



中华人民共和国国家标准

GB/T 3836.32—2021

爆炸性环境 第 32 部分：电子控制火花 时限本质安全系统

Explosive atmospheres—Part 32: Intrinsically safe systems with
electronically controlled spark duration limitation

(IEC TS 60079-39:2015, Explosive atmospheres—Part 39: Intrinsically safe
systems with electronically controlled spark duration limitation, MOD)

2021-10-11 发布

2022-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 Power-i 结构	3
5 Power-i 装置的要求	4
5.1 通则	4
5.2 Power-i 电源	4
5.3 Power-i 现场装置	5
5.4 Power-i 连接线	6
5.5 Power-i 终端	6
5.6 Power-i 回路检测用试验装置	7
5.7 Power-i 应用级别	7
6 系统要求	8
6.1 选择 Power-i 电源允许的 Power-i 电流级别	8
6.2 Power-i 系统验证	8
7 评价和试验	10
7.1 确定安全有关参数的程序	10
7.2 型式试验	10
7.3 例行试验	10
8 Power-i 装置标志	11
8.1 通则	11
8.2 标志示例	11
9 说明书	12
附录 A (资料性) Power-i 基本原理解释和具体情况	13
附录 B (资料性) Power-i 装置和系统示例	20
附录 C (规范性) Power-i 安全参数评定	23
附录 D (资料性) Power-i 装置互连接示例(包括 Power-i 系统的 Power-i 连接线)	36
参考文献	37

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 3836《爆炸性环境》的第32部分。GB/T 3836 已经发布了以下部分：

- 第1部分：设备 通用要求；
- 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备；
- 第3部分：由增安型“e”保护的设备；
- 第4部分：由本质安全型“i”保护的设备；
- 第5部分：由正压外壳“p”保护的设备；
- 第6部分：由液浸型“o”保护的设备；
- 第7部分：由充砂型“q”保护的设备；
- 第8部分：由“n”型保护的设备；
- 第9部分：由浇封型“m”保护的设备；
- 第11部分：气体和蒸气物质特性分类 试验方法和数据；
- 第12部分：可燃性粉尘物质特性 试验方法；
- 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”保护的设备；
- 第18部分：本质安全电气系统；
- 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”型保护的设备；
- 第25部分：可燃性工艺流体与电气系统间的工艺密封要求；
- 第26部分：静电危害 指南；
- 第27部分：静电危害 试验；
- 第28部分：爆炸性环境用非电气设备 基本方法 and 要求；
- 第29部分：爆炸性环境用非电气设备 结构安全型“c”、控制点燃源型“b”、液浸型“k”；
- 第30部分：地下矿井爆炸性环境用设备和元件；
- 第31部分：由防粉尘点燃外壳“t”保护的设备；
- 第32部分：电子控制火花时限本质安全系统；
- 第33部分：严酷工作条件用设备；
- 第34部分：成套设备；
- 第35部分：爆炸性粉尘环境场所分类。

本文件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》。

本文件做了下列结构调整：

——本文件的附录 A 对应国际标准的附录 B，本文件的附录 B 对应国际标准的附录 C，本文件的附录 C 对应国际标准的附录 A。

本文件与 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，本文件做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，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：

- 用修改采用国际标准的 GB/T 3836.1 代替 IEC 60079-0(见第 1 章)；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 3836.4 代替 IEC 60079-11(见第 1 章)；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 3836.15 代替 IEC 60079-14(见第 1 章)；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 3836.18 代替 IEC 60079-25(见第 1 章)；
- 增加引用了 GB/T 3836.16(见第 1 章)。

本文件做了下列编辑性改动：

——为与现有标准系列一致，将本文件名称修改为《爆炸性环境 第 32 部分：电子控制火花时限本质安全系统》；

——第 4 章增加了关于附录 B 的注；

——纳入了 IEC TS 60079-39:2015/COR1:2020 的技术勘误内容，所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直双线(||)进行了标示；

——增加了参考文献。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国防爆电气设备标准化技术委员会(SAC/TC 9)归口。

本文件起草单位：南阳防爆电气研究所有限公司、西安科技大学、上海工业自动化仪表研究院有限公司、郑州永邦新能源设备技术有限公司、南京优倍电气有限公司、中煤科工集团重庆研究院有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司、煤科集团沈阳研究院有限公司。

本文件主要起草人：张刚、王军、刘树林、徐建平、张庆强、董健、邓永林、余爱生、潘雅楠、王西同。

引 言

GB/T 3836《爆炸性环境》旨在确立爆炸性环境用设备及其应用相关方面的基本技术要求,涵盖了爆炸性环境用设备的设计、制造、检验、选型、安装、检查、维护、修理以及场所分类等各方面,采用分部分标准的形式,包括但不限于以下部分:

- 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12部分:可燃性粉尘物质特性 试验方法;
- 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”和人工通风房间“v”保护的的设备;
- 第18部分:本质安全电气系统;
- 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”保护的的设备;
- 第25部分:可燃性工艺流体与电气系统之间的工艺密封要求;
- 第26部分:静电危害 指南;
- 第27部分:静电危害 试验;
- 第28部分:爆炸性环境用非电气设备 基本方法和要求;
- 第29部分:爆炸性环境用非电气设备 结构安全型“c”、控制点燃源型“b”、液浸型“k”;
- 第30部分:地下矿井爆炸性环境用设备和元件;
- 第31部分:由防粉尘点燃外壳“t”保护的的设备;
- 第32部分:电子控制火花时限本质安全系统;
- 第33部分:严酷工作条件用设备;
- 第34部分:成套设备;
- 第35部分:爆炸性粉尘环境场所分类。

GB/T 3836.4 规定的传统本质安全型基于电压和电流限制,因此也限制了向电路供应的电源功率。随着技术的发展,出现了除限制电压和电流外同时也限制火花时限的新的本质安全技术,能够为本质安

全电路提供更大的电源功率,该原理不同于传统的本质安全原理,因此有必要制定专门针对限制火花时限本质安全的防爆技术标准。在国际标准方面,IEC 于 2015 年发布了 IEC TS 60079-39:2015,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、安装和维护的技术要求,其主要技术内容也能适用于我国的情况。因此,采用 IEC TS 60079-39:2015 制定本文件,并进行了适当的修改以适应我国的具体情况。

本文件是对 GB/T 3836.1、GB/T 3836.4、GB/T 3836.15、GB/T 3836.16、GB/T 3836.18 的补充和修改。

爆炸性环境 第 32 部分:电子控制火花 时限本质安全系统

1 范围

本文件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、安装和维护的技术要求。

本文件适用于爆炸性环境使用的本质安全 Power-i 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。

本文件适用于电压不大于 40 V d.c.且安全系数为 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”设备和电压不大于 32 V d.c.且安全系数为 1.5 的ⅡC类“ib”设备。

本防爆型式适用于电路本身不能点燃周围爆炸性环境的电气设备。

本文件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。

本文件也适用于位于危险场所外部或由 GB/T 3836(所有部分)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依据本文件进行评价。

本文件不适用于“ia”等级电路和软件控制的电路。

本文件是对 GB/T 3836.1、GB/T 3836.4、GB/T 3836.15、GB/T 3836.16、GB/T 3836.18 的补充和修改。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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/T 3836.1 爆炸性环境 第 1 部分:通用要求(GB/T 3836.1—2021, IEC 60079-0:2017, MOD)

GB/T 3836.4 爆炸性环境 第 4 部分:由本质安全型“i”保护的的设备(GB/T 3836.4—2021, 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—2017, IEC 60079-14:2007, MOD)

GB/T 3836.16 爆炸性环境 第 16 部分:电气装置的检查与维护(GB/T 3836.16—2017, IEC 60079-17:2007, IDT)

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—2017, IEC 60079-25:2010, MOD)

3 术语和定义

GB/T 3836.1 和 GB/T 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,实现本质安全的一种方式。

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/T 3836.4 规定的值。

注 3: Power-i 基本原理解释和具体情况见附录 A。

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 终端仅与通过 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 连接线连接到一个 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上(例如负载)。

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/T 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 电源的运行模式。

3.8

火花脉冲 spark pulse

Power-i 系统中产生火花时发出的信号。

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 source response time

$t_{\text{resp-source}}$

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 trunk response time

$t_{\text{resp-trunk}}$

使用的干线电缆(仅与 Power-i 连接线有关)的传播时间。

3.9.3

系统响应时间 system response time

$t_{\text{resp-system}}$

Power-i 系统中火花出现到进入关断模式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：评定系数分为下列两种情况：

- Power-i 现场装置、Power-i 终端和 Power-i 连接线的评定系数,以火花脉冲衰减参数表征。
- Power-i 电源的评定系数,以确定探测火花脉冲灵敏度的参数来表征。

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 一个 Power-i 现场装置(见图 1)。

允许使用能提供一个有效电源的冗余电源。

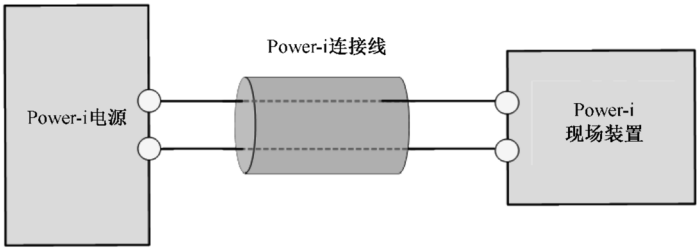


图 1 最简单的 Power-i 结构

一个 Power-i 系统可扩大到如图 2 所示的复杂系统。

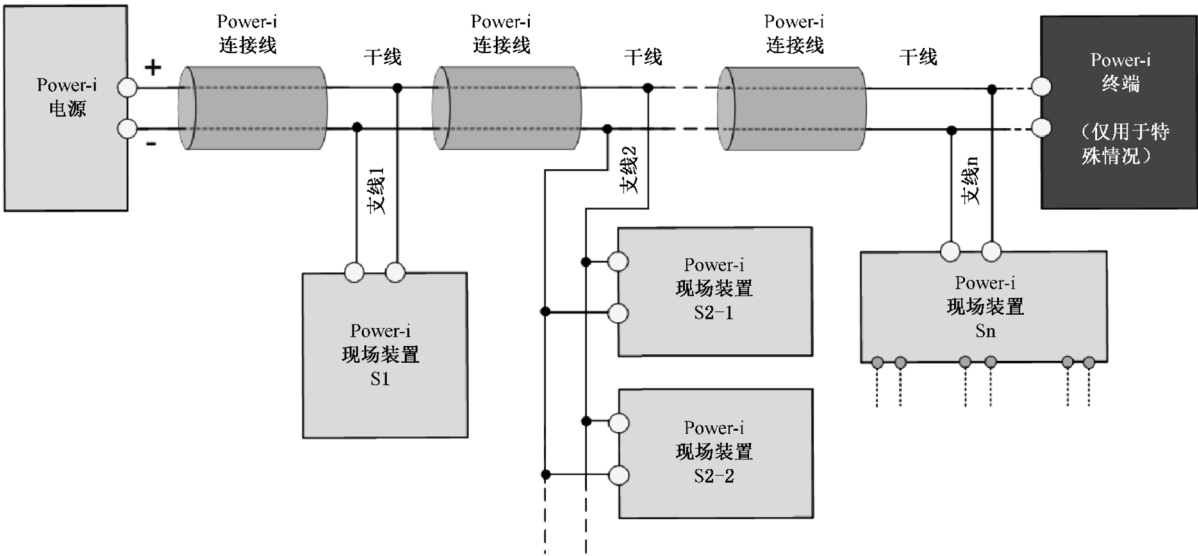


图 2 复杂 Power-i 系统结构示例

注 1：Power-i 现场装置 Sn 和 Power-i 现场装置 S1、S2-1 或 S2-2 与 Power-i 连接线连接等同,但由其他输出/输入端子示出。这些端子符合 GB/T 3836(所有部分)规定的适宜的防爆型式的要求。

注 2：附录 B 给出了 Power-i 装置和系统示例。

5 Power-i 装置的要求

5.1 通则

Power-i 应视作整体系统,因此下列要求对所有 Power-i 装置适用:

- a) 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;
- b) 所有 Power-i 装置和 Power-i 连接线都应按照附录 C 进行评定和试验;
- c) 所有 Power-i 装置都应按照 5.7 分级;
- d) Power-i 装置除了符合 GB/T 3836.1、GB/T 3836.4 和 GB/T 3836.18 的有关要求,也应符合其他标准(例如,适用时,GB/T 3836.3、GB/T 3836.9)的有关要求;
- e) 当温度效应和元件容差会影响 Power-i 装置安全性能的时间和灵敏度时,应予考虑;
- f) 进行本文件规定的所有试验时,应将对 Power-i 装置的安全功能(例如计时和灵敏度)最不利的故障施加到设备上。

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 $+di/dt$ 时出现的火花)和断路火花(当电路开路造成电流变化 $-di/dt$ 时出现的火花),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,具有前级安全相关限压、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/T 3836.4 和 GB/T 3836.18 规定的本质安全参数,Power-i 电源应确保电流变化 $\pm di/dt$ 探测不会失效。

