

# “防爆安全技术”讲座

## 第11讲 本安系统一般设计要求

徐建平

(上海仪器仪表自控系统检验测试所,上海 200233)

### 1 本安系统基本概念

#### 1.1 本安系统的基本构成

##### 1.1.1 本安系统的系统配置

本安系统是通过限制电气能量而实现电气防爆的电路系统,且不限使用场所(其中 ia 等级在 0 区、1 区和 2 区危险场所均适用)和爆炸性气体混合物的种类(即包括所有可燃性气体),具有高度的安全性、维护性和经济性。本安系统的基本配置如图 1 所示。

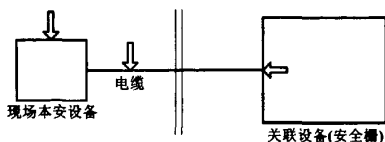


图1 本安系统的基本配置

① 现场本安设备:从现场设备的储能元件角度考虑,使处于气体爆炸危险环境中的现场设备按照本安防爆要求设计,对其中包含的电感和电容等储能元件回路采取相应措施,并使其尽可能减少的同时,考虑回路元件的功耗及温升问题,以保证该设备不论是正常工作还是事故状态,均不会产生由火花和热源引起的点燃。即现场设备必须是本安设备。本安性能主要参数是在故障状态下的最高输入电压  $U_i$ 、最大输入电流  $I_i$  和最大输入功率  $P_i$ 、本安设备最大内部等效电容  $C_i$  和等效电感  $L_i$ 。

② 连接电缆:由于连接电缆存在分布电容和分布电感,连接电缆成为储能元件。一旦当线路出现开路或短路时,信号传输过程中的储能就会以电火花或热效应的形式释放出来,影响系统的本安性能。因此,既要保证连接传输电缆不会受到外界电磁场干扰影响及与其他回路混触,又要限制布线长度和感应电动势所带来的附加非本安能量,依此来确定电缆的允许分布电容和允许分布电感。世界各防爆检验机构主要采取以集中参数的方式考虑电缆分布参数的方法。表征连接电缆本安性能的基本参数是电缆最大允许分布电容

$C_c$  和电感  $L_c$ 。其关系如下:

$$C_c = C_k L, L_c = L_k L$$

式中:  $C_k$  和  $L_k$  分别为电缆单位长度分布电容和电感;  $L$  为实际配线长度。

③ 关联设备(安全栅):从控制室设备配置角度考虑,该部分电气回路必须具备无论系统处于正常工作状态还是事故状态,均能够将从安全场所的非本安回路传到危险场所的本安设备的能量抑制在点火极限(最小点燃能量)以下的保护功能。前述介绍的安全栅便属于该类装置。

表征关联设备本安性能的基本参数有:关联设备在故障状态下的最高输出电压  $U_o$ 、最大输出电流  $I_o$ 、最大输出功率  $P_o$ 、允许的最大外部电容  $C_o$ 、允许的最大外部电感  $L_o$ 。

##### 1.1.2 本安系统组合条件

为保证设备的安全正常使用,本安系统各配置间必须满足以下条件:现场本安设备的防爆标志级别不能高于安全栅的防爆标志级别;关联设备与现场本安设备之间须同时满足  $U_o \leq U_i, I_o \leq I_i, P_o \leq P_i$ ; 连接电缆长度的分布参数须同时满足  $C_c \leq C_o - C_i$  和  $L_c \leq L_o - L_i$ 。

##### 1.2 本安系统评定方法

本安系统的检定认可涉及到现场本安设备、关联设备及其布线。目前,国际上对本安防爆系统的认可没有严格的规定,但是归纳起来主要有两种认可方式,即系统认可和参量认可。

##### 1.2.1 本安系统系统认可

系统认可是一种国家防爆检验机构将特定的现场仪表认定与特定的安全栅配套,同时将电缆的分布电容和分布电感以集中参数的方式给出的认证方式。这种认可工作往往基于对电路分析验证或必要的火花点燃试验,对由特定本安设备与关联设备组合而成的系统进行合理性和安全性确认,并由检验机构出具防爆合格证或其他形式等相关书面文件。图2为系统认可

