提高矿用本安电源带载能力的研究与实践

王文清[1,2]

（1. 北京工业职业技术学院，北京　100042；2. 北京工业大学 软件学院，北京　100022）

摘　要：针对目前矿用本安电源应用于智能仪表的带载能力为电源厂家标称值 50%左右的状况，论文从理论分析入手，查找本安电源带载能力差的原因。通过建立本安电源和智能仪表的等效电路模型，结合本安电源短路保护的整定原理，提出了减少本安电源暂态冲击电流的设计方案，解决了本安电源带载能力差的问题，并通过了实践的验证。

关键词：本安电源；带载能力；电路模型；智能仪表

中图分类号：TM919　　文献标识码：B　　文章编号：1671－0959(2008)11-0104-03

Research and practices on improvement of mine intrinsic safe electric power loading ability

WANG Wen-qing

(Beijing Polytechnic College, Beijing 100042)

Abstract: The loading ability of the present mine intrinsic safe electric power applied to the intelligent instrument was about 50% of the rated. From the theoretical analysis, the paper sought the causes of the poor loading ability of the intrinsic power. With the establishment of the equivalent circuit model of the intrinsic safe power and intelligent instrument, in combined with the adjust principle of the intrinsic safe power short circuit protection, the paper provided the design plan to reduce the transient impact current of the intrinsic safe power. The design plan had solved the poor loading ability of the intrinsic safe power and approved by the practices.

Key words: intrinsic safe power; loading ability; circuit model; intelligent instrument

随着煤矿管理现代化的需要，以智能仪表为核心的数据采集和控制系统越来越多地被煤矿所选用。数据采集单元的准确性、可靠性、稳定性直接影响到系统性能的好坏，关系到矿井安全生产、抗灾能力和矿工的安危。矿用本安直流稳压电源（简称“本安电源”）作为智能仪表不可缺少的组成部分，其技术的先进性和产品质量决定了整个系统的可靠性。据资料统计，电子设备的故障大约有 70%是由于电源引起的。因此，本安电源的质量、技术发展越来越得到人们的重视。

本安电源在实际应用中经常会碰到这样的难题：本安电源的容量远远大于智能仪表的工作电流，但本安电源却经常出现误动保护，带不动智能仪表，特别是在交流电源上电时表现更为严重，这种现象严重影响了智能仪表的正常工作。

针对此状况，根据多年防爆电气产品的制造经验，从理论分析入手，查找本安电源保护误动原因，通过改进本安电源电路和智能仪表电路的设计，提高了本安电源的带载能力，解决了此难题，并在煤矿井下移动目标自动识别与管理系统中得到验证，取得了很好地实效。

1　本安电源原理

本安电源采用降压、整流、稳压、限流、快速切断的双重化保护可靠性组件，通过采取限制电流输出、电压输出和放电时间的措施，保证本安电源在正常工作和规定的故障状态下产生的电火花和热效应不能引起周围可燃性气体燃烧或爆炸，实现非本安交流到本安直流的转化，电路实现如图 1所示。

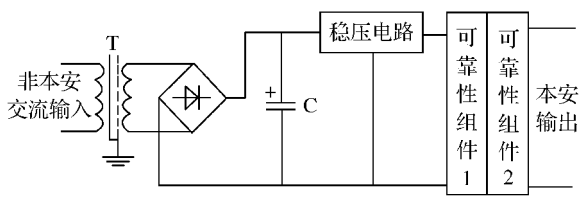

图 1　本安电源原理图

收稿日期：2008－06－03

作者简介：王文清（1963－），男，北京密云人，高级工程师，现在北京市煤炭矿用机电设备技术开发公司从事科研工作。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

本安电源设计与普通直流稳压电源设计相比，具有许多特点。

1.1 输出功率受到严格控制

本安电源的电路设计要符合“GB3836－2000爆炸性气体环境用电气设备”国标规定。电源短路时输出的火花能量不能超过 0.25mJ，本安电源输出电流、电压是否符合本安要求必需通过国家安全检验检测中心的认定。

1.2 保护电路多重化

本质安全型电气设备根据安全程度的不同分为 ia和 ib两个等级。本安电源按“GB3836－2000爆炸性气体环境用电气设备”规定采用 ia等级，保护组件需要双重化。