注: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。

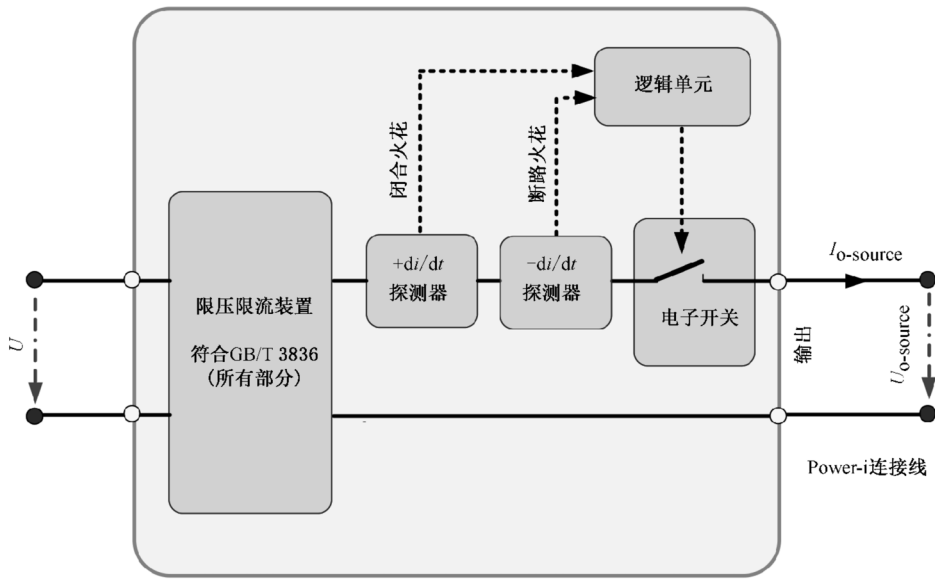


图 3 带限压限流装置的 Power-i 电源的元件

Power-i 电源应符合下列有关安全要求:

- a) 限压限流装置限制的 Power-i 电源输出电流 $I_{o-source}$ 和输出电压 $U_{o-source}$ 应符合表 1 和表 2 的要求。
- b) Power-i 电源应能探测 C.3.2 规定的输出电流 $I_o \pm di/dt$ 的动态变化。并且电源应从 Power-i 模式转换到关断模式。
- c) 关断模式下,输出电流 $I_{shutdown}$ 值可能不为 0,但不应超过 GB/T 3836.4 或者 GB/T 3836.18 规定的施加相应安全系数时允许电流 I_{o-GB} 值的 50%。即:

$$I_{shutdown} \leq 0.5 I_{o-GB}$$

- d) 在 Power-i 电源探测到火花信息 20 μs 内,Power-i 电源的输出电流应等于或小于 I_{o-GB} 值的 75%,即在过渡到关断模式的前 20 μs 内,允许瞬态输出电流 $I_{shutdown-20 \mu s}$ 不超过 I_{o-GB} 值的 75% (见图 C.5)。即:

$$I_{shutdown-20 \mu s} \leq 0.75 I_{o-GB}$$

- e) 在关断模式最长 40 μs 内,瞬态输出过冲电压 $U_{overshoot-40 \mu s}$ 超过额定输出电压 $U_{o-source}$ 的值应不大于 6 V。即:

$$U_{overshoot-40 \mu s} \leq U_{o-source} + 6 V$$

- f) Power-i 电源应符合 C.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 5.1a)和 d)对相应防爆型式的要求:
- 输出限压单元($U_{o-source}$)和输出限流单元($I_{o-source}$);
 - $+di/dt$ 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/T 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 现场装置的设计应不影响 Power-i 电源按照本文件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) 应确保闭合火花和断路火花的衰减方式不使 Power-i 电源的探测无效。
- b) 在 GB/T 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 μA 的情况除外。
不必根据 GB/T 3836.4 考虑 Power-i 现场装置的 L_i 、 C_i 值。C.3.3 规定的试验程序已有考虑。
- c) 应具有 GB/T 3836.1 规定的适用于相应爆炸性环境的防爆型式。
- d) 应具有按照 C.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 $AF_{field device}$ 有关的所有元件和瞬态脉冲试验(见 C.3.3.4)的结果应符合 5.1a)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/T 3836.4 的要求。

图 4 中的现场装置由一个去耦装置与一个负载组成,符合以上要求,且可广泛应用。该图显示了确保闭合和断路火花不会使 Power-i 电源的检测无效的现场装置的基本结构。

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

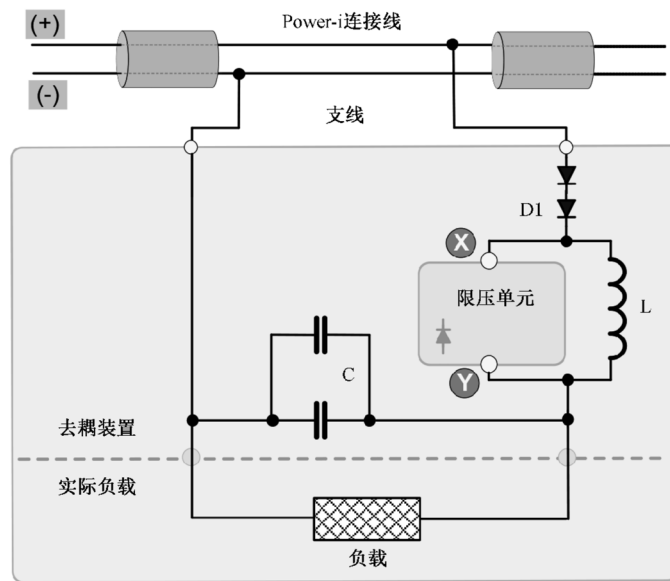


图 4 通用 Power-i 现场装置示例(基本结构)

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 C.3.3.4 的要求。

图 4 的实际示例如 B.3 所示。

5.4 Power-i 连接线

Power-i 连接线应符合下列要求:

- 火花脉冲的传输方式不应影响闭合或断路火花脉冲的检测。
- 所有 Power-i 连接线(Power-i 干线电缆,包括所有支线电缆)应符合 GB/T 3836.4、GB/T 3836.18 和 GB/T 3836.15 有关的要求。
- GB/T 3836.18 规定的 C 型多芯(多路)电缆不适用于 Power-i 连接线。
- 系统响应时间 $t_{\text{resp-system}}$ 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 干线的最大响应时间(见 C.3.4)。

- 每条支线最大长度不超过 15 m。整个 Power-i 系统的所有支线的总长度不超过 50 m。
- 如果 Power-i 干线电缆长度小于 40 m,则该电缆的响应时间值认为是 $0.5\text{ }\mu\text{s}$ (见 C.3.4.2)。对于这种情况,每条支线的长度不超过 10 m,整个 Power-i 系统中所有支线的总长度不超过 20 m。
- 本文件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: $80\text{ }\Omega \leq Z_w \leq 120\text{ }\Omega$; 电缆特征阻抗的规定值以 $100 \times (1 \pm 20\%)$ kHz 的测量频率为基础;g)不适用于 f)。
- 连接线应符合第 6 章和 C.3.4 的要求。
- Power-i 连接线使用屏蔽对于安全方面不是必需的。如果使用屏蔽,并且按照 GB/T 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。
- Power-i 连接线应对地隔离,隔离应符合 GB/T 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) 应按照 C.3.5 确定有关的安全参数；
- 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 $AF_{\text{terminator}}$ (C.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 5.1a)的要求；
- c) 应具有 GB/T 3836.1 规定的适用于相应爆炸性环境的防爆型式；
- d) Power-i 终端的输入电路应对地隔离,隔离应符合 GB/T 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,例如在现场总线系统中。

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

Power-i 终端的示例如图 B.5 所示。

5.6 Power-i 回路检测用试验装置

符合 GB/T 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) 有效电感小于 $5\ \mu\text{H}$ ($L_i < 5\ \mu\text{H}$)；
- b) 有效输入电容 C_i 小于 $1\ \text{nF}$,另外输入电阻大于或等于 $10\ \text{k}\Omega$ ($R_s \geq 10\ \text{k}\Omega$)；
- c) 试验装置的输入参数 U_i 和 I_i 应大于或等于 Power-i 电路的电压和电流等级；
- d) 除泄漏电流不大于 $50\ \mu\text{A}$ 外,试验装置不应向系统馈入能量。

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: 这些要求不适用于制造商生产、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 装置都应按照表 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 $U_{\text{O-source}}$	Power-i 电压级别
24 V	24 V
32 V	32 V
40 V	40 V

表 2 Power-i 电流级别定义

最大输出电流 $I_{\text{O-source}}$	Power-i 电流级别
0.5 A	0A5
1 A	1A0
1.5 A	1A5
2 A	2A0
2.5 A	2A5

在 GB/T 3836.4 规定的故障条件下,也不应超过表 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,可以认定其为 Power-i 2A5 电流级别。

带有内部电流限制时,不必通过 Power-i 电源限制电流来防止 Power-i 现场装置或 Power-i 终端过载,因此可以连接到 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 $t_{\text{resp-system}}$,同时考虑特定应用的类别和安全系数。

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

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 $t_{\text{resp-system}}$						
		1 μs	2 μs	4 μs	6 μs	8 μs	10 μs	12 μs
II C“ib” SF1.5	24 V	2A0	1A5	1A0	1A0	0A5	0A5	n.a
	32 V	2A0	1A5	1A0	0A5	0A5	n.a	n.a
II C“ic” SF1.0	24 V	2A5	2A5	2A0	1A5	1A0	0A5	0A5
	32 V	2A5	2A0	1A5	1A0	0A5	0A5	n.a
	40 V	2A5	1A5	1A0	1A0	0A5	n.a	n.a
II B“ib” SF1.5	24 V	2A5	2A5	2A0	1A5	1A0	1A0	0A5
	32 V	2A5	2A5	1A5	1A0	1A0	0A5	0A5
	40 V	2A5	2A0	1A5	1A0	0A5	0A5	0A5
II B“ic” SF1.0 和 II A、I 和 III SF1.0 和 1.5	24 V	2A5	2A5	2A0	1A5	1A0	1A0	0A5
	32 V	2A5	2A5	2A0	1A5	1A0	1A0	0A5
	40 V	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 1 V/μs 为基础。 注 2: 例如,选择的 Power-i 电压级别是 32 V,选择的系统响应时间是 2 μs: —— II C 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); —— II B 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: II A、I 类和 III 类的允许值与 II B ic 允许的值相同。								

表 3 的实际应用示例见附录 D。

附录 C 规定的评定程序已确定,适用于表 3 的参数和上述要求。不同的 Power-i 装置允许互换和即插即用的连接条件。

注:超出表 1、表 2 或表 3 范围的参数需要特殊考虑,不属于本文件的范围。

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 装置上标示。

- 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 终端与 Power-i 电源的电流级别匹配的 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) 在考虑具体应用的类别和安全系数的情况下,Power-i 系统响应时间应不超过表 3 中根据 Power-i 电源所使用的 Power-i 电压级别和 Power-i 电流级别所对应的值。

按照 C.3 确定 Power-i 系统响应时间 $t_{\text{resp-system}}$ 。

按下列公式计算：

$$t_{\text{resp-system}} = t_{\text{resp-source}} + 2t_{\text{resp-trunk}}$$

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 C.3 确定。

下列等式适用：

$$AF_{\text{source}} \geq (AF_{\text{terminator}} + AF_{\text{Power-i-trunk}} + AF_{\text{field device-1}} + AF_{\text{field device-2}} + \dots)$$

图 5 说明 Power-i 系统的评定过程。实际示例见附录 D。

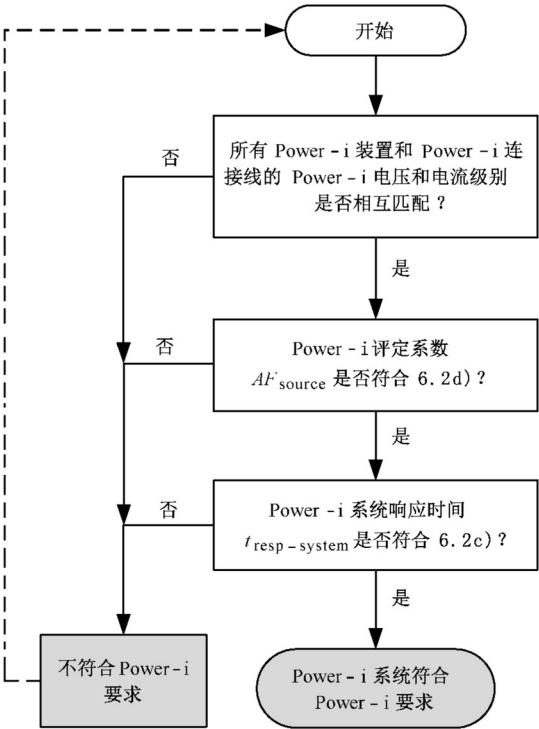


图 5 Power-i 系统的基本评定程序

7 评定和试验

7.1 确定安全有关参数的程序

应按照下列 Power-i 试验程序确定和验证 Power-i 装置和 Power-i 连接线的安全有关参数(具体信息见附录 C)：

- a) 确定安全有关的最大电气参数值(电压 U 和电流 I)，作为按照 5.7 对 Power-i 电压和电流级别进行分类的基础；
- b) 确定 Power-i 电源的响应时间 $t_{\text{resp-source}}$ 和 Power-i 干线的响应时间 $t_{\text{resp-trunk}}$ (见 C.3.4.2)；
- c) 用 C.3.2.3、C.3.3.3 和 C.3.3.5 规定的试验方法，确定 Power-i 电源、Power-i 现场装置，以及 Power-i 终端(如果适用)的评定系数(AF)；