框图该方式组合配套关系明确,系统检定合格,用户选用简单,整体防爆性能容易保证,但组合灵活性差。

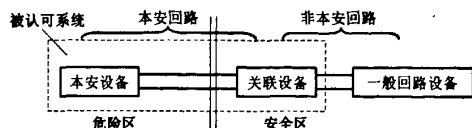


图2 本安系统系统认可框图

### 1.2.2 本安系统参量认可

参量认可是一种对要认可的本安设备和关联设备,分别规定其安全参数,然后对其单独评价安全性能,最后根据安全参数匹配的原则,将本安设备与关联设备相连接的方式。这种以设备本身安全额定值为基础的检定认可方式,目前在欧美较为流行,可能成为国际上通用认可方式,其认可关系如图3所示。

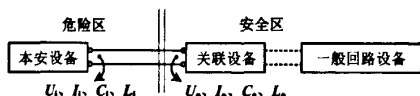


图3 本安系统参量认可框图

在参量认可方式中,将本安设备与关联设备先“视作”断开状态,在各自的端子规定其安全参数额定值。其中,对安装在危险场所的本安设备,给出下列安全参数:  $U_i, I_i, P_i, C_i$  和  $L_i$ ;对安装在安全场所的关联设备,给出下列安全参数:  $U_o, I_o, P_o, C_o$  和  $L_o$ 。

然后对本安设备和关联设备分别设想两个独立的故障进行。所谓安全参数额定值是仪表保持安全性能的最大额定值,以此定值为基础,来评价本安设备和关联设备的本安性能。当上述安全参数认可后,电缆分布参数可得下列公式:

$$C_e \leq C_o - C_i \quad L_e \leq L_o - L_i$$

在参量认可方式中,通常应对本安设备和关联设备分别进行认可,标上各自编号的合格标签。参量认可的最大优点是使用者可以自由选配实现本安系统的组合。使用者只要掌握各自的安全参数额定值,按照确保安全性能的选配条件,便可自行构成本安系统。

本安系统的认证无论采取上述何种方式,除考虑构成系统的三要素(本安现场仪表、连接电缆和关联设备)之外,还应结合其结构特征、是否接地、二次仪表的阻抗等综合考虑。目前,我国防爆检验机构主要采取的认可方式实质上为“系统认可”方式,即“联合取证”方式。在进行关联设备检定认可时,在认可文件中给出了最高输出电压  $U_o$ 、最大输出电流  $I_o$ 、最大允许外接电容  $C_o$  和最大允许外接电感  $L_o$  四个参数。而在进行本安设备检定认可时,在认可文件中又规定

了配套使用的关联设备的型号规格(可以是一个或多个)以及系统允许的电缆分布参数值,它是在考核确认各自安全性能的基础上,加以考虑相互间的系统匹配而确定的本安系统配备,确保系统的防爆安全性能。

该方式比较适合我国目前的国情,既限制了本安系统各组成部分的型号,又在一定范围内给出多种选择,但总的发展趋势是走“参量认可”道路。特别是GB 3836.4-2000标准的颁布,标志着我国已采纳“参量认可”方式。

## 2 常规本安系统设计要

根据上述介绍,本安系统由本安现场设备、关联设备(也称安全栅)和连接电缆三部分组成,就本安防爆性能而言,它们必须满足  $U_o \leq U_i, I_o \leq I_i, P_o \leq P_i, C_o \geq C_i + C_l$  和  $L_o \geq L_i + L_l$  这几个条件。

### 2.1 本安系统配置一般要求

#### 2.1.1 本安电气设备的选用原则

① 简单设备:按照GB 3836.4防爆标准规定,对于电压不超过1.5V、电流不超过0.1A,且其能量不超过20μJ或功率不超过25mW的电气设备可视为简单设备,其中最常见仪表设备有热电偶、热电阻、pH电极、应变片和开关等,它们的典型特点是仪表设备的内部等效电感  $L_i = 0$ ,内部等效电容  $C_i = 0$ 。

② 本安电气设备:安装于危险场所的现场设备,必须明确是否已按照GB 3836.1和GB 3836.4要求设计并已被国家防爆检验机构认可的本安电气设备;防爆标志规定的等级是否适用使用危险场所的安全要求;明确  $U_i, I_i, P_i, C_i$  和  $L_i$  参数;本安电路是否接地或接地部分的本安电路是否与安全接口部分的电路加以有效隔离;信号传输是以何种方式进行;本安电气设备的最低工作电压及回路正常工作电流。在上述问题明确的基础上,选择与之对应的安全栅。

