合防爆的特征：即如果某种综合措施失效时，至少有一种备用的措施可以确保设备具有足够的安全级别。或者当两种故障完全独立出现时，能确保足够的安全级别。

②M2 类：潜在爆炸性环境下如果有任何爆炸的迹象，应该能够切断这些设备的电源。然而，M2 类设备在操作过程中可以预测到爆炸性环境的形成，而且可以随时切断设备的电源。因此，为提高安全级别，需要采取一些综合的保护措施，可以保证这些设备在日常操作中甚至是在更为危险的条件下，尤其是在使用密集和环境多变的条件下达到足够的

安全级别。

(2) 适用于 II 组的分类

①I 类：设备按生产厂商所设定的操作参数工作，在极有可能持续发生的、持续时间较长的、因空气和气体、蒸汽、薄雾或空气/粉尘的混合物导致的爆炸性环境中使用时，也能确保高级别的保护。此类设备具有采取防爆综合措施的特征，如：一种措施失效时，至少还有一种备用的、独立的措施，确保有足够的安全级别。或者当两种故障完全独立出现时，能确保足够的安全级别。此类设备的适用区域：

1G 适用于0 区、1 区和2 区（气体）

1D 适用于20 区、21 区和22 区（粉尘）

②2 类：设备按生产厂商所设定的操作参数工作，在有可能形成的因空气和气体、蒸汽、薄雾或

空气/粉尘的混合物导致的爆炸性环境中使用时，也能确保高级别的保护。此类设备的爆炸保护措施能确保足够的安全级别，以防设备失灵或者确保设备在危险条件下也能正常工作。此类设备的适用区域：

2G 适用于1区和2区（气体）

2D 适用于21区和22区（粉尘）

③3类：设备按生产厂商所设定的操作参数工作，在不太可能形成的因空气和气体、蒸汽、薄雾或空气/粉尘的混合物导致的爆炸性环境中使用时，能确保正常级别的保护，而且综合各种可能性。这种环境的形成也是稀有的，存在时间很短。此类设备的设计须确保在正常工作的情况下有一个足够的安全级别。此类设备的适用区域：

3G 适用于2区（气体）

3D 适用于22区（粉尘）

4.2 防爆附加标志

Ex ia IIC T1..T6

① ② ③ ④

①Ex——表示设备符合一个或多个标准

Ex——中国及国际电工委员会防爆标志。

②ia——表示防爆保护模式（如表2）

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。

表2 不同防爆保护模式的区别

防爆保护模式 (适用于电气设备)		EPL	典型区域	IEC/EN 标准	保护的基本概念	
气体爆炸环境的保护类型	o	油浸型	Gb	1, 2	60079-6	隔离可燃气体
	px py pz	正压型	Gb Gb Gc	1, 2 1, 2 2	60079-2	隔离可燃气体
	q	充砂型	Gb	1, 2	60079-5	控制爆炸, 灭火
	d	隔爆型	Gb	1, 2	60079-1	控制爆炸, 灭火
	e	增安型	Gb	1, 2	60079-7	无电弧, 火花, 热表面
	ia ib ic	本安型ia 本安型ib 本安型ic	Ga Gb Gc	0, 1, 2 1, 2 2	60079-11	限制电火花的能量和表面温度
	ma mb mc	浇封型	Ga Gb Gc	0, 1, 2 1, 2 2	60079-18	阻断可燃气体
	nA nC nL nR nZ	n型(无火花)	Gc	2	60079-15	nA(无电弧, 电火花和表面高温) nC(控制爆炸, 灭火) nL(限制电火花的能量和表面温度) nR,nZ(阻断可燃气体)
粉尘爆炸环境的保护类型	ta tb tc	外壳保护型	Da Db Dc	20, 21, 22 21, 22 22	60079-31	标准粉尘防护, 牢固结实的外壳
	ia ib ic	本安型ia 本安型ib 本安型ic	Da Db Dc	20, 21, 22 21, 22 22	60079-11	与 ta,tb,tc 相似, 但内部电路安全即可
	p	正压型	Db	21, 22	60079-2	外壳加压
	ma mb mc	浇封型	Da Db Dc	20, 21, 22 21, 22 22	60079-18	封装易燃部件

i: 本安型。限制了电火花的能量和表面温度。
 ia: 适用于0,1,2;20,21 和22 区。
 ib: 适用于1,2;21 和22 区。
 ic: 适用于2 和22 区。
 o: 油浸型。适用于1 区和2 区, 气体爆炸性环境, 隔离可燃性气体。
 p₋ (p_x,p_y,p_z)正压型。适用于1 区和2 区(气体) , p_y 仅适用于2 区, 隔离可燃性气体。
 q: 充砂型。适用于1 区和2 区(气体) , 控制爆炸及灭火。
 d: 隔爆型。适用于1 区和2 区(气体) , 控制爆炸和灭火。
 e: 增安型。适用于1 区和2 区(气体) , 无电弧、电火花和表面高温。
 m₋ (m_a,m_b,m_c) 浇封型。适用于气体爆炸性环境, 隔离可燃性气体, 适用于粉尘爆炸性环境, 封装有诱因的部件。
 ma: 适用于0, 1 和2 区(气体) ; 20, 21 和22 区(粉尘) 。
 mb: 适用于1 和2 区(气体) ; 21 和 22 区(粉尘) 。
 mc: 适用于2 区(气体) 和22 区(粉尘) 。
 n₋ (nA, nC, nL, nR, nZ) 型。所有的认证都是适用于2 区(气体) 。

nA: 无电弧、电火花和表面高温。
 nC: 控制爆炸和灭火。
 nL: 限制电火花的能量和表面温度。
 nR, nZ: 隔离可燃性气体。
 t₋ (t_a, t_b, t_c) 外壳保护型。标准粉尘防护, 牢固结实的外壳。
 ta: 适用于20 区, 21 区和22 区(粉尘) 。
 tb: 适用于21 区 和22 区。
 tc: 适用于22 区。

