



中华人民共和国国家标准

GB/T 3836.××-201×

爆炸性环境 第××部分：电子控制火花 时限本质安全系统

Explosive atmospheres - Part ××: Intrinsically Safe Systems with
electronically controlled spark duration limitation

(IEC 60079-39:2015 Explosive atmospheres - Part 39: Intrinsically Safe
Systems with electronically controlled spark duration limitation, IDT)

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2017.9)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国国家标准化管理委员会 发布

目次

目次..... I

引 言..... II

前 言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 定义..... 1

4 power i 结构..... 2

5 power i 装置的要求..... 3

 5.1 概述..... 3

 5.2 power i 电源..... 3

 5.3 power i 现场装置..... 4

 5.4 power i 连接线..... 5

 5.5 power i 终端..... 6

 5.6 power i 回路检查用试验装置..... 6

 5.7 power i 应用级别..... 6

6 系统要求..... 7

7 评价和试验..... 9

 7.1 确定有关安全参数的程序..... 9

 7.2 型式试验..... 10

 7.3 例行试验..... 10

8 power i 装置标志..... 10

9 说明书..... 11

附录 A（规范性附录）power i 安全参数评定..... 12

附件 B（资料性附录）power i 基本原理解释和具体情况..... 24

附录 C（资料性附录）power i 装置和系统实例..... 31

附录 D（资料性附录）power i 装置包括 power i 系统连接的 power i 连接线的内部连接示例..... 34

引 言

电子限制时限的本质安全系统能够对本质安全电路提供更多达到“ib”或“ic”级别的电源。除了限制电压和电流（类似于传统的本质安全电路），同时也限制火花时限，这样也限制了能够点燃的能量

的量。

IS 设备安装的基本要求适用于 power i 电路。

这种新技术使本质安全型“i”在工业应用领域的应用得以扩大。

但是该技术要求本质安全型“i”有新的更广泛的方法。

前言

GB 3836《爆炸性环境》分为若干部分：

- 第1部分：设备 通用要求；
- 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的的设备；
- 第3部分：由增安型“e”保护的的设备；
- 第4部分：由本质安全型“i”保护的的设备；
- 第5部分：由正压外壳“p”保护的的设备；
- 第6部分：由液浸型“o”保护的的设备；
- 第7部分：由充砂型“q”保护的的设备；
- 第8部分：由“n”型保护的的设备；
- 第9部分：由浇封型“m”保护的的设备；
- 第11部分：气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据；
- 第13部分：设备的修理、检修、修复和改造；
- 第14部分：场所分类 爆炸性气体环境；
- 第15部分：电气装置的设计、选型和安装；
- 第16部分：电气装置的检查与维护；；
- 第17部分：由正压房间“P”和人工通风“v”保护的的设备；
- 第18部分：本质安全电气系统；
- 第19部分：现场总线本质安全概念（FISCO）；
- 第20部分：设备保护级别（EPL）为Ga级的设备；
- 第21部分：设备生产质量体系的应用；
- 第22部分：光辐射设备和传输系统的保护措施；
- 第23部分：用于瓦斯和/或煤尘环境的Ⅰ类EPL Ma级设备；
- 第24部分：由特殊型“s”型保护的的设备；
- 第××部分：电子控制火花时限本质安全系统。
- 第××部分：可燃性工艺流体与电气系统间的工艺密封要求；
-

本部分为GB 3836系列的第××部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用IEC TS 60079-39:2015《爆炸性环境 第39部分：电子控制火花时限本质安全系统》。

本部分与IEC TS 60079-39:2015的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适用我国的技术条件，调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

 Y用GB 3836.1代替IEC 60079-0、用GB 3836.4代替IEC 60079-11、用GB 3836.15代替IEC 60079-14、用GB 3836.18代替IEC 60079-25；

 Y增加引用了GB 3836.19。

本部分做了下列编辑性修改：

——

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国防爆电气设备标准化技术委员会（SAC/TC9）归口。

GB/T 3836.××-201×

本部分起草单位：

本部分主要起草人：

爆炸性环境 第××部分：电子控制火花时限本质安全系统

1 范围

本部分规定了用电子控制火花时限维持本质安全水平的 power-i 设备和系统的结构、试验、安装和维护的要求。

本部分的要求适用于爆炸性环境使用的本质安全设备、以及与进入爆炸性环境的本质安全电路连接的关联设备及其之间的连接线和电缆。

本部分不适用于“ia”等级电路和软件控制的电路。

本部分适用于电压不大于 40 V d.c.及安全系数为 1.5 的 IIB、IIA、I 类和 III 类电气设备。也适用于安全系数为 1.0 的 IIC 类“ic”设备。对于安全系数为 1.5 的 IIC 类“ib”电气设备适用于电源电压不大于 32 V d.c.的设备。本防爆类型适用于电路本身不能点燃周围爆炸性环境的电气设备。

本部分适用于利用电子控制火花时限提供大功率电源同时维持安全水平的本质安全设备和系统。

本部分也适用于位于危险场所外部或由 GB 3836 系列标准列出的其他防爆型式保护的电气设备或电气设备部件，其中位于爆炸性环境的电路的本质安全取决于这类电气设备或电气设备部件的设计和结构。位于危险场所的电路要采用本规范进行评价。

本部分是对 GB 3836.1、GB 3836.4、GB3836.15、GB 3836.16、GB 3836.19 的补充和修改。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3836.1 爆炸性环境 第 1 部分：通用要求(GB 3836.1—2010, IEC 60079-0:2007, MOD)

GB 3836.4 爆炸性环境 第 4 部分：由本质安全型“i”保护的设备(GB 3836.4—2010, IEC 60079-11:2006, MOD)

GB/T 3836.15 爆炸性环境 第 15 部分：电气装置的设计、选型和安装(GB/T 3836.15—201×, IEC 60079-14:2007, MOD)

GB/T 3836.18 爆炸性环境 第 18 部分：本质安全电气系统(GB/T 3836.18—201×, IEC 60079-25:2010, MOD)

GB 3836.19 爆炸性环境 第 19 部分：现场总线本质安全概念(FISCO)(GB 3836.19—2010, IEC 60079-27:2003, IDT)

3 定义

GB 3836.1 和 GB 3836.4 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 power i

通过限制电压和电流，同时通过电子控制火花时限提供保护的本质安全原理。

注 1: power i 包括 power i 装置和 power i 连接线。

注 2: power i 包含的电路以 power i 模式运行时电压和电流值会超过 GB 3836.4 规定的值。

3.2 power i 装置 power i device

power i 电源、power i 现场装置和 power i 终端（如果适用）。

3.3 power i 终端 power i terminator

防止电压和电流波返回到 power i 连接线终端的装置。

注：power i 连接装置仅与通过 power i 连接线传输数据的情况有关。

3.4 power i 电源 power i source

为 power i 装置供电，在 power i 装置在故障情况下，能自动关断自身输出的电源。

注：有两种运行模式：power i 模式和关断模式。

3.5 power i 现场装置 power i field device

通过 power i 布线连接到一个 power i 电源上的装置。

注：power i 现场装置可另外连接到其他装置（例如：负载）上。

3.6 power i 模式 power i mode

power i 电源传输额定 power i 输出功率的运行模式。

注：在这种模式下，允许的电压和电流值会超过 GB 3836.4 的曲线和表格规定的值。

3.7 关断模式 shutdown mode

探测到火花之后 power i 的运行模式

3.8 火花脉冲 spark pulse

power i 系统中出现火花产生的信息。

注：注意闭合火花脉冲和断路火花脉冲之间的区别。

3.9 power i 响应时间 Power-i response time

3.9.1 电源响应时间 $t_{\text{响应-电源}}$

探测到火花脉冲和达到关断模式（仅与 power i 电源有关）之间的最大延迟时间。

3.9.2 干线响应时间 $t_{\text{响应-干线}}$

使用的干线电缆（仅与 power i 布线有关）的传播时间。

3.9.3 系统响应时间 $t_{\text{响应-系统}}$

power i 系统中出现火花与关断模式下将火花能量降至安全运行之间的时间。

3.10 评定系数 Assessment factor AF

power i 装置和 power i 连接线衰减或灵敏度单位。

注 1：评定系数在下列两种情况必须有区别：

--power i 现场装置、power i 终端和 power i 连接线的评定系数：这些情况的评定系数是火花脉冲衰减参数。

--power i 电源的评定系数：是确定探测火花脉冲灵敏度的参数。

注 2：评定系数宜用对数单位表示。

4 power i 结构

power i 系统中，应通过 power i 连接线连接唯一的有源 power i 电源，对一个或多个 power i 现场装置供电。最简单的 power i 结构包括一个有源 power i 电源、power i 连接线和一個 power i 现场装置（见图 1）。

允许利用冗余电源提供有效电源。

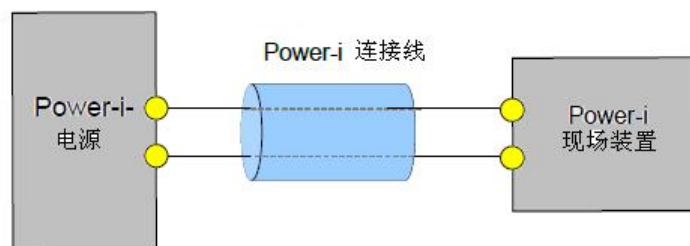


图 1 最简单的 power i 结构

一个 power i 系统可扩大到如图 2 所示的复杂系统。

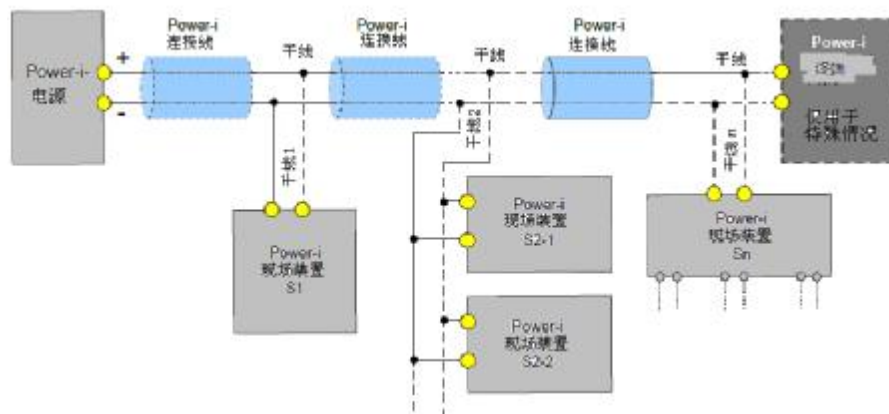


图 2 复杂 power i 系统结构示例

注：power i 现场装置 Sn 等同于 power i 现场装置 S1、S2-1 或 S2-2 与 power i 连接线连接，但是显示有其他输出/输入端子。这些端子符合 GB 3836 系列标准规定的适宜的防爆类型的要求。

5 power i 装置的要求

5.1 概述

- 在静态或瞬态条件下（例如软启动），power i 连接线或 power i 装置都不应使火花脉冲探测失效，因此 power i 要求对系统进行整体考虑；
- 所有 power i 装置和 power i 连接线都应按照附录 A 进行评定和试验；
- 所有 power i 装置都应按照 5.7 分级；
- power i 装置除了符合 GB 3836.1、GB 3836.4 和 GB 3836.18 的有关要求，可能也需要符合其他标准如 GB 3836.3、GB 3836.9 的有关要求；
- 采用这些要求时还应考虑温度影响和元件容差对 power i 装置的安全功能的设置和灵敏度的影响；
- 本部分要求进行所有试验时施加到设备上的故障，应是确定对 Power i 装置的安全功能（例如，计时和灵敏度）最不利的故障。

5.2 power i 电源

每个 power i 系统仅允许一个有源 power i 电源。power i 电源应放置在 power i 连接线（干线）的一端。

power i 电源应能探测到闭合火花（当电路短路造成电流变化 $+di/dt$ 时出现火花）和断路火花（当电路开路造成电流变化 $-di/dt$ 时出现火花），并且在出现火花脉冲时，应能快速关断电源输出。图 3 所示是 power i 电源的核心元件具有上游安全相关限压、限流装置。

在各种运行模式中，包括从传统的本质安全模式到 power i 模式的过渡阶段，如果超过 GB 3836.4 和 GB 3836.18 规定的本质安全参数，power i 电源必须确保电流变化 $\pm di/dt$ 探测不会失效。