注 1：包括系统的 Power-i 连接线在内的所有 Power-i 装置的评定系数 AF 对评定 Power-i 系统的安全性是有关的。

- d) Power-i 现场装置和 Power-i 电源应符合 C.3.2.5 和 C.3.3.4 规定的瞬态脉冲试验的要求；

注 2：该试验对确保本质安全瞬态性能(火花脉冲特性试验)是必要的。

- e) Power-i 电源应符合 C.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。

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 C.3.2.1	型式试验 C.3.3.1	型式试验 C.3.5.1	有关 C.3.4.1
b) 最大响应时间	型式试验 C.3.2.2	无关	无关	有关 C.3.4.2
c) 评定系数 AF	型式试验 C.3.2.3	型式试验 C.3.3.3	型式试验 C.3.5.3	有关 C.3.4.3
d) 瞬态脉冲试验	型式试验 C.3.2.5	型式试验 C.3.3.4	无关	无关
e) 评定系数试验	例行试验 C.3.2.4	无关	无关	无关

注 3：附录 C 规定的试验方法是以使用特定的试验脉冲为基础。因此要对 Power-i 装置(包括 Power-i 连接线)试验脉冲的变动进行分析，使不同生产商的不同 Power-i 装置能够实现互换和即插即用。

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_{source} (见表 5)。

8 Power-i 装置标志

8.1 通则

除了本章修改的地方之外,每台设备应按照 GB/T 3836.1 和 GB/T 3836.4 进行,此外“Power-i”后应注明“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,则应注意二者之间的区别。

对于 Power-i 电源,输出参数 U_o 、 I_o 、 C_o 、 L_o 、 P_o 、 L_o/R_o 无须标志。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 无须标志,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 ,以及规定的 Power-i 响应时间 t_{resp} (如适用)。

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

$-5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq +50\text{ }^{\circ}\text{C}$

合格证编号:

序列号:

[Ex ib Gb] II C

输入: $U_m=250\text{ V}$

输出:32V1A0

$t_{resp}=1.2\text{ }\mu\text{s}$ $AF=12$

b) 电源

Power-i 电源

XYZ 公司,地址,型号 BCD-YY1

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

合格证编号:

序列号:

Ex eb mb [ib Gb] II C T4 Gb

输入: $U_m=250\text{ V}$

输出:32V2A0

$t_{resp}=0.7\text{ }\mu\text{s}$ $AF=10$

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 II C T4 Gb

输入: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 II B T4 Gb
输入:40V1A5
 $AF=2.8$

9 说明书

说明书除按 GB/T 3836.4 文件要求外,还应包括装置的型号和 Power-i 参数:

——Power-i 电源:输出参数、 t_{resp} 和评定系数 AF ;

——Power-i 现场装置和 Power-i 终端:输入参数和评定系数 AF 。

对于 Power-i 电源,输出参数 U_o 、 I_o 、 C_o 、 L_o 、 P_o 、 L_o/R_o 无须提及。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 无须提及。

附 录 A
(资料性)

Power-i 基本原理解释和具体情况

A.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。特别地,相关的火花参数有: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/空气混合物的初始体积规定的点燃温度。因此,在初始体积中达到一定的能量密度是必需的。在一定的火花持续时间内,由于能量密度维持源于功率损耗,因此可以推断出,在点燃过程中,“时间”因素非常重要。通过用特定的方法影响“时间”因素,则会对点燃特性产生较大影响,这意味着能明显提高本质安全认证值。现有标准 GB/T 3836.4 未考虑这种情况。

Power-i 考虑了上述情况,并把“时间”因素考虑在内。因为这基于动态认知,是对最重要的安全条件的反映。

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/T 3836.4 火花试验装置给出的断路火花典型曲线,有助于理解 Power-i 的运行原理。图 A.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点是起始步骤电压上升高于 10 V,同时电流值下降。火花结束的特点是电源达到最大输出电压。

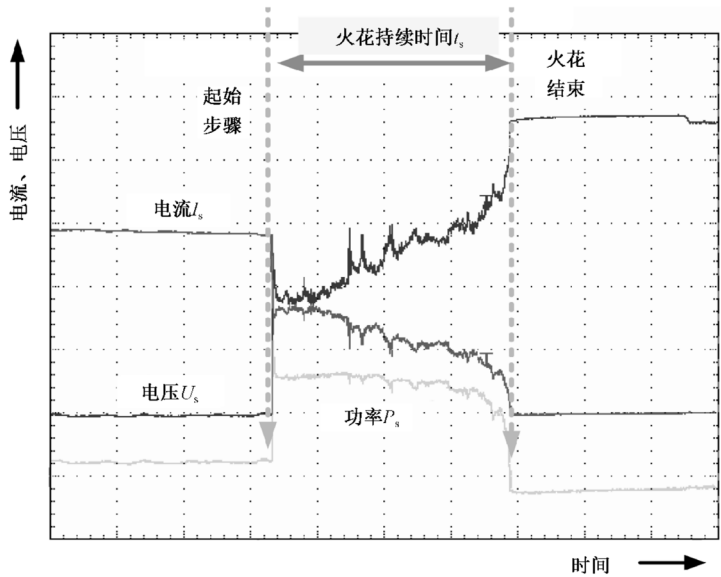


图 A.1 线性限制电源产生的断路火花的典型曲线示例

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 $20\ \text{ms}$ 之间(对于 II C 类设备)。不同的火花持续时间导致传输给火花和危险混合物的能量无法确定。在传统的本质安全技术中,传输给火花的能量限制到很小的值,使热损耗超过所传输的能量。因此,电弧周围的气体温度不会达到点燃

限值。这意味着可获得的功率也受到限制。

Power-i 不依靠限制功率,而是依靠限制时间。这意味着根据不同功能要求可以提供更多功率,对火花时间的限制确保了气体混合物的温度不会达到点燃限值(见图 A.2)。

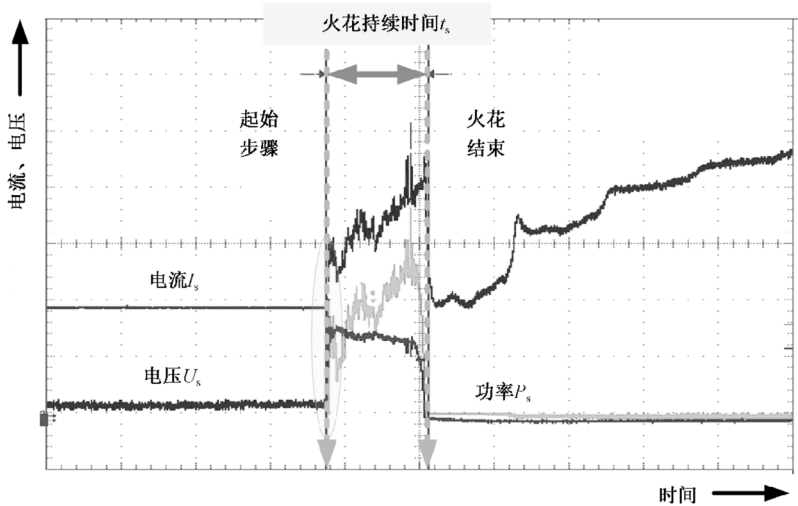


图 A.2 Power-i 限制的断路火花典型迹线示例

当使用 Power-i 装置时,图 A.2 的起始步骤与图 A.1 所示的步骤相同。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(通过电缆的传输时间)和 Power-i 电源的响应时间(电源的硬件关断时间)。对于 Power-i 电源,假定响应时间为 $1\ \mu\text{s}$,通过 1 000 m 电缆/干线传输时间的典型值是 $10\ \mu\text{s}$ 至 $15\ \mu\text{s}$ 。因此,可以准确地计算出相应的最大火花能量。

A.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,整个系统在 GB/T 3836.4 或 GB/T 3836.18 规定的本质安全区域内运行。Power-i 模式是正常的运行模式。Power-i 将火花形成作为控制目标,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,作为整体进行安全有关性能的评定。

从关断模式到 Power-i 模式可能有两种过渡模式:

- 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短,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,比如电磁阀、加热元件等。
- 电压阈值返回模式:在从关断模式过渡到 Power-i 模式过程中,将超过规定的阈电压 U_{thres} ,应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阻状态,直至完成向 Power-i 模式转换(见图 A.3)。

图 4 为确保这种特性的硬件示例。这种模式的目的是向更复杂的应用供电(例如现场总线设备)。

这两种转换模式下,下列情况均适用:如果在返回 Power-i 模式过程中,探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。

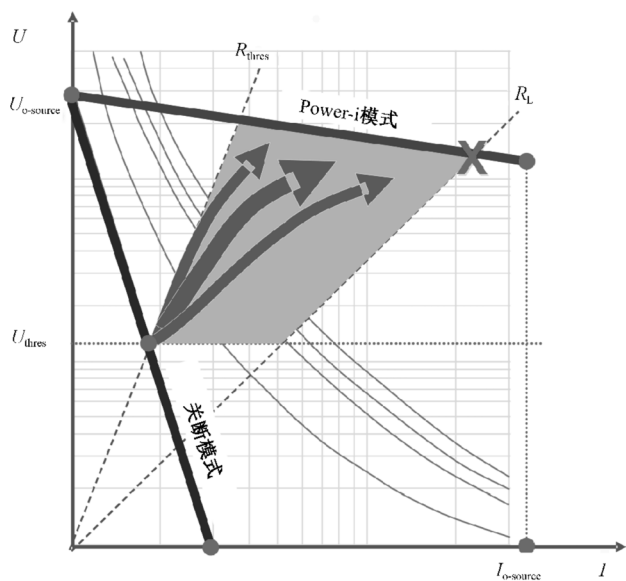


图 A.3 在负载连接期间 Power-i 电源的特性曲线输出设置示例

图 A.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/T 3836.4 或 GB/T 3836.18 规定的值。Power-i 范围是基于符合图 A.4 的硬件原理的正常范围或工作范围。

- a) 关断模式:(见图 A.5——图 A.4 的电子开关 S1 开关打开)。该曲线完全位于符合 GB/T 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,决定了 Power-i 电源的输出在钳位电压处。一旦超过规定的阈电压 U_{thres} (见图 A.3 的 U_{thres} 和 R_{thres}),则开始转换到 Power-i 特性范围。
- b) Power-i 模式:(见图 A.5——图 A.4 的电子开关 S1 开关闭闭)。Power-i 模式下,允许在最大输出功率的范围内运行。
- c) 如果探测到电流变化 di/dt 高于动态关断的最小触发值,则使其快速返回关断模式(图 A.4 的电子开关 S1 开关断开)。

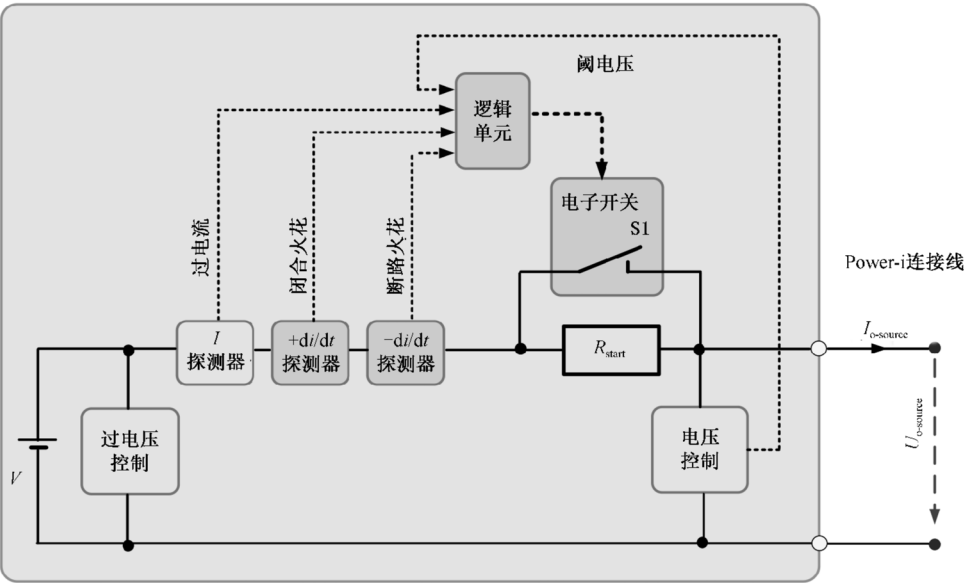


图 A.4 电压阈值返回模式 Power-i 电源的基本原理

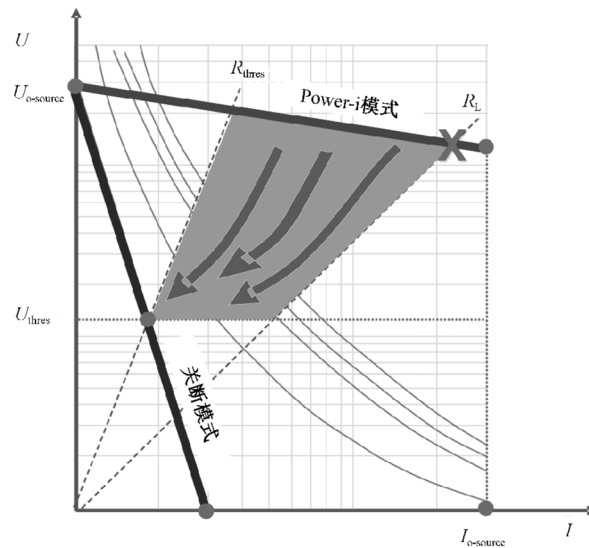


图 A.5 故障情况下 Power-i 电源特性曲线输出设置示例

从关断模式到 Power-i 模式转换(起动)会很慢,在毫秒范围内,但这与安全无关。从 Power-i 模式转换到关断模式与安全有关,时间宜尽可能短(在几微秒的范围内)。