#### 2.1.2 关联设备的选用原则

① 关联设备的防爆标志等级必须不低于本安现场设备的防爆标志的等级。

② 确定关联设备的端电阻及回路电阻可以满足本安现场设备的最低工作电压。

③ 关联设备的本安端安全参数能够满足  $U_o \leq U_i, I_o \leq I_i, P_o \leq P_i, C_o \geq C_i$  和  $L_o \geq L_i$  的要求。

④ 确定关联设备类型。如若本安电路不带现场接地或接地部分的本安电路并未与安全栅接口部分加以有效隔离,同时电路与仪表机壳间具有500V绝缘耐压,则可以优先采用成本较低的齐纳式安全栅。反之,若本安电路本身是接地的或可能会产生接地(如

一体化接壳式热电阻或热电偶温度变换器和电容式液位计)且电路内部未采取隔离措施,则应选用隔离型安全栅,以防构成本安系统的电路将可能存在的两个接地点而产生的地电位差所形成的地电流。

⑤ 根据本安现场仪表的电源极性 & 信号传输方式选择与之相匹配的关联设备。

⑥ 避免关联设备的漏电流影响本安现场设备的正常工作。

### 2.1.3 连接电缆的选用原则

用于本安系统中连接本安现场设备与安全栅的连接电缆,其分布参数在一定程度上决定了本安系统的合理性及使用范围。因此,必须符合以下条件。

① 连接电缆规格:连接电缆为铜芯绞线,且每根芯线的截面积不小于  $0.5\text{ mm}^2$ ; 介电强度应能承受 2 倍本安电路的额定电压,但不低于  $500\text{ V}$  的耐压试验。

② 连接电缆长度的限制:在本安系统中,现场本安仪表和连接电缆同为安全栅的负载,当安全栅与现场本安仪表选定后,也就决定了连接电缆的长度。其具体方法如下:根据  $C_c \leq C_0 - C_i$  和  $L_c \leq L_0 - L_i$  公式计算电缆的最大外部分布参数;按照  $L = C_c / C_k$  和  $L = L_c / L_k$  公式分别计算电缆长度,取两者中的较小值作为实际配线长度  $L$ ,但多芯电缆,应考虑相互叠加影响。

目前国内已有多家电缆生产厂生产专为本安系统设计的本安用特殊电缆,为方便比较选用,表 1 给出了典型普通连接电缆的分布参数,表 2 给出了典型国产本安用特殊电缆分布参数,以供参考。

表 1 典型普通电缆线的分布参数

名 称	规 格		分布参数		
	截面积 /mm <sup>2</sup>	绝缘厚度 /mm	$C_k$ /μF·km <sup>-1</sup>	$L_k$ /mH·km <sup>-1</sup>	$R$ /Ω·km <sup>-1</sup>
铜芯聚氯乙烯 绝缘及护套软 线(RVV)	1.0	0.6	0.195	0.617	19.5
	1.5	0.6	0.207	0.577	13.5
	1.5	0.8	0.201	0.583	8.0
铜芯聚氯乙烯 绝缘金属屏蔽 及护套线(RV- VP)	1.0	0.6	0.234	0.722	19.5
	1.5	0.6	0.248	0.655	13.5
	2.5	0.8	0.241	0.682	8.0

表 2 典型国产本安仪表用特殊电缆分布参数

聚乙烯绝缘 双芯对绞屏蔽铜线	截面积/mm <sup>2</sup>		
	1.0	1.5	2.5
20℃ 直流电阻 $R$ /(Ω·km <sup>-1</sup> )	18.5	12.40	7.45
分布电容 $C_k$ /(μF·km <sup>-1</sup> )	19.00	13.50	7.80
分布电感 $L_k$ /(mH·km <sup>-1</sup> )	<0.094	<0.104	<0.115
400 A·m <sup>-1</sup> 电磁干扰/(mV)	0.46	0.31	0.19
10 kV 静电干扰/(V)	0.48	0.34	0.20
	<200	<200	<200
	<1	<1	<1

## 2.2 本安系统的优化配置

实现本安系统的优化配置应将上述环节统筹考虑。从本安电路设计角度及实际使用情况分析,电缆的分布参数是影响本安系统应用的主要因素。为提高系统允许的电缆分布参数,可通过提高关联设备允许外接参数和降低本安设备内部等效参数的方法来实现。