注 1：在恒定电流模式下，电流变化 di/dt 可能被抑制，因此，在这种模式下探测不到火花。

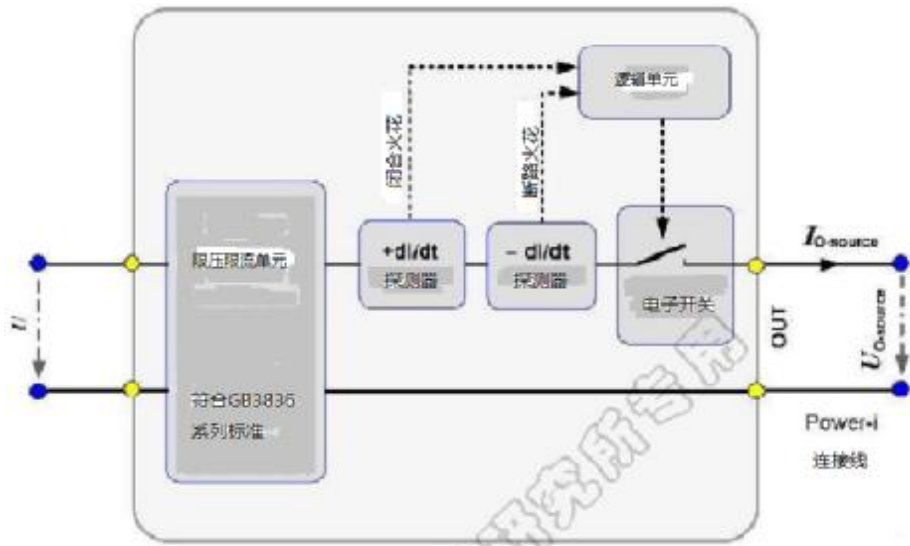


图 3 带限压限流装置的 power i 电源的元件

power i 电源应符合下列有关安全要求：

- a) 限压限流器限制的 power i 电源输出电流 $I_{O-电源}$ 和输出电压 $U_{O-电源}$ 应符合表 1 和表 2 的要求；
- b) power i 电源应能探测附录 A.3.2 规定的输出电流 I_O ($\pm di/dt$) 的动态变化。随着从 power i 模式转换到关断模式时电源应有反应；
- c) 关断模式下，输出电流 $I_{关断}$ 值可能不为 0，但不应超过 GB 3836.4 或者 GB 3836.18 规定的施加相应安全系数时允许电流的 50%；在这种情况下，下列等式适用：

$$I_{关断}=I_{O-电源} \leq 0.5 I_{O-IEC}$$

- d) 在火花干扰信息达到 power i 电源检测到火花信息 20 μs 内，power i 电源的输出电流应等于或小于 I_{O-IEC} 的 75%，即在过渡到关断模式的前 20 μs 内，允许 I_{O-IEC} 值 75% 的瞬态输出电流 $I_{关断-20 \mu s}$ （见图 A.5），即：

$$I_{关断-20 \mu s}=I_{O-电源} \leq 0.75 I_{O-IEC}$$

- e) 在关断模式期间，瞬态输出过冲电压 $U_{过冲-40 \mu s}$ 超过额定输出电压 $U_{O-电源}$ 的量，在最大 40 μs 间隔内，应不超过 6V。即：

$$U_{过冲-40 \mu s} \leq U_{O-电源} + 6V$$

- f) Power-i 电源应符合附录 A.3.2 试验程序的要求；
- g) 下列 Power-i 电源的元件（见图 3）是安全有关的元件，应符合 5.1 a) 和 d) 对相应防爆型式的要求：
 - 输出限压单元 $U_{O-输出}$ 和输出限流单元 $I_{O-输出}$ ；
 - +di/dt 探测器和 -di/dt 探测器；
 - 逻辑单元；
 - 电子开关。

- h) Power-i 电源的输出电路应与地隔离，隔离应符合 GB 3836.4 的要求。

5.3 power i 现场装置

power i 现场装置包括去耦装置和实际负载。power i 现场装置应将负载从 power i 连接线上去耦。

power i 现场装置的设计应确保按照本部分的要求探测火花脉冲。

power i 现场装置应符合下列有关安全要求：

- a) 它们应确保闭合火花和断路火花的减弱方式不应使 Power-i 电源的探测无效；
- b) 在 GB 3836.4 规定的正常条件或故障条件下，Power-i 现场装置应保持无源，即现场装置不应成为系统的能量源，泄漏电流不大于 $50\mu\text{A}$ 的情况除外。

不需要根据 GB 3836.4 考虑 Power-i 现场装置的 Li 、 Ci 值。A.3.3 规定的试验程序已有考虑。

- c) 应具有 GB 3836.1 标准规定的适用于相应爆炸性环境的防爆型式；
- d) 应具有按照附录 A.3.3 测定的有关安全参数；

注：由于与 Power-i 连接线并联连接，现场装置的 Power-i 响应时间可以忽略。

- e) 与评定系数 $\text{AF}_{\text{现场装置}}$ 有关的所有元件和瞬态脉冲试验（附录 A.3.3.4）的结果应符合 5.1 a) 的要求；
- f) power i 现场装置的输入电路应与地隔离，隔离应符合 GB 3836.4 的要求。

该 power i 现场装置示例符合上述要求，由一个去耦装置与任一负载组合而成，能够广泛应用于多种现场应用。的 power i 现场装置示例如图 4 所示。该 power i 现场装置的基本结构中显示的元件，是确保闭合火花和断路火花减弱方式不会使 Power-i 电源的探测失效。

图 4 中电感 L 、电容 C 、所有二极管和限压装置与安全有关，应符合 5.1 对有关防爆型式的要求。

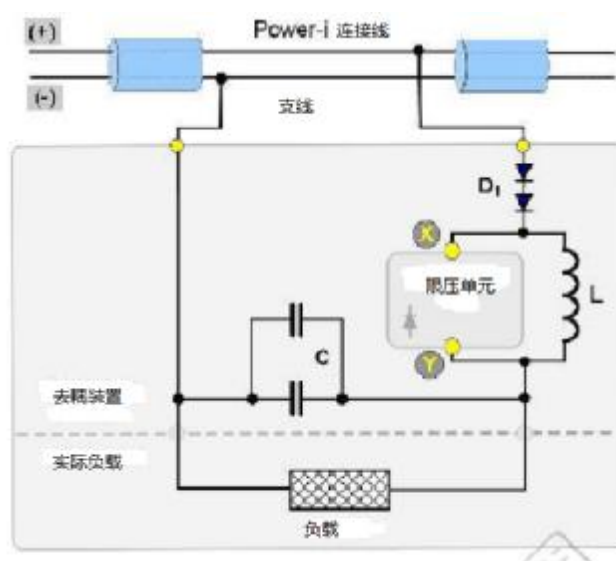


图 4 通用 power i 现场装置示例（基本结构）

限压单元从 Y 到 X 测量应把正电压 Y 点 (+)，X 点 (-) 限制到 $5\text{V} \pm 1\text{V}$ ，并且应符合 A.3.3.4 的要求。

图 4 的实际示例如 C.3 所示。

5.4 power i 连接线

power i 连接线应符合下列要求：

- a) 火花脉冲传输不应受到影响，而阻碍闭合火花脉冲或断路火花脉冲的探测；
- b) 所有 power-i 连接线（power i 干线电缆包括所有干线电缆）应符合 GB 3836.4、GB 3836.18 和 GB 3836.15 有关的要求；
- c) GB 3836.18 规定的 C 型多芯（多电路）电缆不适用于 power-i 连接线；

d) 系统响应时间 $t_{\text{响应-系统}}$ 完全取决于使用的 power-i 干线电缆的长度和传播延迟,应符合表 3 的要求;

注: 电缆参数和电缆长度与安全有关, 决定着 power-i 干线的最大相应时间 (见 A.3.4)。

e) 每根支线最大长度不超过 15m。整个 power-i 系统的所有支线的总长度不超过 50m;

f) 如果 power-i 干线电缆长度小于 40m, 则该电缆的响应时间值认为是 $0.5\mu\text{s}$ (见 A.3.4.2)。

对于这种情况, 每根支线的长度不超过 10m, 整个 power-i 系统中所有支线的总长度为 20m。

g) 本部分中电缆特征阻抗的计算基础是 $Z_w = 100$ 。power-i 连接线的电缆特征阻抗 Z_w 的允许范围是: $80 \leq Z_w \leq 120$; 电缆特征阻抗的规定值以 $100\text{ kHz} \pm 20\%$ 的测量频率为基础; g) 不适用于 f)。

h) 连接线应符合第 6 章和 A.3.4 的要求。

i) Power-i 连接线使用屏蔽不是安全所必需的。 如果使用屏蔽, 并且按照 GB 3836.18 的电缆介电强度要求与 power-i 电路隔离, 则屏蔽可以接地。

j) power-i 连接线应对地隔离, 隔离应符合 GB 3836.18 的电缆介电强度要求。

5.5 power-i 终端

如果采用 power-i 终端, 应符合下列要求:

a) 应具有按照 A.3.5 确定的有关安全参数;

b) Power-i 终端中防止电源从 power-i 终端反馈到的 power-i 连接线的元件, 以及对评定系数 $AF_{\text{终端}}$ (附录 A.3.5.3) 起决定作用的所有元件都是与安全有关的元件, 应符合 5.1 a) 的要求;

c) 应具有符合 GB 3836.1 相应的防爆型式;

d) Power-i 终端的输入电路应对地隔离, 隔离应符合 GB 3836.4 的要求。

注 1: Power-i 终端确保与连接的干线的交流特征阻抗相匹配, 这一点仅在数据传输时需要, 如在现场总线系统。

注 2: 由于与 Power-i 连接线并联连接, 终端的 Power-i 响应时间可以忽略。

power-i 终端的示例如图 C.5 所示。

5.6 power-i 回路检查用试验装置

符合 GB 3836.4 的本质安全试验装置, 如果符合下列条件, 可不经验证直接连接到 power-i 连接线上:

a) 有效电感不超过 $5\mu\text{H}$ ($L_i < 5\mu\text{H}$);

b) 有效输入电容 C_i 不超过 1 nF , 另外输入电阻不小于 10 kW ($R_s > 10\text{ kW}$);

c) 试验装置的的输入参数 U_i 和 I_i 应不小于 power-i 电路的电压和电流等级;

d) 试验装置不应成为系统的能量源, 泄漏电流不大于 $50\mu\text{A}$ 的情况除外。

或者, 如果所用的试验装置符合 power-i 现场装置的要求, 应纳入按照 6.2 对 power-i 系统进行验证的范围。

注: 这些要求不适用于生产商生产、试验、修理或大修时使用的试验装置。

5.7 power-i 应用级别

每个 power-i 装置应按照表 1 和表 2 中的应用级别分类。

表 1 power-i 电压级别定义

最大输出电压 $U_{0-电源}$	power-i 电压级别
24 V	24V
32 V	32V

40 V	40V
------	-----

表 2 power i 电流级别定义

最大输出电流 $I_{O-电源}$	power i 电流级别
0.5A	0A5
1A	1A0
1.5A	1A5
2A	2A0
2.5A	2A5

在 GB 3836.4 规定的故障条件下，也不能超过表 1 和表 2 规定的电压和电流值。

对于具有安全相关内部电流限制的 power i 现场装置和 power i 终端，可以认定为 power i 2A5 电流级别。

带有内部电流限制时，power i 电源不需要限制电流，防止 power i 现场装置或 power i 终端过载，因此，设置可以连接到 2A5 电流级别的 power i 电源上。

6 系统要求

6.1 选择 power i 电源允许的 power i 电流级别

符合 5.7 的 power i 最大允许的电流级别取决于选择的 power i 电压级别和 power i 系统响应时间 $t_{响应-系统}$ ，同时考虑特定应用的类别和安全系数。

表 3 显示 I 类、II 类和 III 类设备安全系数 SF 为 1.0 和 1.5 有关保护级别的允许组合。

表 3: power i 电源应用级别与三类系统的响应时间允许的组合 (n.a=不允许)

类别 + 安全 系数 SF	电压 级别	power i 电源允许的最大 power i 电流级别						
		系统响应时间 $t_{响应-系统}$						
		1 μ s	2 μ s	4 μ s	6 μ s	8 μ s	10 μ s	12 μ s
IIC “ic” SF 1.5	24V	2A0	1A5	1A0	1A0	0A5	0A5	n.a
	32V	2A0	1A5	1A0	0A5	0A5	n.a	n.a
IIB “ic” SF1.0	24V	2A5	2A5	2A0	1A5	1A0	0A5	0A5
	32V	2A5	2A0	1A5	1A0	0A5	0A5	n.a
	40V	2A5	1A5	1A0	1A0	0A5	n.a	n.a
IIB “ib” SF1.5	24V	2A5	2A5	2A0	1A5	1A0	1A0	0A5
	32V	2A5	2A5	1A5	1A0	1A0	0A5	0A5
	40V	2A5	2A0	1A5	1A0	0A5	0A5	0A5
IIB “ic” SF1.0 和 IIA、 I 和 III SF1.0 和 1.5	24V	2A5	2A5	2A0	1A5	1A0	1A0	0A5
	32V	2A5	2A5	2A0	1A5	1A0	1A0	0A5
	40V	2A5	2A0	1A5	1A0	1A0	0A5	0A5

注 1: 表 3 允许的电流级别是以产生火花时最大允许的电压增量 $1V/\mu s$ 为基础。

注 2: 例如: 选择的 power i 电压级别是 32V, 选择的系统响应时间是 $2\mu s$:

IIC SF1.5: power i 电源允许的最大电流级别是 1A5 (另外也允许 1A0 和 0A5);

IIB SF1.5: power i 电源允许的电流级别是 2A5(另外也允许 2A0、1A5、1A0 和 0A5)

注 3: IIA、I 类和 III 类的允许值与 IIB ic 允许的值相同。

--

表 3 的实际应用示例见附录 D。

附录 A 规定的评定程序已确定，适用于表 3 的参数和上述要求。不同 power i 装置的互连条件允许互换和即插即用。

注 4：超出表 1、表 2 或表 3 范围的参数需要特殊考虑，不属于本部分的范围。

6.2 power i 系统验证

所有 power i 装置和 power i 连接线的内部连接应符合下列要求：

注：对于 power i 装置，进行验证需要的信息在文件中说明，并在每个 power i 装置上标志。

- a) power i 现场装置和 power i 终端的 power i 电压级别应不低于 power i 电源的 power i 电压级别；
- b) 所有 power i 现场装置和 power i 终端的 power i 电流级别应与表 4 的 power i 电源的 power i 电流级别相匹配；

表 4 power i 现场装置或 power i 终端的 power i 电流级别
与 power i 电源的 power i 电流级别

power i 电源的 power i 电流级别	power i 现场装置和 power i 终端 允许的 power i 电流级别
0A5	0A5/1A0/1A5/2A0/2A5
1A0	1A0/1A5/2A0/2A5
1A5	1A5/2A0/2A5
2A0	2A0/2A5
2A5	2A5