2 本安电源带载能力

本安电源的带载能力决定于双重化保护可靠性组件短路保护的整定值，该整定值是否符合本安特性须由国家安全检验检测中心通过火花试验确认。

按本安要求，调整电源保护整定值时要分别调整可靠性组件 1的限流保护特性、可靠性组件 2的限流保护特性，可靠性组件 2的输出电流值就是本安电源的本安电流输出值。

在调整电源保护整定值时采用大功率直流电阻器做模拟负载。本安电源输出端接滑动变阻器，减小变阻器阻值，输出电流增大，直至过流保护动作，得到本安电源的过流保护整定值。电源保护动作后，随着模拟负载电阻的减小，输出电流、电压同时降低，直到接近短路时，输出电流降为 10mA，模拟故障消除后，即滑动变阻器由短路逐渐增大阻值，电源可自动恢复工作。

由上述调整方法可见，本安电源电流的整定按纯阻性负载整定。对电阻性负载而言，负载电流基本上接近电源额定工作电流值，有非常高的利用率。而实际负载多由大规模数字电路、模拟电路组成，其电路的性质决定了本安电源能带动的负载和电源标称值不一致。

3 等效电路模型

3.1 本安电源等效电路模型

本安电源由 AC/DC转换、开关电路、基准、电压比较器等集成电路和电容、电阻构成。等效为理想电压源、电阻、电感、电容的串联电路。9V 0.8A的本安电源等效参数实测为 C_0：4μF，L_o：10mH，如图 2所示。

电源电流 I由两部分组成：负载电流 Iz和暂态电流 Ico。在电源上电期间，电容 C_0要产生很大的暂态充电电流。当电源电流 I达到短路保护整定值时，本安电源保护动作，切断电源的输出。这就是本安电源在开路时，短路保护也可能动作的原因。

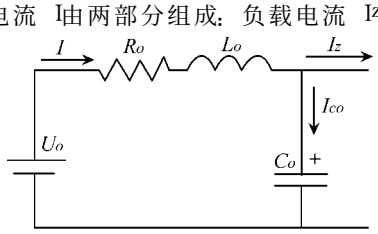

图 2 本安电源电路模型

3.2 智能仪表等效负载电路模型

智能仪表由大规模数字电路、模拟电路、滤波电容、电感组成，可等效为电阻、电感、电容串并联电路，典型的智能仪表的分布参数实测为 L_z为 1.4mH，C_z为 0.34μF，如图 3所示。

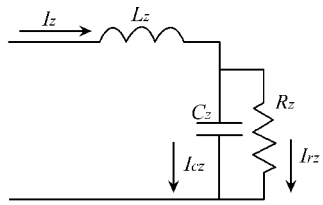

图 3 智能仪表电路模型

负载电流 Iz由两部分组成：暂态电流 Icz和稳态电流 Irz。Icz的大小决定等效电容 C_z及供电电源电压的上升率，Irz值的大小决定于负载的等效电阻 Irz。通常 Icz值远大于稳态电流 Irz且按指数规律递减，这就是负载电流 Iz在上电时由大变小且按指数衰减的原因。

4 提高本安电源带载能力方法

在煤矿井下，本安电源为智能仪表供电，其等效电路模型连接如图 4所示。

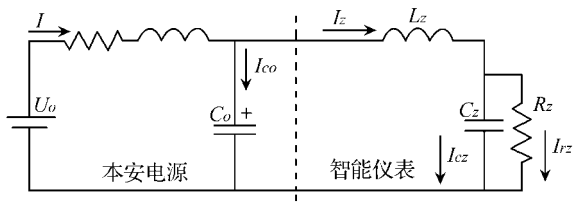

图 4 本安电源和智能仪表电路模型连接示意图

在电源上电的瞬间，电容性负载要产生很大的暂态冲击电流 Ico和 Icz。暂态冲击电流使电源的瞬间电流值超过本安电源短路保护整定值 I造成本安电源保护动作，切断输出，这就是为什么智能仪表的工作电流 Irz远小于本安电源的额定值 I而本安电源却保护动作的原因。

