

# 基于 NCP1207+ S3F9454 Ni-MH/ Ni-cd 智能充电器的设计与实现

电源工程师 李荣武

**摘要：**本文结合NCP1207（开关电源PWM控制芯片）+ S3F9454（充电器集成控制管理芯片）的原理对Ni-cd、Ni-MH 电池充电器的工作原理进行了系统的开发设计及分析，实现快速智能Ni-cd、Ni-MH电池充电器的设计过程，并在成熟Ni-cd、Ni-MH电池充电器基础上，成功地实现了有效地防止Ni-cd、Ni-MH电池在快充情况下的过充现象。

**关键词：**脉冲电流、涓流状态、卡段时间、Delta-V、Delta-T、最大温度保护、ZVS准谐振

## 引言

本智能充电器根据电池包结构不同，同时在电路上增加识别开关及功能接口，分开对 12-18V 的 Ni-cd、Ni-MH 电池进行充电管理，采用脉冲模式进行合理的充电电流设置。

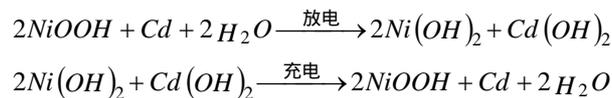
脉冲电流充电在充电过程中是断断续续的。采用这种充电方式可以提高电池的接受能力、消除电极化作用、缩短充电时间、增大放电容量、减少电池发热和提高充电效率。本脉冲充电器的充电脉冲宽度和间歇时间都是由 S3F9454 编程软件设定，根据充电状态改变充、放电的时间参数以及适应快速充电的要求，因此提高了充电效果。

现在，先分别对镍氢 Ni-MH、镍镉 Ni-Cd 电池各自的电化学反应机理、特点等进行简单的介绍。

### 1. Ni-Cd 电池

早在 1899 年，Ni-Cd 电池就已发明，于 1947 年实现完全密化的 Ni-Cd 蓄电池，一直应用至今。长时间的应用表明，Ni-Cd 蓄电池不失为一种高性能和高可靠性的蓄电池。

如今的 Ni-Cd 电池，在发泡镍或镍纤维状基体上附着大量 NiOOH 活性物质作为正极，以重金属镉 Cd 作为负极，一同置入电解液（KOH 溶液）中，经密封后构成蓄电池。该蓄电池容器内，进行的电化学反应如下：



上面两个电化学反应中，电解液成分的 KOH，但它并不直接参与电化学反应。由于制造蓄电池时使负极的容量大于正极的容量，当过充电时只能看到由正极产生的氧（ $O_2$ ）；因为负极残留未被充电部分，不产生氢（ $H_2$ ）；由于产生的氧（ $O_2$ ）被负极吸收，所以可以实现密封。

镍镉电池的特点是效率高、循环寿命长、能量密度大、体积小、重量轻、结构紧凑、不需要维护，因此在工业和消费产品中得到了广泛应用。

镍镉电池充电特性曲线如图 1 所示。当恒定电流充入刚放完电的电池时，由于电池内阻产生压降，电池电压很快上升至 A 点。此后，电池开始接受电荷，电池电压以较低的速率持续上升。在 AB 之间，电化学反应以一定的速率产生

氧气，同时氧气也以同样的速率与氢气化台，使电池内部的温度和气体压力都很低。经过一定时间至 C 点，电解液中开始产生气泡，这些气泡聚集在极板表面，使极板的有效面积减小，电池的内阻抗增加。电池电压开始较快上升。这是接近充足电的信号。

充足电后，充入电池的电流不是转换为电池的储能，而是在正极板上产生氧气超电位。氧气是由氢氧化钾和水组成的电解液电解而产生的，不是由氢氧化镉还原为镉而产生的。由于从大量的氢氧离子中比从很少的氢氧化镉中更容易分解出氧气，所以电池内的温度急剧上升，使得电池电压下降。因此电池电压曲线出现峰值 D 点。电解液中，氧气的产生和复合是放热反应，电池过充电即 E 点，不停地产生氧气，从而使电池内的温度和压力升高