- c) power i 系统响应时间应不超过表 3 中，考虑了具体应用的类别和安全系数给出的，power i 电源使用的 power i 电压级别和 power i 电流级别。

按照 A.3.4 确定 power i 系统响应时间 $t_{\text{响应-系统}}$ 。

下列等式适用：

$$t_{\text{响应-系统}} = t_{\text{响应-电源}} + t_{\text{响应-干线}}。$$

- d) power i 系统中所有 power i 现场装置、power i 连接线和 power i 终端的评定系数(AF)总和应不超过使用的 power i 电源的评定系数。评定系数按照 A.3 确定。

下列等式适用：

$$AF_{\text{电源}} \geq (AF_{\text{终端}} + AF_{\text{power i-干线}} + AF_{\text{现场装置-1}} + AF_{\text{现场装置-2}} + \dots)。$$

图 5 说明 power i 系统的评定过程。实际示例见附录 D。

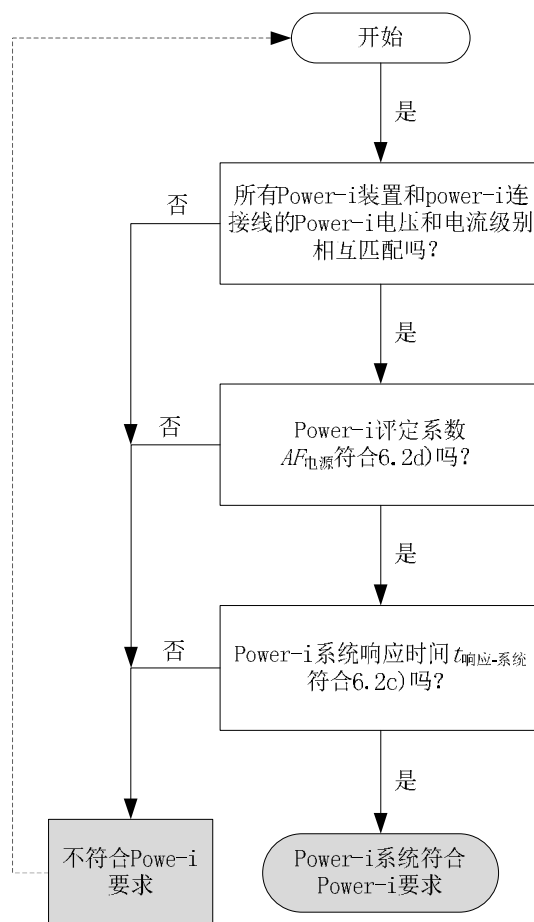


图 5 power i 系统的基本评定程序

7 评价和试验

7.1 确定有关安全参数的程序

应按照下列 power i 试验程序确定和验证 power i 装置和 power i 连接线的有关安全参数。具体信息见附录 A。

- 确定安全有关的最大电气值（电压 U 和电流 I），作为按照 5.7 对 power i 电压和电流分级的基础；
- 确定 power i 电源的响应时间 $t_{\text{响应-电源}}$ 和 power i 干线的响应时间 $t_{\text{响应-干线}}$ （见 A.3.4.2）。
- 用 A.3.2.3、A.3.3.3 和 A.3.3.5 规定的试验方法，确定 power i 电源、power i 现场装置，必要时，以及 power i 终端的 power i 特定的评定系数（AF）。

注 1：为了评定 power i 系统的安全性，所有 power i 装置包括系统内的 power i 连接线的评定系数 AF 都有关系。

- power i 现场装置和 power i 电源应符合附录 A.3.2.5 和 A.3.3.4 规定的瞬态脉冲试验的要求。

注 2：为确保本质安全瞬态性能（火花脉冲特性试验），需进行该试验。

- power i 电源应符合附录 A.3.2.4 规定的对评定系数的例行试验要求。

表 5 详细给出了每个 power i 装置和 power i 连接线的有关 power i 试验程序（a）至（e）。

表 5 power i 试验程序

power i 试验程序	power i 电源	power i 现场装置	power i 终端	power i 连接线
(a) 安全有关 电气参数	型式试验 A.3.2.1	型式试验 A.3.3.1	型式试验 A.3.5.1	有关 A.3.4.1
(b) 最大响应时间	型式试验 A.3.2.2	无关	无关	有关 A.3.3.4
(c) 评定系数 AF	型式试验 A.3.2.3	型式试验 A.3.3.3	型式试验 A.3.5.3	型式试验 A.3.4.3
(d) 瞬态脉冲试验	型式试验 A.3.2.5	型式试验 A.3.3.4	无关	无关
(e) 评定系数试验	例行试验 A.3.2.4	无关	无关	无关

注 3：附录 A 规定的试验方法以确定的试验脉冲应用为基础。因此 power i 装置包括 power i 连接线改变试验脉冲时要进行分析。这样能使不同生产商的不同 power i 装置能够互换和即插即用。

7.2 型式试验

型式试验应按表 5 的要求进行。

7.3 例行试验

每个 power i 电源应进行例行试验，以验证评定系数 AF_{电源} (见表 5)。

8 power i 装置标志

8.1 概述

除了本部分修改的地方之外，每台设备应按照 GB 3836.1 和 GB 3836.4 进行标志，此外“power i”之外应说明其功能，例如，“电源”、“现场装置”或“终端”。

如果设备有双重标志，能够用于 power i 系统，也能用于传统的本质安全系统，则应注意二者之间标志的区别。

对于 power i 电源，输出参数 U_0 、 I_0 、 C_0 、 L_0 、 P_0 、 L_0/R_0 需要标志。对于 Power i 现场装置和 Power i 终端，输入参数和内部参数 U_i 、 I_i 、 C_i 、 L_i 、 P_i 、 L_i/R_i 不需要标志，但应标志下列具体参数：power i 电压和电流等级、规定的 power i 评定系数 AF，如果适用，规定的 power i 响应时间 $t_{\text{响应}}$ 。

8.2 标志示例

下面给出一些标志示例。

a) 电源

Power i 电源
ABC 公司，地址， 型号 ACD-XX1
 $-5^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +50^{\circ}\text{C}$
合格证编号：
序列号：
[Ex ib Gb] IIC
IN: $U_m = 250\text{V}$
OUT: 32V1A0
 $T_{\text{响应}} = 1.2 \mu\text{s}$ AF = 12

b) 电源

Power i 电源
XYZ 公司，地址， 型号 BCD-YY1

$-10^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +50^{\circ}\text{C}$

合格证编号:

序列号:

Ex eb mb [ib] IIC T4 Gb

IN: $U_m = 250\text{V}$

OUT: 32V2A0

$T_{\text{响应}} = 0.7 \mu\text{s}$ $AF = 10$

c) 现场装置

Power i 现场装置

LMN 公司, 地址, 型号 ZZD-222A

合格证编号:

序列号:

Ex ib mb IIC T4 Gb

IN: 32V1A5

$AF = 3.1$

d) 现场装置

Power i 现场装置

WER 公司, 地址, 型号 1ZZS-33A

合格证编号:

序列号:

Ex ib IIB T4 Gb

IN: 40V1A5

$AF = 2.8$

9 说明书

GB 3836.4 文件要求的说明书, 还应包括装置的型号和 power i 参数:

----power i 电源: OUT、 $t_{\text{响应}}$ 和 AF;

---- power i 现场装置和 power i 终端: IN 和 AF。

对于 power i 电源, 输出参数 U_0 、 I_0 、 C_0 、 L_0 、 P_0 、 L_0/R_0 不需要提及。对于 Power i 现场装置和 Power i 终端, 输入参数和内部参数 U_i 、 I_i 、 C_i 、 L_i 、 P_i 、 L_i/R_i 不需要提及

附录 A
(规范性附录)
power i 安全参数评定

A.1 概述

power i 装置和 power i 连接线有关安全参数的确定和验证的依据是 7.1 和本附录规定的针对 power i 的试验程序。必需的评定程序如图 5 所示。

图 A.1 power i 系统基本评定程序

A.2 power i 特定试验设备

A.2.1 power i 通用试验设备

图 A.1 所示是 power i 通用试验设备的示意图，用于确定 power i 具体参数，确认 power i 具体特性。

power i 通用试验设备元件（图 A.1）

----脉冲发生器

可调单点脉冲发生器，产生两种不同类型的基准矩形脉冲，脉冲升降时间小于 $0.2 \mu s$ ；

a) 断路火花的基准矩形脉冲 $P_{-di/dt}$ ：

单点正向基准脉冲最大幅值 $U_{\text{脉冲-基准}} = +10 V \pm 5\%$ 。幅值绝对值能够调节到较小值，规定的基准脉冲持续时间 $t_{\text{脉冲-发生器}} = 20 \mu s \pm 5\%$ ；

b) 闭合火花的基准矩形脉冲 $P_{+di/dt}$ ：

类推为正向基准脉冲，形成的负向脉冲具有与 a) 同样的脉冲特性。

----转换开关 S1

用于在操作模式“响应时间”（位置 B）和“评定系数”（位置 A）之间转换：

开关 - 位置 A：评定系数 AF 模式；

开关 - 位置 B：响应时间模式。

注：转换开关 S1 位置模拟电缆平行通路的故障。在位置 A，试验设备衰减施加的脉冲，形成最低脉冲幅值。

----可变电阻 Rvariable

欧姆电阻调节阻值，得出 GB 3836.4 附录 A 得出的 U_o 和 I_o 比。

----耦合模块

用简单的等效电路，模拟具有确定特征的阻抗 Z_w ：

$$Z_w = \sqrt{\frac{L'}{C'}} = \sqrt{\frac{660 \mu H}{66 nF}} = 100 \Omega$$

----低通滤波器

简单的低通 RC 滤波器。

----开关 S2

用于转换脉冲幅值测量模式（S2 位置“OFF”）

----DC 分离器

用于把 power i 通用试验设备的脉冲电源 DC 断开；

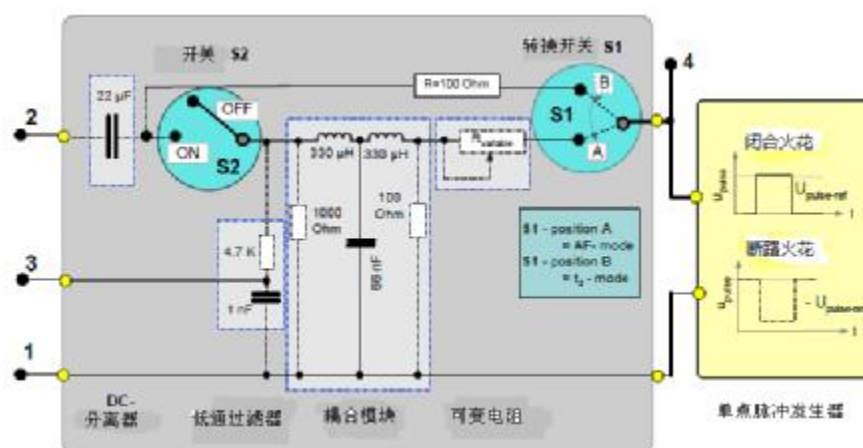


图 A.1 power i 通用试验设备的基本原理

图 A.2 显示图 A.1 在连接点 3 和 1 之间的低通量输出信号，转换开关 S1 在位置 A，开关 S2 在 ON 的位置，power i 装置连接在连接点 2 和 1 之间。

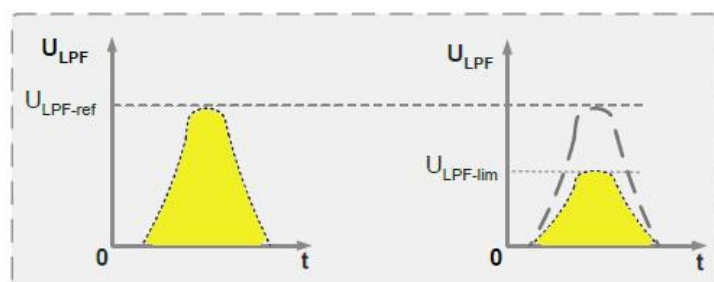


图 A.2 图 A.1 中端子 3 和 1 之间的脉冲输出

注：通过减小单点脉冲发生器的幅值，得到降低幅值的脉冲，用于确定 power i 装置的评定系数 AF（见图 A.6 和 A.10）。

A.2.2 power i 模拟负载

power i 模拟负载应确保规定的启动特性（软启动）实现电流缓慢增大。这样可使电源以 power i 模式运行。

模拟负载对通用试验设备（见图 A.1）的试验脉冲产生的损害应降至最小。

power i 模拟负载的原理如图 A.3 所示。包括一个软启动装置与回转器组合，满足前面提及的要求。示例如附录 C.4 所示。

power i 模拟负载的评定系数按照附录 A.3.3.3 测量。在这种情况下，图 A.10 所示的 power i 现场装置用 power i 模拟负载代替。为了使 power i 电源得到较高的评定系数，建议使用低评定系数的模拟负载。低评定系数的实际示例如图 C.4 所示。