对于提高关联设备允许外接参数,可以通过优化分析,合理选择关联设备,尽量选择具有较低最高输出电压和最大输出电流的关联设备来实现。

对于降低本安仪表内部等效参数,通常也可通过前述的抑制本安仪表电路中电容电感储能相同的方法来完成。但是在实践中,还有一种更有效地抑制本安仪表输入电容的方法,即在本安仪表输入端加上两个串联的正向二极管,并与整个本安电路浇封为一体。这种方法的应用,不仅使本安仪表具有反极性保护的功能而且由于双重化二极管的作用,可靠地阻断了本安仪表内部电容对外电路的放电回路,从根本上避免了仪表内部电容对外电路的影响,此时仪表的内部等效电容可近似地认为是零,即  $C_i = 0$ ,从而大大提高了本安系统的允许电缆分布电容。此时,  $C_c = C_0$ 。

## 2.3 本安系统现场布线原则

① 整个系统的接线必须按检验机构认可的系统组成,且按认可的接线图接线。

② 慎防本安回路与非本安回路混触。

③ 从控制室到现场的本安电缆与非本安电缆分别敷设在各自的汇线槽内,中间用隔板分开,汇线槽带盖,以防外部机械操作损伤。

④ 从现场接线盒或汇线槽引到本安仪表的电缆敷设在钢管内。以防机械损伤及电磁感应引起的危险。

⑤ 本安电缆和非本安电缆不共用同一根金属线管和同一个现场接线盒。

⑥ 连接电缆及其钢管、端子板应有蓝色标志(或缠上蓝色胶带)以便识别。

⑦ 齐纳式安全栅的接地汇流条及接地装置须满足安全栅的使用说明及国家有关电气安全规程的要求。

⑧ 多个本安电路或关联电路不应共用同一电缆(电缆线芯分别屏蔽者除外)或共处同一钢管内(用屏蔽导线除外)。

## 3 线性与非线性本安电路的组合

通常希望构成本质安全系统的电气设备中只有一台有源电源设备,即本安系统回路中只有一台设备(如,关联设备)给本安回路供电。

依据本质安全理论和本安防爆标准的规定,如果

这样的组合电路或设备的有关电源具有线性输出特性,则技术人员可通过故障分析,并在考虑必要的安全系数的基础上利用前述的最小点燃曲线及其应用规则即可完成这样的验证。

具体地说,首先应求出关联设备组合后可能产生的新电压和电流最大值。如果关联设备串联,则新的最高电压值为各关联设备最高输出电压之和;最大电流为各关联设备最大输出电流之最大值;并联时,最大电流为各关联设备最大输出电流之和;最高电压取各关联设备最高输出电压之最大值。如果关联设备之间的连接不明显,则在特定的故障条件下它们可能是串联的,也可能是并联的。此时应分别考虑电压叠加和电流叠加,取最不利的极值作为评估本安性能的基础。

在确定了新的电压和电流最大值后,就可应用最小点燃曲线,核查组合电路或设备的本安性能,并确定新的最大外部电感和电容。至此,就可进一步对构成系统的本安设备的安全参数和允许的系统电缆分布参数等进行验证。

但是,实际电路往往普遍存在非线性特性。对于这类电路,前述的分析程序和最小点燃曲线就不再适用,必须使用不同的程序。

事实上,检验机构可以借助于标准火花试验装置进行必要的试验予以验证,并确定其新的安全参数。德国 PTB 于上世纪 90 年代就对线性与非线性组合电路的本安性能展开了大量试验研究,并基于图解法形成了适合于 1 区场所、具有 IIB 和 IIC 级的非线性组合电路评定程序及其相关的最小点燃曲线。

其核心是通过对线性与非线性电路输出特性的合成,利用研究得出的非线性电路的最小点燃曲线来进一步评定组合电路本安性能的图解方法。

### 3.1 非线性电路基本特征

图 4 所示是分别具有线性、梯形和矩形输出特性的电阻性电路的安全等效电路及其输出特性。

为了评估有源电路的本安性能,总是希望用电路参数表示出来。最简单的情况,电源可用 2 种等值电路参数来表示其特性:或用电压  $U_0$  和内阻  $R$  表示,或用  $U_0$  和短路电流  $I_0$  表示。其中,  $U_0$  通常由保护齐纳二极管确定,  $U_0$  和  $I_0$  应是标准所定义的正常工作和故障条件下可能出现的最大值。