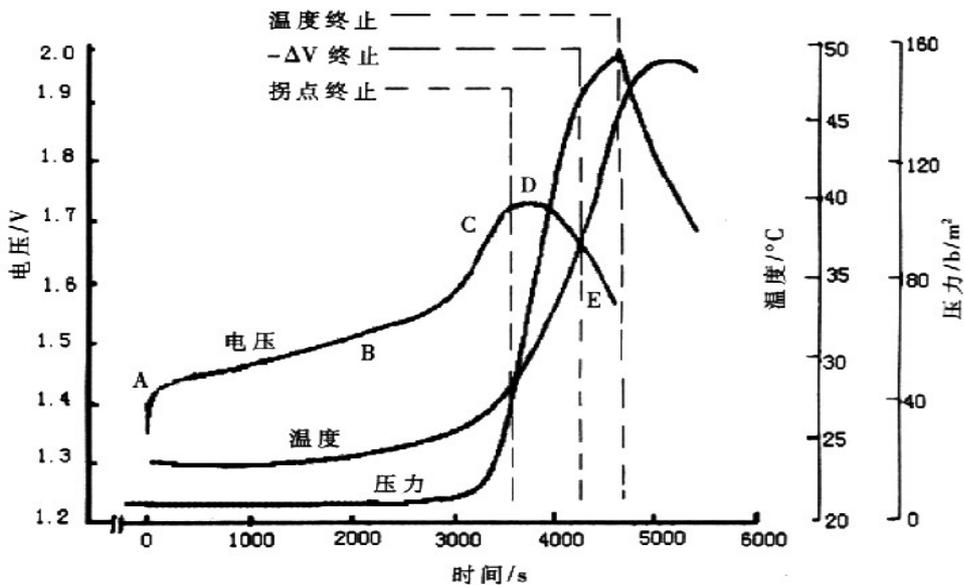


图 1 镍镉电池充电特性曲线

## 2. Ni-MH 电池

美国和荷兰都对能吸藏氢的合金 MH (Hydrogen Storing alloy metal) 开展研究，并试图用于开发蓄电池。世界上出现 Ni-MH 电池商品是在 20 世纪九十年代初，发展却十分迅速。实践证明，通过适当组合 La、Ce、Pr 和 Nd 等稀土元素能形成吸藏氢的合金 MH，它所能释放/吸藏的氢  $H_2$  量相当大，例如，1cc 的液体氢能变成 784cc 的氢气，而 1cc 体积的吸藏氢的合金 MH 却能释放出 1000cc 的氢气。

在 Ni-Cd 电池里，只要利用吸藏氢的合金 MH 取代有毒的重金属 Cd (镉)，便形成对环境无污染的绿色蓄电池 Ni-MH，其电化学反应如下：



由于设计时可像 Ni-Cd 电池一样也把负极 MH 的容量制成足够大，当过充电时由正极放出的氧气可被 MH 中的氢气还原，使电池可实现密封。Ni-MH 电池和 Ni-Cd 电池一样，大电流放电时可维持平稳的 1.2V 端电压。值得称道的是 Ni-MH 蓄电池的废弃物不污染环境，而 Ni-Cd 蓄电池废弃物（若不回收）必将造成环境污染。

Ni-MH 电池的负极材料结构和电化学反应机理不同于 Ni-Cd 蓄电池，它的能量密度和使用寿命都比 Ni-Cd 蓄电池优越，从而也能开拓出更广阔的应用市场。

镍氢电池具有功率密度高、可快速充放电、循环寿命长以及无记忆效应、无污染、可免维护等优点，在便携式电子产品中的应用越来越广泛。

**1 设计技术指标**

1-1、输入电压：交流 230V ± 10% 50Hz，在交流 230V 或 198-264V 时能以额定输出功率工作，并在 198 V 时能正常启动；

1-2、充电方式：隔离电源 + 恒流 3.0 ± 0.1A

1-3、充电时间：1 小时

1-4、充电电池类型：12-18V 2.0Ah-3.0Ah Ni-MH 或 Ni-Cd 电池

1-5、输出电压：空载输出 8V 左右，必须要做到，目的是为了防止和减少电池包插入时的打火现象。

1-6、空载功耗；空载功耗 < 2.5W

1-7、涓流充电电流：小于 150mA

1-8、充电控制模式：

A、高温：60 (Ni-MH) or 50+2 (Ni-Cd)，电池包结构不同，同时在电路上增加识别开关及功能接口，分开处理 Ni- MH 和 Ni- Cd，如图 2 所示。

