

分析研究

文章编号: 1671- 251X(2010) 07- 0026- 04

煤矿监控系统本质安全型互连认证方法研究

邹哲强

(煤炭科学研究总院常州自动化研究院, 江苏 常州 213015)

摘要: 针对煤矿监控系统结构复杂多变、互连设备类型众多且不断增加的特点, 分析了我国传统的本质安全型互连系统认证方法、国外的接口参数认证方法和系列本质安全型标准对我国煤矿监控系统本质安全型互连认证的适用性, 指出目前煤矿监控系统本质安全性能的判定依据只能是 GB3836. 4-2000 equ IEC 60079- 11: 1999, 提出了煤矿监控系统非总线型接口设备本质安全型互连认证采用参数认证方法、总线型接口设备本质安全型互连认证目前应采用系统认证方法的方案, 详细介绍了参数认证方法和系统认证方法的实施要点及未来实现总线型接口设备本质安全型互连参数认证的途径; 还提出了煤矿监控系统接口设备的设计原则, 以及煤矿监控系统本质安全型互连认证方法进一步的研究方向。该文有助于煤矿监控系统接口设备本质安全型互连参数认证方法的发展。

关键词: 煤矿; 监控; 接口; 本质安全; 电气防爆; 参数认证; 系统认证; 设计原则

中图分类号: TD76

文献标识码: A

Research of Authentication Method of Intrinsically Safe Interconnection of Coal Mine Monitoring and Control System

ZOU Zhe-qiang

(Changzhou Automation Research Institute of CCRI., Changzhou 213015, China)

Abstract: According to characteristics of complex structure and various interconnection equipments with increasing quantity of coal mine monitoring and control system, the paper analyzed applicability of traditional authentication method of intrinsically safe interconnection system in China, interface parameter authentication method in the other countries and a series of intrinsically safe standards to intrinsically safe interconnection authentication of coal mine monitoring and control system in China, pointed out that the judging criterion of intrinsically safe performance of coal mine monitoring and control system is GB3836. 4-2000 equ IEC 60079- 11: 1999 at present, and proposed a scheme that intrinsically safe interconnection authentication of nonbus mode interface equipments of coal mine monitoring and control system uses parameter authentication method and the authentication of bus mode interface equipments should use system authentication method at present. It introduced implementing key points of parameter authentication method and system authentication method in details and the way of implementing parameter authentication of intrinsically safe interconnection of bus mode interface equipments in the future. In addition, it proposed design principle of interface equipments of coal mine monitoring and control system

收稿日期: 2010- 03- 09

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目(2007BAK22B03)

作者简介: 邹哲强(1962-), 男, 江苏无锡人, 高级工程师,

1984年毕业于清华大学工业自动化专业, 长期从事煤矿自动化技术

的研究工作。E-mail: zzq@cari.com.cn

and further research direction of authentication method of intrinsically safe interconnection of coal mine monitoring and control system. The paper will be good for development of parameter authentication method of intrinsically safe interconnection of interface equipments of coal mine monitoring and control system.

Key words: coal mine, monitoring and control, interface, intrinsic safety, electrical explosion proof, parameter authentication, system authentication, design principle

0 引言

本质安全型(以下简称本安)设备是一种在规定的条件下所产生的任何火花或热效应均不能点燃爆炸性气体的电气防爆设备^[1],广泛应用于煤矿井下和地面存在爆炸性气体的场所。实际使用中独立使用的本安设备较少,往往是多台本安设备、关联设备互连构成一个本安系统。尤其是煤矿监控系统,互连设备众多,甚至需要由不同厂家生产的本安设备互连组成。

本安设备间的互连问题事关安全,因此,它是一个敏感但又迫切需要解决的问题。本安设备之间不能随便连接,因为2个本安设备连接后可能会破坏本安性能。传统的方法是将本安接口的连接设备固定化,然后将所有互连的设备看成一个系统整体进行防爆认证。该方法具有认证简单、现场使用时认定也简单的优点,适用于一些连接关系简单的防爆成套装置。但该方法大大降低了设备互连的灵活性,不太适合结构复杂多变、互连设备类型众多且不断增加的煤矿监控系统。广大生产厂家和煤矿普遍要求改变现行煤矿监控系统的防爆认证方法。“十一五”国家科技支撑计划项目“煤矿安全高可靠性监控系统关键技术研究”中也设立了课题二“本质安全设备配接关键技术研究”。

