

无线电

1955年创刊 www.radio.com.cn 邮发代号: 2-75 国外代号: M106

2009年 合订本

上

《无线电》编辑部 编

本书附赠双光盘



《数码相机维修实战技术》视频教程完整版
单片机源程序、印制电路板图等

2009年第1期~第6期

栏目

特别策划 | 音频应用 | 广播爱好者 | 火腿通信 | 测试测量 | 玩转单片机 | 实用电路制作 | 维修帮手 | 初学者园地

享受广播 - TECSUN

Enjoy broadcasting

因为梦着你的梦.....

..... 一群广播爱好者为众多广播爱好者精心打造的收音机!

TECSUN

德生牌收音机

中国驰名商标



www.tecsun.com.cn

S-2000 & PL-600

东莞市德生通用电器制造有限公司 公司与工厂地址: 中国广东省东莞市东城区莞长路189号德生大楼 邮编: 523071 电话: 0769-23167118 传真: 0769-23160700



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

无线电合订本

2009 年（上）

《无线电》编辑部 编

人民邮电出版社

样书

专用章

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

《无线电》合订本. 2009年. 上 / 《无线电》编辑部编. — 北京: 人民邮电出版社, 2010. 1
ISBN 978-7-115-21787-5

I. ①无… II. ①无… III. ①无线电技术—2009—丛
刊 IV. ①TN014-55

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第216727号

内 容 提 要

《无线电》合订本2009年(上)囊括了《无线电》杂志2009年第1~6期所有栏目的全部内容,并经过了再次加工整理,按期号、栏目、专题、连载系列等重新分类编排,以方便读者阅读。

随书附赠《数码相机维修实战技术——基础篇》、《数码相机维修实战技术——高级篇》双光盘,光盘中还收录了与文章相关的印制电路板图、电路原理图、源程序等。

本书内容信息量大,涉及电子技术广泛,文章精炼,技巧经验丰富,实用性强,适合广大电子爱好者、电子技术人员、家电维修人员阅读。

《无线电》合订本2009年(上)

- ◆ 编 《无线电》编辑部
责任编辑 房桦尹飞邓晨
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 35.75
字数: 1 164 千字
印数: 1—9 000 册

2010年1月第1版
2010年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-21787-5

定价: 40.00元(附2张光盘)

读者服务热线: (010)67132837 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

特别策划

手电专题

我的爱好我做主——手电记录	宋思源 (001)
手电的灵魂——发光体	宋思源 (003)
小小电路有乾坤——手电驱动电路	宋思源 (006)
手电光斑的精髓——二次光学元件	宋思源 (009)
手电的动力——供电系统	宋思源 (011)
不可小视的手电开关	宋思源 (013)
浅谈手电的制造	宋思源 (014)
手电实战测试	宋思源 (016)
国内外手电品牌纵览	宋思源 (019)

LED 进化史

杜洋 (020)

时间频率专题

如何建立自己的时间和频率标准	张利民 (BG2VO) (027)
时间频率标准必备知识点	张利民 (BG2VO) (028)
常见的频率比较仪器——频率计	张利民 (BG2VO) (029)
为自己选择一个合适的时间频率标准	张利民 (BG2VO) (031)
频率测量的方法	张利民 (BG2VO) (034)
丰富而独特的时间显示方法	张利民 (BG2VO) (036)

51 单片机开发实验板横评专题

选你所需	无线电实验室 (038)
晶控电子 51 综合实验板	无线电实验室 (039)
星研 STAR-MT51	无线电实验室 (042)
爱因 AY-USB51F	无线电实验室 (044)
强联 WS9700U	无线电实验室 (046)
评测横向对比总结	无线电实验室 (048)

音频应用

《无线电》与中国音响 DIY 联合举办的第七届音响制作比赛

圆满结束

编辑部 (050)

第七届音响制作比赛参赛作品选登

一款改进型纯后级甲类功放的设计与制作	张安聚 (052)
初试 8 分时并联 DAC	吴巍 (056)
超平衡耳放的设计与制作	吴自文 (061)
平衡式 2.1 声道桌面功放的制作☆	吴自文 (064)
我依然爱你——1875	夏盛 (068)
为圆孩时的梦——JADIS 经典电路的仿制	天鸿 (070)
DTS 解码 & 卡拉 OK 混响前级的设计与制作	杨盛东 (073)
全手工打造的 10 英寸全频扬声器	文贤 (077)

自己动手制作耳机

——手工打造动圈耳机单元的尝试	倪文贤 (079)
——动圈耳机单元的改良	倪文贤 (082)
——把改良的动圈单元做成一副耳机	倪文贤 (085)
一款三分频高保真土炮音箱的设计与制作	okra (088)
迷你型胆石机制作 5670+LM1875	晴风雨 (093)
用 TDA1554Q 搭焊小型功放	沙伟航 (096)
用普通 MF 万用表快速筛选配对晶体管	吴润照 (097)
2008 年广州音响 DIY 交流会专题报道 本刊记者 邓晨	(098)
重拾 LM1876 制作小型功放	语蓝 (102)
高保真“可变声道”功放初探	吴刚 (武汉) (105)
一款为书架箱设计的“胆味”晶体管功放☆	魏涛 (110)
可平衡 BTL 桥接合并功放的制作	原声电子 (116)
一款大功率 T 类功放板的制作	游宇兵 (120)
用 PCM1738 制作小巧的音频解码器	语蓝 (123)
电脑功放组装手记	吴玥 (126)
用电池供电的话筒放大器	姜韬 (131)
用 LME49810 制作高性能功率放大器	李宏伟 (133)
用电子管和 LM1875 制作靓声小功放	何立基 (138)
一款实用的功放保护电路	陈吹信 (139)

LM4780 的同门兄弟——LM4732	梓门 (140)
一款“混合型”小功放的设计与制作	何立基 (144)
智能风冷散热器的制作	林芝松 (146)
“乌鸦变凤凰”——用废旧材料打造 MP3 音乐盒	姚宗栋 (148)
性能优良的多媒体数字功率放大器的设计与制作	魏坤 (150)

广播爱好者

巅峰的高度——德生 S-2000 准专业级收音机评测	黄平 (155)
巧用收音机作 MP3 扩音器	孙永峰 (159)
看看具有应急功能的收音机	红色电波 (160)
我与收音机的故事	
德劲 DE1123 DSP 全波段收音机测评	赵昶 (162)
TECSUN PL-600 便携式收音机介绍	黄平 (164)
知识介绍 浅谈收音机有源天线	xyz (167)
手摇发电过猛出现的意外	红色电波 (168)
给德生 R-9700DX 收音机增加延时关机功能	红色电波 (169)
德生 S-2000 收音机电路简析 (一)	红色电波 (173)
德生 S-2000 收音机电路简析 (二)	红色电波 (177)
根德牌 S350 型 BCL 收音机 (1)	红色电波 (180)
三款数字调谐电视伴音收音机横向对比	黄平 (184)
根德牌 S350 型 BCL 收音机 (2)	红色电波 (187)
耳听为实——为收音机选配一款入门耳塞	黄平 (189)

