

文章编号:1671-251X(2016)11-0019-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.11.005
林引.矿用本质安全型远程中继电源设计[J].工矿自动化,2016,42(11):19-22.

矿用本质安全型远程中继电源设计

林引

(中煤科工集团重庆研究院有限公司,重庆 400039)

摘要:为满足井下超长工作面传感器的远距离传输需求,设计了矿用本质安全型远程中继电源。在本安电源与传感器之间并联一级输出为24 V的矿用本质安全型远程中继电源,可补偿单级24 V本安电源在供电电缆上产生的压差,从而延长本安电源的供电距离。测试结果表明,该中继电源可使24 V本安电源的供电距离延长至少2 km,且具有启动电流小、输出电压稳定、性价比高等优点。

关键词:矿用传感器;中继电源;本安电源;供电距离

中图分类号:TD611 文献标志码:A 网络出版时间:2016-10-28 16:23

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20161028.1623.004.html>

Design of mine-used intrinsically safe remote relay power supply

LIN yin

(CCTEG Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China)

Abstract: In order to satisfy long-distance transmission requirements of sensor used on underground super long working face, a mine-used intrinsically safe remote relay power supply was designed. Parallel connecting a mine-used intrinsically safe remote relay power supply between the sensor and intrinsically safe power supply can compensate differential pressure on power supply cable of single 24 V power supply, and extend power supply distance. The test results show that the relay power supply can make power supply distance of 24 V intrinsically safe power supply extend at least 2 km, and has small start current, stable output voltage and high performance to price ratio.

Key words: mine sensor; relay power supply; intrinsically safe power supply; power supply distance

0 引言

目前,国内大部分煤矿安全监控系统生产厂家均采取从监控分站处取电为传感器供电的方式,其供电电压一般为18,21,24 V,本安电源的供电距离一般在2 km左右^[1]。随着煤矿机械化水平的快速提高和综采综掘工艺的大量应用,煤矿井下已经大量出现了长距离采掘工作面,其距离远远超出了2 km,这样的长距离将造成瓦斯传感器、一氧化碳传感器等无法正常运行,从而影响企业的安全生产^[2]。为进一步促进煤矿安全监控技术的发展与应用,国家安全生产监督管理总局下达了新修订的《煤

矿安全监控系统通用技术要求》。修订稿中对提高传感器本安供电距离给出了明确的意见:为满足长距离掘进巷道等监控需求,向传感器及执行器远程本安供电距离由2 km修改为2 km,3 km或6 km^[3]。为了提高本安电源对瓦斯传感器、一氧化碳传感器等的供电距离,参考文献[2]从提高本安电源输出电压、降低传感器工作电压和减少线缆耗损等方面进行了讨论,结合现场实际情况,提出了远距离供电的一些建议。参考文献[4]指出降低传感器功耗是实现本安电源远距离供电中最经济适用的方法,并验证了该方法的可行性。参考文献[5]提出了

收稿日期:2016-05-09;修回日期:2016-09-16;责任编辑:胡娴。

基金项目:中煤科工集团重庆研究院自立项目(201002116)。

作者简介:林引(1979—),男,四川资中人,副研究员,现主要从事矿用电源、安全监控系统、电子产品可靠性设计等相关技术研究工作,E-mail: idlinyn@163.com。

减少本安电源暂态冲击电流的方法,从而提高了本安电源的供电距离。

在上述研究的基础上,本文设计了一种具有升压功能的本质安全型中继电源,将其布置在现有本安供电电源与传感器之间,可有效延长本安电源的供电距离。

1 本安电源远距离供电分析

本安电源向矿用传感器远程供电的等效电路模型如图 1 所示,其中矿用供电电缆一般采用多芯截面积为 1.5 mm² 的电缆,其分布电容为 60 nF/km,分布电感为 0.8 mH/km,分布电阻为 12.8 Ω/km。

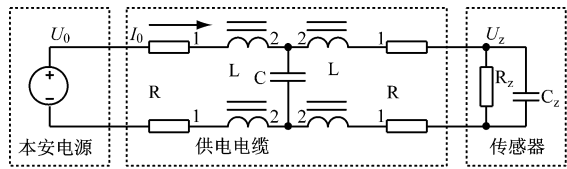


图 1 本安电源向传感器远程供电等效电路模型

根据欧姆定律可知本安电源、电缆、负载之间的电压关系:

$$U_0 = IR + U_z \tag{1}$$

式中: U_0 为本安电源输出电压; I 为供电电缆流过的电流; R 为供电线路电阻; U_z 为传感器输入电压。

矿用监控系统中传感器的工作电压范围为 9~24 V,一旦传感器的输入电压低于 9 V,传感器将不能正常工作。瓦斯传感器在不同供电电压下的功耗情况见表 1。

表 1 低浓瓦斯传感器功耗

序号	工作电压/V	工作电流/mA	功率/W
1	9	122.4	1.10
2	12	95.2	1.14
3	18	65.6	1.18
4	24	50.3	1.20