接口参数认证方法是国外普遍采用的方法,它首先对每个本安接口确定一组本安参数,然后根据本安接口间的参数是否匹配来判别连接的安全性。该方法具有较好的灵活性,非常适合结构复杂的本安系统。但由于煤矿监控系统结构的复杂性,这一方法还没有在我国煤炭行业应用^[2]。针对这一情况,笔者对煤矿监控系统的本安认证方法进行了分析研究。

1 对系列本安标准的分析

目前国际上与本质安全型防爆有关的标准主要有3个:一是已经转化为国家标准的GB3836.4—2000 equ IEC 60079-11:1999《爆炸性气体环境用电气设备 第4部分:本质安全型“i”》^[1],二是 IEC

60079-25:2003《爆炸性气体环境用电气设备 第25部分:本质安全型系统》^[3];三是 IEC 60079-27:2008《爆炸性环境 第27部分:现场总线本质安全概念(FISCO)》^[4]。这3个标准中,GB3836.4是基础性的标准,规定了本安设备的最本质要求。IEC 60079-25提供了一套判别本安设备互连后组成的系统是否本安的方法,该套方法是可供“非防爆检验机构人员”使用的,标准中提出的多接口本安设备可能造成能量叠加的观点有助于全面理解GB3836.4—2000标准。IEC 60079-27是根据IEC 60079-11(GB3836.4)规定,针对工业控制中常用的现场总线而制定的本安现场总线的设计规则,属于总原则指导下针对特定对象的专用原则。

目前煤矿监控系统对系统本安性能的判定依据目前只能是GB3836.4—2000 equ IEC 60079-11:1999。IEC 60079-25不宜直接使用,因为该标准提出的方法是在“只分析接口参数不分析内部电路”的情况下得出的,所用的判定准则比较保守。IEC 60079-27规定的一些原则并不能覆盖整个煤矿监控系统的情况,也不能直接使用。

2 非总线型设备本安互连的认证方法

(1) 设备的每个接口均要给出输入/输出的全套本安参数

本安接口互连时,主要考虑的安全问题是能量(包括储能元件)的叠加。煤矿监控系统是典型的多电源供电的本安系统,所以本安接口在和外部设备连接时,即使是输出接口,也可能有能量输入(尤其是在故障情况下);同样,即使是输入接口,也可能有能量输出;即使没有能量输出的无源接口,也可能有输入等效储能元件。在GB3836.4—2000标准的标志示例中,只根据接口的输入/输出性质标出了输入口的本安参数或输出口的本安参数,而不是全套参数,这至少对煤矿监控系统的应用是不够的。而在IEC 60079-25标准中就特别指出应注意信号输入口可能变为能量输出口的问题。所以,煤矿监控系统设备的每个本安接口都应该有涉及输入和输出的全套本安参数,包括 $U_o, I_o, P_o, C_o, L_o, U_i, I_i, P_i, C_i,$

L_i 等,这一要求虽然和 GB3836.4—2000 标准的标志示例有一点差别,但是完全符合 GB3836.4—2000 标准的本质要求。

(2) 应该注意 1 个接口出现多组本安参数的情况

有的接口(考虑不同的故障情况下)可能会有多组本安参数,比如 U_o 最大和 I_o 最大不可能同时出现时、 C_i 最大时的故障和 L_i 最大时的故障不属于同一故障时,都应该有 2 组不同的本安参数。为了简化,可以规定尽量只取一组本安参数,则可取“不同故障下可能达到的最严格值”(U_o 、 I_o 、 P_o 、 C_o 、 L_o 各取最大值, U_i 、 I_i 、 P_i 、 C_i 、 L_i 各取最小值)为该接口的本安参数。但即使这样,也有肯定不能合并为一组本安参数的情况:当设备内部使用正负电源、在不同故障情况下 U_o 的极性相反时。当然这种情况应在设计时尽量避免,否则就要针对相关接口再增加 U_i 为负的一组参数,这会进一步增加参数认证的复杂性。

(3) 对单个本安设备进行认证审查时,应该考虑多个接口能量叠加的影响

由于煤矿监控系统结构的复杂性,分站和传感器、执行器之间普遍采用多路供电方式。即使分站和外部设备是同一路供电,煤矿监控系统的电源普遍采用非线性限流限压电路来实现本安,这种情况也应该考虑能量通过接口实现叠加的可能性^[3]。但考虑能量叠加时,不应采用 IEC 60079-25 标准中使用的方法,而应该按 GB3836.4—2000 标准中的规则,假设故障然后进行分析。基于基本电路定律和 GB3836.4—2000 标准规定的规则,下列情况可以不考虑叠加,但在合理假设的故障情况下仍存在叠加的可能性:

① 2 组同相电源共地连接时,不可能产生电压叠加。

② 2 组电源只有 1 个共地点时,不可能产生电流叠加。

③ 2 组电源相互隔离、符合“2 个独立本安电路”时,不应考虑电压和电流叠加。

(4) 给予接口所接电缆最大长度的限制

在按以上方法对单个本安设备进行本安认证后,本安设备互连时只要符合 $U_o \leq U_i$ 、 $I_o \leq I_i$ 、 $P_o \leq P_i$ 、 $C_o \geq C_c + C_i$ 和 $L_o \geq L_c + L_i$ 这 5 个条件(C_c 、 L_c 分别为电缆的分布电容、电感),互连构成的系统就一定是本安的。但由于煤矿监控系统所接设备的电缆一般都比较长,如果把电缆的分布电容、电感作为集中参数看待,有时要达到 $C_o \geq C_c + C_i$ 和 $L_o \geq$

$L_c + L_i$ 的条件还会有困难,而且把电缆的分布电容、电感作为集中参数看待也不尽合理,因为分布电容、电感由于分布电阻的存在,它们实际的放电能力大大低于集中参数。虽然可用 GB3836.4—2000 equ IEC 60079-11:1999 标准^[1]中的 L/R 参数来表示电缆的分布电感参数,但分布电容的处理仍缺乏依据,而且这种分布参数表示方法在实际使用中也不方便。考虑到煤矿监控系统中使用的电缆一般都是指定型号的,因此,可以参考 IEC 60079-27 标准中使用的方法,对每个接口所接电缆的最大长度和型号作出限制,具体长度可通过火花试验确定。这样可以将本安接口互连的本安符合性条件改为 $U_o \leq U_i$ 、 $I_o \leq I_i$ 、 $P_o \leq P_i$ 、 $C_o \geq C_i$ 、 $L_o \geq L_i$ 和“使用指定型号电缆且实际长度 \leq 允许长度”这 6 个条件。

3 总线型接口设备的本安认证方法

总线型接口有多个设备连接在同一接口上。笔者认为,总线型接口不适合参数认证。这不仅仅是因为总线型接口存在多个设备接口参数叠加的问题,更因为在总线模式下电路关联的复杂性大大增加,仅靠一套接口参数并不能包含所有故障情况。所以对总线型接口仍应按系统认证方法进行。当然今后可以仿照 IEC 60079-27 标准中使用的方法,对总线接口提出一些专门的设计参数要求(比如严格限制对外能量输出)并成为标准后,实现总线型接口设备的单独认证而不需要进行系统认证。下面以常用的 RS485 总线为例进行总线型接口的本安分析。

正常情况下,RS485 总线接口设备中只有 1 个输出口,其它都为高阻接收状态,传输的能量很小,能满足本安要求。再考虑故障情况:按照系统 ib 等级的规则,只要考虑 1 个故障,最严重的情况是有 1 个正常输出口(输出状态为极性不确定的 U'_o 、 I'_o)、有 1 个故障输出口(输出状态为 U_o 、 I_o)、其余为输入状态端口(输入状态端口均作为负载并联,所以各设备的 L_i 不会产生叠加,只有电容可能产生叠加。由于系统只考虑 1 个故障,不用再考虑设备输入端短路的故障情况,所以 L_i 上的电流也很小,故 L_i 的影响可以忽略,只要考虑 C_i 即可)。这种情况对应的等效电路如图 1 所示。

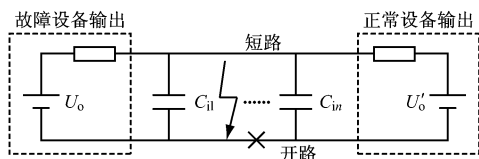


图 1 RS485 总线接口设备中有 1 个正常输出口、1 个故障输出口的等效电路

假设 U_0 不可能造成正常设备损坏, 再考虑下列 2 种极端情况, 然后分别使用 GB3836. 4—2000 标准规定的方法判别其安全性:

(1) U_0 和 U'_0 同向时, 总线上的电压不可能叠加(最大值为 U_0), 总线间短路时电流会叠加, C_i 上的最高电压可能为 U_0 。应考虑的最危险情况是线间短路(U_0 、 U'_0 和 ΣC_i 上的能量叠加释放)。

(2) U_0 和 U'_0 反向时, 电压会叠加(最大值为 $U_0 + U'_0$), 但这时总线上的电流不一定叠加, C_i 上的最高电压不会超过 U_0 。应考虑的危险情况是线间开路(因为这时有电压叠加的情况发生, 而总线间短路出现的情况不会比第一种情况严重, 故不用再考虑)。