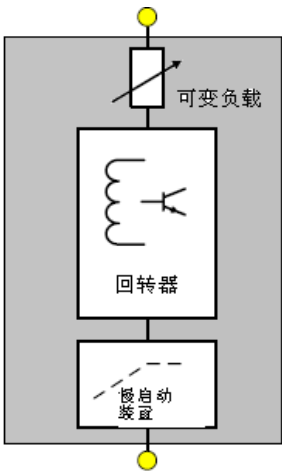


图 A.3 power i 模拟负载的基本原理

A.3 确定 power i 装置和 power i 连接线的有关安全参数

A.3.1 概述

本部分依据 7.1 规定的 power i 特定试验程序。
需要数字存储示波器测量响应时间和评定系数。使用的数字存储示波器的最小截止频率应不低于 50 MHz。

A.3.2 power i 电源的有关安全参数

A.3.2.1 确定 power i 电源的有关最大安全参数值

为了确定 power i 电源在 GB 3836.4 规定的 U_0 和 I_0 条件下 power i 电源的应用级别, power i 电源 U_0 -电源 和 I_0 -电源 输出值应不超过表 1 和表 2 中电压和电流级别规定的值。

A.3.2.2 确定 power i 电源的响应时间 $t_{\text{响应-电源}}$

用图 A.4 所示的试验设备确定 power i 电源的响应时间 $t_{\text{响应-电源}}$ 。用符合图 A.1 的 power i 通用试验设备（包括单点冲击脉冲发生器）产生的特定试验脉冲，导致符合 5.2 的关断模式，确定 $t_{\text{响应-电源}}$ 。转换开关 S1 应在位置 B 和开关 S2 在位置“OFF”，进行该试验(见图 A.1)。应采用可调节 power i 模拟负载（见 A.2.2）进行试验。该负载包括一个 power i 现场装置和可调节至最大输出功率的负载组合。

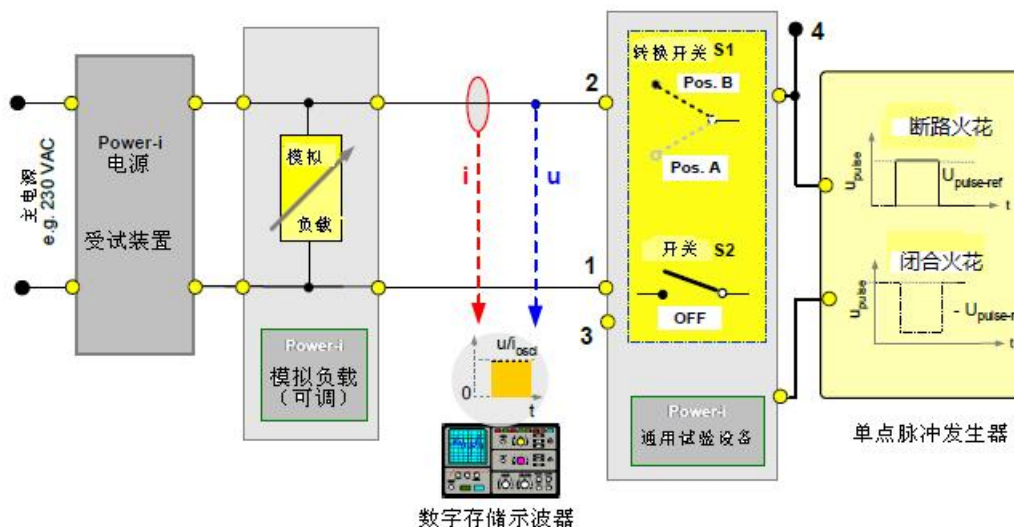


图 A.4 确定响应时间 $t_{\text{响应-电源}}$ 的设备基本原理

当满足 5.2 b)、d)、e) 规定的条件时，实现关断。

注：更多信息见 B.2。图 B.4 中， $I_{\text{关断}}$ 的值以电阻 $R_{\text{启动}}$ 值为基础。

图 A.5 所示是确定 power i 电源（24V、IIC、SF1.5）响应时间 $t_{\text{响应-电源}}$ 的示例。

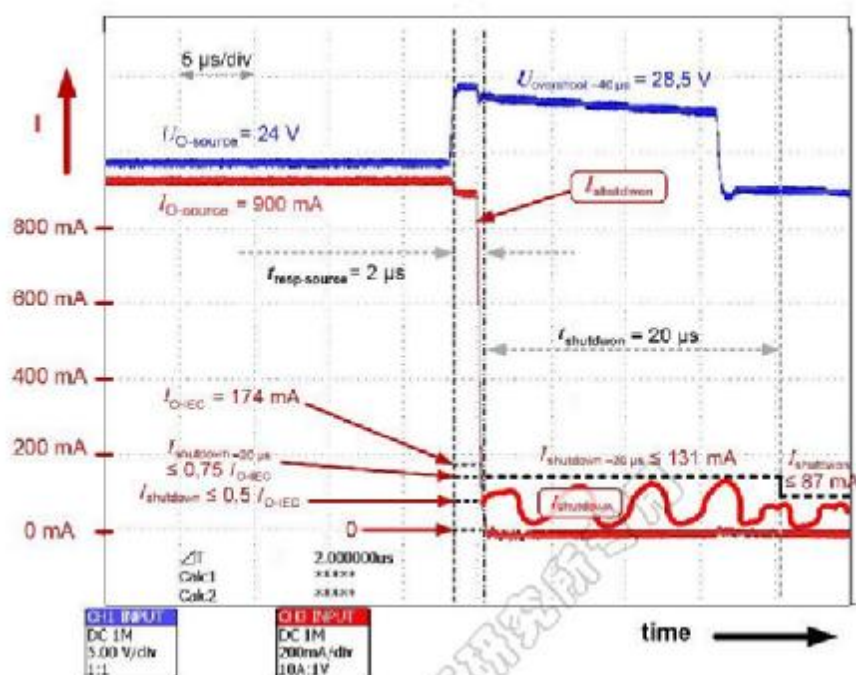


图 A.5 确定响应时间 $t_{\text{响应-电源}}$ 的示波图示例

A.3.2.3 确定 power i 电源评定系数 $AF_{\text{电源}}$

用图 A.6 所示的试验设备确定 power i 的评定系数 AF 。应在规定的负载条件下，用符合 A.6 要求的可调 power i 模拟负载（见 A.2.2）进行试验。应在 power i 通用试验设备（A.1）

转换开关 S1 处于位置 A 时进行试验。

注：仅能用 power i 特定启动或接通状态的负载作为不同负载条件。

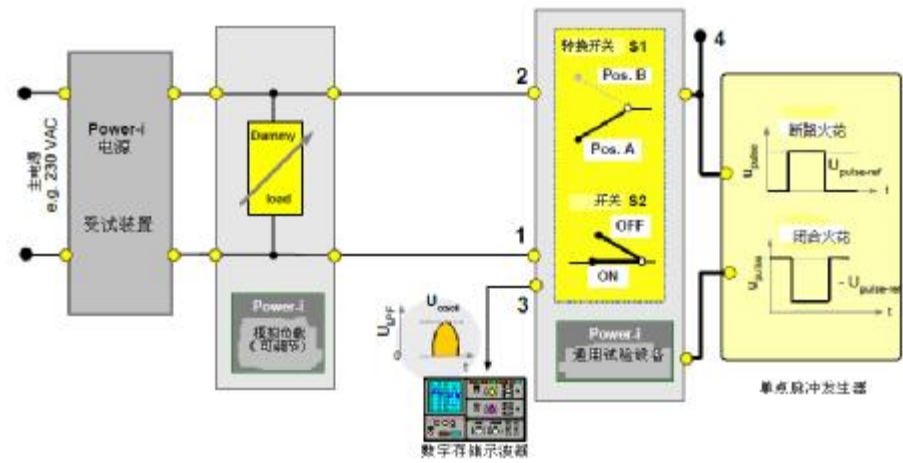


图 A.6 确定评定系数 AF 电源的试验设备（基本原理）

“power i 电源 AF 电源” 试验设备元件

--- power i 通用试验设备，S1 在开关位置 A（见图 A.1），包括单点脉冲发生器；

----可调 power i 模拟负载：

用于验证在规定的负载范围内安全关断；

具体规定如下：

1. 全部输出： $I_{O-电源-最大}$ ；
2. 全部输出的 3/4： $3/4$ 的 $I_{O-电源-最大}$ ；
3. 全部输出的 1/2： $1/2$ 的 $I_{O-电源-最大}$ ；
4. 全部输出的 1/4： $1/4$ 的 $I_{O-电源-最大}$ 。

确定 power i 电源评定系数的程序

- a) 按照图 A.6 所示的试验布局设置；
- b) 图 A.1 中的 R 可变应 GB3836.4 附录 A 进行调节，例如，已知电压 $U=24V$ ，调节至可允许电流 $I=174\text{ mA}$ ，使电阻 $R=138W$ ，应调节该值得出 R 可变。
- c) 调节 power i 模拟负载，得出 power i 电源（最大输出电流 $I_{O-电源}$ ）的最大输出功率；
- d) 把 power i 通用试验设备（见图 A.6）的单点脉冲发生器在端子 4 上的中断火花基准矩形脉冲调节为下列参数：

$$U_{\text{脉冲-基准}} = 10\text{ V} \pm 5\% , t_{\text{脉冲-基准}} = 20\mu\text{s} \pm 1\mu\text{s}$$

- e) 开关 S2 在位置 “OFF”：脉冲发生器释放一个单点脉冲，测量通用试验设备输出端子 3 在低通滤波器 $U_{LPF-基准}$ （见图 A.2）的基准脉冲的最大峰值水平，用于确定 power i 电源评定系数评价的基准值 $U_{LPF-基准}$ ；
- f) 开关 S2 在位置 “ON”上：逐渐减小矩形脉冲幅值（ $U_{\text{脉冲}} < 10\text{ V}$ ），至 power i 电源不在响应至关断；应用该脉冲核查关断特性；当 5.2 施加条件时，达到关断。
- g) 开关 S2 在位置 “OFF”上：用示波器确定图 A.6 低通滤波器输出过滤器输出端子 3

降低脉冲 $U_{LPF-限值}$ 的峰值水平；

h) 根据下列式子得出评定系数 $AF_{电源}$ (见图 A.2)

$$AF_{source} = 20 * \lg \left(\frac{U_{LPF-ref}}{U_{LPF-lim}} \right)$$

i) 对 $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ 和 $\frac{3}{4} I_{O-电源-最大}$ 的模拟负载, 重复进行试验步骤 d) 至 h);

j) 用符合图 A.1 和 A.6 的 power i 通用试验设备, 用闭合火花的基准矩形脉冲, 重复试验步骤 e) 至 i);

k) 所有试验确定的最低评定系数应作为额定评定系数 $AF_{电源}$ 。

A.3.2.4 power i 电源评定系数的例行试验

该试验仅与 7.3 规定的例行试验有关, 用图 A.7 所示的试验设备进行该试验。

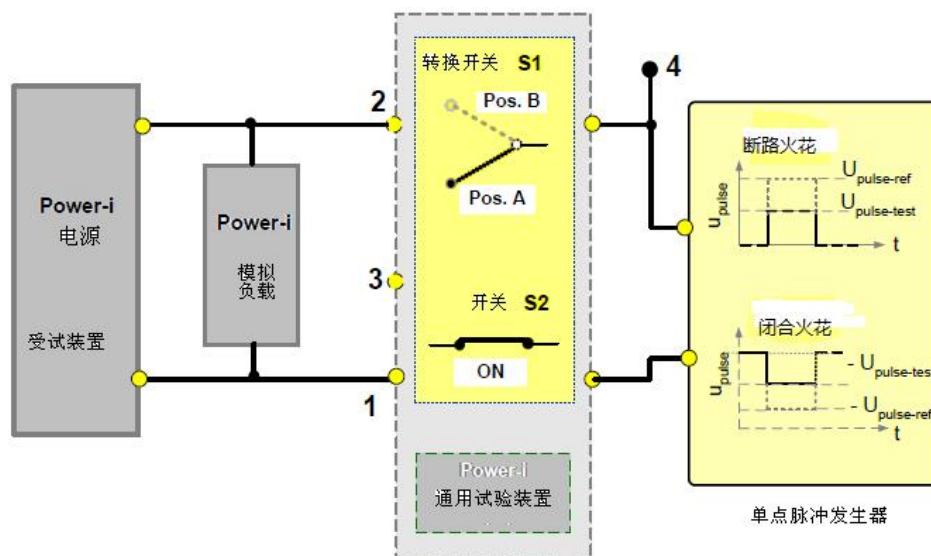


图 A.7 power i 电源评定系数试验用试验设备

评定系数试验程序

a) 按照图 A.7 所示设置试验布局；

b) power i 通用试验装置 (见图 A.1) 的 $R_{可变}$ 应符合 GB 3836.4 附录 A 的要求, (例如 $U = 24 V$ 且 $I = 174 mA$, $R_{可变} = 138 W$)

c) power i 模拟负载 (见 A.2.2) 应调节至 power i 电源负载最大额定输出电流；

d) 图 A.7 的单点脉冲发生器在端子 4 上的脉冲幅值 $U_{脉冲-试验}$ 应按下列等式调节：

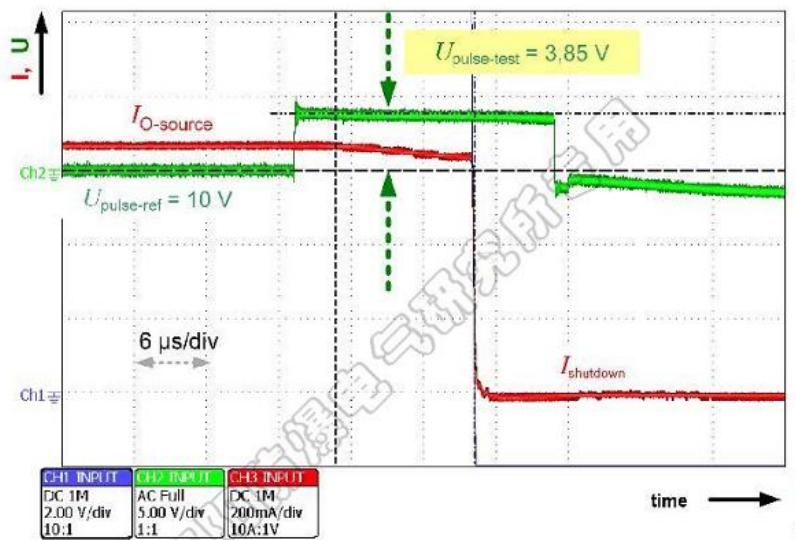
$$U_{puls-ref} = 10V \pm 5\%$$

$$U_{puls-test} = U_{puls-ref} * 10^{\frac{AF}{20}} = 10 * 10^{\frac{AF}{20}}$$

$$t_{puls-ref} = 20\mu s \pm 1\mu s$$

AF 是附录 A.3.2.3 i) 规定的、受试 power i 电源的额定评定系数 $AF_{电源}$ 。

该程序对于断路火花的一个试验程序示例如图A.8。该示波器中已知的评定系数值是 $AF=8.29$ 。用d)中的等式，得出该试验脉冲幅值的计算值 $U_{\text{脉冲-试验}}=3.85\text{V}$ 。该脉冲幅值应导致符合5.2的power i电源关断。



