

文章编号:1671-251X(2015)09-0011-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.09.004
黄鹤松,魏国招,廖玉波,等.一种新型智能矿灯充电柜设计[J].工矿自动化,2015,41(9):11-14.

一种新型智能矿灯充电柜设计

黄鹤松¹, 魏国招¹, 廖玉波², 张人元¹, 魏兰磊¹

(1. 山东科技大学 电气与自动化工程学院, 山东 青岛 266590;
2. 山东能源淄博矿业集团有限责任公司 许厂煤矿, 山东 济宁 272173)

摘要:针对煤矿目前矿灯电池种类多,存在各种不同的矿灯充电方式的问题,设计了一种可兼容多种矿灯类型的智能矿灯充电柜。该充电柜可精确控制锰酸锂电池、磷酸铁锂电池、镍氢电池及铅酸蓄电池的充电电压、充电电流,还可检测与显示矿灯充电状态、矿灯在架、电池故障等信息以及对电池健康状态进行快速鉴定、维护等。

关键词:智能矿灯; 电池; 充电柜; 恒流恒压

中图分类号:TD605 文献标志码:A 网络出版时间:2015-08-29 15:37
网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150829.1537.004.html>

Design of a new type of intelligent lamp charging cabinet

HUANG Hesong¹, WEI Guozhao¹, LIAO Yubo², ZHANG Renyuan¹, WEI Lanlei¹

(1. College of Electrical and Automation Engineering, Shandong University of
Science and Technology, Qingdao 266590, China;

2. Xuchang Coal Mine, Shangdong Energy Zibo Mining Group Co., Ltd., Jining 272173, China)

Abstract: In view of problems of multi-type of battery cell of miner's lamp and multi-method of charging, an intelligent charging cabinet compatible with variety of miner's lamp was designed. The intelligent charging cabinet can accurately control charging voltage and current of manganese lithium batteries, lithium iron phosphate batteries, nickel metal hydride batteries and lead-acid battery, it also achieves functions of detection and display of the charging status, lamp in position, battery fault, and rapid identification and maintenance of health status of battery.

Key words: intelligent miner's lamp; battery; charging cabinet; constant current and constant voltage

0 引言

目前,关于智能矿灯充电系统的研究较为成熟,基本实现了矿灯智能化、信息化管理^[1-2],但大多数智能矿灯充电系统只能为一种矿灯电池充电。矿灯电池种类较多,若煤矿企业更换矿灯类型就必须更换智能矿灯充电架,从而增加了更新成本。MT1162—2011标准规定:矿灯有效工作时间不能小于11 h,电池充放电次数不能小于500次^[3]。目

前,大多数充电系统无法对电池健康状况进行分析,矿灯的更换一般采用18个月强制更换的方式,造成了较大的浪费^[4]。为了对不同类型的电池进行精确充电管理并对电池健康状态进行快速鉴定,本文设计了一种新型智能矿灯充电柜,该充电柜可以对锂电池、镍氢电池及铅酸蓄电池进行精确充电管理。

1 智能矿灯充电柜结构设计

智能矿灯充电柜由无线模块、灯位控制板、充电

收稿日期:2015-05-22;修回日期:2015-07-16;责任编辑:张强。

基金项目:山东省高校矿山安全监测技术与系统重点实验室支持计划项目(011542202)。

作者简介:黄鹤松(1972—),男,江苏启东人,教授,博士,现主要从事煤矿自动化及监测技术的实践与研究, E-mail: huang_sust@163.com。通信作者:魏国招(1989—),男,山东济南人,硕士研究生,研究方向为智能仪表与检测, E-mail: 543783719@163.com。

板组成,如图 1 所示。充电柜能够对锰酸锂电池、磷酸铁锂电池、镍氢电池、铅酸蓄电池的充电电压、充电电流进行精确控制,并可判断矿灯充电状态、矿灯在架检测、矿灯故障检测以及对电池健康状态进行鉴定。充电板可对电池的充电过程进行控制,并可将矿灯状态、充电时长等信息通过串口传送给灯位控制板。灯位控制板处理并显示接收到的矿灯信息,通过无线模块与监控主机进行信息交互。监控主机可实现灯房内所有的矿灯信息的集中显示、分析和管理的。