火腿通信

走近 EME 通信试验 (上篇)	吴国光 (BA7IA) (192)
走近 EME 通信试验 (下篇)	吴国光 (BA7IA) (196)
如何选购二手驻波比表	聆听 (200)
ICOM IC-7000 功能细说	杨法 (BD4AAF) (203)
图解手机火腿铃声 DIY	阮东升 (BA6QH) (208)
YAESU VX-8R 零距离全接触	杨法 (BD4AAF) (210)
巾帼不让须眉——中国业余无线电界的女“火腿”	焦亮梅 (BD1AYL) (214)

细说 VX-8R 之蓝牙应用	杨法 (BD4AAF) (216)
传输线巴伦的制作与测试	刘辉 (BG1LQX) (219)
什么是业余无线电卫星通信	吴国光 (BA7IA) (222)
Motorola “军刀”对讲机漫谈	杨法 (BD4AAF) (226)
实测 ICOM IC-U82	杨法 (BD4AAF) (229)
OG202A 天线调谐器试用报告	杨法 (BD4AAF) (232)
业余无线电卫星通信必备器材	吴国光 (BA7IA) (236)
如何进行业余无线电卫星通信	吴国光 (BA7IA) (240)
二手射频功率计的选购	聆听 (243)
二手无线电综合测试仪选购指南	聆听 (246)
业余无线电, 玩的不仅是“无线电”	张峥 (BG8SF) (251)

火腿操作入门

用手台实现远程通联	方明 (BA6AA) (253)
手台使用进阶必备	方明 (BA6AA) (256)
车台使用进阶必备	方明 (BA6AA) (259)
车载短波电台进阶	方明 (BA6AA) (262)
基地台接收操作进阶	方明 (BA6AA) (266)
基地台的认知和安装	方明 (BA6AA) (269)

天线制作十二款

一个小时可以做成的 UHF 波段天线	刘和平 (BD1HP) (273)
便于在阳台安装的 10m 波段天线	朱轩 (BH4RCI) (275)
天线小知识	刘和平 (BD1HP) (276)
5 波段偶极天线制作详解	刘燕北 (BD2BH) (277)
HAM 关注的几大国际赛事	曹文隆 (BA3AG) (279)
VHF/UHF 双波段超级 J 型天线	刘燕北 (BD2BH) (280)
便携式“双 T”垂直偶极天线	刘燕北 (BD2BH) (282)
不用天调的多波段温顿天线	刘燕北 (BD2BH) (285)

测试测量

实用的电池内阻测试仪☆	吴汉清 (288)
可测量液体温度的数显温度计☆	刘作新 (292)

数字示波器 DIY 专题

因有一只鞍而买一匹马	魏坤 (295)
做个数字示波器难吗? ——系统综述	魏坤 (297)
电路才是“硬”道理——硬件电路简述	魏坤 (300)

给你的电路注入灵魂——程序设计 魏坤 (308)

神形合一, 让你的示波器动起来! ——制作调试篇

魏坤 (314)

示波器使用三板斧(三)——测量 MP3、MP4、MP5 篇

黄勇 葛中海 (321)

三种音响电源的对比测试 牛歌 (325)

电动车蓄电池容量测量仪☆ 吴汉清 (332)

电路板雕刻经验与技巧 周宝善 (334)

用虚拟示波器调试红外收发电路 陈庚 (338)

测试展台 资料室 (340)

法拉第电磁感应定量测试仪☆ 殷建彬 (341)

数字示波器使用技巧

如何捕捉非周期性突发脉冲信号 凌锋 (344)

如何捕捉和重现稍纵即逝的红外发射信号 周春艳 (346)

用数字存储示波器测量直流电源参数 凌锋 (348)

用电脑直接获取数字存储示波器图形的方法

黄培根 周春艳 (350)

测试展台 Agilent U1600A 系列手持式数字示波器

资料室 (352)

电脑变示波器——新一代虚拟测试系统(1) 王洪伟 (353)

测试展台 安泰信 ADS1000CE 系列数字示波器 资料室 (355)

电脑变示波器——新一代虚拟测试系统(2) 王洪伟 (356)

电脑变示波器——新一代虚拟测试系统(3) 王洪伟 (361)

测试展台 吉时利推出 50MHz 任意波形/函数发生器

资料室 (365)

示波器在电子制作中的应用

声光控开关的制作与检测 杜玲安 葛中海 (366)

玩转单片机

试玩 PIC12F675 单片机手记 吴红奎 (368)

做一个有趣的触摸屏鼠标 张科 谢丽华 (372)

精确把握 DS18B20 读写时序延长连接距离 莫秋元 (376)

机器人制作三部曲 宋泽清 (379)

认识智能救援车 宋泽清 (381)

打造最小系统平台 宋泽清 (384)

灵活避障 快速循迹☆ 宋泽清 (386)

让救援车探测和搬运金属 宋泽清 (388)

用 DS12887 制作无电源仍可走时的时钟☆ 李海秋 (390)

让救援车学会说话☆ 宋泽清 (393)

里程、角度、温度测量篇☆ 宋泽清 (395)

无线发射、接收篇☆ 宋泽清 (397)

简单程序打造“山寨”版机器人☆ 余俊杰 (399)

机动车尾号限行提示器 刘世泉 (403)

数码管和点阵 LED 的动态扫描方法☆ 何海滨 (405)

可编程定时放音电子礼物☆ 杨德富 (407)

语音温度计☆ 胡静波 (409)

盛群半导体新推出新一代音乐微控制器 资料室 (411)

经济高效的入门级 8 位微控制器 SE8 资料室 (411)

智能节水 抵御干旱——单片机控制的灌溉系统☆

吴岭清等 (412)

单片机开发工具 DIY

用三星手机数据传输线改制 STC 单片机编程线 徐延军 (414)

不会莫尔斯电码也能发报——易做易用的莫尔斯电码

自动发生器 卫小鲁 (BH7PCK) (415)

年误差小于 1 分钟的电子钟☆ 刘作新 (419)

古老与现代科技的结合——辉光电子管时钟 胡金祥 (422)

遥控调光无极限 点亮台灯每一天 胡康 (425)

硬盘时钟实作手记☆ 周正华 (430)

美观与实用的结合——能“变频”显示的电子钟台灯☆

胡康 (434)

断电后还能运行的多时段开关定时器 秦新月 (441)

Microchip 推出低休眠电流的 nanoWatt XLP™ 系列单片机

资料室 (443)

实用电路制作

为电动车铅酸电池充电器加个智能定时插座 李胜 (444)

简单有效的 LED 照明驱动电路 董永军 徐明奇 张雪明 (446)

单颗 LED 大功率手电筒的制作 吴晓燕 (448)

用 GSM 短信遥控模块制作家居安防报警器☆

苏林 许岩 (450)

单线进出多功能电子开关自制方案☆	杜灿鸿 (454)
巧用 315MHz 收发模块制作简易无线鼠标☆	刘亮 (457)
8×32 LED 点阵电子钟的制作☆	叶士良 (460)
功率三极管封装图说	吴红奎 (462)
数码相框也能自己做☆	张彬杰 (465)
一款实用的煤气报警器电路	张全威 (467)
普通饮水机的“节电、健康化”改造	滕今朝 (469)
适合听力障碍朋友使用的闪光电子门铃和闪光电子闹钟	

梁政 (471)

精致的 MP3 音频转发器	任杰 (474)
实用的数字式温湿度测量电路☆	苏林 魏五星 (476)
利用定时模块制作定时开关插座	徐江伟 (478)
0 ~ 30V 可调电源的制作☆	叶士良 (480)
简单实用的电脑遥控接收器	潘邦文 (483)