图A.8 power i电源评定系数 $AF=8.29$ 时断路火花试验示波器示例

- e) 脉冲幅值符合 d) 的单点断开脉冲应导致符合 5.2 的 power i 电源关断；
- f) 同样适用于单点产生脉冲；
- g) 当满足 e) 和 f) 的条件时，试验合格。

A.3.2.5 power i 电源的瞬变脉冲试验

图 A.9 所示是进行如图3所示的最简单的power i电源瞬变脉冲试验所需要的试验设置。利用附录 C.3 中的实例中介绍的更复杂的结构，应利用另一个程序。该程序正在制定中。

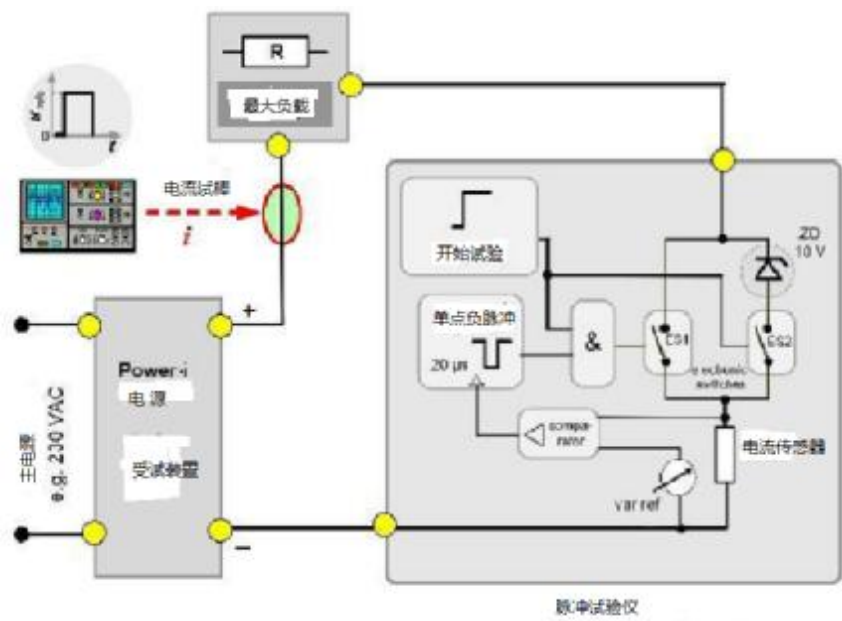


图 A.9 power-i 电源瞬变脉冲试验设备

试验设备由下列元件组成：

- power i 电源（受试装置）；
- 最大负载（依据 power i 电源型号的标志）；
- 数字存储示波器；
- 有下列元件的脉冲测试仪：
 - 启动按钮；
 - 电子开关：ES1 和 ES2 模拟最大负载的连接/断开；
 - 电流传感器和用于调节元件，用于调节比测仪阈值 $U_{Var\ ref}$ ；
 - 负向单点脉冲：当通过电流传感器的电流超过限值时，被比测仪触发。

进行 power i 电源瞬变脉冲试验的程序：

- a) 按图 A.9 所示设置试验布局；
 - 注 1: 启动按钮的正向脉冲关闭 ES1 和 ES2；这导致最大负载与 power i 电源连接，随之关断 power i 电源。
 - 注 2: 由于关断之后 power i 电源的缓慢启动特性，增大的电流通过电流传感器。
 - 注 3: 如果通过电流传感器的电压超过初始调节的基准电压 $U_{Var\ ref}$ ，比测仪触发单点负向脉冲。这导致 ES1 关断，且系统产生 10V 的脉冲；
- b) 应对图 A.9 中的基准电压 $U_{Var\ ref}$ 进行调节，使之在电流值为最大输出电流 $I_{O-电源}$ 的 25%、50%、75 % 和 100% 时，触发电压比测仪；
- c) 按下启动按钮，验证这会导致符合 5.2 b) 的 power i 电源关断。可以通过用示波器检查电流下降而关断来验证。

A.3.3 power i 现场装置的有关安全参数

A.3.3.1 确定 power i 现场装置的有关安全参数最大值

有关安全参数最大值应符合 GB 3836.4 和 GB 3836.18 的要求，并应按照 5.7 分级。

A.3.3.2 确定 Power-i 现场装置响应时间 $t_{响应-现场装置}$

没有必要 Power-i 现场装置的响应时间 $t_{响应-现场装置}$ （见 5.3）。

A.3.3.3 确定 Power-i 现场装置的评定系数 $AF_{现场装置}$

图 A.10 所示是确定评定系数需要的试验设备的布置。应在 Power-i 现场装置最大负载条件下进行该试验。

图 A.10 中试验设备的元件：

- Power-i 通用试验装置（见图 A.1）；
- 电压源：发出现场装置规定的最大电压；
- 耦合模块：包括一个电感确保电压源的 ac 连接，与一 $100\ \Omega$ 的并联电阻组合；
- 开关 S3：用于把现场装置与测量装置连接起来；
- 具有最大负载条件的 Power-i 现场装置；
- 数字存储示波器。

确定 Power-i 现场装置评定系数的程序

- a) 如图 A.10 所示设置试验布局；
- b) 如图 1 所示设置通用试验设备：
 - 开关 S2 在位置“ON”，转换开关 S1 在位置 A；
 - 图 A.10 的单点脉冲发生器在端子 4 上，调节断路火花脉冲峰值达到 $+10\ V \pm 5\%$ ；

c) 按照如 A.10 设置试验设备:

--开关 S3 在 “OFF”位置: 电压源调节到有关安全最大值;

--开关 S3 在 “OFF”位置: 用示波器在通用试验设备 (见图 A.2) 的输出端子 3 测量脉冲峰值 $U_{LPF-ref}$ (见图 A.2);

---开关 S3 在 “ON”位置: 用示波器在通用试验设备 (见图 A.1) 的输出端子 3 测量脉冲峰值 $U_{LPF-lim}$ (见图 A.2);

d) 根据下列式子得出评定系数 $AF_{field device}$:

$$AF_{现场装置} = 201g(1.25U_{LPF-REF}/U_{LPE-lim})$$

注: 系数 1.25 包括一个规定的 25%附加衰减。由于人工 (预定) 影响, 较高的评定系数 $AF_{现场装置}$ 意味着较高的安全性。

e) 用单点脉冲发生器的基准矩形脉冲, 对图 A.10 端子 4 的闭合火花 $10V \pm 5\%$, 重复试验步骤 b) 至 d)。

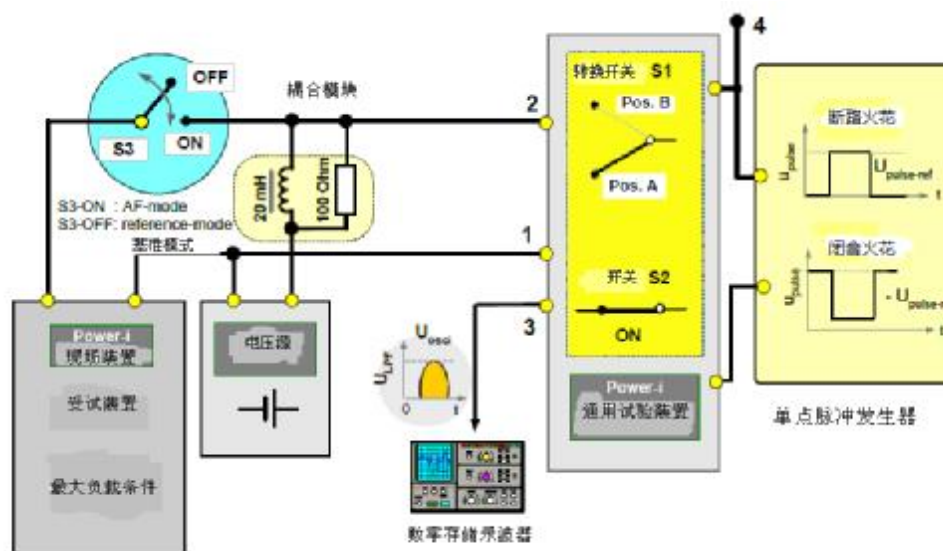


图 A.10 确定 $AF_{现场装置}$ 评定系数的试验设备 (基本原理)

A.3.3.4 power i 现场装置过渡脉冲试验

图 A.11 所示是进行瞬变脉冲试验需要的试验布局。

该试验设备包括下列元件:

--最大负载条件下的 power i 现场装置;

--商用电压源;

--耦合模块;

--数字存储示波器;

--有下列元件的现场装置脉冲测试仪 (也见图 A.9):

启动按钮;

电子开关: ES1 和 ES2 模拟 power i 现场装置和电压源的连接/断开;

用于调节比测仪阈值的可变基准元件和电流传感器;

单点/负向脉冲: 当通过电流传感器的电流超过限值时, 被比测仪触发。

进行过渡脉冲试验的程序:

a) 按图 A.11 所示设置试验布局;

注 1: 启动试验装置的正向脉冲关闭 ES1 和 ES2; 这导致 power i 现场装置与电压源连接;

注 2: 由于 power i 现场装置的缓慢启动特性, 增大的电流通过电流传感器。

注 3: 如果通过电流传感器的电压超过初始比测仪的初始调节基准电压, 则触发单点负向脉冲。
这导致 ES1 关断, 且通过脉冲测试仪的端子产生 10V 的脉冲;

b) 应对图 A.11 中的基准电压 $U_{\text{Var ref}}$ 进行调节, 使之在电流值为最大电流的 25%、50%、75 % 和 100% 时, 触发电压比测仪;

c) 针对 b) 规定的不同电流值, 用示波器测量通过转化动作, 在耦合模块上形成的电压脉冲 $U_{\text{脉冲}}$ (见图 A.11)。

由此形成的 $U_{\text{脉冲}}$ 值应高于图 A.12 中包络曲线在所示时间窗内的值。或者形成脉冲的电压-时间区域在所示的 $20\mu\text{s}$ 时间窗内应大于 $\pm 64 \mu\text{Vs}$ 。

注 4: 这特别适用于具有有源耦合元件的现场装置。

如果 power i 现场装置有一个内部限流装置(见 5.7), 则应在内部电流限制起作用时进行试验, 即标称内部/外部负载应短路。

进行试验程序 a) 至 c) 时, 应调节脉冲测试仪的可变基准, 使之在电流值与内部安全电流限值匹配时, 触发比测仪。

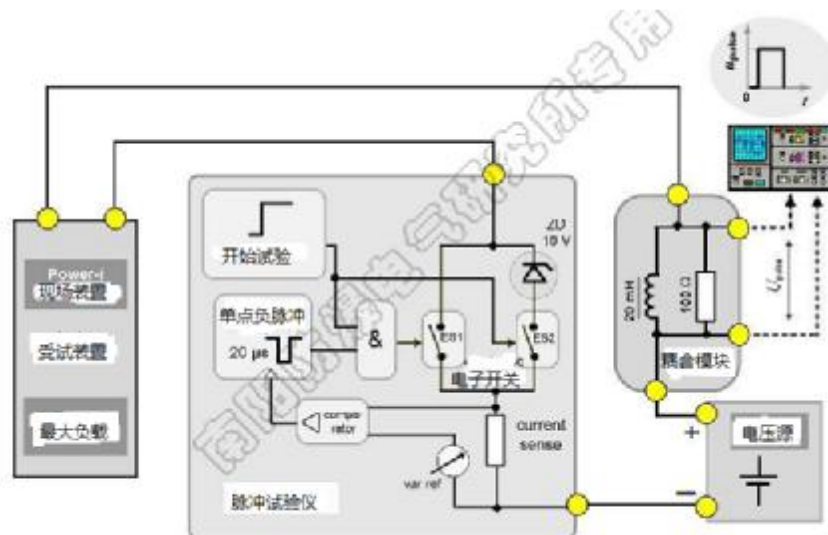


图 A.11 power i 现场装置瞬变脉冲试验设备

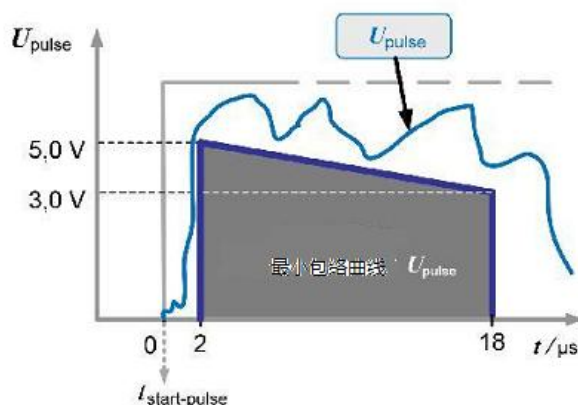


图 A.12 瞬变脉冲试验用试验脉冲 U 脉冲的评定参数

A.3.4 power i 连接线的有关安全参数

A.3.4.1 确定 power i 连接线的有关最大安全参数值

Power i 连接项试验的电缆应符合 GB 3836.4、GB 3836.18 和 GB 3836.15 的要求。

A.3.4.2 确定 power i 干线的响应时间 $t_{\text{响应-干线}}$

响应时间 $t_{\text{响应-干线}}$ 应视作 power i 干线电缆长度中的一种方式的延长时间。如果干线电缆长度小于 40m，则响应时间 $t_{\text{响应-干线}}$ 规定 0.5 μs。对于所有其他情况，有两种不同的评定方法可以使用：

a) 计算 $t_{\text{响应-干线}}$

这种方法的基础是利用电缆参数的最不利值 L' 、 C' 。参数 L' 、 C' 是干线电缆每个长度的单位，应已知。 $t'_{\text{响应-干线}}$ 的值是每一长度的时间单位。下式适用：