根据以上分析, RS485 总线本安设计的要点是控制 U_0 、 I_0 、 ΣC_i 和 U'_0 、 I'_0 。

4 煤矿监控系统本安接口互连设计的一些原则

对煤矿监控系统采用基于接口参数的防爆认证方式虽然主要由防爆认证部门来做, 但设计单位如能遵循一些基本原则进行本安设计, 就能够更方便地通过认证。下列几条设计原则可供设计人员参考。

(1) 各信号接口尽可能减少 U_0 、 I_0 、 P_0 、 C_i 、 L_i 。对于输入接口, 增加 2 个阻塞二极管是非常有效的方法。在 IEC 60079- 27 标准中, 就把对外泄漏电流小于 50 μA 的电路和无源电路一样看待了。

(2) 同一设备内尽可能采用单路电源。多路电源供电时能量叠加的机会增加, 会增加认证的复杂性。如果内部通过 DC/DC 模块扩展正负电源时, 也要避免使接口的 U_0 出现负的情况, 这会增加使用中本安认定的复杂性。

(3) 需要多路供电或可能多路供电时, 不同电源的电路之间尽可能电气隔离。电气隔离必须从电气间隙、耐压等方面全面达到 GB3836. 4—2000 标准的要求。对于煤矿监控系统来说, 多路供电在系统级几乎是不可避免的, 所以应规划好系统中各路电源的供电区域, 设计好隔离措施。

(4) 多路电源供电的电路之间不能电气隔离时, 应尽量做到“一点共地”。多路共地存在电流叠加的可能性, 但如果能确保“一点共地”, 则认证时可不考虑电流叠加。

设计单位应把针对以上各点所做的具体规划(相当于符合性声明)作为系统本安设计计算书的一部分提供给防爆认证机构, 以减少认证工作量。

5 结语

针对煤矿监控系统结构复杂多变、互连设备类型众多且不断增加的特点, 分析了我国传统的本安互连系统认证方法、国外的接口参数认证方法和系列本安标准对我国煤矿监控系统本质安全型互连认证的适用性, 指出目前煤矿监控系统本安性能的判定依据只能是 GB3836. 4—2000 equ IEC 60079- 11: 1999, 提出了煤矿监控系统非总线型接口设备本安互连认证可采用参数认证方法、总线型接口设备目前应采用系统认证方法的方案, 详细介绍了参数认证方法和系统认证方法的实施要点及未来实现总线型接口设备本安互连参数认证的途径; 还提出了煤矿监控系统接口设备的设计原则, 供产品设计人员参考。本文将有助于我国煤矿监控系统接口设备本安互连参数认证方法的发展。

本文研究的问题是煤矿监控系统本安认证的核心内容, 但并不完整, 一个完整的系统本安判定条件还应包括接地、浪涌防护等许多方面。今后, 应通过进一步的研究, 制定针对煤矿监控系统的本安标准, 不但规定各种接口的 U_0 、 I_0 、 P_0 、 C_0 、 L_0 、 U_i 、 I_i 、 P_i 、 C_i 、 L_i , 甚至可具体到接口的电路形式, 这对于简化煤矿监控系统的设计、防爆认证和现场使用均具有重要意义。

参考文献:

- [1] GB3836. 4—2000 equ IEC 60079- 11: 1999, 爆炸性气体环境用电气设备 第 4 部分: 本质安全型“i”[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [2] 汪 淳, 王 琦, 于超龙. 现场总线本安型防爆系统在煤矿自动化系统中应用的可行性分析[J]. 工矿自动化, 2010(1): 14-16.
- [3] IEC 60079 - 25: 2003, Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres Part 25: Intrinsically Safe Systems First Edition[S].
- [4] IEC 60079 - 27: 2008, Explosive Atmospheres - Part 27: Fieldbus Intrinsically Safe Concept (FISCO)- Edition 2.0 [S].
- [5] 徐建平. “防爆安全技术”讲座[J]. 自动化仪表, 2008(3)~2009(2).
- [6] 李继平, 凌志浩. 本质安全系统设计的若干问题探讨[J]. 自动化仪表, 2008(8): 71-74.
- [7] 鲍吉龙, 叶 平. 本质安全现场总线设备的供电[J]. 微计算机信息, 2005, 21(12-1): 167-169.
- [8] 付 华, 刘尹霞. 现场总线系统的本质安全防爆技术[J]. 电气防爆, 2003(3): 11-14.