

“防爆安全技术”讲座

第9讲 本安仪表的结构设计

徐建平

(上海仪器仪表自控系统检验测试所,上海 200233)

1 与本安有关的元件

1.1 元件额定值

任何与本安性能有关的元件,在正常工作和防爆等级相对应的规定的故障条件下(变压器、熔断器、热熔断器、继电器和开关等器件除外),不得在超过元件安装条件和温度范围规定的最大电流、电压和功率额定值的三分之二的情况下工作。

1.2 熔断器

熔断器应符合 IEC60127 标准或其他等效标准。用熔断器保护其他元件时,熔断器应能连续通过 $1.7 I_n$ 电流。熔断器的时间-电流特性应保证不超过元件瞬态值。当熔断器的时间-电流特性与制造厂提供的现有数据不适用时,型式试验应规定抽取 10 个样品进行试验。

在危险场所设置熔断器应当浇封,并且熔断器在浇封之前应是密封的。熔断器和熔断器夹持器的安装方式应不降低其所具有的电气间隙和爬电距离的要求。

对于用限流器件把预期电流限制到不大于熔断器额定分断能力时,其额定值须符合上述规定的要求,且其额定参数不小于以下数据:即电流额定值, $1.5 \times 1.7 I_n$; 电压额定值, U_m ; 功率额定值, $1.5 \times (1.7 I_n)^2 \times$ 限流器件的电阻值。

1.3 单体电池(原电池和蓄电池)和电池组

为了评定和试验,电池的电压应考虑其刚完成充放电瞬间所达到的最高开路电压。表 1 给出了部分电池的相关电压值。对于具有不同于表列电池的情况,可按 GB 3836.4-2000 标准规定的试验来测定最高开路电压。

对于电池短路或反向充电可能引起爆炸的电池,应确认其在实际使用中不会产生爆炸,并由制造厂出示它用于本安型电气设备或关联设备中是不会引起爆炸的证明。

表 1 电池电压

IEC 型式	电池型式	对火花危险评定的峰值开路电压/V	对元件表面温度评定的正常电压/V
K	镍-镉	1.500	1.30
	铅-酸(干式)	2.350	2.20
	铅-酸(湿式)	2.670	2.20
L	碱-锰	1.650	1.50
M	汞-锌	1.370	1.35
N	汞-二氧化锰-锌	1.600	1.40
	银-锌	1.630	1.55
S	锌-空气	1.550	1.40
A	锂-二氧化锰	3.700	3.00
C	锌-二氧化锰(锌-碳)	1.725	1.50
	镍-氢化物	1.600	1.30

1.4 半导体器件

在关联设备内,半导体器件应能承受由可靠串联电阻值除峰值交流电压值的电流。但在本安设备内,由设备及其电源产生的瞬态效应可以忽略。

半导体器件可以用作并联限压器,但它应能承受在其安装处处于短路时的电流的 1.5 倍电流,且不发生开路。齐纳二极管以外的半导体器件的正向额定电流应不低于 1.5 倍可能的短路电流;对于齐纳二极管,其额定值应为齐纳状态下耗功率的 1.5 倍;正向电流应为最大可能短路电流的 1.5 倍。

半导体用作串联限流器时,对于“ia”等级电路应使用三只串联阻塞二极管。对于“ib”等级电路允许使用其他半导体元件,但必须双重化。

1.5 压电晶体

设备内部含有压电晶体时,一般应采取适当的保护措施,以确保其在受到外部冲击时可能产生的能量不会点燃相应等级的爆炸性气体。但符合 GB 3836.4-2000 标准中规定的试验要求的情况例外。

2 仪表结构要求

2.1 可靠元件或组件

如果电源变压器、限流电阻、隔离电容、分流元件、安全栅等元件或组件的结构按下述规定要求进行设计,并满足相关的参数设计要求,那么这些元件或组件在使用或存放期间,可认为不会产生影响仪表防爆性能的故障,我们常把这类元件或组件叫做“可靠元件或组件”。在分析电路本安性能时应不再考虑它们的损坏或失效情况。这一点在进行电路故障分析时应特别注意。

2.1.1 电源变压器

变压器结构型式分为绕组分离型和重叠型两种。其中,绕组分离型变压器是将本安绕组与其他绕组分开布置,即可把绕组并排地绕在铁心的一个边上或将绕组绕在铁心的不同边上,如图1所示。