维修帮手

学修电磁多功能泡茶炉	林芝松 (484)
非接触式 IC 卡的维修	施红武 (490)
巧换手机电池芯	刘福胜 (491)
自己动手检修微型无线遥控玩具汽车的小故障	韩军春 (492)
电动车无刷电机控制器基本原理及维修要点	贲礼进 (495)
格兰仕微波炉维修三例	陈清友 (498)
自己动手修电动车充电器	段丽红 张兰家 (499)
防止紫砂电饭煲紫砂胆易裂的有效方法	黄大立 (500)
妙用 ET521A 示波表检测行输出变压器	董灵江 (501)
实测关键点快速检修诺亚舟	韩军春 (502)
因消磁电阻损坏而引起的彩显故障维修二例	郭学提 (502)
自己动手检修抽油烟机	王绍华 (503)
笔记本电源适配器检修	闽溯 倪耀成 (504)
自己动手检修微波炉	韩军春 宋海红 (505)
用伊万 ET521 型示波表检修彩电疑难故障	雷钟 (510)
自制吸锡电烙铁头	孙永峰 (511)
电磁炉的故障检修四例	孙洋 (512)
尚朋堂电磁炉维修实例	杨舟成 (513)

怎样对付虚焊	李法资 段丽红 (514)
问与答	(515)
问与答	(516)
问与答	(517)
问与答	(518)
问与答	(519)
问与答	(520)

初学者园地

电子制作必备技能

焊接其实并不难	张晓东 (521)
适合初学者的印制电路板制作方法	张晓东 (525)
选对“洞洞板”焊电路	江肖 (548)
电子 DIY 实用技巧集锦	张晓东 (529)
简单实用的熔断器监测电路	茅凌云 (524)

零起步学无线电收发

从矿石收音机认识谐振	门宏 (532)
从等幅波发射机认识振荡与发射	门宏 (535)
从高频信号发生器看调幅信号的发射与接收	门宏 (538)
调频信号的发射与接收	门宏 (542)
数字信号的发射与接收	门宏 (545)
与初学者谈谈焊接用料	张晓东 (550)
更具活力的 BEAM 机器人	王宇航 (554)
元件小知识 电容器	——摘自《从零起步学电子》(555)
自制一款有趣的激光传声器	甯青松 杨振 马小龙 (556)
自制固态继电器	任杰 (558)
适合初学者制作的 5W 线性电源	yeah (559)

常用元器件的识别与使用

小小电阻学问大	张晓东 (560)
---------	-----------

活动报道

江苏省业余无线电应急通信演练成功举办	
	陈方 (BA4RC) (287)

加☆表示配书光盘中有与该文章相关的文件

作者自介

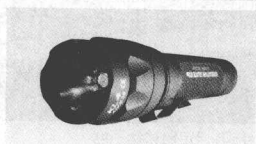
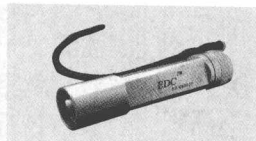
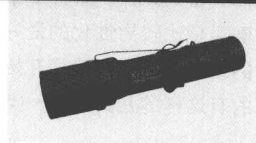
宋思源，网名“扎西德勒”，资深“筒友”，涉足手电此道多年，玩筒子无数，凡LED、光杯、筒身、开关设计皆有所详。数年来得以亲试数筒，辨其妙处，历历如指诸掌也。技术深厚，善于改装，勤于笔耕，国内手电论坛系统精华帖第一人。为人谦和温厚，乐于助人，道上兄弟凡有识得者，皆尊称一句“老扎”。



我的爱好我做主 ——手电记录

为什么这么喜欢手电，并且很仔细地研究，甚至到达发烧的程度？

爱好，对！就是简单的爱好。或者这样的回答有些牵强，或者这样的回答是在打发一些人的好奇，但是我依然继续着这样的回答。生活很多时候是枯燥的，而爱好则在业余的时间给人很多的快乐。就像有人喜欢听歌，对HIFI设备发烧；有人喜欢摄影，对相机发烧一样，也有着这样的一群人因喜欢手电而对手电发烧。



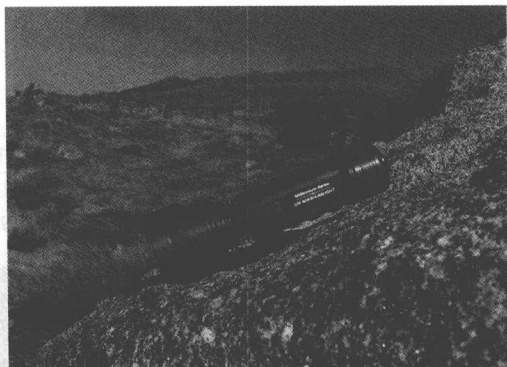
我对于手电的理解是，它是一种机械与电子的结合体，同样也是一种技术与艺术的混血儿。我对于摄影的理解就是技术与艺术结合的最典型代表，在摄影技巧与摄影器材技术支持下表达着艺术的美感。而手电也一样，只是较少被大众所了解。在技术方面或许你很难想象一个小小的手电筒里面会藏着那么多的高技术，比如现实应用中最高的光电转换率的发光体，比如钛等航天级材料，比如五轴联动加工中心的加工工艺，甚至蓝宝石镜片，甚至驱动软件。当你熟悉手电之后，你会惊讶现在科技的发展程度，一个小小的手电里面居然可以“藏龙卧虎”，也会惊讶一个只比你食指大一点的手电发出的光线甚至比一些汽车的大灯还要亮，而就是这样的一个小小手电完全能够完成整个房间的照明。最重要的是随着现在LED技术的突飞猛进，未来的手电会越来越省电，越来越亮，当然体积也会越来越小。而在艺术方面，当你看到图片的时候会感慨现在的工业设计，在细致的加工工艺的支持下，手电在某种角度上甚至有着很大的收藏价值。

记得有人说过这样的话来介绍如何玩手电的：黑暗中送MM回家，你魔术般从手里变出一道光芒，那是为了让她感到安心，那光芒是你发出的，是你力量的延伸。事实上手电这种爱好确实是比较男性化的爱好，喜欢手电的或者说从什么途径开始接触到手电的有这样的几类人：一类是对于电

子和机械喜爱的人，手电加工制作上有很多机械和电子的要求。一款手电的好坏也同样是在这些方面表现的。一类是户外爱好者，有很多“驴友”（旅游爱好者）知道，不到万不得已不应该走夜路，但是这影响不了购买一款既亮又结实耐用的高性能手电的需求，毕竟有备无患。当然这里的户外爱好

者的群体是宽泛的，夜间钓鱼用手电是非常有效的，这类也归属于户外爱好者。一类是对于“战术”的喜爱与对新技术的追求，要知道最初高亮度手电的设计就是为了室内反恐作战设计的。很多喜欢这种战术与军警风格的爱好者由于大环境的限制转眼到手电上，进而发现手电更加有意思了。同样，LED也是未来照明的发展方向，而最可以大胆采用这种新技术的就是在手电方面，其更新换代的速度也很迅速，是一个不错的“玩具”。