对于图 4(a)所示的情况下,假设电源具有线性内阻,电路特性是线性的。遗憾的是在实际电路中只有极少的电路可用这种简单的方式精确地表示。例如,一个带外部限流电阻的电池,由于其内阻并非恒定的,且电源电压的变化为充电程度(充电电流、时间

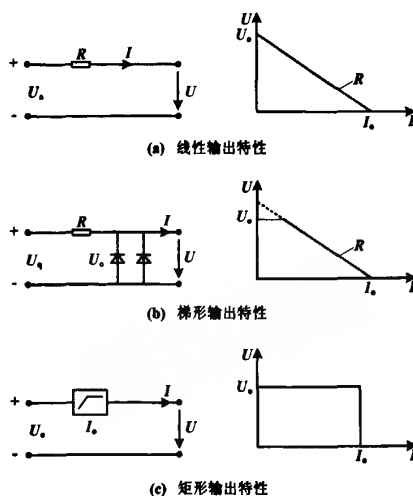


图 4 安全等效电路及其输出特性

等)的函数。为了研究这类实际电路的性能,在确保等效电路的点燃能力不低于实际电路的情况下,允许用比较简单的等效电路表示。基于这一原则,对于上述电源为电池时,可用图 4(a)所示的电路表示,其中  $U_0$  为电池最高开路电压,  $R$  为外部电阻,该等效电路具有线性输出特性。

通常,电路中使用了电子式限压或限流器件的电路具有非线性特性。图 4(b)和图 4(c)分别是呈现“梯形”和“矩形”输出特性的基本电路形式。图 4(b)所示的具有梯形输出特性的电源由一个电压源、内阻和附加在输出端的限压元件(如齐纳二极管)组成。图 4(c)所示的矩形特性电路具有受电子电流调节器限制的电流。

就本质安全防爆理论而言,电源输出端可能产生的电火花是点燃源,它相当于该电源电路的“负载”,负载可能获得的功率与点燃能量有直接的关系,因此决定“负载”上可能获得的最大功率相关的电路参数都应成为描述电路安全特性的参数。

根据电路理论,图 4(a)所示电源的最大输出有功功率为:

$$P_0 = \frac{1}{4} U_0 I_0$$

梯形特性电源(图 4(b))的最大输出有功功率为:

$$P_0 = \frac{1}{4} U_0 I_0 (U_0 > 0.5 U_q \text{ 时})$$

$$\text{或 } P_0 = \frac{U_q - U_0}{R} U_0 I_0 (U_0 \leq 0.5 U_q \text{ 时})$$

当  $U_q$  趋向无穷大时,图 4(b)所示梯形特性就变成图 4(c)所示矩形特性,即矩形特性电源的最大输出有功功率为:

$$P_{\max} = U_0 I_0$$



综上所述,为了全面地描述一个电源的电气特性,必须首先了解电路特性,在此基础上,对于线性和矩形特性还需用二个参量作进一步描述;对于梯形特性可用三个参量作进一步描述,如表 3 所示。

表 3 不同电路特性描述性参数

特 性	描述性参数
线性特性(图 4(a))	$U_0, I_0$ 或 $U_0, R$
梯形特性(图 4(b))	$U_q, U_0, R$ 或 $U_q, R, I_0$ 或 $U_q, U_0, I_0$
矩形特性(图 4(c))	$U_0, I_0$

### 3.2 电路描述性参数的获取

众所周知,所有具有有源本安电路的装置、设备都应基于 GB 3836.1 和 GB 3836.4 标准规定的要求由国家指定的防爆检验机构认证。按照最新的认证要求,每一台有源电源本安设备的认证证书或相关文件都会给出最高开路电压( $U_0$ )、最大输出电流( $I_0$ )和最大输出功率( $P_0$ ,即最大输出有功功率)。

显然,对于具有线性和矩形输出特性的电路来说,基于这些电气参数已足以推出反映电路特性的描述性参数。例如,对于线性电路输出的设备,防爆认证文件通常会给出: $U_0 = 12.5 \text{ V}$ ;  $I_0 = 0.1 \text{ A}$ ;  $P_0 = 313 \text{ mW}$ 。