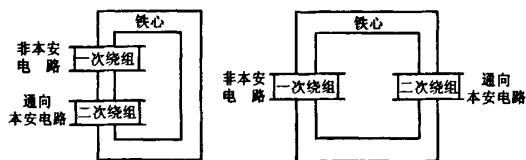


图1 绕组分离型结构

绕组重叠型变压器是将本安绕组与其他绕组内外重叠布置,即本安绕组与其他绕组间设加强绝缘,或本安绕组与其他绕组间用接地的铜箔或铜质导线绕组(保护绕组)隔离,如图2所示。

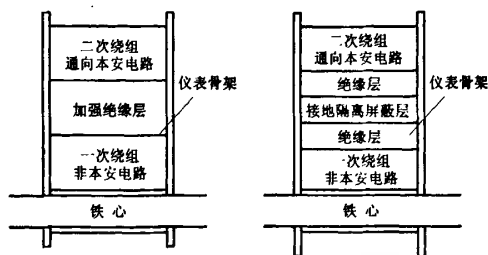


图2 绕组重叠型结构

变压器的接地应符合:铜箔屏蔽层必须设置两根机械上分开的接地导线;保护绕组至少由电气上分开的两层组成,且每一层都必须接地;铁心必须有一处接地。此外,变压器还应满足如下要求:

① 变压器本安供电绕组的出线端子与其他端子分两侧布置,它们的电气间隙和爬电距离应满足表2规定的要求。

② 变压器应做浸渍处理;变压器绕组温度应不超过在IEC60085中给出的绝缘等级允许值。绕组温度应按GB 3836.4-2000标准要求进行测定。

③ 直接向安全栅或本安电路供电的变压器输入绕组应用熔断器或断路器保护。

④ 电源变压器绕组须能承受输出绕组短路(包括所有输出绕组同时短路,或经限流电阻短路)电流的作用,在热保护器动作之前,不应产生超过绝缘等级的允许温度,且不损坏。

表2 电气间隙、爬电间隙和胶封剂及绝缘材料中的电气间隙

电压/V (峰值)	电气 间隙/mm	间距/mm		爬电距离/mm		相对泄痕指数/CTI	
		通过浇封化合物	通过固体绝缘	空气中	涂层下	ia	ib
10	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5		
30	2.0	0.7	0.5	2.0	0.7	100	100
60	3.0	1.0	0.5	3.0	1.0	100	100
90	4.0	1.3	0.7	4.0	1.3	100	100
190	5.0	1.7	0.8	8.0	2.6	175	175
375	6.0	2.0	1.0	10.0	3.3	175	175
550	7.0	2.4	1.2	15.0	5.0	275	175
750	8.0	2.7	1.4	18.0	6.0	275	175
1000	10.0	3.3	1.7	25.0	8.3	275	175
1300	14.0	4.6	2.3	36.0	12.0	275	175
1575	16.0	5.3	2.7	49.0	13.3	275	175
3300		9.0	4.5				
4700		12.0	6.0				
9500		20.0	10.0				
15600		33.0	16.5				

注:1) 除间隔距离以外,目前没有提出高于1575V电压的规定值;

2) 在电压低于10V时,绝缘材料的相对泄痕指数不需要规定。

⑤ 对于向本安电路供电的绕组与其他绕组间采取加强绝缘的变压器,当一对或几对输出端子(经限流电阻短路)短路后,输入绕组在额定电压作用下经6h发热试验,其绕组绝缘不应损坏,并按GB 3836.4-2000标准要求要求进行绝缘介电强度试验,不应击穿或闪烁。

⑥ 对于各绕组间用铜质接地屏蔽隔离的变压器,铜质屏蔽应能承受熔断器或热保护器动作之前流过的最大持续电流(对于熔断器为 $1.7 I_n$),且不应损坏。铜箔厚度或导线屏蔽应符合表3的规定值。

表3 铜箔厚度、最小导线直径与熔断器额定电流的关系

参数	规定值					
熔断器额定电流/A	0.10	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
屏蔽铜箔厚度/mm	0.05	0.05	0.075	0.15	0.25	0.30
屏蔽绕组最小导线直径/mm	0.20	0.45	0.630	0.90	1.12	1.40

对耦合变压器之类的其他变压器的绝缘试验电压应为 $2 U_m + 1000 V$ 有效值,但不低于 $1500 V$ 有效值。其他相关要求参照电源变压器执行。

2.1.2 阻尼绕组

为了减小电感影响,用短路环的阻尼绕组,如果它们有可靠的机械结构,应认为是不易发生开路故障的。例如,无缝金属管或用焊接方法连接的短路裸露线圈等阻尼绕组视为可靠元件。