(l 电缆是考虑的电缆的长度，单位 m)

$$t'_{\text{resp-trunk}} = \sqrt{L'C'} \quad \text{and} \quad t_{\text{resp-trunk}} = t'_{\text{resp-trunk}} * l_{\text{cable}}$$

注 1：典型的 $t'_{\text{响应-干线}}$ 的值是 5 ... 6.3 ns/m。

b) 实际测量 $t_{\text{响应-干线}}$

图 A.13 所示是测量电缆响应时间需要的试验设备布局实例。

注 2：建议最小电缆长度 100m 以达到足够的精度。

确定响应时间 $t_{\text{响应-干线}}$ 的程序：

a) 如图 A.13 所示设置试验布局；

注 3：多数发生器的内部电阻 R 为 50 W，因此为了与 100W 的电缆电阻匹配，建议降低外部电阻 R 。

b) 由脉冲发生器产生 200ns 的正向脉冲；

c) 用示波器观察在 B 点的信号；

d) 测量初始脉冲正向上升边缘和反射脉冲负向下落边缘之间的延迟时间 $t_{\text{延迟}}$ ；e) 可以用下式计算每长度单位的响应时间；($l_{\text{电缆}}$ = 使用电缆的长度)

$$I'_{\text{resp-trunk}} = \frac{t_{\text{delay}}}{2l_{\text{cable}}} \text{ and } I_{\text{resp-trunk}} = I'_{\text{resp-trunk}} * l_{\text{cable}}$$

f) 如果需要，特征阻抗 Z_W 可用下式计算：

$$Z_W = \frac{100 * U_B}{U_A - U_B}$$

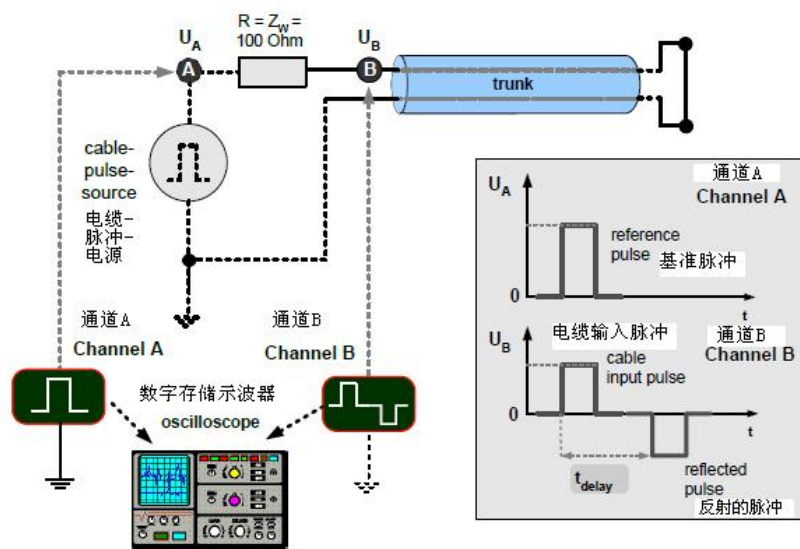


图 A.13 确定 power i 干线响应时间 $t_{\text{响应-干线}}$ 的试验设备（基本原理）

A.3.4.3 确定 power i 干线评定系数 $AF_{\text{干线}}$

应根据下式，确定的 power i 干线电缆的评定系数 $AF_{\text{干线}}$ ：

$$AF_{\text{trunk}} = 4.34 \frac{R}{Z_W} \text{ and } R = R' * l_{\text{cable}}$$

参数 R 是使用电缆的欧姆电阻（回路电阻单位 Ω ），应已知， R' 是单位长度欧姆电阻。可用下式确定特征阻抗 Z_W ：

$$Z_W = \sqrt{L'/C'}$$

为了确定特征阻抗 Z_W 值，也可以用图 A.13 的试验设备，用符合 A.3.4.2 f) 实际测量响应时间 $t_{\text{响应-干线}}$ 的试验布局。

注 1：可以用欧姆表很容易测得回路电阻 R 。

注 2：例如： $R' = 25\text{W}/1000\text{m}$ ， $L' = 666\mu\text{H}/1000\text{m}$ ， $C' = 66\text{nF}/1000\text{m}$ $Z_W = 100\text{W}$ $AF_{\text{trunk}} = 1.1$ 。

A.3.5 power i 终端的有关最大安全参数

A.3.4.1 确定 power i 终端的有关最大安全参数

有关最大安全参数应符合 GB 3836.4 和 GB 3836.18 的要求，并应按照 5.7 分级。

A.3.5.2 确定 power i 终端的响应时间 $t_{\text{响应-终端}}$

不需要测定 power i 终端的响应时间 $t_{\text{响应-终端}}$ 响应。

A.3.5.3 确定 power i 终端的评定系数 $AF_{\text{终端}}$

确定 $AF_{\text{终端}}$ 的基础是 A.3.3.3 规定的 power i 现场装置的评定系数的测定程序，有下列变化：

- 用试验的 power i 连接装置代替 power i 现场装置（试验的装置）；
- 按照 A.3.3.3 规定的程序测量评定系数 $AF_{\text{终端}}$ ；
- 应采用测定的最大评定系数应作为 power i 终端的额定评定系数。

附件 B

（资料性附录）

power i 基本原理解释和具体情况

B.1 点燃的物理基础

测试本质安全设备火花点燃能力的目的，一方面是为了区别电感电路、电容电路、混合电路和电阻电路，另一方面是为了区别电源的不同输出特性。特别相关的是火花参数：火花电压 U_s 、火花电流 I_s 和火花持续时间 t_s 。这些可用于确定火花功率 P_s 和火花能量 W_s 。在多数情况下，根据这些参数，可以评定电路释放的火花能量。

点燃的基本前提条件是，温度需要超过气体/空气混合物的初始量规定的点燃温度。在一定的火花持续时间内，由于功率补偿产生能量密度，可以推断出，在点燃过程中，“时间”因素非常重要。通过用针对性的方法影响“时间”因素，则会对点燃特性产生强烈影响，这意味着可以达到明显提高的本质安全验证值。现有标准 GB 3836.4 没有说明这种现象的原因。“power i”考虑了这种情况，并把“时间”因素考虑在内，因为这是基于动态认知，是对最重要的安全条件的反应。然而，为了得到最佳效果，需要对整个系统的三个基本元件进行安全相关的评定，即 power i 电源、power i 连接线、power i 现场装置（包括回路）。

了解 GB 3836.4 火花试验装置给出的断路火花典型轨迹，有助于理解 power i 的运行原理。图 B.1 是限制电阻的电源产生的断路火花示例。每一个断路火花的特定是，起始步骤电压上升高于 10V，同时电流下降。火花结束的特定是，电源达到最大输出电压。

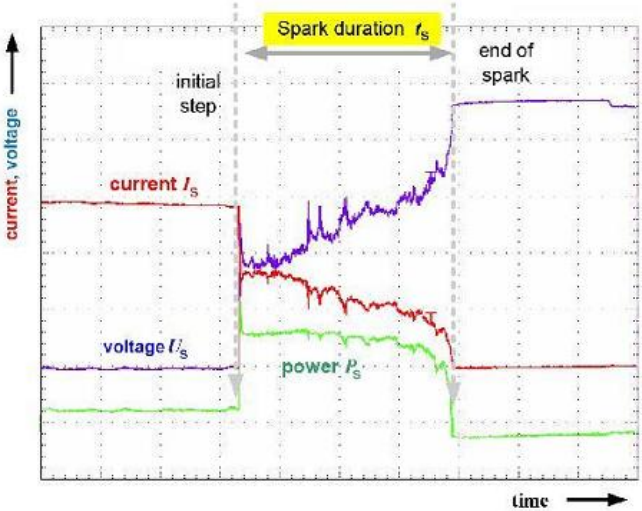


图 B.1 线性限制电源产生的断路火花的典型轨迹示例

这个典型火花的特点是火花持续时间变化很大，通常在 $20\ \mu\text{s}$ 和 20ms 之间（对于 IIC 设备）。不同的火花持续时间导致输入火花和危险混合物的能量不确定。在传统的本质安全

技术中，输入的火花能量因此限制到很小的值，使热损耗超过能量输入。因此，电弧温度周围的气体温度不会达到点燃极限值。这意味着功能要求的功率也收到限制。

Power i 不考限制功率，而是限制时间。这意味着功能要求出现更多功率。限制火花时间确保气体混合物的温度不会达到点燃极限（见图 B.2）。

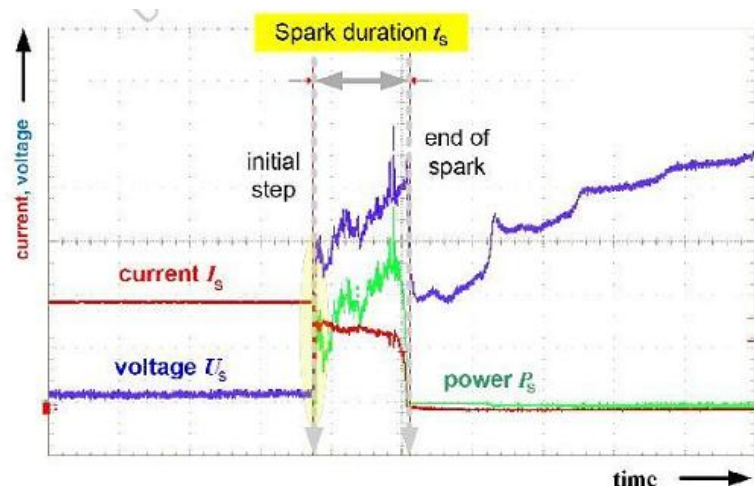


图 B.2 power i 限制的断路火花典型迹线示例

当使用 power i 装置时，图 B.2 的初始步骤与图 B.1 所示的步骤相同。power i 的重大区别在于 power i 以火花持续时间的规定限值为基础。火花持续时间主要取决于整个 power i 系统的最大系统响应时间。该时间主要取决于使用的电缆/干线（电缆蔓延时间）和 power i 电源的响应时间（电源的硬件关断时间）。1000m 电缆/干线的典型值是 $10\mu s$ 至 $15\mu s$ ，对于 power i 电源，例如 $1\mu s$ 。因此，可以准确的计算出相应的最大火花能量。

B.2 power i 电源的输出特性

power i 有两种运行模式：关断模式和 power i 模式。在关断模式下，整个系统位于符合 GB 3836.4 附录 A 或 GB 3836.18 的本质安全区域。power i 模式是正常的运行模式。

power i 基于对任何火花型式的目标影响，而在结束临界状态之前，不可能返回正常运行（power i 模式）。当使用 power i 时，整个系统包括电源、现场装置和终端，作为整体评定安全有关性能。

从关断模式到 power i 模式可能有两种功能过渡模式：

a) 连续返回模式：power i 电源慢慢返回到 power i 模式。 di/dt 电流上升时间应足够小，能够避免触发 power i 电源至关断模式。该模式的目的是向简单应用供电，因为有电磁阀、加热元件等。

b) 电压极限值返回模式：为了从关断模式过渡到 power i 模式，应超过规定的极限电压值 $U_{\text{极限}}$ ，确保在电阻较小或短路情况下，不可能转换到 power i 模式。符合这种模式的 power i 现场装置将仍然保持在高电阻状态，直至完成向 power i 模式转换（见图 B.5）。