A.3 作为 Power-i 最小点燃值基础的测量和研究结果

A.3.1 测定点燃概率的试验设置

为了找出表 3 中最不利情况下的点燃值,用图 A.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 A.6 和图 A.7)如下:

- Power-i 电源:受试装置;
- STA:符合 GB/T 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;
- 去耦合单元: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。

使用这些试验配置,得出 10^{-3} 或更小的点燃概率,即允许 1 000 次接触点燃 1 次。

测定点燃限值的程序:

按照 GB/T 3836.4 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,需要确保在火花试验装置闭合或断开触点期间,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 进行试验,如图 A.7 所示。试验结果见图 A.8、图 A.9 和图 A.10。测得的曲线中标记的值,以至少点燃 15 次为基础。

所有试验都使用富氧混合物,即 30% 的氢、53% 的空气和 17% 的氧,用 II C 类设备进行,安全系数 1.5(符合 GB/T 3836.4)。

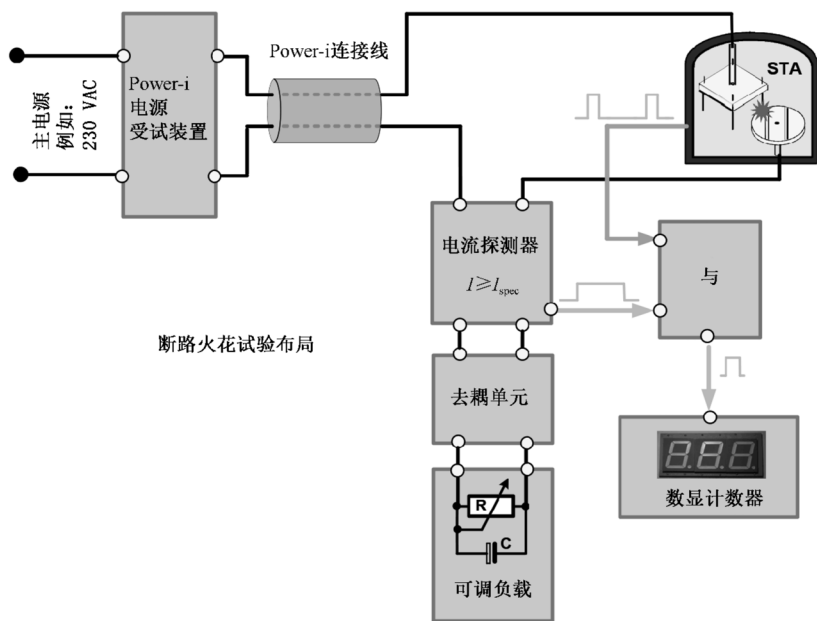


图 A.6 包含 STA 的断路火花试验配置

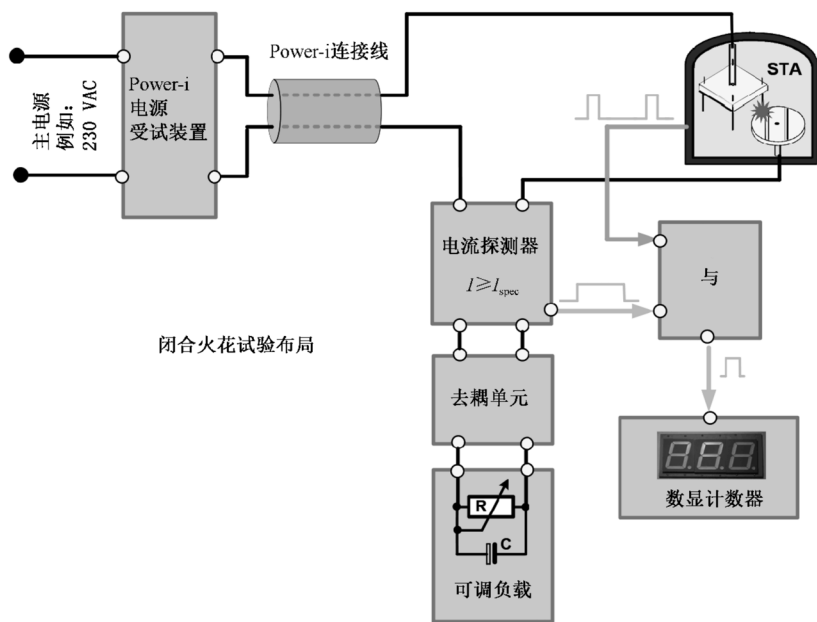


图 A.7 包含 STA 的闭合火花试验配置

表 3 得出的点燃曲线的前提条件如下：

图 A.11 显示了使用的氢气/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 μJ 。对于 II C 类、安全系数 SF 1.5 的富氧混合物，最小点燃能量约为 10 μJ 。对于 II C 类、安全系数 SF 1.0 的混合物，以及对于 II A 类和 II B 类、安全系数 SF 1.5 的混合物，是基于符合 GB/T 3836.4

的氢气/空气混合物。

A.3.2 火花点燃试验结果及其在表 3 中的应用

使用 GB/T 3836.4 火花试验装置,对 II C 类设备的富氧混合物进行试验,得出图 A.9 和图 A.10 中的所有曲线。

图 A.9 和图 A.10 中的所有曲线命名为“……表 3”作为参考。此处仅标示的点与表 3 的有效电流等级相对应。

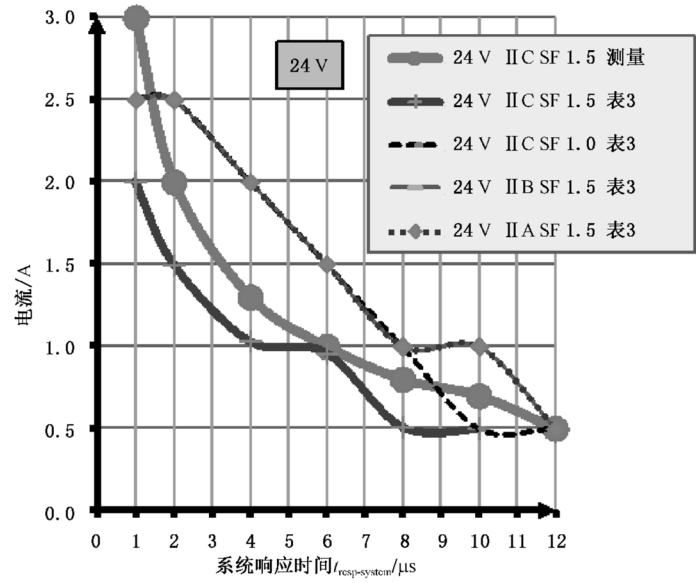


图 A.8 电压级别 24 V(24 VDC)的 Power-i 点燃曲线

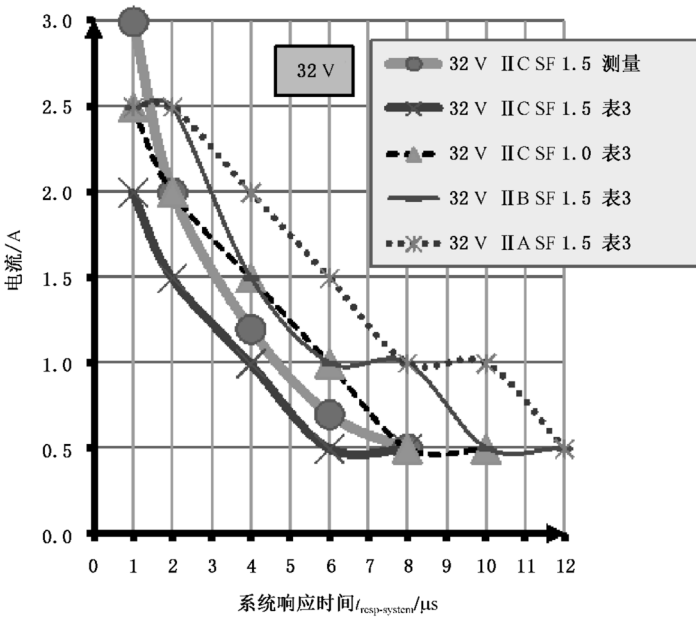


图 A.9 电压级别 32 V(32 VDC)的 Power-i 点燃曲线

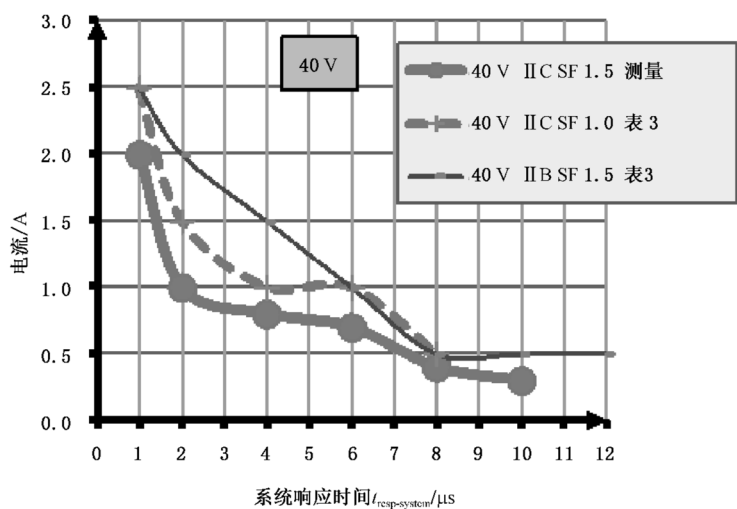


图 A.10 电压级别 40 V(40 VDC)的 Power-i 点燃曲线

注：在图 A.10 中曲线“40 V IIC SF 1.5 测量”是曲线“40 V IIC SF 1.0 表 3”和“40 V IIB SF 1.5 表 3”的依据。

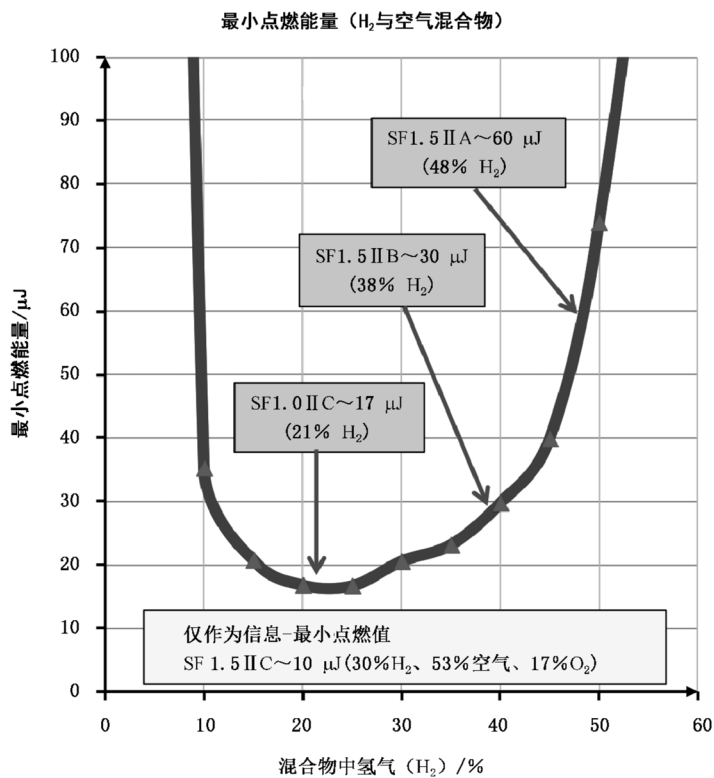


图 A.11 点燃能量与使用的气体混合物中氢气体积分数之间的关系

附录 B

(资料性)

Power-i 装置和系统示例

B.1 电磁阀 Power-i 应用

图 B.1 所示是简单电磁阀的优化的 Power-i 系统,对 II C、Power-i 保护等级 ib、安全系数 SF 1.5 有下列限制条件:

$20\text{ V d.c.} \leq U \leq 30\text{ V d.c.}, P < 15\text{ W}$,最大干线长度=400 m

这相当于最大 Power-i 应用级别:32V2A0。

具体应用的示例如图 B.1 所示,图 B.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:

$$L \geq 10\text{ mH}, C \geq 500\text{ nF}, R_3 = \frac{5\text{ V} \times R_2}{(U_{0\text{-source}} - 5\text{ V})} \geq 1\,000\ \Omega$$