2.1.3 限流电阻

限流电阻常用作电源或电容性电路的保护性元件,以限制放电电流。它是本安设计中常用的一种简单而又有效的方法。必须注意的是,作为可靠元件的限流电阻应选用金属膜电阻或无感线绕被覆层电阻。注意:碳膜电阻不宜采用,并要求电阻精度不低于 $\pm 5\%$ 。限流电阻使用功率在正常工作状态下和规定的故障情况下,应不大于其额定值的三分之二。限流电阻的装配应确保电阻两端不会短路。

2.1.4 隔离电容

两个具有高度可靠性的电容器串联可构成可靠组件,它可作为本安电路与本安电路或本安电路与非本安电路之间的耦合元件。可靠隔离元件的功能是传送本安信号,隔离两侧电路的直流危险电压。但在分析时应认为其中之一会发生短路或开路故障。这里电解电容和钽电容不宜采用。

用在两个独立本安电路之间或同一本安电路两部分之间的隔离电容器,并且电路之间的最高电压不大于 $90 V$ 时,每个电容器应能承受 $500 V$ 的耐压试验。此外,按照最新的IEC60079-11标准(第5版)规定,用于隔离本质安全与非本质安全电路的电容应满足:元

件应在额定值的三分之二的参数下工作;元件应能承受 $2 U + 1000 V$ (最低为 $1500 V$)及 $50 Hz$ 的耐压试验。

按式(1)计算出的隔离电容可能储存或传输到危险场所侧的能量应不超过表4规定的值。

$$E = \frac{1}{2} \times C \times U_m^2 \quad (1)$$

式中: C 为最大电容值(包括公差); U_m 为连接的非本安侧的最高电压。

表4 隔离电容储能限值

设备类别	I	IIA	IIB	IIC
能量限值/ μJ	1500	950	250	50

保证本安侧所有其它可靠元件的瞬态额定电流应满足的条件如式(2)所示:

$$I = \frac{U_m}{X_c} \quad X_c = \frac{1}{2 \times \delta \times f \times C} \quad (2)$$

式中: U_m 为连接的非本安侧的最高电压; X_c 为在最高额定频率下单个电容的阻抗值。

2.1.5 分流元件

分流元件主要用于保护电感电路。这种元件可以是二极管、齐纳二极管,使用必须双重化。且应选用动态电阻较小的元件,以获得较好的保护效果。应当注意:分流元件与被保护电路应连接可靠,当其处于危险场所时应浇封为一体。

2.1.6 保护性晶体管组件

双重化的保护性晶体管组件认为是可靠元件。但对于“ia”等级电路,应三重化。每个晶体管元件须经老化筛选,且在正常工作和故障状态下的电流、电压或功率应不大于其额定值的三分之二。

2.2 电气间隙和爬电距离

适当加大电气间隙和爬电距离是实现本安电路与其他电路完全隔开的重要手段之一。本安电路、地、非本安电路的裸露导体相互间以及在胶封中或在绝缘涂层下的电气间隙和爬电距离应保持不小于表2规定的数值。

容易发生移位的导体或元件,其电气间隙和爬电距离应适当加大。电气间隙和爬电距离小于表2数值且大于该值的三分之一时,认为可能发生故障;不大于表2中数值三分之一时,认为导体连接。因此,在进行可靠元件设计时也应该注意考虑适当的电气间隙爬电距离。

2.2.1 外壳防护

本安仪表及关联设备的零件和布线必须加以适当

保护,以防止非常情况下受到影响而直接或间接地引起危险。因此,除特殊电路允许不设外壳外,一般情况下,本安仪表及关联设备应至少具有 IP20 的防护外壳。

特殊环境用的外壳防护等级应与其使用环境相适应。例如,对于户外型本安仪表外壳应满足 IP54 等级要求。

2.2.2 其他设计要求

2.2.2.1 外壳材料

对于本安型仪表可采用金属或塑料外壳。

塑料外壳(关联设备除外)应具有较好的热稳定性,要求材料允许的工作温度高于设备外壳最高表面温度。一般情况下,为了保证塑料外壳正常工作时不积聚危险静电,应按照 GB 1410-1978《固定电工绝缘材料绝缘电阻、体积电阻系数和表面电阻系数试验方法》,对板状试件测定表面电阻,所测塑料表面的绝缘电阻值必须 $\leq 1 \times 10^9 \Omega$ 。但有时也可通过限制外壳最大表面积来达到防静电危险的目的。对于 I 类和 II A、II B 类仪表,表面积应不大于 100 cm^2 ;对于 II C 类仪表,表面积应不大于 20 cm^2 。塑料外壳须采用不燃性或难燃性材料制成。