图 4 所示的硬件示例确保了这种特性。这种模式的目的是向更复杂的应用供电（见图 B.3）。

对于两种功能的转换模式，下列情况适用：如果在返回 power i 模式过程中，检测到不符合要求的电流变化，则 power i 电源模式立即返回到关断模式。

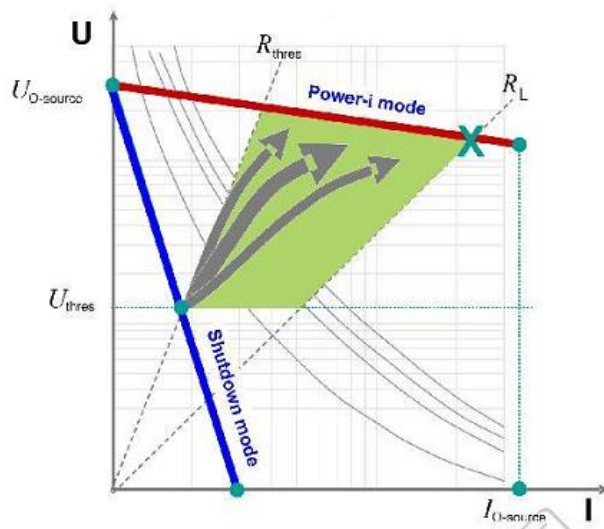


图 B.3 在负载连接期间 power i 电源的特性曲线输出设置示例

图 B.3 所示的特性曲线设置包括两个不同范围：关断范围和 power i 范围。关断范围是本质安全区域，低于 GB 3836.4 或 GB 3836.18 规定的值。power i 范围是基于符合图 B.4 的硬件原理的正常范围或工作范围。

a) 关断模式：（见图 B.5—图 B.4 的电子开关 S1 开关打开）。该曲线完全位于符合 GB 3836.4 的本质安全区域。因此，本质安全（剩余）输出电流与负载电阻组合，确定 power i 电源的输出夹具处的电压。一旦超过规定的极限值 $U_{\text{极限}}$ （见图 B.3 的 $U_{\text{极限}}$ 和 $R_{\text{极限}}$ ），则开始转换到 power i 特性范围。

b) power i 模式：（见图 B.5—图 B.4 的电子开关 S1 开关关闭）。power i 模式是允许最大输出功率的运行范围。

c) 如果探测到电流变化 di/dt 高于动态关断的最小触发值，则快速导致返回关断模式（图 B.4 的电子开关 S1 开关打开）。

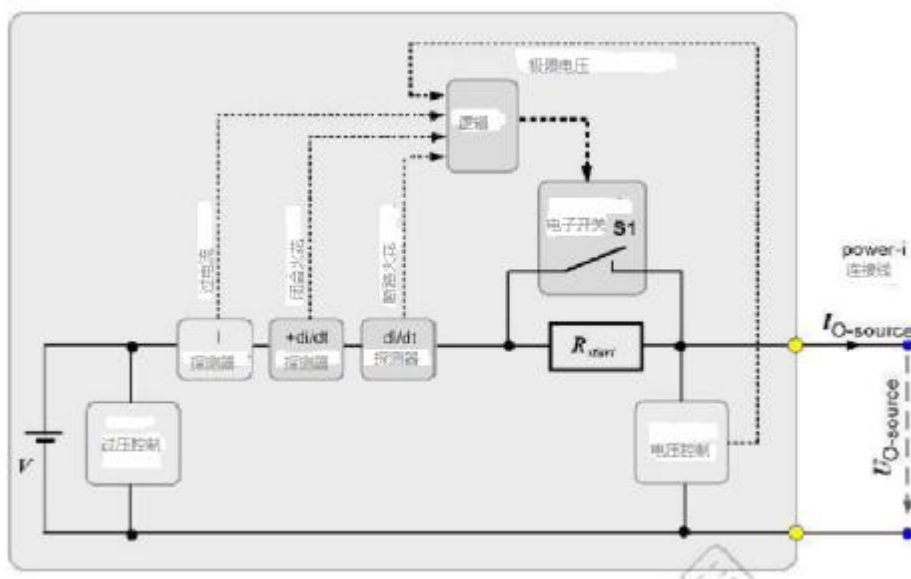


图 B.4 电压极限返回模式 power i 电源的基本原理

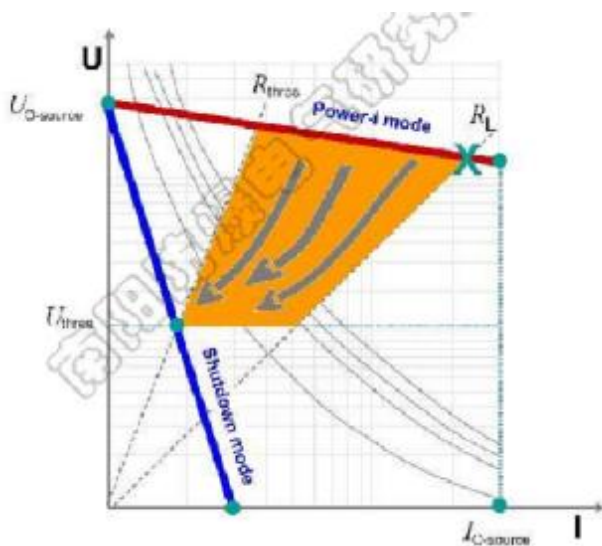


图 B.5 故障情况下 power i 电源特性曲线输出设置示例

从关断模式到 power i 模式转换（起动）会很慢，但这与安全无关，即，尽在在 ms 范围内。从 power i 模式转换到关断模式与安全有关，最好时间要尽可能短（在几个 μs 的范围内）。

B.3 power i 最小点燃值的计算和研究结果

B.3.1 测定点燃概率的试验设置

为了找出表 3 中最不利情况的点燃值，用图 B.7 所示的断路火花和闭合火花的设置进行了试验。

试验布局中的元件（见图 B.6 和图 B.7）如下：

- power i 电源：受试装置；
- 符合 GB 3836.4 的火花试验装置；
- 电流探测器：确保触点仅在规定的电流时计数；

- 耦合装置：确保 power i 系统的功能和安全所需要；
- 可调节负载：确定用于测量的规定电流；
- 数显计数器：计算有效接触。

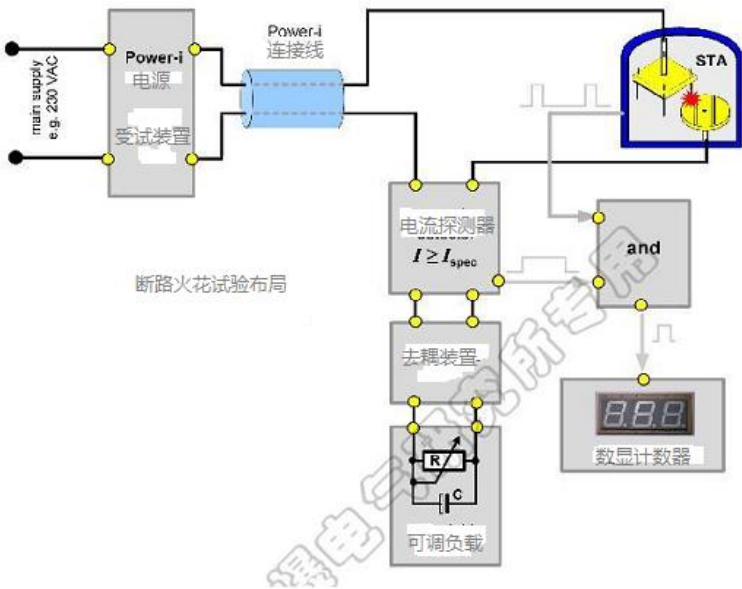


图 B.6 断路火花试验装置 SAT 的试验布局

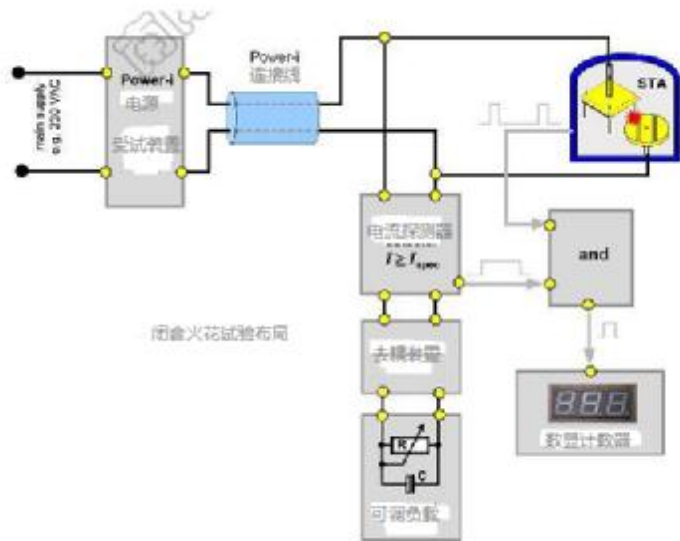


图 B.7 闭合火花试验装置 SAT 的试验布局

用这些试验布局，得出点燃概率为 10^{-3} 或更小，即允许 1000 次接触点燃 1 次。

测定点燃限值的程序：

按照 GB 3836.4 附录 A 点燃评价表和曲线，确定 power i 点燃概率。这些值以上述 10^{-3} 或更小的点燃概率为基础。由于 power i 系统的特性，需要确保在 STA 形成/断开接触期间，系统处于规定的 power i 模式。使用探测器监控系统状态。因此数显计数器仅记录 power i 模式期间的有效接触。应在两个不同位置用 STA 进行这些试验，位置如图 B.7 所示。试验结果见图 B.8、B.9 和 B.10。测得的曲线中标记的值，以至少点燃 15 次为基础。

所有试验都是用富氧混合物，即 30% 的氢、53% 的空气和 17% 的氧，用 IIC 设备进行，安全系数 1.5（符合 GB 3836.4）。

表 3 得出的点燃曲线的前提条件如下：

图 B.11 显示使用的氢气/空气混合物与最小点燃能量的关系。空气中 21% 的氢，最小点燃能量约为 $17 \mu\text{J}$ 。对于 IIC、安全系数 SF 1.5 使用的富氧混合物，最小点燃能量约为 $10 \mu\text{J}$ 。对于 IIC、安全系数 1.0 和对于 IIA 和 IIB、安全系数 SF 1.5 的混合物，是符合 GB 3836.4 的氢气/空气混合物。