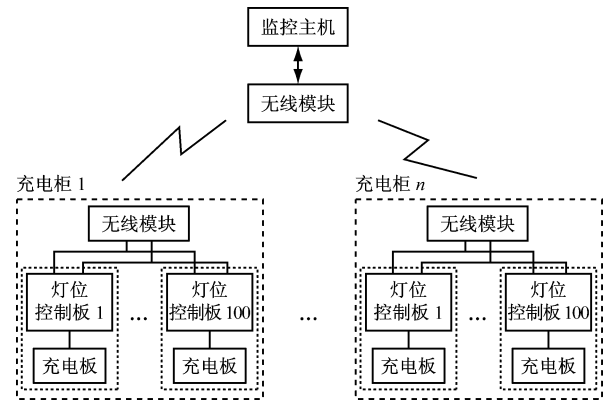


图 1 智能矿灯充电柜结构

2 充电板设计

充电板作为充电柜的核心部件,以 STC12C5608AD 为主控制器,通过控制 CCP0(开漏输出)、CCP1(推挽输出) 输出 PWM 波形实现对充电电压、充电电流的精准控制;通过 10 位高速 AD 转换器 ADC0、ADC1 实现对充电电压、充电电流的精确检测。充电板主要由充电电路、检测电路、串行通信电路构成,工作原理如图 2 所示。

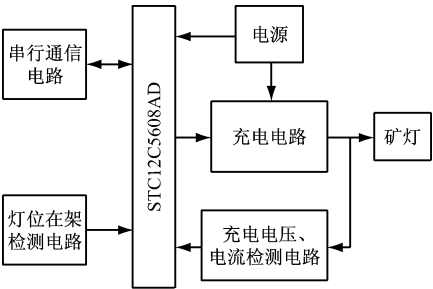


图 2 充电板工作原理

2.1 充电电路设计

各类电池的充电方式:锂电池应采用先恒流($C/10\sim3C/2$, C 为电池容量)充电,当电池电压达到设定值(锰酸锂电池为 4.2 V,磷酸铁锂电池为 3.7 V)时,采用恒压充电,直到电流下降到 60 mA

时结束充电;镍氢电池以恒流($C/10\sim3C/2$)方式充电,当电池有 10~15 mV 的 Δu 电压跌落时充电结束;铅酸蓄电池采用恒压充电方式,当充电电流低于 120 mA 时表示已经充满。

由于以上充电过程均需要恒流、恒压充电,故充电板采用 CH5020 作为充电管理芯片,该芯片是一个 150 kHz 固定频率的脉宽调制降压型 DC-DC 转换器,具有较宽的直流输入电压(4.5~40 V)和输出电压(1.25~37 V);具有 2 A 负载驱动能力;芯片内部有 PWM 控制电路,可线性地从 0~100% 调节占空比;内置过压、过流、短路保护等功能。

根据电池的充电方式,设计了锰酸锂电池、磷酸铁锂电池、镍氢电池、铅酸蓄电池充电状态判别方法^[5],见表 1。

表 1 矿灯充电状态判别方法

电池种类	充电状态	充满判别条件	充满状态
锰酸锂电池	900 mA 恒流	充电电流 < 60 mA	4.2 V
磷酸铁锂电池	900 mA 恒流	充电电流 < 60 mA	3.7 V
镍氢电池	900 mA 恒流	$\Delta u < -12$ mV	4.2 V
铅酸蓄电池	5.5 V 恒压	检测高脉冲时电流 < 120 mA	5.5 V

充电过程包括预充电、恒压/恒流充电、涓流充电。电池类型(包括是否为新电池)及充电电压/电流、充满判别条件等充电信息由监控主机下载到 STC12C5608AD 的 Flash 中,作为充电状态判别依据。