说到如何对手电“中毒”，开始喜爱的方式有多种，也是很有意思的。有个玩手电的朋友说，他是看电影“中毒”才开始喜欢手电，看的电影是《国家宝藏》，对尼古拉斯凯奇在电影中使用的那款有着非常明显光柱的手电印象深刻。而该手电正是Surefire M6型号的，实际上这个手电是非常不适合在那种环境下使用的，虽然很亮，但是灯泡的发光体是超级耗电的。6节CR123



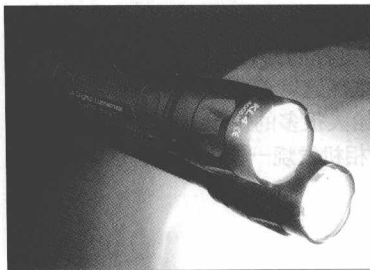
《国家宝藏》中出现的Surefire M6型号手电

电池只能使用20分钟，可以这么说，这是Surefire公司在通过电影厂商做的一种软广告，而现在看来这次软广告是非常成功的。有不少的美国电影中就经常出现反恐部队破门而入，在漆黑的环境下使用手电的镜头，而这些镜头中的产品很多都是Surefire公司生产的。想象一下，爱好者手中拿着的就是反恐部队的手电，这个公司广告做得厉害啊。

说到喜爱就肯定要提到购买了，我的理念是先学习一些这方面的知识，明白了之后再考虑自己的使用用途，而后购买。同样是手电，有人购买是为了随身带的，有人则是为了不时之需的，也有人是放在车里平时不怎么用的，购买目的上的不同也决定了具体产品的不同。而购买的途径上，在户外店和一些大商场中的购买途径最为直接，不过这些地方即使有也不一定很好，并且会非常贵。通过本专题的介绍，你完全可以比那些给你介绍手电的普通销售商更加明白相关的知识。说到这里就不得不提网络购买这种途径了，当然这里也要选择好卖家，不过不要完全相信商家的介绍，国内范围虚标的现象是比较常见，更多的可以参看使用者的评价，这些评价可以通过论坛的途径来进一步了解。全球最大的中文手电论坛网址是www.shoudian.com，在上面你可以查询到很多有意思的东西。☺



北斗FD1.3定制款钛手电



Surefire L4手电

手电的灵魂——发光体

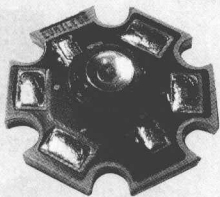
提到手电首先要说的就是发光体。它可以说是手电的核心部件了，现在的手电主要也是通过发光体来进行区分的。白炽灯发光效率太低，HID（氙气灯）要采用安定器，启动时需要预热时间，体积过于庞大。现在受关注程度最高，也最能够被接受的，就是基于LED发光方式的手电，这种发光方式也是未来照明领域的发展方向。本专题中，笔者主要讨论的就是LED手电。

生产厂商

流明 (Philips Lumileds) :



飞利浦的全资子公司，在CREE公司出现前保持着量产发光体的最高效率记录，一直是主要的大功率LED供应厂商。虽然其产品在手电方面的应用越来越少了，但是它在大规模应用领域（如路灯照明等方面）还是占有非常大的比重的。



CREE:



美国CREE公司于2006年推出的P4级别LED，P4的发光效率全面超过Lumileds的产品，打破一直以来由Lumileds垄断的局面，成为备受欢迎的LED产品。CREE公司的产品以其较好的发光效率和较合理的产品价格定位成为现今最受欢迎的LED生产厂商之一，其Q5级别的LED被大量使用在手电照明领域。



韩国汉城半导体 (SSC) :



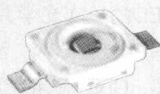
该公司自己并没有生产LED核心的能力，它采用的技术核心为CREE公司的，只是该公司改变了其荧光粉与封装工艺。由于CREE的封装与传统的流明封装不同，所以存在兼容的问题，SSC的封装与流明的封装相同，较好地解决了兼容的问题，它推出的P7型号多核心LED也很有特点。



欧司朗 (Osram) :



老牌的照明解决方案公司，它受到业界的瞩目是由于它于2008年发布的Golden Dragon Plus（亦称金龙）系列LED（以后简称为GDP）。此款LED核心体积非常小，发光效率也很不错，非常适合作为手电的发光体。不过它刚刚发布不久，产量上依然是一个问题，采用此款LED的手电厂家也比较少。当然没有完美的食物，这款LED据使用者称，色温较高，长时间高温工作后，会出现偏色的可能，毕竟是一新产品，还需要时间的认可。



LED全名为Light-Emitting Diode，中文名为发光二极管。目前应用于手电方面的白光LED发光原理为，核心发光体发出蓝光，而后通过蓝光激发黄色的荧光粉，最终混合成为白光，发出光线。它与普通的白炽灯和三基色节能灯的最大区别就是其光谱的不完整，即它并不是由完整的光谱合成的白光。在进一步了解LED之前，我们先来看看全球发光体的生产厂商。

发光效率

讲到发光体，最重要的参数就是发光效率。

发光效率，顾名思义即当通过固定电流时发光体能够发出光线的多少。对我们来讲，发光效率当然是越高越好，当然发光效率越高，价格上也越昂贵。一般发光体的生产厂商都会标注发光体的发光效率等级，我们选择手电时，在考虑价格的因素后，考虑手电的发光效率自然是越高越好。

目前市场上普遍接受CREE公司的LED发光效率分类方式，CREE公司发光效率的等级区分是按照N3、N4、P2、P3、P4、Q2、Q3、Q4、Q5、R2编号依次升高（见表1）。

在手电论坛上常有人问P4和Q5到底有什么区别，其实很简单，就是Q5的发光效率要高。有的爱好者比较关心如何区分P4与Q5级别的LED，这就

要提及CREE在制作工艺上的问题了。现在CREE LED都是在同样的生产线进行生产的，而生产出来的LED有着一定的离散性，也就是说同样的生产线生产出来的LED的发光效率也有着高低之分。对生产出来的LED根据发光效率进行分类，就引入了从N3一直到R2的各种级别，这些级别本身也是有着一定的区间的，比如同样都是Q5级别，也有发光效率高低之分。同样的制作工艺下，可以明确一点，在没有通电测试发光多少的前提下根本无法凭借肉眼通过外观来进行分辨。即使是在通电的情况下，人眼对于几十流明变化的识别也是不明显的，相近级别的LED不凭借专业的器材很难区别出来。

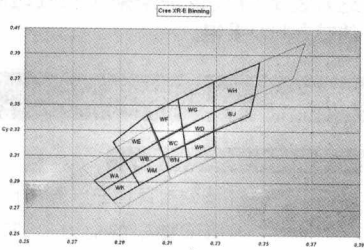
表1 CREE公司LED发光效率分类表

Color	CCT Range		Base Order Codes	
	Min.	Max.	Group	Flux (lm)
Cool White 冷白	5,000 K	10,000 K	P4	80.6
			Q2	87.4
			Q3	93.9
			Q4	100
			Q5	107
Neutral White 自然白	3,700 K	5,000 K	N4	62.0
			P2	67.2
			P3	73.9
			P4	80.6
			Q2	87.4
Warm White 暖白	2,600 K	3,700 K	Q3	93.9
			N3	56.8
			N4	62.0
			P2	67.2
			P3	73.9