在现有的供电方式下,按照式(1)可以计算出 24 V 本安电源对瓦斯传感器的供电距离为 4.4 km。由于传感器为空性负载,启动时存在瞬间电流值,实际测试时 24 V 本安电源的供电距离为 3.5 km。而目前 24 V 本安电源的输出电流大多可以达到 470 mA,相对于传感器消耗的 133.4 mA 电流,本安电源输出有很大的剩余能量。因此,在本安电源远距离供电中,传感器不能正常工作主要是由于供电电缆上产生的电压降过大,而不是本安电源输出能量不够造成的。

2 本质安全型中继电源远程供电方案

中继电源远程供电等效电路模型如图 2 所示。在本安电源与传感器之间增加并联一级输出为 24 V 的本质安全型中继电源,以补偿单级 24 V 本安电源在供电电缆上产生的压差,从而延长本安电源的供电距离。

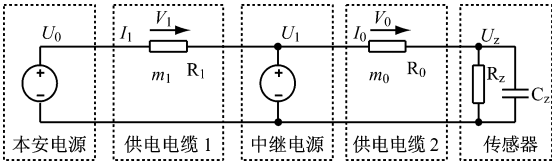


图 2 中继电源远程供电等效电路模型

根据能量守恒原理及欧姆定律可得

$$P_0 \geq I_1^2 R_1 + P_i + I_0^2 R_0 + P_z \tag{2}$$

$$I_1 = (P_i + I_0^2 \times R_0 + P_z) / U_1 \leq 0.7 I_A \tag{3}$$

式中: P_0 为本安电源输出功率; I_1 为流过第 1 段供电电缆的电流; R_1 为第 1 段供电线路电阻; P_i 为中继电源静态和转换消耗功率; I_0 为流过第 2 段供电电缆的电流; R_0 为第 2 段供电线路电阻; P_z 为传感器功耗; U_1 为中继电源输出电压; I_A 为本安电源输出电流。

假设供电电缆采用截面积为 1.5 mm² 的电缆,本安电源输出能量按照最大本安参数能量的 70% 计算,传感器功耗数据参考表 1,中继电源的转换效率估计为 60%,中继电源的最低工作电压设计为 15 V,则根据式(2)、式(3)可以估算出第 1 级供电电缆上的电阻值为 61.64 Ω,即距离为 2.4 km,消耗在第 1 级供电电缆上的电流为 146 mA。从算出的数据可知,本质安全型中继电源远程供电方案是可行的。

3 本质安全型中继电源硬件设计

供电电缆上的压降主要是由电缆中的电阻和电流引起的,而改动电缆上的电阻阻值的成本相对较高。因此,为有效降低压差,需要控制电缆上的电流值。本质安全型中继电源的工作原理如图 3 所示,该电源主要包括软启动电路、储能电路、升压电路和限能电路 4 个部分。

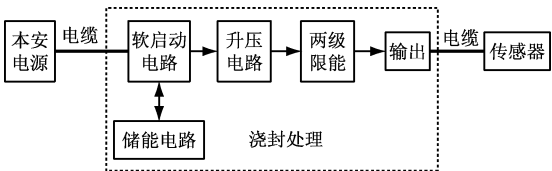


图 3 本质安全型中继电源工作原理

软启动电路主要用于降低中继电源启动时的瞬间电流,储能电路主要用于维持中继电源正常启动后的稳定性,具体电路如图 4 所示。上电后本安电源先对电容 C_1 充电,电容充电完成后开启 MOS 管 Q_2 ,这样分时启动电路可以避免启动时电容的瞬时大电流导致电路无法正常工作的情況。

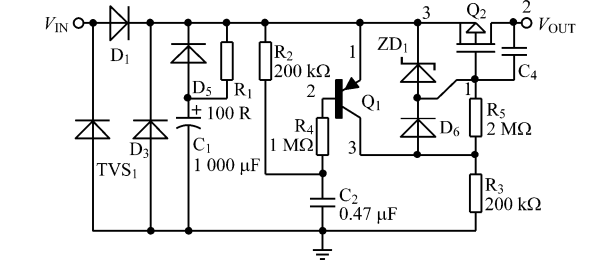


图 4 电源软启动及储能电路

升压电路可将 9~24 V 电压转换为 24 V 直流电压,具体电路如图 5 所示。该电路主控制芯片选用静态功耗相对较小、电路转换效率高达 92% 的 LM5022,可使本安电源的输出能量尽量传输至负载。由于电源电路为升压电路,为保证后级限能电路的安全性和可靠性,需增加一级不可恢复的过压保护电路。过压保护电路由 ZD_2 , R_{16} , R_{17} , C_3 , F_1 和 MCR_1 组成。当升压电路输出电压超过 26 V 时,将触发 MCR_1 导通,保险丝 F_1 熔断,从而达到保护后级电路安全性的目的。