这里,因功率  $P_0$  是开路电压与短路电流之积的 1/4,由此可推出,该电路具有线性特性,进而也可知道其输出特性波形为图 4(a)所示。

又如,对于矩形电路输出的设备,防爆认证文件中具有下列参数:

$$U_0 = 20.5 \text{ V}; I_0 = 35 \text{ mA}; P_0 = 718 \text{ mW}$$

这里,功率  $P_0$  是开路电压与短路电流之积,因此,电路具有矩形特性,其输出特性波形为图 4(c)所示。

但是,对于在梯形特性情况下,不难发现防爆认证文件给出的安全参数还不足以表述电路特性,还缺少必须的第 3 个数据  $U_q$  或  $R$ ,如表 3 所示。

如果进一步给出  $R$  作为辅助参数时,电路形式的不确定性就大大减小。为了有利于开展线性与非线性组合电路本安性能的评定,应该在以后防爆合格证书文件中定义  $R$  值,这样参数  $U_q$  可通过算式  $U_q = I_0 R$  导出。

以下是一个具有梯形输出特性的电路的认证参数:

$$U_0 = 13.7 \text{ V}; I_0 = 105 \text{ mA};$$

$$R = 438 \Omega; P_0 = 1010 \text{ mW}$$

根据这组参数,通过以下推算就可以画出其输出特性图及其安全等效电路封闭图,如图 5 所示。

$$U_q = I_0 R = 46 \text{ V}$$

$$P_0 = \frac{U_q - U_0}{R} U_0 = 1010 \text{ mW}$$

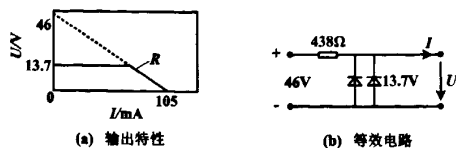


图 5 具有梯形特性电源的输出特性和等效电路

因此,今后为进行任何涉及非线性组合电路本安性能研究所必需的电气数据都可从防爆认证文件中得到。如果检验机构颁发的认证文件中没有给出这些数据,则可直接从设备制造厂商或从认证该产品的防爆检验机构获取这些数据。

在设计本安电路或由认证产品构成本安系统时,应设法减少互相连接或组合电路的数目。在特殊情况下,评估仅有一个有源电路的安全性不会遇到困难,但在实际中,这个目的永远不能达到。因为从运行观点看,这些电源不但必须视为馈电设备,且从安全的观点来看,这些电源还必须看作起着有源作用的测量传感器、绘图仪等的无源输入,因此,必须附上试验合格证中给出的最大值。所以,一个电路的运行特性实际上不同于其安全特性。一些情况下,有关电路的试验合格证中给出的开路电压和短路电流仅指瞬态条件下的值;另一方面,功率值则适用于稳态条件,必须考虑连接元器件发热的稳态条件。

### 3.3 多电源组合电路本安性能的评定

#### 3.3.1 合成输出特性的确定

在设计本安电路或由认证产品构成本安系统时,应设法减少互相连接或组合电路的数目。电路的组合一旦确定,首先应设法获取作为组合电路电源的全部输出特性参数,并进而弄清楚电路在正常运行情况下是否会导致电压叠加、电流叠加或同时具有电压和电流叠加。

如果组合电源为串联连接,且没有公共接地点(图 6(a)),则不论电压极性如何,电压叠加是可能的,其合成输出特性可方便地用图解叠加法得到,即在每一电流值  $I$  下,各电源的电压相加。图 6 中的虚线示出了在各种情况下的合成特性。图 6(b)所示的串联电路中,如果两个电压源的公共电极与负载相连,这时只有当两个电源的极性按图示方向安全接地时(如用可靠的安全栅),才可不考虑电流叠加。对正常运行和故障条件下(如本安设备的错误连接)的电源,其极性可能改变,必须同时考虑电压和电流的叠加(图 6(e))。