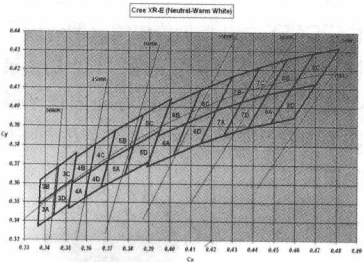
光色

除了发光效率还有一个重要的参数就是光色。由于白光LED的发光原理是混合为白光的，从光谱上来看，白光LED的光谱比自然光的光谱要少很多，而这样的问题在实际的应用当中就是显色性（显色性是指对物体色彩的还原能力）方面的问题了。而就现在LED科技发展的程度来讲，还没有能够完整形成自然光、白光的完整光谱的LED发光体。由于LED核心发出的是蓝色光，波长较短，色温较高，所以穿透能力较差。LED在照明应用方面的穿透能力几乎是一个永远的弊端，也

几乎是其永远无法完全代替白炽灯的原因所在。CREE公司为了解决这样的问题，推出了暖白、自然白等光色的LED，这种LED的加工工艺有所改变，荧光粉有所改变，最终的结果就是这种LED所发出来的光比较“黄”，有些类似白炽灯泡的效果。



冷白光光色对比图



自然白、暖白光光色对比图

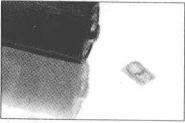
上面是在光色上有较大选择的CREE公司的各种光色图，显示的颜色即为实际发出光的颜色。

发光体封装技术

发光体的核心是非常脆弱的，暴露表面将会直接影响其使用寿命，因而LED加工厂普遍会对LED核心进行封装。封装也同样决定了LED的一次光学结构，即LED所发射出来的光线通过了封装的一次光学光路已经发生了改变。从某种角度上来讲，现在使用最多的CREE厂的7090XR-E系列LED的一次光学并不是很好，诟病就是那个金属环。曾有人分析这个金属环，CREE使用金属环的目的是将多余的被激发的荧光粉所发出来的黄色光

屏蔽掉。这个金属环同样也将一次光学后的发光角度缩小了，其发光角度较小，半功率辐射角只有75°，小于Lumileds公司生产的LED的120°。发光角度的缩小对于二次光学效果的影响是非常大的。现在CREE之所以能够被普遍接受，就是其发光效率高，可以说是大家在发光效率和光斑的完美度的选择上最终屈服于发光效率。

在封装上，除了所提及的发光体的一次光学外，还有一个比较重要的参数，就是发光核心的体积。发光核心的体积越小，其发出的光线就接近点光源的效果，相对来说二次光学元件就更加容易做，光斑就更加完美。如Lumileds发布的名Rebel的LED，其发光体的体积就非常小，但是此款LED的产量一直是个问题。同样还有最近Osram发布的GDP系列LED，发光效率可以超过CREE Q5，但是封装体积要小很多。



与普通7号电池的比较图



Lumileds Rebel LED

值得说明的是，并不是LED的封装越小就越好，对于大功率LED，散热的好坏是影响LED可靠性的一个重要因素，体积大些的封装在散热上有优势。

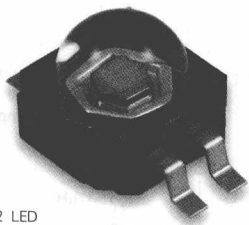
LED未来发展方向

作为LED未来的发展，人们最关心的就是亮度了，而作为亮度衡量的参数就是光通量，要想进一步提高光通量有几种方式。

提高光通量最理想的方式莫过于提高发光效率，发光效率的提高极限

是100%，而越接近极限，提高就越困难。虽然会有缓慢的提高，但毕竟这种发展总是有限度的。

第二种方式是增加LED的强壮性，从而提高核心的最大功率，正如Lumileds的型号为新K2的那款LED一样，能够耐受2A电流，为双引脚的结构。



Lumileds K2 LED

第三种方式是多核LED，把多个核心集合在一个封装里面，从而提高单个封装的功率和光通量，但是这样就会增加封装的面积，具体的产品如SSC公司的P7 LED和CREE的MC-E LED等。

多核心LED如下图所示，我们可以看到都是由4个核心组成“田”字的封装的。



SSC P7 LED

第四种方式就是采用多个LED，也就是俗称的多头LED。有人还将六七十个CREE LED组合在一起组成“手电”。当然这种多LED一般不受大家的喜爱，主要是感觉比较“山寨”，其光斑也不是很好。

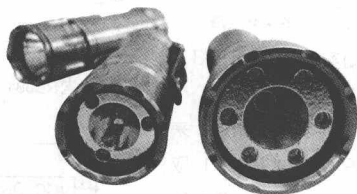
当然还有一种比较折中的方案，是一个主要的大功率LED配合其他的几个功率稍微小点的LED作辅助照明用。这种方式最典型的代表就是美国手电大师McGizmo所设计的Lunasol27和Lunasol20手电。Lunasol的理念是双

光源，双输出，高档位聚光设计，适合远射，而低档位提供散光，适合近距离照明。据称其设计的灵感是来源于太阳和月亮，这样的设计均衡了高亮和低亮的需求。当然类似的设计在Surefire手电上也早有推出，比如其A2和KROMA等手电，只是Surefire的这种设计对于光杯的要求实在是太高了。



Surefire KROMA

以下是其Lunasol理念手电的照片，右侧的核心LED使用的是CREE的，左侧中心的主LED采用的是Osram的GDP，其外围的小LED是由日亚公司提供的。



Lunasol理念手电

值得提及的是日亚公司(Nichia)，世界上第一款白光LED就是由日亚公司推出的，其在小功率LED应用上有着很深的造诣。在小功率LED的应用上，日亚基本可以代表着业界的最高水平。不过由于功率限制，其LED整个通光量并不乐观，在大功率照明LED手电的应用上并不多。

具体产品

现在市场上的主流LED还是当属CREE公司生产的7090XR-E系列LED，价钱合理，供货量稳定，并且发光效率也很好，这些都使其成为主流的选择。其曾经的主要竞争对手Lumileds公

司的新K2迟迟没有大量供货，而Rebel系列的LED也由于质量问题被召回过，Rebel 100系列的发光效率倒是不错，不过供货量小，很难买到，它的封装较小，在设计小尺寸的手电时倒是一个好的选择。现在较新的LED是Osram发布GDP，其封装体积较小，发光效率据称可以超过CREE Q5，只是还有些不成熟，健壮性还有提高的空间，不过这可以作为未来的一个发展的方向，毕竟新技术的使用才会促进科技的进步嘛。

另外比较好的LED选择就是CREE的暖白、自然白系列，它现在能够大量供货的最高端的代表是P4-7A LED，这种LED的光色差不多可以和白炽灯进行比较，比其他LED的显色性要好。还有个选择方案是CREE的MC-E系列LED，这种的LED是将4个7090XR-E的核心封装在一起，相比SSC公司的P7封装体积要小很多，基本跟7090XR-E系列的体积差不多。但是这样的小体积的代价就是MC-E的整体健壮性要差些，散热差，能承受的电流要小。同样由于其采用7090XR-E的核心，MC-E系列也有各种光色可以选择。不过MC-E系列LED由于发光体体积变大了，在使用小口径、浅深度光杯的时候会出现中间的黑斑，而且目前该系列的供货量也算是一个问题吧。