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

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

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)。

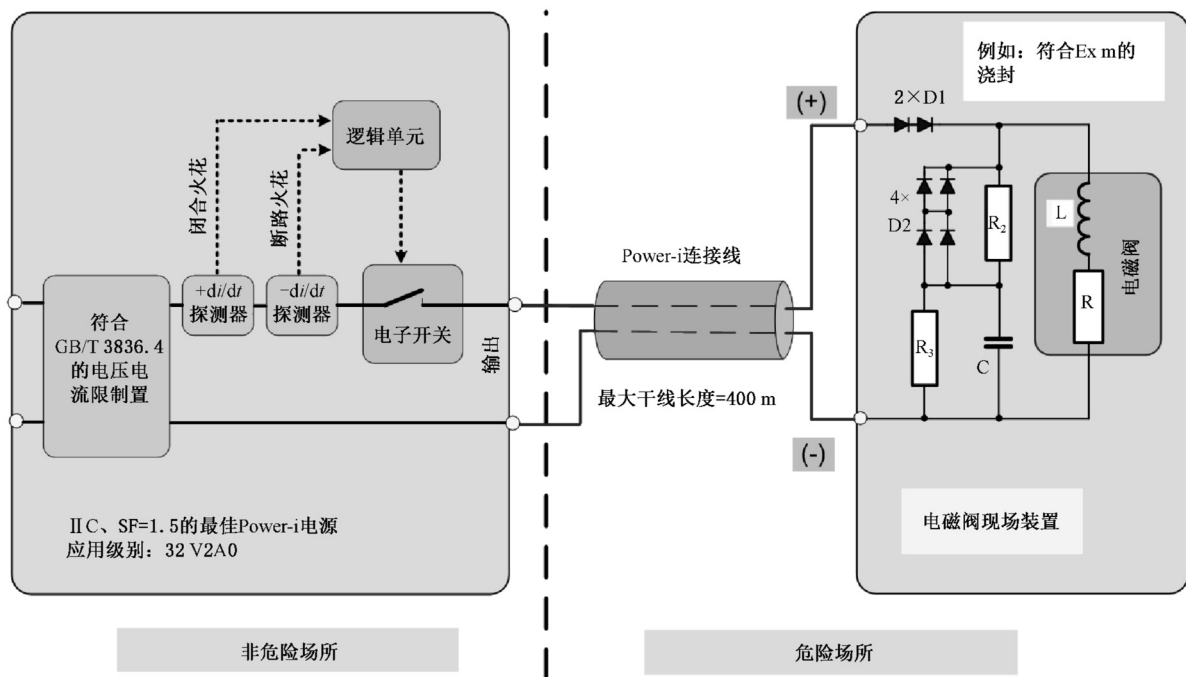


图 B.1 简单电磁阀 Power-i 应用(示例)

注：其他的 U、I、P 的参数或者干线长度也是可能的,但是对这种情况需要考虑附加安全要求。

B.2 通用设计 Power-i 电源示例

图 A.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 15 V 的阈电压 U_{thres} (或其他从 10 V 到 $2/3$ 电源电压的值)时,防止从关断模式返回到 Power-i 模式;
(其他值从 10 V 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,才能允许从关断模式转化成 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 电源具有确定的启动特性。

B.3 Power-i 现场装置示例

图 B.2 所示是通用类型的 Power-i 现场装置示例。其中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: 对于划分温度组别,软启动与安全性能有关。

图 B.2 中的电容 C 与对连接的不同类型的负载(任意负载,例如高电感)产生可探测的 di/dt 脉冲有关。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 B.2 所示的 Power-i 现场装置确保了 Power-i 连接线中的任何闭合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”等级)的关断动作。

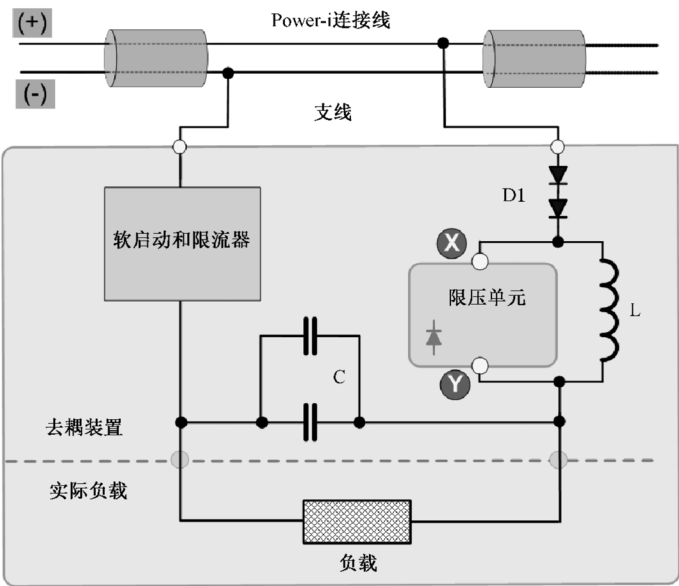


图 B.2 通用类型 Power-i 现场装置示例

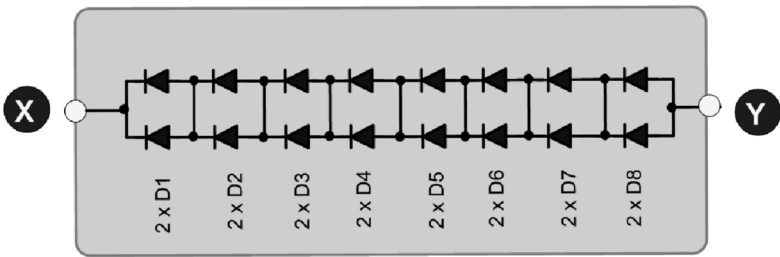


图 B.3 限压装置示例(“ib”等级)

注 2: 一个二极管短路时,通过限压装置的电压下降 0.7 V。

B.4 Power-i 模拟负载示例

图 B.4 所示是一个 Power-i 模拟负载的详细电路示例。

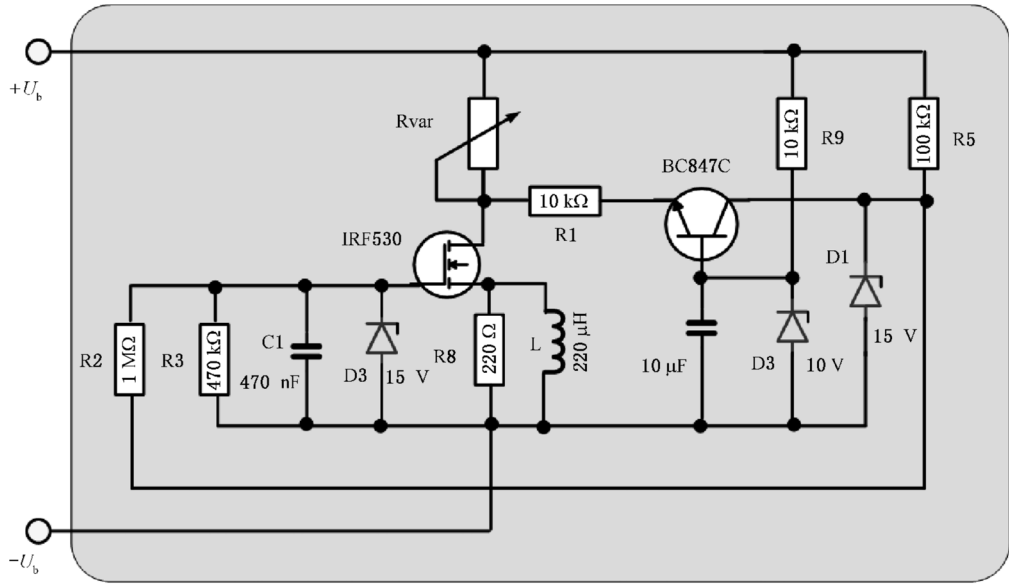


图 B.4 Power-i 模拟负载示例

B.5 Power-i 终端示例

“ib”保护等级 Power-i 终端示例如图 B.5 所示。

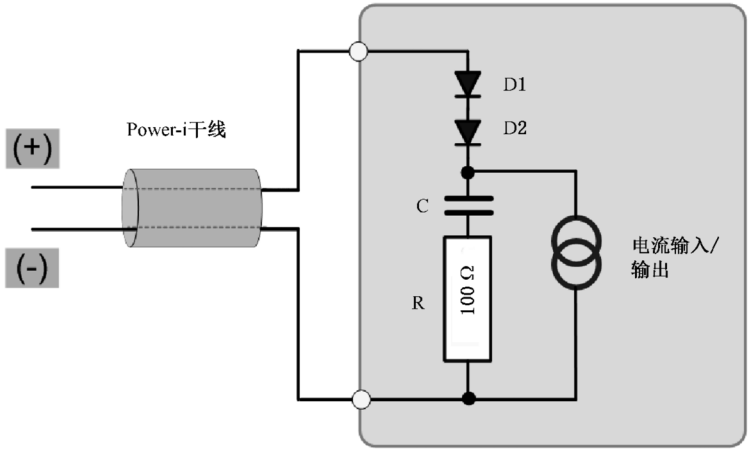


图 B.5 Power-i 终端示例

图 B.5 中,仅二极管 D1 和 D2 与安全有关。

注: 仅用于数据传输时需要电流消耗来产生电流偏差。

附录 C

(规范性)

Power-i 安全参数评定

C.1 总则

7.1 和本附录规定的 Power-i 的专用试验程序是 Power-i 装置和 Power-i 连接线有关安全参数确定和验证的依据。必要的评定程序如图 5 所示。

C.2 Power-i 试验设备

C.2.1 Power-i 通用试验设备

图 C.1 所示是 Power-i 通用试验设备的示意图,用于测定 Power-i 具体参数,确定 Power-i 具体特性。

Power-i 通用试验设备元件(图 C.1):

a) 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 $0.2 \mu\text{s}$;

1) 断路火花用基准矩形脉冲 $\Rightarrow -di/dt$;

单点正向基准脉冲最大幅值 $U_{\text{pulse-ref}} = +10 \times (1 \pm 5\%) \text{ V}$ 。幅值绝对值能够调节到较小值,规定的基准脉冲持续时间 $t_{\text{pulse-generator}} = 20 \times (1 \pm 5\%) \mu\text{s}$;

2) 闭合火花用基准矩形脉冲 $\Rightarrow +di/dt$;

与正向基准脉冲类似,产生的负向脉冲 $U_{\text{pulse-ref}} = -10 \times (1 \pm 5\%) \text{ V}$ 具有与 1) 同样的脉冲特性。

b) 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 1: 转换开关 S1 位置模拟电缆平行通路的故障。在位置 A, 试验设备减弱施加的脉冲, 形成最低脉冲幅值。

c) 可变电阻 R_{variable}

可调节阻值的欧姆电阻,能调节出按 GB/T 3836.4 给定的 U_0 和 I_0 比值的阻值。

d) 耦合模块

具有特定特征阻抗 Z_w , 用以模拟线路阻抗的简单等效电路:

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

e) 低通滤波器

简单的低通 RC 滤波器。

f) 开关 S2

用于转换脉冲幅值测量模式(S2 位置“OFF”)。

g) 直流去耦器

用于把 Power-i 通用试验设备的直流信号去耦。

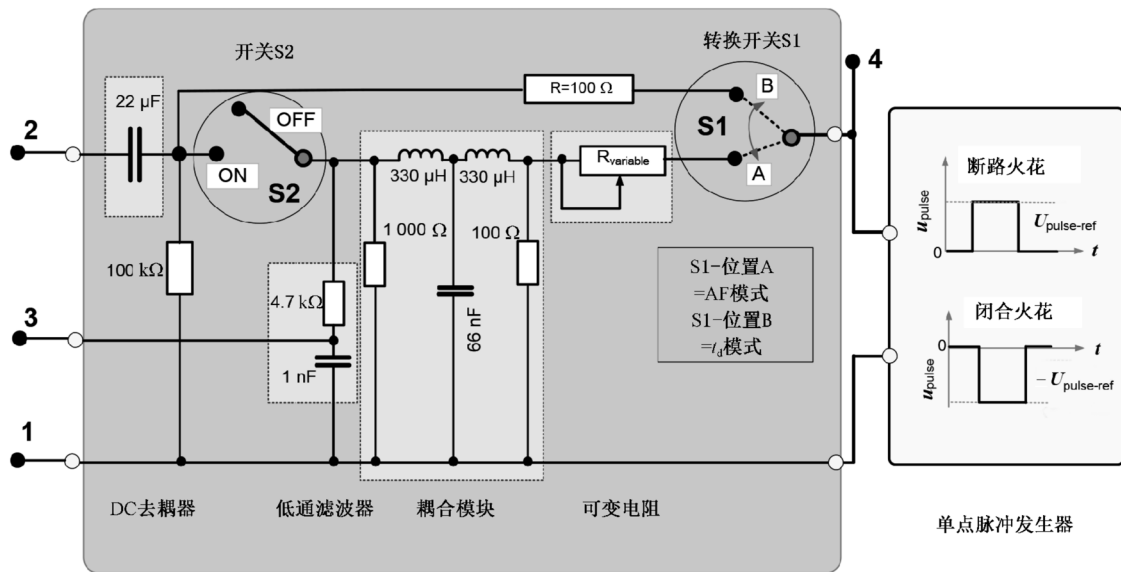


图 C.1 Power-i 通用试验设备的基本原理

图 C.2 显示图 C.1 在端子 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 装置连接在端子 2 和 1 之间。

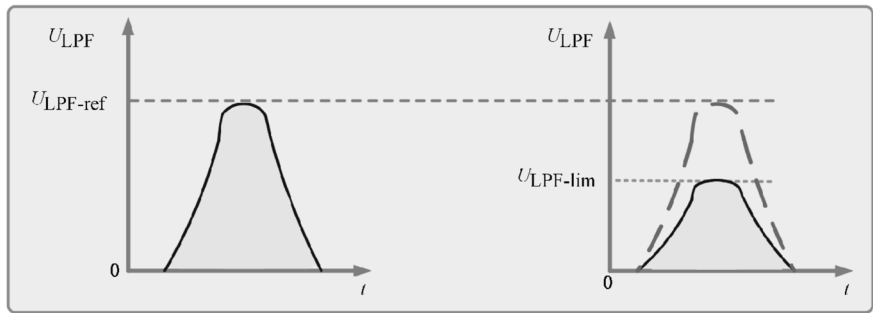


图 C.2 图 C.1 中端子 3 和 1 之间的脉冲输出

注 2: 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 C.6 和图 C.10)。

C.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。

模拟负载应对通用试验设备(见图 C.1)的试验脉冲产生的影响降至最小。

Power-i 模拟负载的原理如图 C.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 B.4 所示。