轻金属外壳是采用轻金属材料制成的外壳,其含镁量应予以适当控制。对于 I 类仪表,轻金属外壳材料中含铝、钛和镁的总量(质量百分比),应不大于 15%,且钛和镁的总含量不大于 6%;对于 II 类仪表,镁的总含量要求不大于 6%。

2.2.2.2 本安仪表外部接线

本安电气设备及其关联设备,如果需要与外部电路连接时,则应通过接线装置连接。

一般情况下,本安电路接线端子可单独设在接线盒内。如果本安电路接线端子与非本安电路接线端子需要设在同一接线盒内,则它们之间至少应有 50 mm 的距离。

接线盒中本安电路接线端子与接地端子及与外壳之间的距离,对于 ia 等级须大于 6 mm,对于 ib 等级须不小于 3 mm,爬电距离须不小于表 2 中的规定值。接线端子的结构应具有防松、防转和防拨脱的措施,并能确保与连接件可靠连接。

2.2.2.3 插接件

本安电路可用单独的插接件进行连接,但插接件必须具有防止拨脱的措施。本安电路和非本安电路用同一插接件时,电气间隙和爬电距离须不小于表 2 的规定值,对于具有多个插接件的仪表插接件应有防止误插接和互换的结构,一般可采用特定结构或尺寸的插接件实现。

2.2.2.4 内部导线

仪表内部本安电路用导线与非本安电路的绝缘导线应分开布置。与非本安电路在同一外壳中的本安电路导线用蓝色或加蓝色套标记。

本安电路在同一外壳或接线盒中的本安电路应用蓝色端子板标记或在端子附近标注本安标记。导线绝缘应能承受至少为 500 V 的耐压试验。同一外壳中的非本安电路导线的绝缘应承受 $1 U + 1000 \text{ V}$ (U 为两电压之和),但不低于 1500 V 的耐压试验。

本安电路所用导线的截面积应根据实际流过的电流合理选用。本安电路所用连接导线的电流小于表 5 规定值时,可不对导线进行温度试验。

表 5 铜导线的温度组别

直径/mm	横截面/mm ²	温度组别的最大允许电流/A		
		T1 - T4	T5	T6
0.035	0.000 962	0.53	0.48	0.43
0.050	0.001 960	1.04	0.93	0.84
0.100	0.007 850	2.10	1.90	1.70
0.200	0.031 400	3.70	3.30	3.00
0.350	0.096 200	6.40	5.60	5.00
0.500	0.196 000	7.70	6.90	6.70

本安电路导线的布置应尽量减小分布电感值和分布电容值。当内部连接导线或电缆的长度对本安性能有影响时,应规定其分布电容,电感或电感与电阻的比值 L/R 。

2.2.2.5 电池(原电池、蓄电池和电池组)

在危险场所使用电池,为了安全需要而串联限流电阻时,需具有以下措施之一:电池与限流电阻胶封为一体;具有防止电池直接短路的措施,并置于 IP54 防护外壳中;电池具有防止限流电阻短路的措施,并置于隔爆外壳中。采用后两种措施时,还需加“危险场所不许开盖”字样的警告牌。电池串联限流电阻后的输出端子,经连续短路试验,不应出现超过规定温度组别的温度,外壳不应明显变形或损坏。蓄电池的结构须能防止电解液溢出。对配有充电插口的电池但应设置至少两个串联阻断二极管以防短路。

2.2.2.6 浇封

浇封是防止元件短路、加强电气绝缘、避免电路火花、防止爆炸性气体侵入的有效安全措施,常用于以下情况:

- ① 当某一元件或电路参数值过大而达不到本安性能时,可接入保护性元件并用环氧树脂或硅胶等胶粘剂浇注为一体组成本安组件(如胶封电池组、电容

器组件、电感组件等)。

② 当本安电路与非本安电路裸露导体之间电气间隙和爬电距离过小,不能满足要求时,可用树脂浇封其电气间隙,可减小到规定值的三分之一(如印制板、出线脚等)。

③ 用于加固电路,防止人为更换元件,保证电路工作的可靠性(如胶封熔断器保护式二极管安全栅)