实际上，在LED核心的选择上，爱好者个人考虑的因素并不多，笔者的观点是，LED作为手电关键的核心部件，能够有好的选择尽量要选择好一些的，因为它相比整个手电的价格来说，并不是特别贵（跟以前的Lumileds时代比可是要便宜得多了）。我们在选择上主要比较的是光色，毕竟发光效率方面没有什么好比较的，厂家都已经给出非常具体的参数了，参数自然是越高越好了。☹



小小电路有乾坤 ——手电驱动电路

与LED手电的发光体同样重要的还有手电的驱动电路，LED对驱动电流的要求是很高的，简单地通过限流电阻来驱动的方式显然是已经淘汰的方案了。同样手电的人机界面操作也是通过手电的电路实现其调节的。

LED恒流开关电源有很高的效率、可以实现升压结构，是目前最重要的LED驱动电源，但是它成本较高。目前各大IC厂商都非常看好LED电源驱动市场，纷纷推出LED专用驱动芯片。下面笔者提供一些已经实际应用的电路图。

实际应用电路

基于7135芯片的简单降压驱动电路见图1。

可以说7135的电路是最简单、最稳定也是最经典的电路了，电路无需任何外接组件，无电感等元件，电路整体的耐撞击性能非常好。以恒流降压方式进行工作，单个7135能够以350mA恒定电流输出，推动1W功率的LED，更可以多个并联达到更大功率的输出。输入电压范围为2.7~6V，非常适合驱动锂电池。值得说明的是，其适用于V_I值比较低的LED，当输入电压低于V_I值时，电路则无法工作了。

可以说，7135电路是在高V_I值LED出现前最合适的驱动电路了。

图2是7135的实际电路照片。在图片中可以看到，该电路由4个7135芯片以及一个用于调光的控制芯片PIC12F629组成。

使用ZXSC310芯片的简单升降压驱

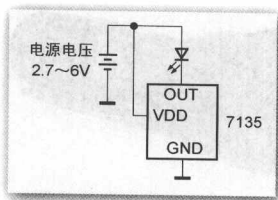


图1 7135降压驱动电路

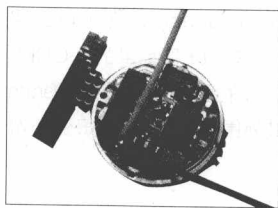


图2 7135的实际电路

动实际电路见图3，调光电路见图4。

实际测试来看，电阻R₁取10mΩ时，LED电流超过1A。实际操作上改为6个0.1Ω并联，输出电流下降到650mA。当输入电压超过3.4V后，输出电流逐渐接近650mA，

输入电压在3.5V以上，输出电流变化就不大了，只有几毫安变化，可以说恒流效果非常好。输入电压4.2V时电池电流才500多毫安，可见效率很高。

如此看来，就单锂电池供电来说，虽然不能“榨”干电池能量，但在电池电量较高的阶段，输出电流基本平稳，效率也非常高。电池电压低于3.3V后，输出开始急剧下降，此时就需要给电池充电了。这个特性正好

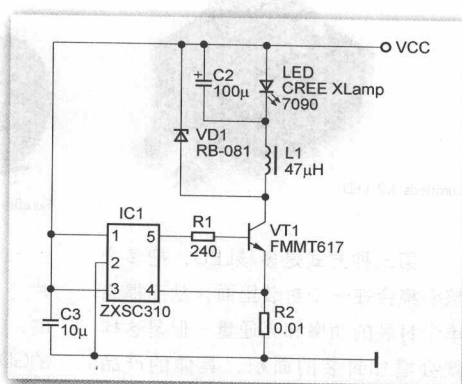


图3 ZXSC310升降压驱动电路

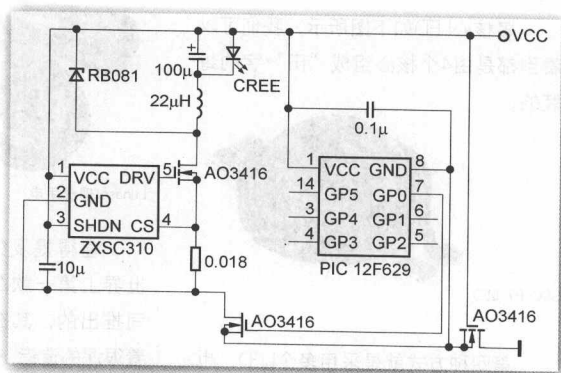


图4 ZXSC310调光电路

可以省略专门的锂电池保护电路。另外，这个模式空载时电路不工作，避免了空载电压过高的问题。

总体来讲，此电路显示了较好的升降压特性，结构比较简单，适合DIY制作，效果也可以接受，比7135方案有更好的高亮表现。

使用LTC3454芯片（芯片实物见图5）的高级调光自动升降压驱动电路见图6，实物电路见图。

LTC3454电路的最大特点就是能够以非常恒定的电流输出,全工作电压范围内的电流波动不超过几毫安,恒流特性非常好,而且效率也不错。不过其稳定工作电流只能达到800mA左右,再大就会有烧毁芯片的危险,当然这个电流对于没有超大电流追求的芯片而言已经够用了。

LTC3454电路的特点是具有非常稳定的电流输出,多种亮度可调,非PWM调光方式,没有频闪。在目前的情况下,该电路可以说基本代表了自动升降压电路的较高水平。

成品电路的主要参数

下面介绍一些我们所关心的简单一点的内容——评价成品电路的主要参数。

评价成品电路的主要参数有:LED驱动电流大小、LED兼容性、效率、人机界面和电路健壮性,其中电路的健壮性方面可以理解为电路的电压健壮性和温度健壮性两类。

1. 驱动电流

电路的驱动电流直接决定了LED的工作功率,笔者理解并不是电流越大就越好。LED的特性决定,在电流已经比较大的时候,提高电流对光通量提高的影响并不是非常显著。而国内的手电普遍采用较大的电流,这并不是一个成熟的选择,只是能够增加些卖点罢了。大电流意味着散热和续航方面的缺失。值得提及的是,LED的致命缺点是非常怕热,高温对于其核心的影响是非常大的。Surefire这种大型的

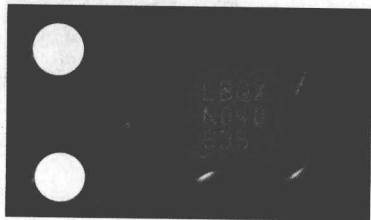


图5 LTC3454芯片

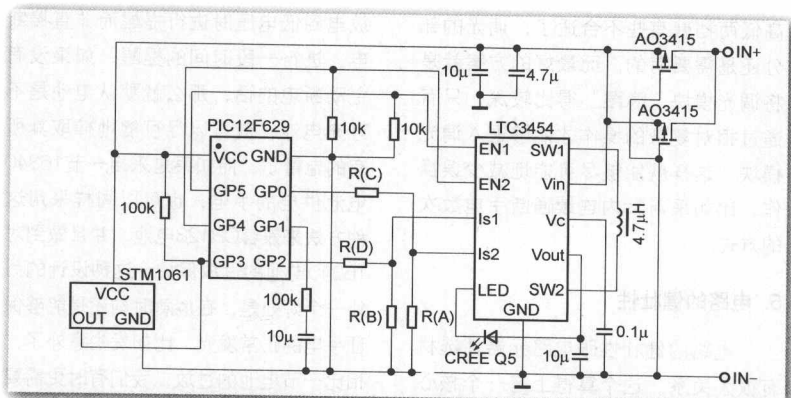


图6 LTC3454调光自动升降压驱动电路

主要针对政府采购的手电制造公司没有出现过这种不成熟的大电流方案,相反它在电流设置方面相对来说显得有些过于保守了。在单节锂电池供电的手电上驱动电路的电流设置不要超过1A,控制在850mA左右是非常适中的方案,既能满足亮度的需求,也满足了续航和发热的平衡。