Power-i 模拟负载的评定系数按照 C.3.3.3 确定。在这种情况下,图 C.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 B.4 所示。

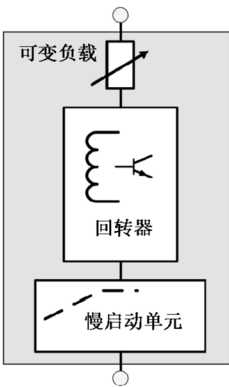


图 C.3 Power-i 模拟负载的基本原理

C.3 测定 Power-i 装置和 Power-i 连接线的安全有关参数

C.3.1 通则

本文件基于 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不应低于 50 MHz。

C.3.2 Power-i 电源的安全有关参数

C.3.2.1 确定 Power-i 电源的安全有关最大参数值

为了确定 Power-i 电源应用级别,在 GB/T 3836.4 规定的 U_0 和 I_0 条件下,Power-i 电源 $U_{0-source}$ 和 $I_{0-source}$ 输出值不应超过表 1 和表 2 中电压和电流级别的规定值。

C.3.2.2 确定 Power-i 电源的响应时间 $t_{resp-source}$

用图 C.4 所示的试验设备测定 Power-i 电源的响应时间 $t_{resp-source}$ 。用符合图 C.1 的 Power-i 通用试验设备(包括单点脉冲发生器)产生的特定试验脉冲,产生符合 5.2 的关断模式,确定 $t_{resp-source}$ 。进行该试验时,应将转换开关 S1 置于位置 B,将开关 S2 置于位置“OFF”,见图 C.1。应采用可调节 Power-i 模拟负载(见 C.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。

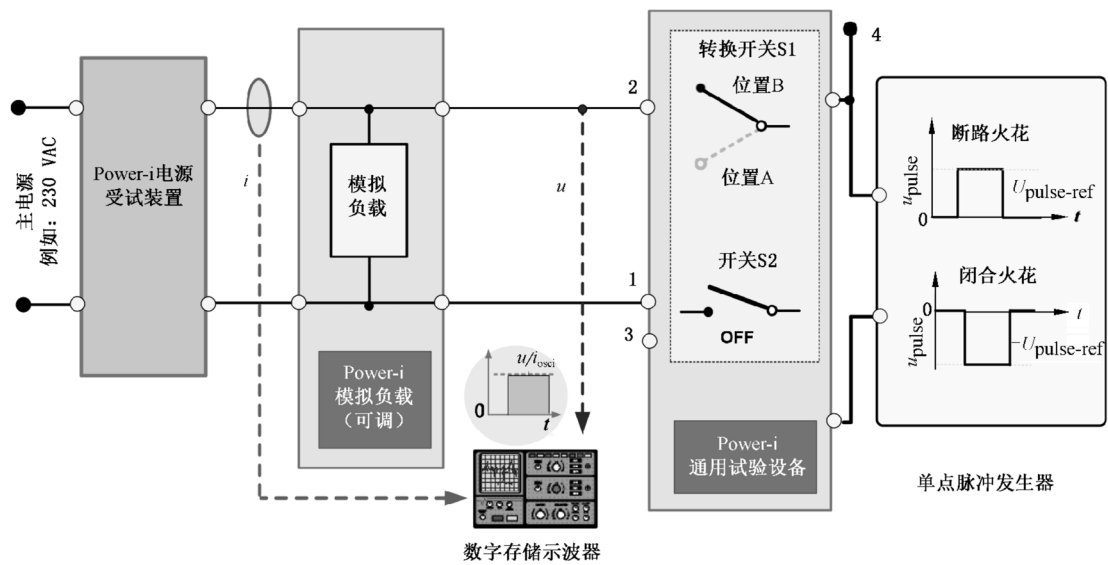


图 C.4 确定响应时间 $t_{\text{resp-source}}$ 的设备基本原理

当满足 5.2b)、d)、e)规定的条件时,实现关断。

注: 更多信息见 A.2。图 A.4 中, I_{shutdown} 的值取决于电阻 R_{start} 的值。

图 C.5 所示是确定 Power-i 电源(24 V、II C、SF 1.5)响应时间 $t_{\text{resp-source}}$ 的示例。

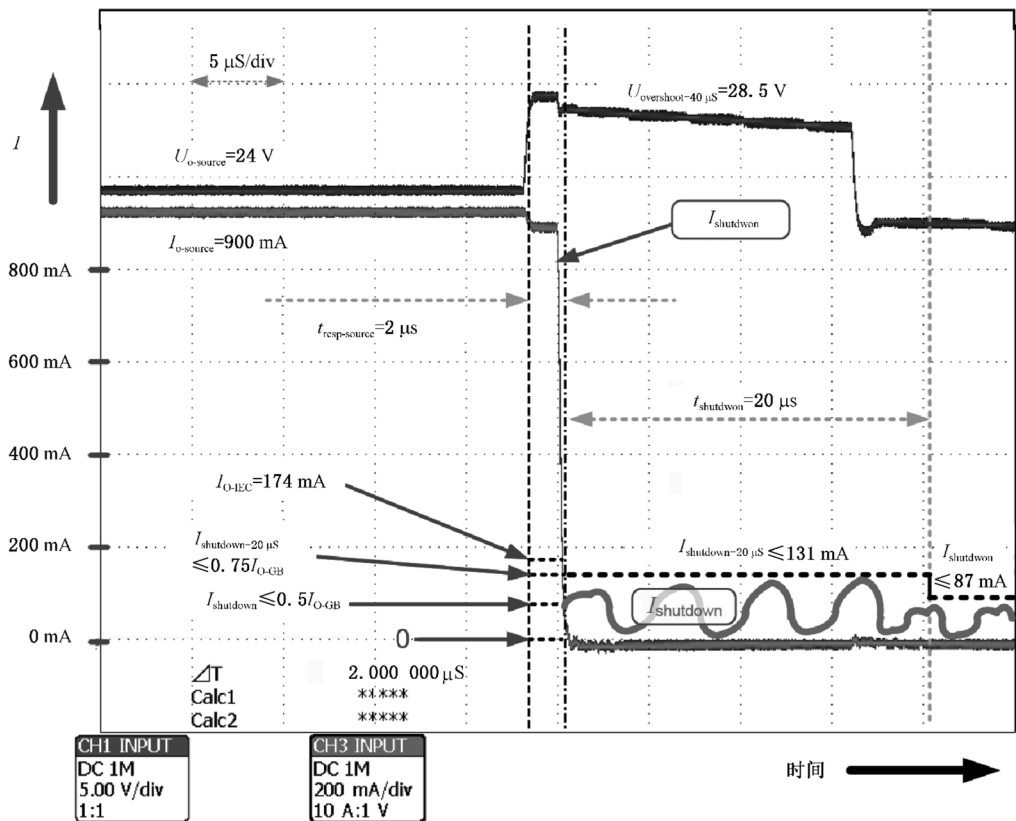


图 C.5 确定响应时间 $t_{\text{resp-source}}$ 的示波图示例

C.3.2.3 确定 Power-i 电源评定系数 AF_{source}

用图 C.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,用符合图 C.6 要求的可调 Power-i 模拟负载(见 C.2.2)进行试验。进行该试验时,应将 Power-i 通用试验设备(见图 C.1)中转换开关 S1 置于位置 A。

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。

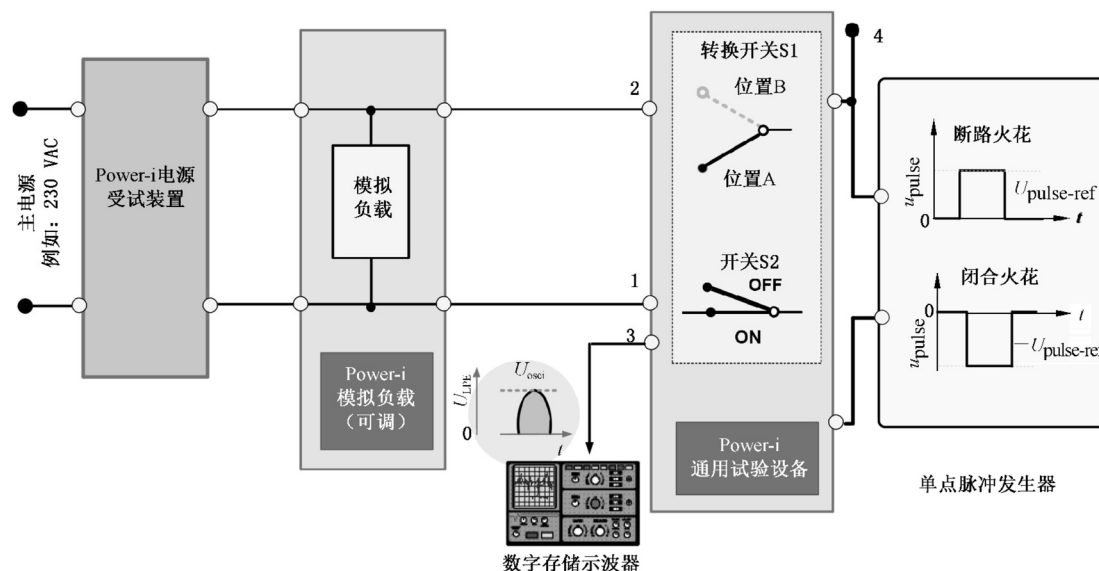


图 C.6 确定评定系数 AF_{source} 的试验设备(基本原理)

“Power-i 电源 AF_{source} ”试验设备组成元件：

- 包含单点脉冲发生器的 Power-i 通用试验设备,其中 S1 在开关位置 A(见图 C.1);
- 可调的 Power-i 模拟负载;

用于验证在以下规定负载范围内的安全关断:

- 最大输出: $I_{\text{o-source-max}}$;
- 最大输出的 $3/4$: $\frac{3}{4}I_{\text{o-source-max}}$;
- 最大输出的 $1/2$: $\frac{1}{2}I_{\text{o-source-max}}$;
- 最大输出的 $1/4$: $\frac{1}{4}I_{\text{o-source-max}}$ 。

确定 Power-i 电源评定系数的程序:

- 按照图 C.6 所示设置试验布局。
- 图 C.1 中的 R_{variable} 应按 GB/T 3836.4 进行调节,例如,已知电压 $U=24\text{ V}$,允许最大电流 $I=174\text{ mA}$,则应调节 R_{variable} 使电阻 $R=138\ \Omega$ 。
- 调节 Power-i 模拟负载以获得 Power-i 电源的最大输出功率(最大输出电流 $I_{\text{o-source}}$)。
- 将 Power-i 通用试验设备(见图 C.6)接在端子 4 上,将单点脉冲发生器的断路火花基准矩形脉冲调节为以下参数:

$$U_{\text{pulse-ref}} = 10 \times (1 \pm 5\%) \text{ V}, t_{\text{pulse-ref}} = 20\ \mu\text{s} \pm 1\ \mu\text{s}$$

- 开关 S2 在位置“OFF”:脉冲发生器产生一个单点脉冲,并在低通滤波器输出端子 3(见图 C.2)

测量通用试验设备的最大基准脉冲峰值 $U_{\text{LPF-ref}}$ ，用于测定 Power-i 电源评定系数的基准值 $U_{\text{LPF-ref}}$ 。

- f) 开关 S2 在位置“ON”上：逐渐减小矩形脉冲幅值 ($U_{\text{pulse}} < 10 \text{ V}$)，直至 power-i 电源关断；应用该脉冲核查关断特性；当满足 5.2 所述的条件时，视为达到关断状态。
- g) 开关 S2 在位置“OFF”上：按照 f) 的方法，用示波器在图 C.6 所示低通滤波器输出端子 3，测定下降脉冲最大值 $U_{\text{LPF-lim}}$ 。
- h) 根据下式得出电源评定系数 AF_{source} （见图 C.2）

$$AF_{\text{source}} = 20 \lg \frac{U_{\text{LPF-ref}}}{U_{\text{LPF-lim}}}$$

- i) 对 $1/4$ 、 $1/2$ 和 $3/4 I_{\text{o-source-max}}$ 的模拟负载，重复进行试验步骤 d) 至 h)。
- j) 用符合图 C.1 和 C.6 的 Power-i 通用试验设备产生闭合火花的基准矩形脉冲，重复试验步骤 e) 至 i)。
- k) 应将所有试验确定的最低评定系数作为额定评定系数 AF_{source} 。