B.3.2 火花点燃试验结果及其在表 3 中的应用

用 GB 3836.4 火花试验装置，用对于 IIC 设备的富氧混合物进行试验，得出表 B.9 和 B.10 中的所有曲线。

图 B.9 和 B.10 中的所有曲线命名为“...表 3”，作为基准。这里仅标志的点，符合表 3 的有效电流等级。

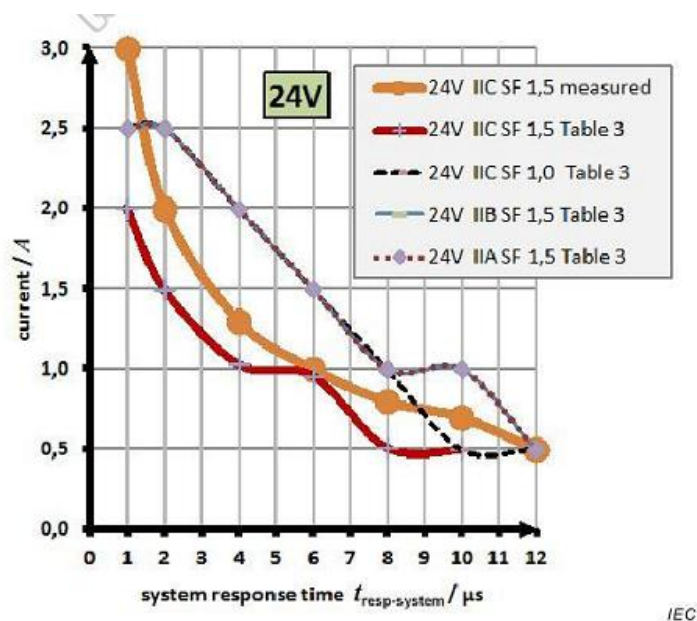


图 B.8 电压级别 24V (24VDC) 的 power i 点燃曲线

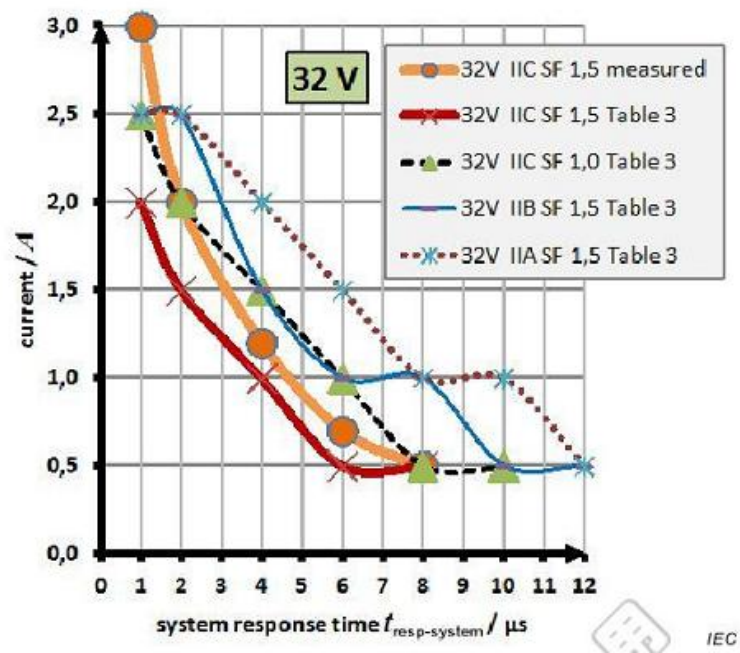


图 B.9 电压级别 32V（32VDC）的 power i 点燃曲线

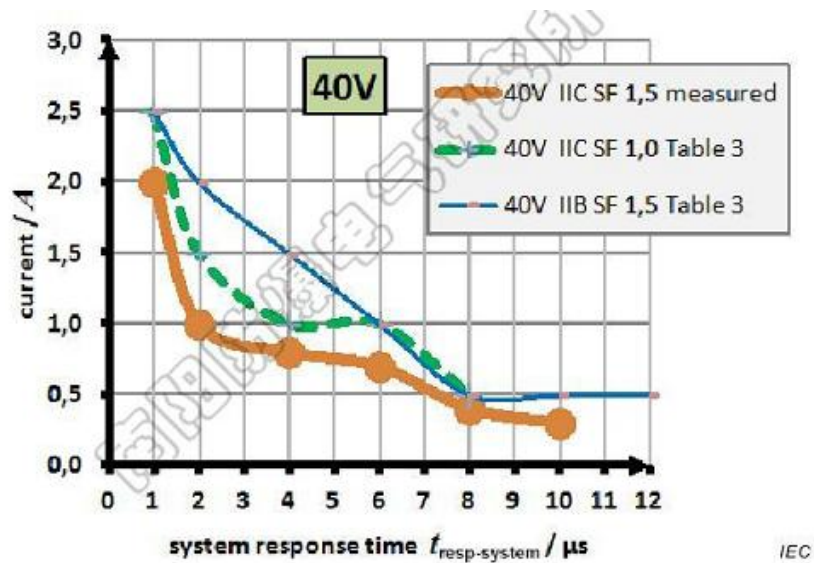


图 B.10 电压级别 40V（40VDC）的 power i 点燃曲线

注：在图 B.10 中曲线“40V IIC SF 1.5 测量”是曲线“40V IIC SF 1.0 表 3”和“40V IIB SF 1.5 表 3”的基础。

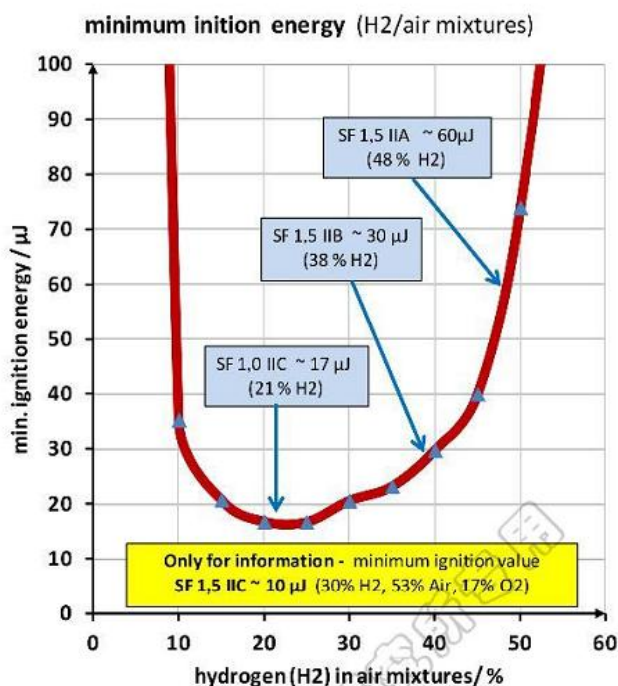


图 B.11 点燃能量与使用的气体混合物氢气百分比之间的关系

附录 C

(资料性附录)

power i 装置和系统实例

C.1 电磁阀 power i 应用

图 C.1 所示是简单电磁阀最佳的 power i 系统，对 IIC、power i 保护级别 ib 级、安全系数 SF1.5 有下列限制条件：

20 V d.c. ≤ U ≤ 30 V d.c., P < 15 W, 最大干线长度=400 m

这相当于最大 power i 应用级别：32VA2A0；

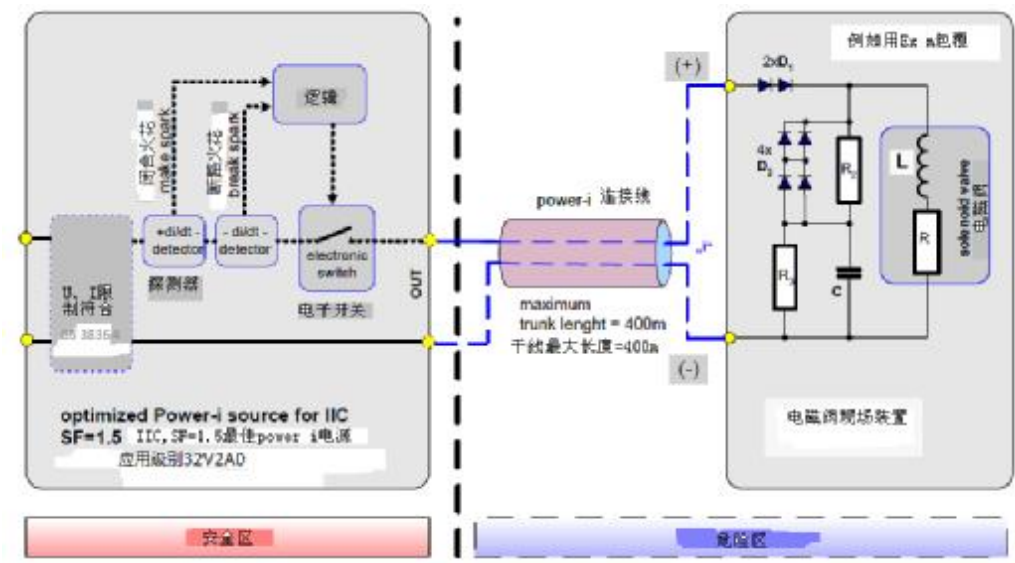
该具体应用的实例如图 C.1 所示。图 C.1 中的电磁阀用作耦合电感。并联电容 C 以电磁阀的电感 L 和静态电流为基础。宜符合下列要求：

$$L \geq 10 \text{ mH}, C \geq 500 \text{ nF} \text{ et } R_3 = \frac{5V * R_2}{(U_{O-source} - 5V)} \geq 1000 \Omega$$

电感 L、电容 C、电阻 R₂ 和 R₃ 以及所有二极管符合 GB 3836.4 的要求。此外，下式也适用（时间固定）：

$$L/R \geq 10 * R_2 * C$$

在该应用中，电磁阀现场装置应设计为防爆型（例如，符合 Ex m 的浇封型）



图C.1 简单电磁阀power i应用（示例）

注：U、I、P的其他参数或者干线长度也可能得出，但是对这种情况需要考虑附加安全要求。

C.2 通用设计power i电源示例

图B.4所示是通用设计的power i电源的一个示例。该power i电源作为功能和安全有关的元件组合使用。该power i电源符合下列重要功能要求：

- 在不超过极限电压15V时，防止从关断模式返回到power i模式；
（其他值从10V到2/3电源电压是可能的。）

注：有必要确保，仅在超过与power i电源的输出连接的最小电阻时，才能导致从关断模式转化成power i模式。否则在连接较低电阻时（例如接触电阻）将可能转化到power i模式。

- 从关断模式转化到power i模式，需要Power i电源应由有确定的启动特性。

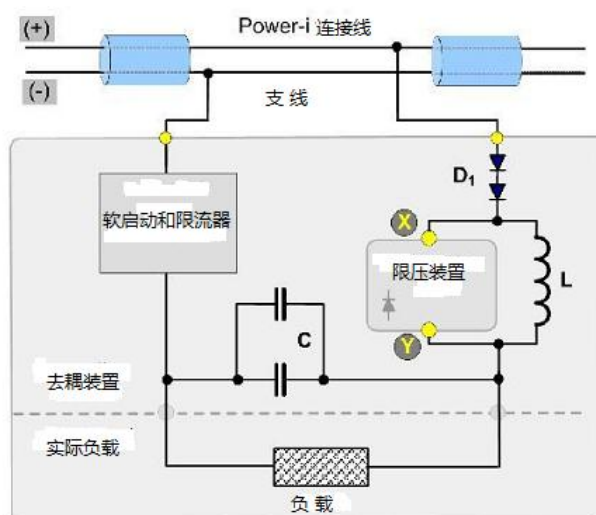
C.3 power i现场装置示例

图C.2所示是通用类型的power i现场装置示例。如图C.2所示的内部软启动仅是功能需要。如果限流器与power i电流分级有关（见5.7），则视为与安全有关。

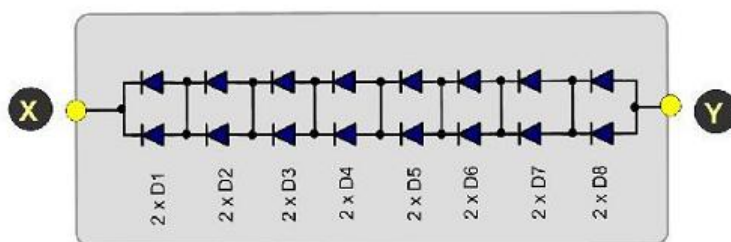
注1：软启动与温度分级有关的安全性能。

图C.2中的电容C关系到，连接的任何类型的负载(任意负载)（例如，高电感）产生可探测的di/dt脉冲。电容C最小宜为500 nF。电感L确定power i现场装置的评定系数值。L值较大产生的评定系数则较小。

图C.2所示的power i现场装置确保power i连接线中的任何形成火花或断路火花，形成的火花脉冲的幅值足以触发power i电源（“ib”级）的关断动作。



图C.2 通用类型power i现场装置示例

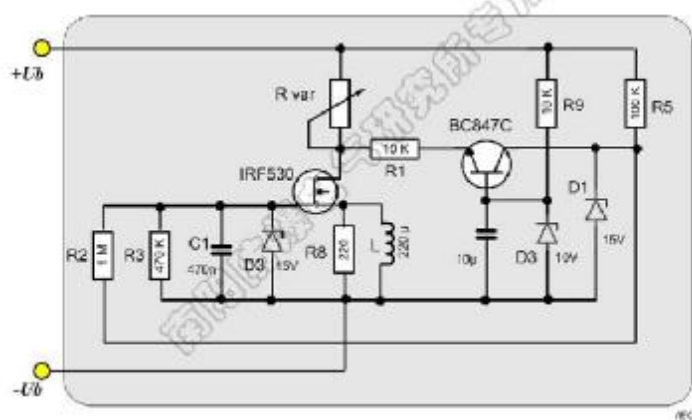


图C.3 限压装置示例（“ib”级）

注2：在一个二极管短路时，通过限压装置的电压降至0.7 V。

C.4 power i模拟负载示例

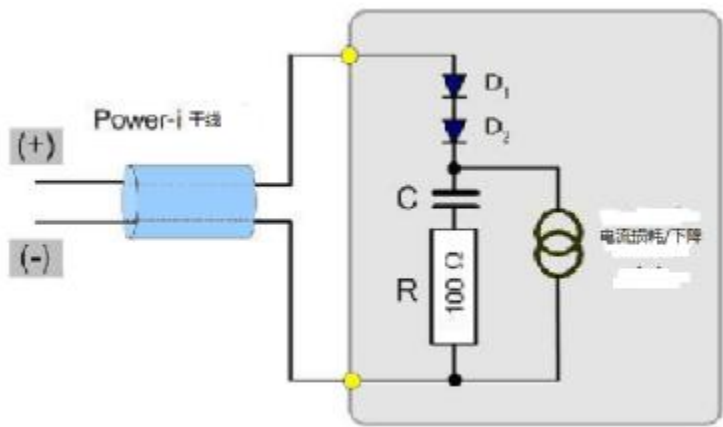
图C.5所示是一个power i模拟负载示例的详细电路。



图C.4 power i模拟负载示例

C.5 power i终端示例

“ib”级power i终端示例如图C.5所示。



图C.5 power i终端示例

图C.5中，仅二极管D1和D2与安全有关。

注：需要电流损耗产生电流偏差，仅用于数据传输。

附录D

(资料性附录)

power i装置包括power i系统连接的power i连接线的内部连接示例

D.1 具体目标和已知值

确定已知（预设定的）power i干线上power i现场装置的最大数量。

已知的设备类别是IIC，安全系数SF=1.5，已知的power i电压级别是32。

已知的的power i现场装置和power i终端如下：

Power i现场装置类型1：32V2A0， $AF_{\text{现场装置-1}} = 1.5$ ，或者

Power i现场装置类型2：32V2A0， $AF_{\text{现场装置-2}} = 2.1$ ；

Power i终端: 40V2A0, $AF_{\text{终端}} = 5.0$ 。

下列power i连接线应用已知:

电缆长度 $l_{\text{电缆}} = 700 \text{ m}$ $t_{\text{响应-干线}} = 3.2 \mu\text{s}$ $AF_{\text{干线}} = 1.1$ 。

D.2 方案示例

步骤1: 哪一种power i电源适用? (见第6章)

Power i电源应符合表3规定的应用级别的要求。

允许的应用级别: 32V0A5

预选的power i电源: 32V0A5, $t_{\text{响应-电源}} = 1.1 \mu\text{s}$, $AF_{\text{电源}} = 12$;

步骤 2: 验证 power i 系统响应时间 $t_{\text{响应-系统}}$ (见 6.2 c)

$t_{\text{响应-系统}} = 1 \mu\text{s} + (2 * 3.2 \mu\text{s}) = 7.4 \mu\text{s} \leq 8 \mu\text{s}$

预选的 power i 电源符合表 3 的要求, 适用于该应用。

注 2: 如果选则的 power i 电源 $t_{\text{响应-电源}}$ 超过 $1.6 \mu\text{s}$, 则该 power i 电源不符合该应用。

步骤 3: 按照第 6 章确定 power i 干线上连接的现场装置最大数量。

$$AF_{\text{source}} \geq AF_{\text{terminator}} + AF_{\text{trunk}} + \sum_1^n AF_{\text{field-device}}$$

无power i终端:

$$12 \geq 0 + 1.1 + \sum_1^n 1.5 \Rightarrow n \leq 7.27$$

最多7个1型power i现场装置, 或者

允许最多5个2型power i现场装置。

有power i终端:

$$12 \geq 0 + 1.1 + \sum_1^n 1.5 \Rightarrow n \leq 7.27$$

最多3个1型power i现场装置, 或者

允许最多2个2型power i现场装置。