简单电容电路所示的并联电路中,对于双极电源,如果每种情况下接两根联线,则只有产生电流叠加的可能,而不会产生电压叠加,其合成特性由各电流值的

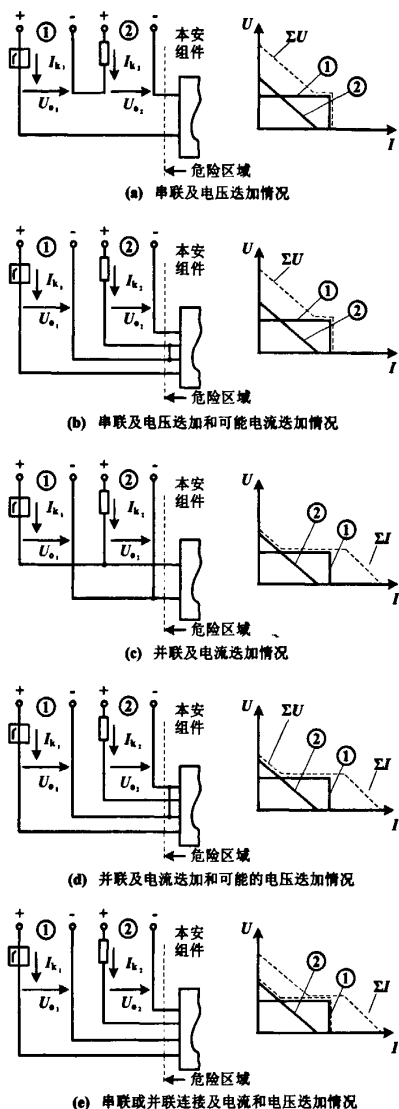


图6 组合电路的电流和电压

图解叠加获得。

如果每个电源只有一电极连接到其它电源(图6(d)),则只有当电源的极性安全地(如用安全栅)固定接地时,才能避免电压叠加,否则必须同时考虑电压和电流的叠加(图6(e))。

最后,如果几个电路同时加载于一个必须可以任意连接的电路(图6(e)),则根据故障情况,这些电路可以并联或串联,因此必须同时考虑电流和电压的叠加。但是,由于两种情况不可能同时出现,必须分两步分别绘制电流叠加合成特性和电压叠加合成特性。在所有有疑问的情况下,如图6(b)和6(d)所示电路及连接关系不明确或具有多于二根连接导体的电路,必

须按该程序进行,这样得到的结果所产生的误差总在安全范围内。

### 3.3.2 非线性电路点燃曲线

组合电路合成特性确定的目的是为了进一步分析其本质安全性能。IEC60079-25:2003《爆炸性气体环境用电气设备第25部分:本质安全系统》附录C中图C.8a)~e)和图C.9a)~e)给出了具有非线性输出特性的最小点燃曲线,适合于线性和非线性组合电路本安性能分析评定。这些曲线分别示出了电阻性电路允许的限值曲线和给定电感下感性组合电路允许的最大电流和电压限值曲线,以及用于确定最大允许外部电容的限值曲线。

需要说明的是,应用这些曲线进行组合电路本安性能的评定最为显著的优点是跟安全有关的所有的数据和边界条件可从一个曲线图中获得,且需考虑的1.5倍安全系数已包括在曲线图中。

### 3.3.3 安全性评定及最大允许电容和电感的确定

为了评估组合电路的本质安全性能,首先选择爆炸级别,然后选择组合电路所需要的总电感。如果电路中只有小电感(例如无集中电感,且只有很短的连接导线),则应选用最低的电感曲线(如,可选用IIC、0.15mH曲线,或IIB、0.15mH曲线),然后在相应的曲线图中绘出组合电路的合成输出特性图。这里需要说明的是,当组合电路同时存在电流和电压叠加的可能性时,应同时画出两种合成输出特性图。

接着可直接判断组合电路在限值曲线对应的电感和爆炸级别下是否具有本安性能。要求合成特性图上任何一点必须不得与极限曲线①相交。

由C<sub>0</sub>限值曲线可以找出合成电路的最大允许电容。最大允许电容为与合成特性图不相交的最大C<sub>0</sub>值。

如果需要较高的允许电容C<sub>0</sub>,则可先由较低电感值的曲线得到。这也包括输出特性与极限曲线①相交(但仍在极限曲线②之下)的情况。如果合成输出特性图也与极限曲线②相交,则应改变选用的限值曲线。如果输出特性图与II B级的全部曲线中的极限曲线②相交,那么该组合电源不满足II B级本安电路要求。

曲线的使用应考虑组合电路中电感和电容的相互影响。曲线中给出的最大允许外部电感和电容值是指总的合成值,即必须考虑作用在每一设备外部端子上的全部电感和电容,包括电缆分布电容和分布电感。在低电流、高电压的合成特性情况下,为了获得可能的最高外部电感和电容,可方便地选择与合成特性不相交、且具有最高电感的曲线图。