④ 可用于降低元件或导线的表面温度。裸露导体用绝缘材料胶封后,其间距应不小于表2规定的数值。要注意胶封表面与被封装的元件、导体之间的胶封厚度,以保证具有足够的机械强度。

用于浇封的材料应具有足够的热稳定性。浇封电路的电气间隙和爬电距离应满足表2规定的数值。

2.2.2.7 印刷电路板

印刷电路板表面应有绝缘涂层,当涂层的涂覆不小于二次时,其爬电距离采用表2第6列数值。但是要注意的是在查表2中数据时,首先应要求印板的CTI满足标准要求。

2.2.2.8 继电器

继电器的线圈连接到本安电路时,正常工作时的触头容量应不超过它的制造厂规定值,并且开回路的电流、电压、容量分别不应超过5 A有效值、250 V有效值和100 VA。当超过规定值时,须用接地金属板或绝缘板隔离,以防止继电器触点动作引起的空气电离,影响本安性能。相应的电气间隙和爬电距离应满足表2

列出的数值。

2.2.2.9 小元件的发热

对于小元件(如晶体管、电阻、集成器件等),当其允许温度超过温度组别的温度时,在符合下列条件之一时应是允许的。

① 当按GB 3836.4-2000标准规定的方法试验时,小元件不应点燃可燃性混合物,并且由高温引起的任何变形或损坏均不应损害防爆型式。

② 对于T4温度组别,小元件应符合表5规定。

③ 对于T5温度组别,元件表面积(引线除外)小于 10 cm^2 的表面温度不应超过 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 。对于电位器所要考虑的表面应是电阻元件的表面,而不是整个电位器的外表面。

2.2.2.10 介电强度试验

本安电路和电气设备机架或可能接地的部件之间的绝缘应承受2倍本安电路电压或500 V交流有效值试验电压,取两者较大值。

本安电路和非本安电路之间的绝缘应能承受 $2U + 1000\text{ V}$ 交流有效值试验电压,但不小于 1500 V 。其中, U 为本安和非本安电路的电压有效值之和。

在各自独立本安电路之间击穿可能引起危险时,电路之间应能承受 $2U$,但不小于 500 V 交流有效值试验电压。其中, U 为所考虑的两电路的电压有效值之和。

进行本试验时,使用的方法应遵守GB 3836.4标准中规定的要求。

防爆安全技术基本术语

· 关联设备 associated apparatus

含有本安电路和非本安电路,且其构造使非本安电路不能对本安电路产生不利影响的电气设备,即通过设置在本安电路与非本安电路之间的限流、限压装置,起到防止非本安电路的危险能量窜入本安电路的保护作用。

· 最高输出电压 (U_0) maximum output voltage

在开路条件下,在设备连接装置施加电压达到最高电压(包括 U_m 和 U_i)时,可能出现的本质安全电路的最高输出电压(交流峰值或直流)。

· 最大输出电流 (I_0) maximum output current

来自电气设备连接装置的本质安全电路的最大电流(交流峰值或直流)。

· 最大输出功率 (P_0) maximum output power

能从电气设备获得的本质安全电路的最大功率。

· 最大外部电容 (C_0) maximum external capacitance

可以连接到电气设备连接装置上,且不会使本质安全性能失效的本质安全电路的最大电容。

· 最大外部电感 (L_0) maximum external inductance

可以连接到电气设备连接装置上,且不会使本质安全性能失效的本质安全电路的最大电感。

· 最大外部电感与电阻比 (L_0/R_0) maximum external inductance to resistance ratio

可以连接到电气设备连接装置上,且不会使本质安全性能失效的外电路的电感与电阻之比。

“防爆安全技术”讲座 第9讲本安仪表的结构设计

作者: [徐建平](#), [Xu Jianping](#)
作者单位: [上海仪器仪表自控系统检验测试所, 上海, 200233](#)
刊名: [自动化仪表](#) 
英文刊名: [PROCESS AUTOMATION INSTRUMENTATION](#)
年, 卷(期): 2008, 29(11)
被引用次数: 0次

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zdhyb200811019.aspx

授权使用: 华北销售区(wanliang), 授权号: 519f2764-8a88-4c6b-802e-9dc3013a7454

下载时间: 2010年7月30日