2. LED兼容性

LED兼容性意味着在后期升级LED方面的可能,即不同的LED都能够做到以同样的电流进行驱动,这里指的就是恒流电路。由于LED V_f 值的差异,这里采用的是恒流的方式而非恒压。而恒流电路的一个典型应用就是基于LTC3454芯片而设计出的各种电路。

3. 效率

效率方面指的是输入和输出之间的比较。由于各种的损耗的存在,效率不会达到100%,效率当然是越高越好,越高的效率意味着电路本身越低的发热和能量损失,不必要的能量损失小了,手电的续航能力自然也就提高了。

4. 人机界面

人机界面方面,现在的电路基本上大部分都是通过开关的通断来实现

功能的选择,而现在的电路可实现的功能已经非常全面了,可以有各种挡位的亮度选择,各种特殊功能挡位设置,如SOS信号、爆闪等。经过了一段时间的使用,有的人并不太喜欢特别复杂的调光和爆闪等功能。其实并不是这些功能完全不需要,只是有的时候要得到自己需要的挡位比较复杂,比如调光过程中经常要经过爆闪等不必要的挡位。

对于这种情况,现在笔者能够想到的比较好的解决方案,就是将调光组件从尾盖开关处转移到别处。这种方案的一个典型应用就是JET III 手电的调光方式,平时的挡位只是高低两挡,而这种高低两挡是通过拧紧/拧松灯头来实现的,其灯头组件实际上有两个负极,拧松的时候只接触其中的一个,拧紧的时候两个同时接触上。还有个方案是类似Surefire U2(见图7)的方案,其实现方式是在手电头部有个专门的塑料的能够转动的磁控调节环,调节环在不同的位置对应着手电不同的亮度输出。不过这样的设计相对来说比较复杂,技术难度也相对较高,国产的手电方面现在还少有这样的设计。这种方案在小批量加工上也是很困难的,模具的开发成本相对较高。上面提到的结构能够应付平时高低两挡的需要,但是一个手电只有

高低两挡就有些不合适了，调光的部分还是需要有的。而最好的方案就是将调光模块“隐藏”得比较深，只有通过相对复杂的操作才能够进入调光模块，这样就能够尽可能地减少误操作。比如采用1s内连续通断手电数次的方

5. 电路的健壮性

电路的健壮性跟电路元器件选材有很大关系。这个算得上是一个核心的部分，尽量选择好的元器件是理所当然的事情了。

电路的亮点

现在市面上的各种手电路各有特点，下面说一下笔者所能想到的各种手电路的亮点和值得借鉴的地方。

1. 过放提醒

由于手电一般使用的是锂电池，而两节CR123电池的体积跟一节18650电池的体积类似，只是相比细了些。如果兼容不可充锂电池和可充锂电池，则必须要考虑到可充锂电的过放问题。目前比较好的解决方案是电

放电到低电压时进行提醒而非直接断电。进行一段时间的提醒，如果没有主动断电的话，那么就默认电池是不可充电电池，就可以尽可能地榨取其所有的电量了。而如果是采用一节16340电池供电的手电，也可以同样采用这种方法来兼容CR123电池，并且做到对16340电池的过放保护。这种设计的另外一个好处是，在危急时刻还是能够保证手电的正常发光，比如发生意外了，相比一节电池的过放，我们有时更需要进行紧急照明，这时就可以不考虑可充电电池的过放而继续使用。关于这种双供电系统的解决方案，笔者所能想到的比较好的方案是当电路进入可充锂电池的过放电压时，电路进入低亮状态，在低亮状态下短时间内快速开关电路数次则



图7 Surefire U2，照片中类似于“脖子”位置的能转动的部分就是调节环

启动“榨干”电池的选项，即提示电路使用的是一次性电池。

2. 电池电量提示功能

这个功能在目前中国大陆所生产的手电中还没有被考虑过，而在Surefire的产品线中只有暂时发布但是迟迟没有上市的UA2有所涉及。Surefire的方案比较复杂，在筒身上专门有能够显示三色的指示灯用来显示电池电量的多少，无论是在功能的完善性还是在加工的复杂度上来讲都不适合爱好者采用。比较好的解决方案是设置出一个单独的寻机挡位，隔一段时间自动进行点亮，此挡位没有恒流功能，仅仅是将电池直接通过电阻接在LED上，电阻阻值设置得很大，这样工作电流很低，而且不需要启动恒流核心而降低效率。这个挡位的另外一个重要的作用就是能够根据该挡位的非恒流来实现电池电量的检测，电池电量越高，则此挡位的亮度越高，反之亦然。

本文电路方面的说明可能比较多，其中也有些内容算是包括了电路的发展方向。毕竟相对于LED本身而言，电路的更新换代更快些。

《无线电》合订本（2008年）

◎编辑部

《无线电》合订本（2008年）分上下两册，除了全年12期的全部文章以外，另外上下册各附赠一张光盘，内容如下：

上册包括第1期～第6期的文章，光盘内容为《Protel 2004 视频教程》，具体内容如下：

该视频教程用录屏讲解加上字幕及图表的形式，介绍了Protel 2004的工作界面、基本组成、各种常用编辑器和常用工具、系统参数设置、库文件操作等基础知识，详细地向读者介绍电路原理图的设计、网络表的生成、印制电路板(PCB)的设计方法及操作步骤等内容。



《无线电》合订本2008年（上）
书号：19276 定价：38元

下册包括第7期～第12期的文章，光盘内容为《立体声重放系统测试CD》，具体内容如下：

该CD适用于校准您在家中或是录音棚里的立体声重放系统。包括49段测试信号，详细介绍、目录及校准步骤见光盘中的《光盘内容介绍》及2008年第11期中的《立体声重放系统测试CD校准步骤》。

另外，附赠光盘还收录了《无线电》2008年全年12期配刊光盘中与文章相关的源程序、图片和资料等。

读者可到全国各地新华书店购买，如果买不到也可直接汇款至本刊发行部邮购，邮购价：40元/册，80元/套。



《无线电》合订本2008年（下）
书号：19277 定价：38元

手电光斑的精髓 ——二次光学元件

◎宋思源

“30m内一个完美的圆”，有位发烧友谈到他的发烧经历时说，就是因为在本杂志上看到一篇介绍警用装备文章中的一句话“Surefire 6P能在30m内照射出一个完美的圆”，而后步入了手电发烧的领域的，可见手电的光斑对于手电的重要性。

二次光学元件是决定手电光斑的一个非常重要的环节。听起来可能比较复杂，实际上本文主要介绍的是光线输出的问题。这个概念大家或许比较模糊，具体地说就是指LED发射的光线经过了LED本身封装的一次光学后，再次经过二次光学的调整，最终形成输出光斑的过程。一次光学已经由LED的封装所决定了，基本不可调整，所以我们改变光斑输出的主要工作点在二次光学元件上。最常见的二次光学元件是反光杯，还有透镜。二次光学元件直接影响手电的光斑，手电的定位用途也在此表现。