C.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 C.7 所示的试验设备进行该试验。

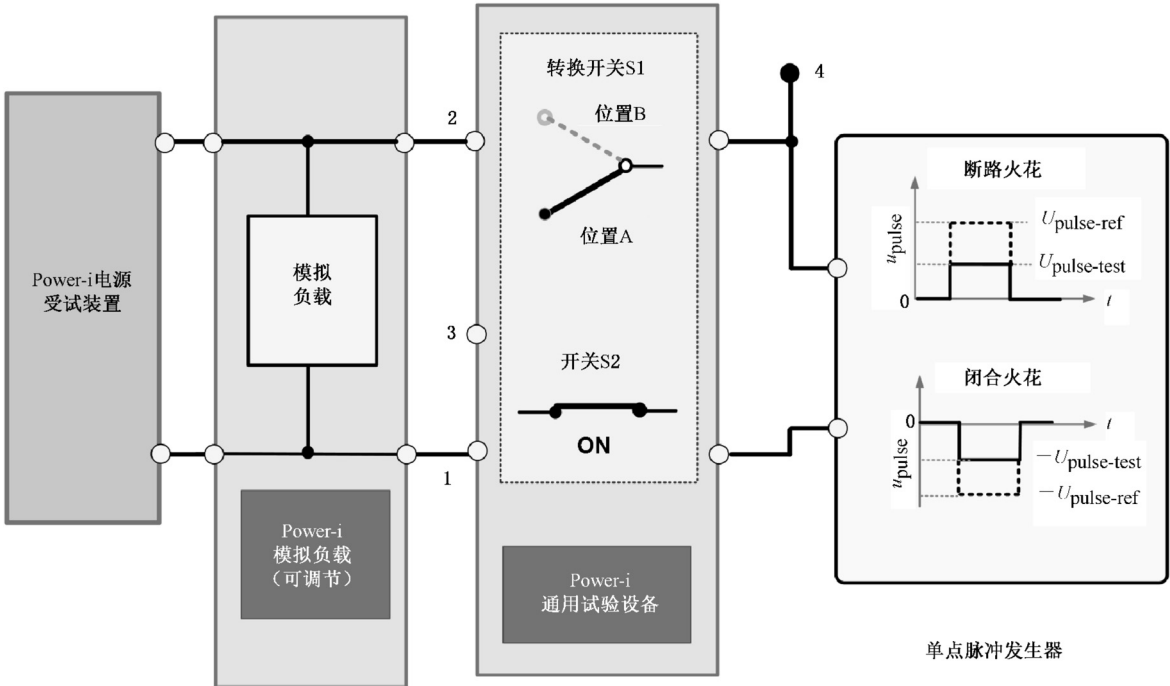


图 C.7 Power-i 电源评定系数试验用试验设备

评定系数试验程序：

- a) 按图 C.7 所示设置试验布局。
- b) Power-i 通用试验设备(见图 C.1)的 R_{variable} 应符合 GB/T 3836.4 的要求。
(例如 $U = 24 \text{ V} \Rightarrow I = 174 \text{ mA} \Rightarrow R_{\text{variable}} = 138 \Omega$)
- c) Power-i 模拟负载(见 C.2.2)应调节至 Power-i 电源负载最大额定输出电流。
- d) 图 C.7 的单脉冲发生器在端子 4 上的脉冲幅值 $U_{\text{pulse-test}}$ 应按下列等式调节：

$$U_{\text{pulse-ref}} = 10 \times (1 \pm 5\%) \text{ V}$$

$$U_{\text{pulse-test}} = U_{\text{pulse-ref}} \times 10^{-\frac{AF}{20}} = 10 \text{ V} \times 10^{-\frac{AF}{20}}$$

$$U_{\text{pulse-ref}} = 20 \text{ } \mu\text{s} \pm 1 \text{ } \mu\text{s}$$

AF 是 C.3.2.3i)规定的受试 Power-i 电源的额定评定系数 $AF_{\text{source } o}$

图 C.8 是断路火花的一个试验程序示例。该示波器中给定的评定系数的值是 $AF=8.29$ 。用 d) 中的公式, 得出该试验脉冲幅值的计算值 $U_{\text{pulse-test}}=3.85 \text{ V}$ 。该脉冲幅值应使得符合 5.2 所述条件的 Power-i 电源关断。

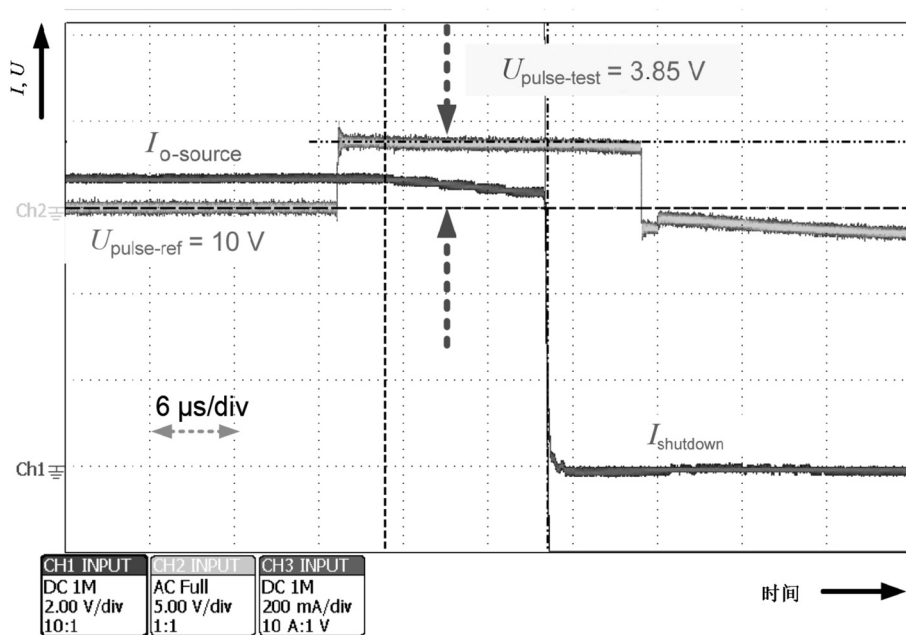


图 C.8 Power-i 电源评定系数 $AF=8.29$ 时断路火花试验示波器示例

- e) 脉冲幅值符合 d) 的单点断开脉冲应使符合 5.2 所述条件的 Power-i 电源关断。
- f) 对单点闭合脉冲进行同样的试验。
- g) 当满足 e) 和 f) 的条件时, 试验合格。

C.3.2.5 Power-i 电源的瞬态脉冲试验

图 C.9 是对如图 3 所示的最简单 Power-i 电源进行瞬态脉冲试验时所需要的设备设置。

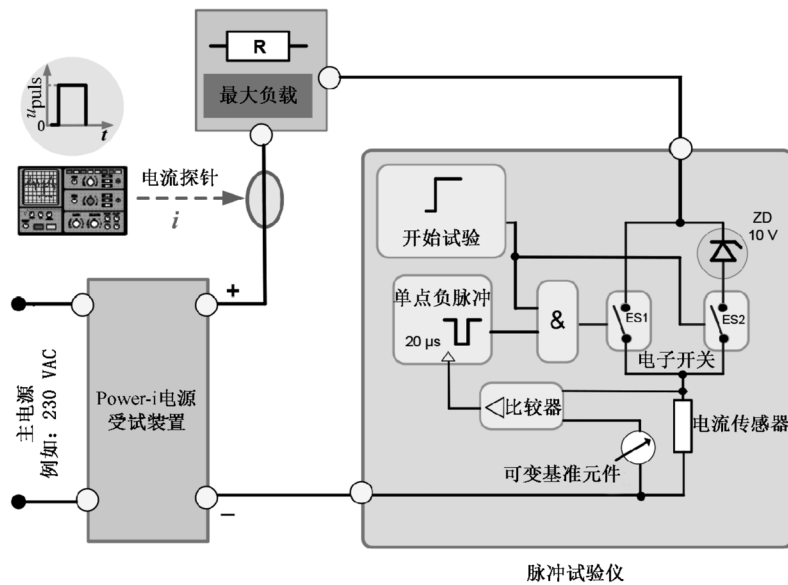


图 C.9 Power-i 电源瞬态脉冲试验设备

试验设备由下列元件组成：

- a) Power-i 电源(受试装置)；
- b) 最大负载(依据 Power-i 电源标志)；
- c) 数字存储示波器；
- d) 脉冲测试仪,包含下列元件：
 - 启动按钮；
 - 电子开关:ES1 和 ES2 模拟最大负载的连接/断开；
 - 电流传感器和可变基准元件:用于调节比较器阈值 $U_{\text{var ref}}$ ；
 - 负向单点脉冲:当通过电流传感器的电流超过阈值时,由比较器触发。

进行 Power-i 电源瞬态脉冲试验的程序：

- a) 按图 C.9 所示设置试验布局。

注 1: 启动按钮的正向脉冲使 ES1 和 ES2 闭合,使最大负载接入 Power-i 电源,随后电流下降至关断 Power-i 电源。

注 2: 开关闭合之后,由于 Power-i 电源的缓慢启动特性,通过电流传感器的电流增大。

注 3: 如果电流传感器两端的电压超过初始调节的基准电压 $U_{\text{var ref}}$,比较器触发单点负向脉冲,使 ES1 关断,且系统产生一个 10 V 的脉冲。

- b) 调节图 C.9 中可变基准元件以调节基准电压 $U_{\text{var ref}}$,使之在电流值为最大输出电流 $I_{\text{O-source}}$ 的 25%、50%、75% 和 100% 时,触发电压比较器。
- c) 按下启动按钮,验证符合 5.2b) 所述条件的 Power-i 电源是否关断。可以使用示波器检查电流下降特性,确认是否关断。

C.3.3 Power-i 现场装置的安全有关参数

C.3.3.1 确定 Power-i 现场装置的安全有关最大参数值

安全有关最大参数值应符合 GB/T 3836.4 和 GB/T 3836.18 的要求,并应按照 5.7 分级。

C.3.3.2 确定 Power-i 现场装置的响应时间 $t_{\text{resp-field device}}$

不必测定 Power-i 现场装置的响应时间 $t_{\text{resp-field device}}$ (见 5.3)。

C.3.3.3 确定 Power-i 现场装置的评定系数 $AF_{\text{field device}}$

图 C.10 所示是确定评定系数所需要的试验设备配置。应在 Power-i 现场装置最大负载条件下进行该试验。

图 C.10 中试验设备的元件：

- Power-i 通用试验设备(见图 C.1)；
- 电压源：产生现场装置规定的最大电压；
- 耦合模块：包含一只电感器和一只 $100\ \Omega$ 电阻器并联；
- 开关 S3：用于把现场装置与测量装置连接起来；
- 可加载最大负载的 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) 按图 C.10 所示设置试验布局。
- b) 按图 C.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；
 - 将单点脉冲发生器连接在图 C.10 所示的端子 4 上，调节断路火花脉冲峰值达到 $+10 \times (1 \pm 5\%) \text{ V}$ 。
- c) 按图 C.10 设置试验设备：
 - 开关 S3 在位置“OFF”：电压源调节到安全有关最大值；
 - 开关 S3 在位置“OFF”：用示波器在通用试验设备(见图 C.1)的输出端子 3 测量脉冲峰值 $U_{\text{L,PF-ref}}$ (见图 C.2)；
 - 开关 S3 在位置“ON”：用示波器在通用试验设备(见图 C.1)的输出端子 3 测量脉冲峰值 $U_{\text{L,PF-lim}}$ (见图 C.2)。
- d) 根据下式得出评定系数 $AF_{\text{field device}}$ ：

$$AF_{\text{field device}} = 20 \lg \left(\frac{1.25 U_{\text{L,PF-ref}}}{U_{\text{L,PF-lim}}} \right)$$

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 $AF_{\text{field device}}$ 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 C.10 端子 4 的闭合火花 $10 \times (1 \pm 5\%) \text{ V}$ ，重复试验步骤 b) 至 d)。
- f) 应将确定的最高评定系数作为 Power-i 现场设备的额定评定系数(标记)。

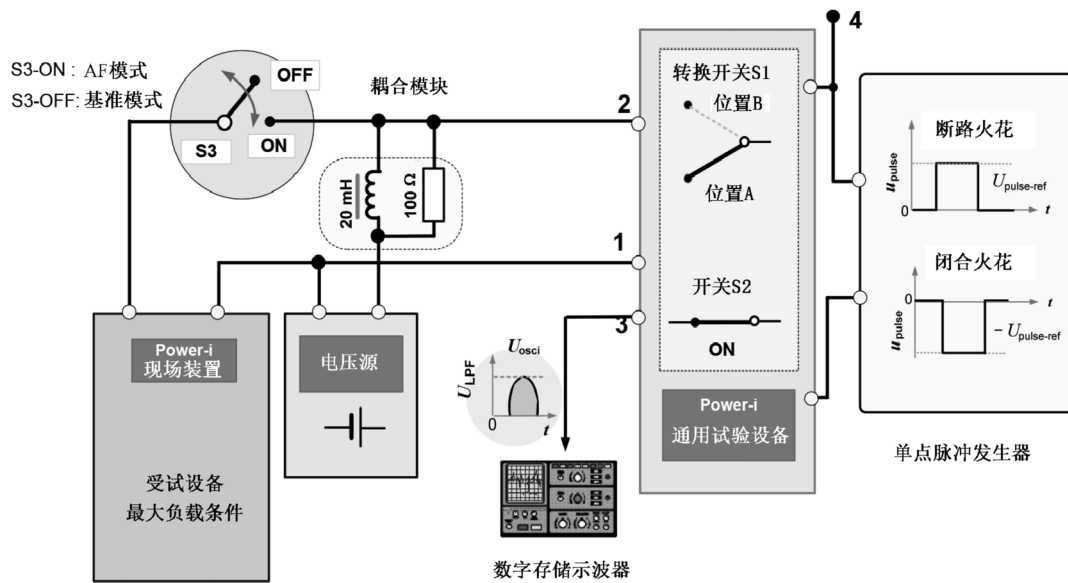


图 C.10 确定 $AF_{\text{field device}}$ 评定系数的试验设备(基本原理)