③ IIC 表示根据IEC/EN60079-0, 按照不同材料确定的爆炸类别

- I 组: 易产生瓦斯的煤矿, 属于甲烷类气体。
- II 组: 爆炸性气体环境。
- II A: 以丙烷为代表的气体环境。
- II B: 以乙烯为代表的气体环境。
- II C: 以氢气为代表的气体环境。
- III 组: 爆炸性粉尘环境。
- III A: 以可燃性飞屑为代表的粉尘环境。
- III B: 以不导电的粉尘为代表的粉尘环境。
- III C: 以导电的粉尘为代表的粉尘环境。

④ T1..T6 表示最大温度级别

对于气体, 温度被分为从T1 到T6 级别, 如表3。

表3 气体类不同温度组别的对应关系

温度组别	安全的物体表面温度	常见爆炸性气体
T1	≤ 450℃	氢气、丙烯腈等 46 种
T2	≤ 300℃	乙炔、乙烯等 47 种
T3	≤ 200℃	汽油、丁烯醛等 36 种
T4	≤ 135℃	乙醛、四氟乙烯等 6 种
T5	≤ 100℃	二硫化碳
T6	≤ 85℃	硝酸乙酯和亚硝酸乙酯

对于粉尘, 温度级别应做如下标示: 字母T 后跟表面最高温度, 如T85℃。

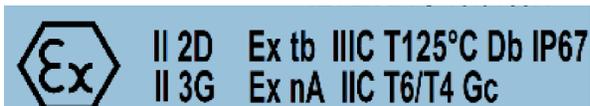
5 称重传感器及称重仪表的防爆标志说明

所有经过防爆认证的产品, 须有防爆标志, 告知用户证书的种类或所具有的证明。

5.1 称重传感器的防爆标牌

目前据笔者查阅国内外称重传感器的相关资料, 防爆型称重传感器可应用的场合有: 图3、表2、表3 中底纹加深部分, 以及表3 上方加下划线的部分。

以某公司标牌中的参数为例:



专用标志说明，如表4。

表4 防爆专用标志说明

标志内容	符号	含义
防爆声明		符合某种防爆标准
组别	II	设计为在易爆环境中使用的设备
气体、粉尘类别	2D 3G	2D 适用于21区和22区(粉尘) 3G 适用于2区(气体)

附加标志说明，如表5。

表5 防爆专用标志说明

标志内容	符号	含义
防爆声明	Ex	符合某种防爆标准
防爆方式	tb nA	tb: 标准粉尘防护, 牢固结实的外壳 nA: 气体表面无电弧, 电火花和表面高温
气体/粉尘类别	IIIC II C	被允许涉及IIIC类爆炸性导电粉尘 被允许涉及II C类爆炸性气体
温度组别	T125°C T6/T4	传感器表面导电粉尘温度不超过125°C 传感器表面爆炸气体温度不超过85°C/135°C
保护等级(补充项)	Db IP67 Gc	外壳保护, 外壳密封等级为IP67 限制电火花的能量和表面温度, 本质安全ic

5.2 称重仪表的防爆标志

Ex ia II C T6

防爆标志说明，如表6。

表6 防爆标志说明

标志内容	符号	含义
防爆声明	Ex	符合某种防爆标准，如我国的国家标准
防爆方式	ia	采用ia级本质安全防爆方法，可安装在0区
气体/粉尘类别	II C	被允许涉及II C类爆炸性气体
温度组别	T6	仪表表面温度不超过85°C

6 结语

随着称重计量技术的发展，称重系统已广泛应用于石油、煤炭、化工和制药等行业，这些行业中的危险化学品作业场所存在的易燃易爆气体种类繁多，生产、储存、运输等环节工艺装备复杂多变，释放源种类繁多，爆炸危险因素难以分析判定。在以人为本、安全生产意识的前提下，防爆称重系统在各行各业发挥着重要的作用，防爆称重系统中的称重传感器、称重仪表等元器件的选择，要根据爆炸环境选择符合要求所对应的防爆级别产品尤为重要。正确的选型，才能为保障人民生命财产安全保驾护航。

参考文献

- [1] ATEX- 欧洲防爆指令2014/34/EU [S]. 2014.
- [2] ATEX- 欧洲防爆指令1999/92/EC.
- [3] 国家标准GB 3836. 爆炸性环境.
- [4] 国外标准EN 60079. 爆炸性环境.

作者简介

杨青锋（1979—），男，陕西合阳人，高级工程师。现为中国衡器协会技术专家委员会委员；中国力学学会高级会员；《衡器》期刊编委。长期致力于称重测力传感技术和电子称重系统工程的研究和开发，曾在《中国计量》《计量技术》《衡器》《衡器工业通讯》等期刊发表论文40余篇。