在预充电阶段,为保护电池,锰酸锂电池、磷酸铁锂电池、镍氢电池均以 150 mA 的较小电流开始充电,将 STC12C5608AD 内的 PCA2 配置为定时模式,每间隔 15 s 充电电流增大 50 mA,最大值为 900 mA。恒压/恒流充电阶段,锰酸锂电池、磷酸铁锂电池、镍氢电池均以 900 mA 恒流充电,铅酸蓄电池以 5.5 V 恒压充电,当检测到电池充满(或充电时间大于 8 h)时停止充电,开始涓流充电(充电电流为 50 mA),直至矿灯被取走,以避免过充。充电板输出最大充电电流为 900 mA,最大充电电压为 5.5 V,恒压恒流充电电路如图 3 所示。

STC12C5608AD-CCP0 输出 PWM 波的占空比为 0 时,充电电压 V_o 为

$$V_o = 1.235 \left(1 + \frac{R_2}{R_3 \parallel (R_{19} + R_{22})} \right) \quad (1)$$

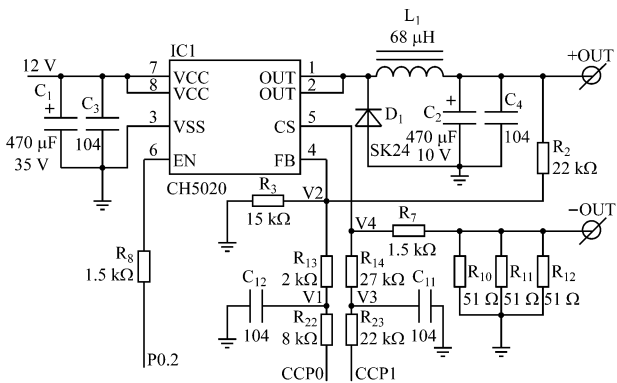


图 3 恒压恒流充电电路

当占空比不为 0 时,设 PWM 经 R_{22} 后电压为 V_1 ,CH5020 的 FB 端输出电压为 V_2 ,则

$$V_o = R_2 \left(\frac{V_2 - V_1}{R_{13}} + \frac{V_2}{R_2} \right) + V_2 \quad (2)$$

STC12C5608AD-CCP1 输出 PWM 波占空比为 0 时,CH5020 的 CS 端输出电压为 V_4 , $V_4 = 0.155 \text{ V}$,则充电电流 I_o 为

$$I_o = \frac{0.155}{R_{10} \parallel R_{11} \parallel R_{12}} \quad (3)$$

当占空比不为 0 时,PWM 经 R_{23} 后电压为 V_3 ,则充电电流 I_o 为

$$I_o = \frac{V_4 - R_7 \frac{V_3 - V_4}{R_{14}}}{R_{10} \parallel R_{11} \parallel R_{12}} \quad (4)$$

通过控制 PWM 输出可以实现充电电压/电流的恒定输出。

2.2 检测电路设计

充电板检测电路的主要功能包括充电电流检测、充电电压检测、矿灯在架检测、电池故障检测,并将检测到的信息通过串口传给灯位控制板进行数据处理及显示。电压电流检测电路如图 4 所示。

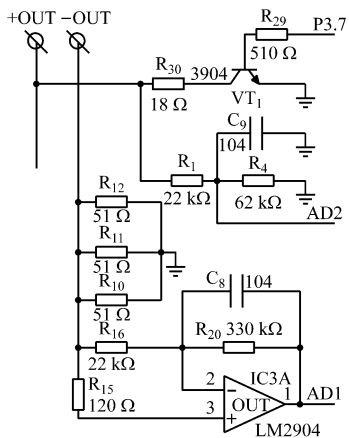


图 4 电压电流检测电路

充电电流经取样电阻转换为电压信号,为提高转换精度,电压信号经内部带频率补偿的运算放大器 LM2904 放大后再进行 AD 转换。充电电压经 R_1 , R_4 分压后进行 AD 转换,为了精确测量电池实际电压,设计了由 R_{30} , R_{29} 及三极管 VT_1 组成的恒流放电电路。