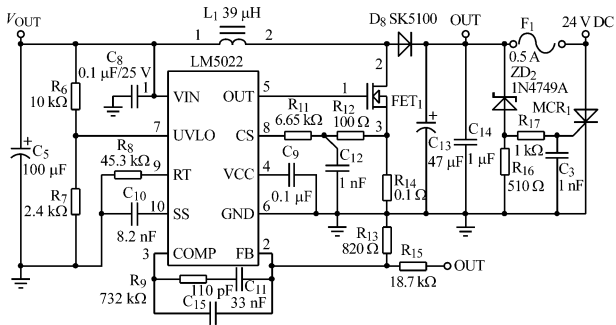


图 5 升压电路

由于电路中有超过安全火花要求的输出能量,需在电路中增加限能电路。限能电路采用传统的两级过流和两级过压电路。浇封主要是对电路中超过安全火花要求的电容进行浇封安全处理。

4 测试结果

本质安全型中继电源近端的开机波形如图 6 所示,从图 6 可以看出,中继电源具有 500 ms 的开机延时输出时间,其冲击电流最大值为 298 mA,小于传统 24 V 本安电源输出的 470 mA。

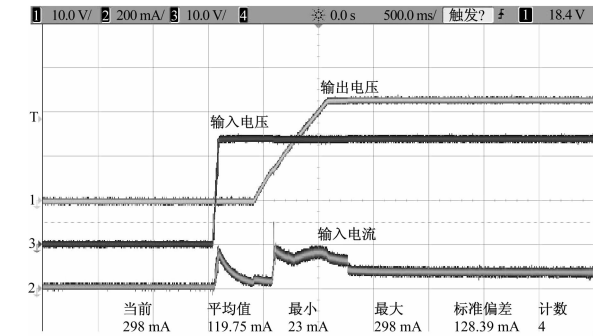


图 6 本质安全型中继电源近端开机波形

5 个输入电压下的测试结果见表 2。从表 2 可知,在 9~24 V 输入电压波动范围内,整机电源的效率都在 54.1% 以上。

表 2 本质安全型中继电源测试结果

序号	输入电压/V	输入电流/mA	输出功率/W	效率/%
1	9	216.3	1.2	61.6
2	12	166.5	1.2	60.1
3	15	133.8	1.2	59.8
4	18	118.7	1.2	56.2
5	24	92.4	1.2	54.1

输入电压范围为 9~24 V 时的低浓瓦斯传感器的供电距离测试结果见表 3。从表 3 可知,24 V 本安电源带低浓瓦斯传感器时的实际最大供电距离为 3.5 km。

表 3 24 V 本安电源供电距离测试结果

序号	供电距离/km	输入电流/mA	远端电压/V	工作状态
1	1	46.9	22.8	正常
2	2	50.2	21.42	正常
3	3	53.7	19.85	正常
4	3.5	55	19.03	正常
5	4	—	—	异常

用中继电源为 3.5 km 处的低浓瓦斯传感器供电,由本安电源为中继电源供电。将本安电源与中继电源的供电距离逐步增加,测试中继电源工作状态下的最大供电距离,测试结果见表 4。从表 4 可知,在 24 V 本安电源与低浓瓦斯传感器之间增加一个中继电源后,可使 24 V 本安电源对瓦斯传感器的供电距离提高 2 km,达到 5.5 km。

5 结语

针对井下超长工作面传感器的远距离传输需求,提出了一种本质安全型中继电源设计方案。测

表 4 中继电源供电距离测试结果

序号	供电距离/km	输入电流/mA	远端电压/V	工作状态
1	0.5	99.7	23.66	正常
2	1.0	104.0	22.22	正常
3	1.5	115.0	20.40	正常
4	2.0	130.5	17.93	正常
5	2.5	—	—	异常

试结果表明,该中继电源具有启动电流小、输出稳定、性价比高等优点,可以使 24 V 本安电源的供电距离有效延长 2 km。

参考文献:

[1] 谢俊生,王森,游青山. 矿井安全监控电源系统的研究[J]. 工矿自动化,2010,36(7):71-75.

[2] 李志. 关于延长对瓦斯传感器供电距离方法的探讨[J]. 煤矿安全,2012,43(2):67-69.

[3] 孙继平. AQ6201《煤矿安全监控系统通用技术要求》修订意见[J]. 工矿自动化,2016,42(2):1-7.

[4] 汤朝明. 矿用传感器超远距离传输技术研究[J]. 矿业安全与环保,2012,39(3):44-46.

[5] 王文清. 提高矿用本安电源带载能力的研究与实践[J]. 煤炭工程,2008(11):104-106.