反光杯

理论上，反光杯的纵截面形状应该是抛物线，这样输出的光线才是平行光。但是LED并非点光源，发光角度、半功率辐射角都没有点光源那么大，同时反光杯在设计上由于考虑泛光等各方面问题，所以其纵截面并非绝对的抛物线，不同的发光体的纵截面也不尽相同。

反光杯的反光面也有所差别。常见的有纯光面、丝状、微橘皮和橘皮

之分。纯光面的发光率要高，但是输出的光斑不是很均衡，橘皮的反光率低，但是输出的光斑漂亮很多，可以做到很均匀的聚光-泛光的过渡。丝状和微橘皮介于上述两者之间。在实际的选用上，除非是超级远射的手电，一般小尺寸和中等尺寸的手电都选择橘皮或者微橘皮的，毕竟平时用于近距离照射时的光斑要好很多。丝状反光杯的均衡性较好，但是据生产厂家称，此类光杯的次品率很高。而还有的光杯是分段式光杯，即一部分是橘皮的，一部分是光面的，这种光杯集成了两者的优势，当然加工难度要高，价格也同样要高了。图1~图4是各种常见的反光杯的照片。

反光杯在尺寸上还有深度和口径之分，相对来说，深度越深，口径越大，其聚光效果就会越好。这两个参数中更重要的参数是深度。但是由于国内批量加工次品率方面的问题，国内设计生产的反光杯深度一般都不大，并且很多反光杯并不是直接从LED部位开始聚光，而是在LED附近有一个平面，这样的做法是在不增加光杯深度的情况下，将整体的口径提升上来。实际上这种做法对于聚光并不能起非常大的作用。总体来讲，这样的“大头”只能算是个噱头或者说一种误导罢了。在反光杯的尺寸采用上尽量考虑深度/口径比值大的光杯，并且光杯要尽量直接从LED面开始聚光。

我们可以通过图5看到所说的那个LED附近的平面。



图1 橘皮反光杯



图2 光面反光杯

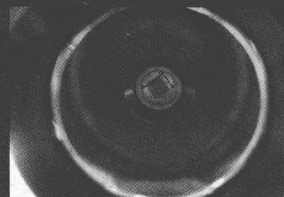


图3 丝状反光杯

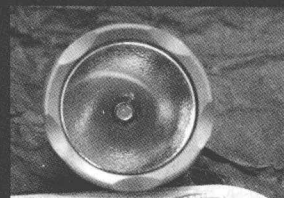


图4 微橘皮反光杯



图5 手电LED附近的平面

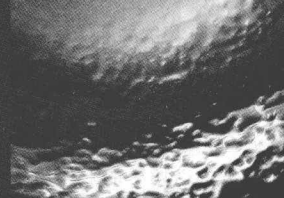


图6 反光杯的局部特写

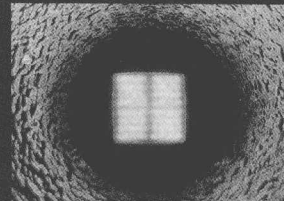


图7 正在工作的LED及其光杯

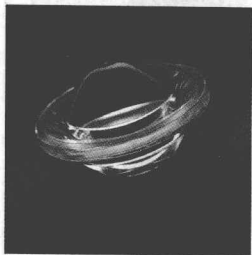


图8 Surefire的tir系统透镜



图9 即将面世的Surefire UA2

在具体的产品比较上，GDP相比CREE 7090XR-E系列LED在光杯的使用上有着先天的优势。更小的封装体积配合更大的发射角和半功率辐射角，这些对于光杯制作来讲都是非常好的优势，其明显的表现就是在同一公司、同样型号但不同发光体手电的光斑比较上，采用GDP核心手电的光斑要比使用CREE的好不少。

反光杯的加工

由于手电核心的发热较大，塑料材质的反光杯耐热性较差，所以其应用范围并不是很大。现在普遍能够被接受的是采用铝合金材质的反光杯，它是通过CNC（雕刻机）加工成型后，再电镀反光面的，反光杯的制作上算是一个厂家技术保密的方面了吧，所以笔者也了解得较少。相对加工来讲，大家普遍关心的是最终的效果，也就是最后的光斑了。

图6是反光杯的局部特写。橘皮杯正是通过这些细小的类似橘子外皮的褶皱得到较均衡的光斑。

图7是正在工作中的LED及其反光杯的照片。通过照片能够较明显看到发光体核心的情况，为多核发光体，4

个发光核心构成“田”字形结构。

透镜

透镜作为一种二次光学元件有着其独特之处，其体积可以很小，而其聚光效果要比反光杯效果好，但是适用范围也是很有限制的，仅适用于发散角度较大和发光核心较小的LED。

由于制造透镜需要开模加工，加工量较小时，制作成本较高，而且要考虑材质的耐高温和透光率等因素。透镜也属于精密光学元件，加工上对精度的要求较高，总体的加工成本较高，在国内较少出现在量产手电中。

不同透镜的聚光方式并不相同，笔者只是举其中一个典型的例子来分析说明。图8为Surefire的tir系统的一款透镜，十分精致。

此款透镜结合了泛光与聚光的功能，其下方的锥形结构的功能与反光杯的功能类似，起到汇聚光线的作用，只是其汇聚的原理不同，反光杯采用的是镜面反射原理，而透镜则是全反射原理。它上方的圆形突起部分是聚光部件。简单地讲，它能够发挥出放大镜聚光的作用，能够将中心的光线汇聚，而后发射出去，最终得到中心光斑。它上

方的外圈部分则是泛光部件，较大的开角将此处的光线以较大的发射角发出，最终形成较好的泛光区。

而透镜还有一个优点就是可以实现变焦，不过这对于透镜的加工要求是非常高的，图9是即将面世的Surefire UA2，重新设计的采用多片镜片组成的光学元件使其输出光线可控。总体来讲，此款透镜的设计十分合理，但是这种光学元件对于加工方面的要求也非常高，较少出现在国内品牌的产品上，比较遗憾。

常见产品的光斑对比

笔者为大家提供常见的几种类型的光杯光斑图作参考（图10~13），主要对比的是光斑的形状，而非光色。

一般白炽灯的灯杯都比较浅，其泛光区域一般都比较浅，需要距离很近才能看到完整的光斑。Lumileds生产的LS-3W LED采用的是丝状光杯，但是依然有着较好的表现。

CREE LED在光面杯上的光斑表现为中心光斑外有圈黄色的环，这正是CREE的金属圈造成的。CREE采用橘皮杯的反射效率要低，其光线输出相比光面杯要差些。⊗

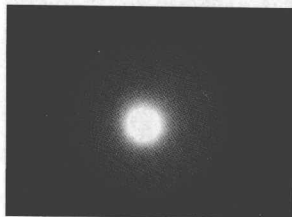


图10 LS-3WLED的光斑



图11 白炽灯光斑

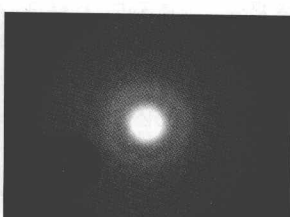


图12 CREE LED光面杯光斑

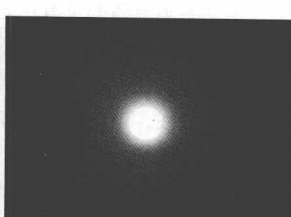


图13 CREE LED橘皮杯光斑