STC12C5608AD 通过 ADC0、ADC1 即可实现对充电电流、充电电压的精确检测,以判断电池的充电状态。

采用反射式光电开关 IT9909 检测矿灯是否在架,矿灯在架检测电路如图 5 所示。将主控芯片 PCA2 配置为定时器模式,中断时将 P2.1 输出取反,产生 1 kHz 的脉冲信号,然后检测 P2.0 接收到的脉冲信号,若相位一致则表示矿灯在架。

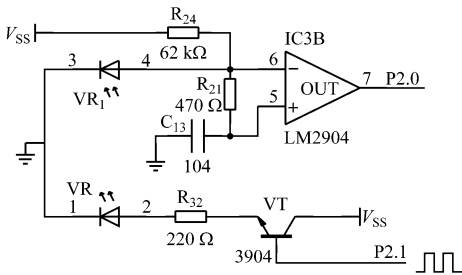


图 5 矿灯在架检测电路

根据充电电压、充电电流、矿灯在架检测即可判断矿灯状态:若矿灯电压低于放电终止电压(锰酸锂电池为 2.75 V、磷酸铁锂电池为 2.5 V、镍氢电池为 2.75 V、铅酸蓄电池为 3.5 V,电池放电终止电压等信息由监控主机下载到 STC12C5608AD 保存在 Flash 中),则判定为电池故障;若检测到矿灯在架,但是充电电流小于 5 mA,则表示矿灯未挂好;若检测到矿灯不在架,且充电电流小于 5 mA,则视为矿灯被取走,同时保存取灯时间。

2.3 电池健康状态鉴定

充电次数、充电时长、电池容量都是衡量电池健康状态的重要指标。充电板在充电过程中需对电池充电次数、充电总时长进行统计。充电柜设定每当电池使用 50 次便彻底放电一次(恒流放电至终止电压),根据放电时间 t 和放电电流 I 估算出电池容量 $C=It$ (彻底放电对消除镍氢电池的记忆效应也有一定作用)。充电板将充电次数、充电时长、电池容量等信息定期上传给监控主机,并与规定的使用次数、容量相比较,判断矿灯寿命,从而决定何时更换。

初充电是影响电池寿命与性能的重要因素,不同电池的初充电过程不尽相同,如铅酸蓄电池初充电要求以小电流(不大于 $C/10$)进行长时间充电;镍氢电池具有记忆效应,需要 2~3 个标准的充放电循环电池性能才能发挥到最佳状态。当判定为新电池时,系统按初充电方式进行充电。

3 灯位控制板设计

灯位控制板负责为每个矿灯充电板供电,控制柜门开关,显示矿工信息、充电板状态(矿灯类型、充电状态、是否在架)等信息,并将采集到的充电板信息通过串口发送到无线模块,无线模块再将数据传送给监控主机进行集中显示、查询、分析和管理。

4 结语

通过分析目前煤矿常用电池类型的充电方法,设计了一种新型智能矿灯充电柜。该充电柜能对锰

酸锂电池、磷酸铁锂电池、镍氢电池、铅酸蓄电池的充电电压、充电电流进行精确控制,降低了更换矿灯的成本,延长了矿灯使用寿命,提高了矿灯控制性能,并能集中显示矿灯充电信息、矿灯是否在架、电池健康状况等信息,实现了对矿灯的智能充电管理。

参考文献:

- [1] 顾义东,李亚彬.一种智能锂电池矿灯充电柜设计[J].工矿自动化,2013,39(12):95-97.
- [2] 李岩梅.智能矿灯充电监管和信息系统设计与应用[D].济南:山东大学,2012.
- [3] MT 1162—2011 矿灯[S].
- [4] 潘俊涛,袁国荣.矿灯智能充电监测管理系统的研究与应用[J].煤矿现代化,2012(2):41-43.
- [5] 魏兰磊.矿灯智能充电管理系统的设计[D].青岛:山东科技大学,2014.