由此可见，减小电源上电时电路模型中等效电容的充电电流 Ico和 Icz是提高本安电源的带载能力的关键，这样可以有效地提高本安电源容量的利用率。

4.1 接入可变启动电阻

在本安电源中增加可变启动电阻，其中 R≥ R_0，电源电路模型如图 5所示。

在电源上电时，因电阻 R接入，电容的充电电流变小，经过一段延时时间后，R变成 0，恢复对负载的正常供电，减小了暂态冲击电流，完成启动，实际启动电路如图 6

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

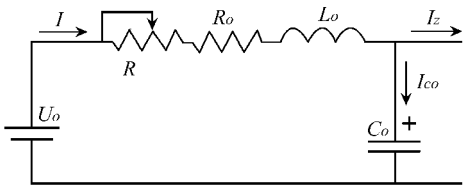

图 5　本安电源启动电路等效模型

所示。

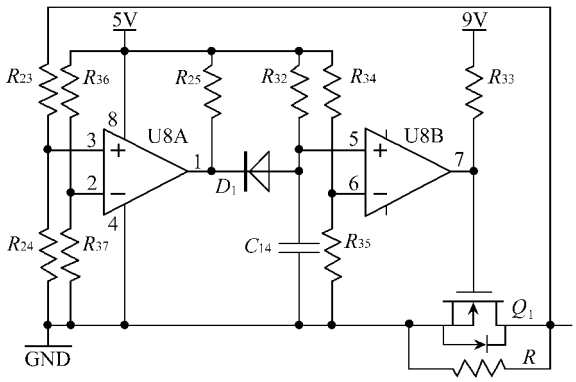

图 6　启动保护电路原理图

Q_1是 VMOS型场效应管，导通电阻仅有 50mΩ，R为起动电阻，其值远远大于 VMOS的导通电阻。在上电期间，Q_1截止，R串在电源回路里，提高了电源的内阻，限制了启动电流。经过一段延时时间后（延时时间由 R_{32} C_{14}来决定），随着 C_{14}点电位的上升 U8B输出状态改变，Q_1导通，将启动电阻 R切除（Q_1导通电阻和 R电阻并联，串接在电源回路的电阻减小，电阻上的损耗压降减小），保证本安电源的输出电压达到额定值。

4.2　减小本安电源等效电容

在保证本安电源电气性能的前提下，尽可能减小本安电源电路中所用电容的容值，特别是可靠性组件后电路中的电容值。这样可减小电源等效电路模型中的电容 C_0值，减小等效电容 C_0的暂态充电电流对本安电源电流保护整定值 I的作用，提高电源带载能力。

4.3　减小智能仪表等效电容

在保证仪表性能和精度的前提下，最大限度减小电路里所用的电容值，比如：滤波电容，抗干扰电容、耦合电容，这样可以减小智能仪表负载模型中电容 C_z值，减小本安电源的暂态电流值 I_{cz}，提高电源带载能力。

4.4　在智能仪表电源输入回路中串入中和电感，减小等效电容值

加入适量大小的电感，通过 $Z=R+j(\omega L-1/\omega C)$，当 $\omega L-1/\omega C=0$时 $Z\to R$，暂态电流→0，此时，负载表现为纯阻性负载，负载稳态电流 I略小于本安电源整定电流 I即可，本安电源的带载能力最强。

5　效果与效益

按照上述提高本安电源带载能力方法对本安电源和智能仪表进行了改进设计。新设计的额定电流为 0.8A的本安电源与额定电流为 0.25A的智能仪表进行配载组合测试，其结果如表 1。

表 1　本安电源的带载能力

	未改进本安智能仪表	改进本安智能仪表
未改进矿用本安直流电源	0.25×1	0.25×2
改进后矿用本安直流电源	0.25×2	0.25×3

由此可见：合理改进电路设计，可大大提高本安电源的带载能力。

本安电源的带载能力决定于本安电源短路保护的整定方法及所带负载的特性。智能仪表表现出来的阻容特性决定了为智能仪表供电的本安电源必须留有足够的电流余量。按照提高本安电源带载能力的方法对本安电源和智能仪表进行优化设计，可以有效地提高本安电源的带载能力，具有显著的经济效益和社会效益。

参考文献：

[1]　B.C.柯拉夫钦克著，张丙军译. 安全火花电路 [M]. 北京：煤炭工业出版社，1981.

[2]　张燕美，李维坚. 本质安全电路设计 [M]. 北京：煤炭工业出版社，1992.

[3]　陈向东. 矿用本质安全电源 [J]. 煤炭科学技术，1997（6）：36～39.

（责任编辑　赵巧芝）

※信息资讯·建设信息※

我国首个煤制天然气工程将开工

我国首个大型煤制天然气工程——大唐国际克什克腾煤制天然气工程即将开工建设。该项目以褐煤为原料，设计规模为 1200万 m^3/d（标准状态）天然气，副产品有焦油、硫黄、石脑油等，采用碎煤加压气化、低温甲醇洗净化、甲烷化等技术。这些技术是所有煤气化技术中最成熟、最安全和最经济的，可高效清洁地利用煤炭资源，符合“集约化、大规模、多联产、清洁利用和有效利用”的现代洁净煤技术模式。

据悉，该项目拟采用内蒙古锡林浩特胜利煤田的煤炭，该煤田地质储量达 224亿 t，该煤炭属高水分、低硫、中灰和高挥发性褐煤，符合煤炭气化（碎煤加压）生产工艺对原料的要求，具备发展现代煤化工的基本原料条件。　[毕家立]

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net