C.3.3.4 Power-i 现场装置瞬态脉冲试验

图 C.11 所示是进行瞬态脉冲试验需要的设备配置。

该试验设备由下列元件组成：

- 最大负载条件下的 Power-i 现场装置；
- 商品电压源；
- 耦合模块；
- 数字存储示波器；
- 包含下列元件的现场装置脉冲测试仪(见图 C.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；
 - 电流传感器和可变基准元件:用于调节比较器阈值 $U_{\text{var ref}}$ ；
 - 负向单点脉冲:当通过电流传感器的电流超过阈值时,由比较器触发。

进行瞬态脉冲试验的程序：

- 按图 C.11 所示设置试验布局。

注 1: 启动试验装置的正向脉冲使 ES1 和 ES2 闭合,使 Power-i 现场装置接入电压源。

注 2: 由于 Power-i 现场装置的缓慢启动特性,通过电流传感器的电流增大。

注 3: 如果电流传感器两端的电压超过比较器的初始调节基准电压,则触发单点负向脉冲,使 ES1 关断,且通过脉冲测试仪的端子产生一个 10 V 的脉冲。

- 调节图 C.11 中可变基准元件以调节基准电压 $U_{\text{var ref}}$,使之在电流值为最大电流的 25%、50%、75% 和 100% 时,触发电压比较器。
- 针对 b) 规定的不同电流值,用示波器测量在耦合模块上形成的电压脉冲 U_{pulse} (见图 C.11)。由此形成的 U_{pulse} 值应高于图 C.12 中所示包络曲线的值。或者形成脉冲的电压-时间区域在所示的 20 μs 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,应调节脉冲试验仪的可变基准,使之在电流值与内部安全电流限值匹配时,触发比较器。

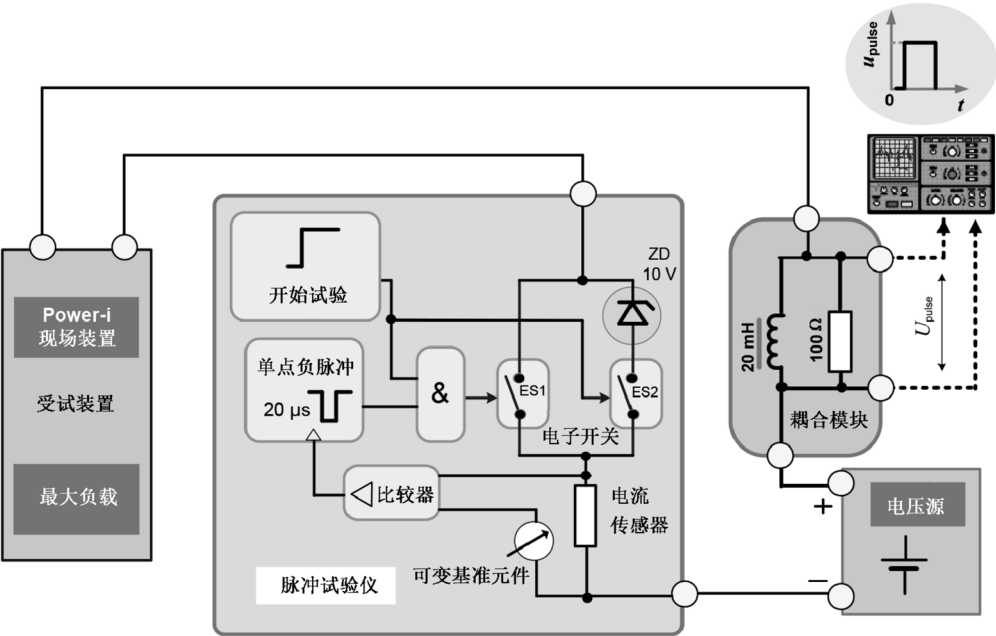


图 C.11 Power-i 现场装置瞬态脉冲试验设备

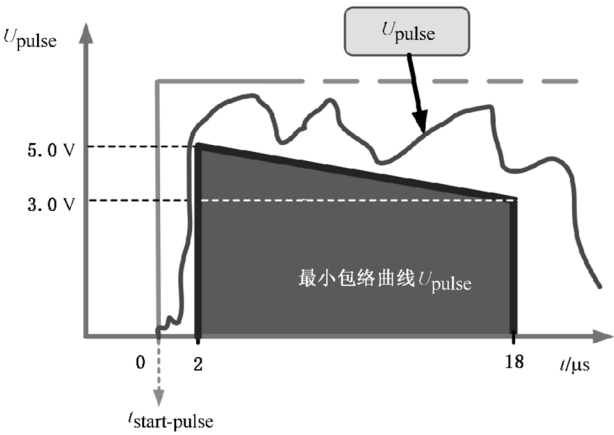


图 C.12 瞬态脉冲试验用试验脉冲 U_{pulse} 的评定参数

C.3.4 Power-i 连接线的安全有关参数

C.3.4.1 确定 Power-i 连接线的安全有关最大参数值

Power-i 连接线试验的电缆应符合 GB/T 3836.4、GB/T 3836.18 和 GB/T 3836.15 的要求。

C.3.4.2 确定 Power-i 干线的响应时间 $t_{\text{resp-trunk}}$

响应时间 $t_{\text{resp-trunk}}$ 应视作 Power-i 干线电缆中的单向传播时间。如果干线电缆长度小于 40 m,则响

应时间 $t_{\text{resp-trunk}}$ 规定为 $0.5 \mu\text{s}$ 。对于其他情况,有两种不同的评定方法可以使用:

a) 计算 $t_{\text{resp-trunk}}$

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' 是干线电缆的单位长度值,且应为已知。 $t'_{\text{resp-trunk}}$ 是单位长度的响应时间,即:

(l_{cable} 是考虑的电缆的长度,单位 m)

$$t'_{\text{resp-trunk}} = \sqrt{L'C'}, t_{\text{resp-trunk}} = t'_{\text{resp-trunk}} \times l_{\text{cable}}$$

注 1: 典型的 $t'_{\text{resp-trunk}}$ 的值是 $5 \text{ ns/m} \sim 7 \text{ ns/m}$ 。

b) 实际测量 $t_{\text{resp-trunk}}$

图 C.13 所示是测量电缆响应时间需要的试验设备布局示例。

注 2: 建议最小电缆长度 100 m 以达到足够的精度。

确定响应时间 $t_{\text{resp-trunk}}$ 的程序:

1) 按图 C.13 所示设置试验布局;

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

2) 由脉冲发生器产生 200 ns 的正向脉冲;

3) 用示波器观察在 B 点的信号;

4) 测量初始脉冲正向上升沿和反射脉冲负向下降沿之间的延迟时间 t_{delay} ;

5) 可以用下式计算每单位长度的响应时间(l_{cable} = 使用电缆的长度);

$$t'_{\text{resp-trunk}} = \frac{t_{\text{delay}}}{2l_{\text{cable}}}, t_{\text{resp-trunk}} = t'_{\text{resp-trunk}} \times l_{\text{cable}}$$

6) 如果需要, 特征阻抗 Z_w 可用下式计算:

$$Z_w = \frac{100 \Omega \times U_B}{U_A - U_B}$$

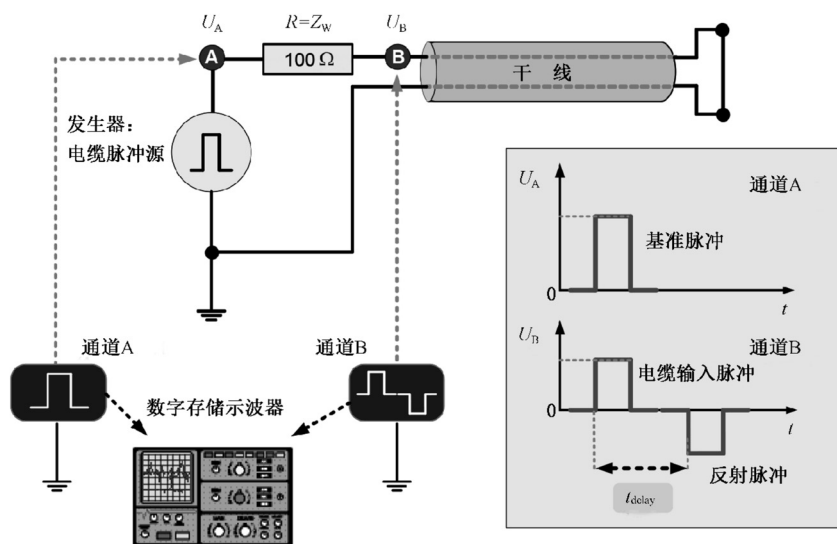


图 C.13 确定 Power-i 干线响应时间 $t_{\text{resp-trunk}}$ 的试验设备(基本原理)

C.3.4.3 确定 Power-i 干线的评定系数 AF_{trunk}

应根据下式确定 Power-i 干线电缆的评定系数 AF_{trunk} :

$$AF_{\text{trunk}} = 4.34 \times \frac{R}{Z_w}, R = R' \times l_{\text{cable}}$$

参数 R 是使用电缆的欧姆电阻(回路电阻单位 Ω),且应为已知, R' 是单位长度欧姆电阻。

可用下式确定特征阻抗 Z_w :

$$Z_w = \sqrt{\frac{L}{C'}}$$

为了确定特征阻抗 Z_w 值,也可以用图 C.13 的试验设备,使用符合 C.3.4.2b)6)实际测量响应时间 $t_{\text{resp-trunk}}$ 的试验设备进行试验布局。

注 1: 用欧姆表能很容易测得回路电阻 R 。

注 2: 例如: $R' = 25 \Omega/1\,000 \text{ m}$, $L' = 666 \mu\text{H}/1\,000 \text{ m}$, $C' = 66 \text{ nF}/1\,000 \text{ m} \Rightarrow Z_w = 100 \Omega \Rightarrow AF_{\text{trunk}} = 1.1$ 。

C.3.5 Power-i 终端的安全有关参数

C.3.5.1 确定 Power-i 终端的安全有关最大参数值

安全有关最大参数值应符合 GB/T 3836.4 和 GB/T 3836.18 的要求,并应按照 5.7 分级。

C.3.5.2 确定 Power-i 终端的响应时间 $t_{\text{resp-terminator}}$

不必测定 Power-i 终端的响应时间 $t_{\text{resp-terminator}}$ 响应。

C.3.5.3 确定 Power-i 终端的评定系数 $AF_{\text{terminator}}$

确定 $AF_{\text{terminator}}$ 的基础是 C.3.3.3 规定的确定 Power-i 现场装置评定系数的程序,但有下列变化:

- 用 Power-i 终端代替图 C.10 中的 Power-i 现场装置(受试装置);
- 按照 C.3.3.3 规定的程序测量评定系数 $AF_{\text{terminator}}$;
- 应将确定的最大评定系数作为 Power-i 终端的额定评定系数。

附录 D

(资料性)

Power-i 装置互连接示例(包括 Power-i 系统的 Power-i 连接线)

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 II C,安全系数 $SF=1.5$,Power-i 电压级别是 32。

已知的 Power-i 现场装置和 Power-i 终端如下:

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

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

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

下列 Power-i 连接线所应用参数已知:

——电缆长度 $l_{\text{cable}}=700\text{ m}$, $t_{\text{resp-trunk}}=3.2\text{ }\mu\text{s}$, $AF_{\text{trunk}}=1.1$ 。

D.2 方案示例

步骤 1:哪一种 Power-i 电源适用?(见第 6 章)

符合表 3 规定的应用级别要求的 Power-i 电源适用。

允许的应用级别:32V0A5

预选的 Power-i 电源:32V0A5, $t_{\text{resp-source}}=1.1\text{ }\mu\text{s}$, $AF_{\text{source}}=12$ 。

步骤 2:验证 Power-i 系统响应时间 $t_{\text{resp-system}}$ [见 6.2c)]

$$t_{\text{resp-system}}=1\text{ }\mu\text{s}+(2\times 3.2\text{ }\mu\text{s})=7.4\text{ }\mu\text{s}\leq 8\text{ }\mu\text{s}$$

预选的 Power-i 电源符合表 3 的要求,适用于该应用。

注:如果选择的 Power-i 电源 $t_{\text{resp-source}}$ 超过 $1.6\text{ }\mu\text{s}$,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:

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

最多允许 7 个 1 型 Power-i 现场装置,或者 5 个 2 型 Power-i 现场装置。

有 Power-i 终端:

$$12\geq 5.0+1.1+\sum_1^n 1.5\Rightarrow n\leq 3.93$$

最多允许 3 个 1 型 Power-i 现场装置,或者 2 个 2 型 Power-i 现场装置。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3836.3 爆炸性环境 第3部分:由增安型“e”保护的設備
 - [2] GB/T 3836.9 爆炸性环境 第9部分:由浇封型“m”保护的設備
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
爆炸性环境 第 32 部分：电子控制火花
时限本质安全系统
GB/T 3836.32—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2021 年 10 月第一版

*

书号: 155066 · 1-68745

版权专有 侵权必究



GB/T 3836.32-2021