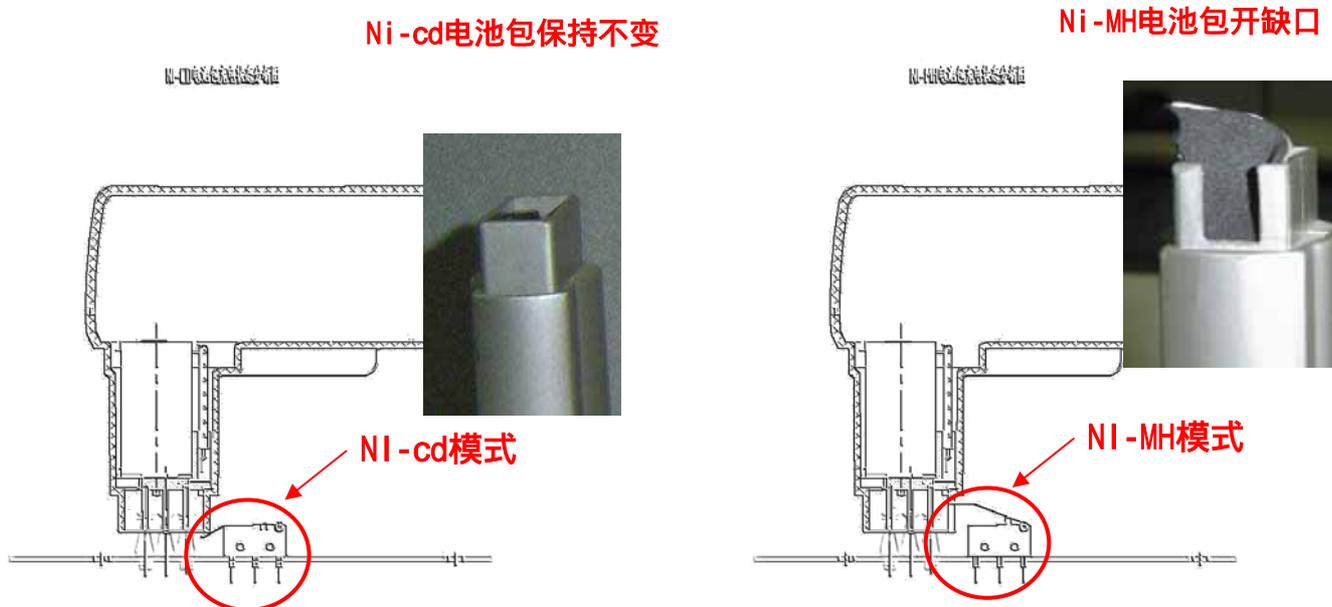


图 2 Ni- MH 和 Ni- Cd 充电的识别方法

B、热电池检测：当热的电池 (>50 ) 冷却后 (40+2 )，应当充电一次；

C、冷电池检测：当冷的电池 (<0 ) 插入充电器后，应当可以被检测出来，当温度达到正常温度时应当充电一次；

D、失效电池检测：失效电池插入充电器后，应当可以被检测出来，失效电池类别：电池包电压低于 8V，经过修复脉冲充电 30min 后，仍低于 8V，认为其失效

1-9、保护

1-9-1 输出过电流保护：充电器可提供输出过电流保护，避免充电器损坏，另外，在过电流撤消后可正常工作；

1-9-2 输出过电压保护：充电器应当提供输出过电压保护，也就是说，输出电压不能超出正常输出电压(最

大 40V), 在过压撤消后, 充电器正常工作

1-9-3 温度过高保护: 充电器提供温度过高保护, 避免充电器损坏, 另外, 在充电器冷却到允许的最高温度以下可再次工作, 指充电器本身温度过高主要是变压器部分

1-9-4 输出短路保护: 短路时, 充电器停止工作, 在短路撤消后, 充电器能正常启动工作指空载输出+、-极短路

1-9-5 坏电池保护: 电池开路: 当电池开路后, 充电器禁止充电。电池短路: 当电池短路后, 充电器停止充电, 电池开路充电器不能充电确认 OK 用脉冲小电流进行激活修复处理, 指示方式同失效电池低于 8V 时一样。

1-9-6 浪涌电流保护: 在输入正弦电压波动很恶劣的情况下, 以最大浪涌电流启动, 充电器不应被损坏, 不需要提高器件额定功率及保险丝不开路

1-9-7 元器件或部件开路短路保护: 在测试以后, 不应出现任何元器件或部件的损坏, 包括燃烧, 爆炸, 绝缘失效。所说的测试是正常基本性能测试, 不是指破坏性测试

1-9-8 时间保护: 当充电时间超过 75 分钟, 充电器停止充电

1-10. 充电指示: 六个双色 LED 灯 (红和绿) 分别正确指示不同充电状态

1-10-1 上电待机: 绿灯常亮

1-10-2 快充: 红灯常亮

1-10-3 充满及涓充: 绿灯常亮

1-10-4 热的及冷的电池检测: 绿灯以 1Hz 的频率闪烁

1-10-5 失效电池检测: 30 分钟以内电池电压低于 8V 红灯常亮, 30 分钟以后电池电压仍低于 8V, 红灯以 1Hz 的频率闪烁 在电池电压低于 8V 时的充电采用脉冲模式

1-11. 稳定性: 充电器在正常工作环境下可稳定工作

1-11-1 使用温度: 0 ---+40

1-11-2 S 储存温度: -25 ---+85

1-13. 符合 CE 相关认证要求, 满足 EMI&EMC

## 2、设计步骤

本文以简短的篇幅, 将目前设计的流程做介绍, 若有介绍不当之处, 请不吝指教.

设计步骤:

2-1、绘线路图、整理 BOM 表、PCB Layout.

2-2、变压器计算.

2-3、零件选用.

2-4、设计验证.

### 3、设计流程介绍

线路图、PCB Layout 请参考 3-2-25 BOM 表中说明。

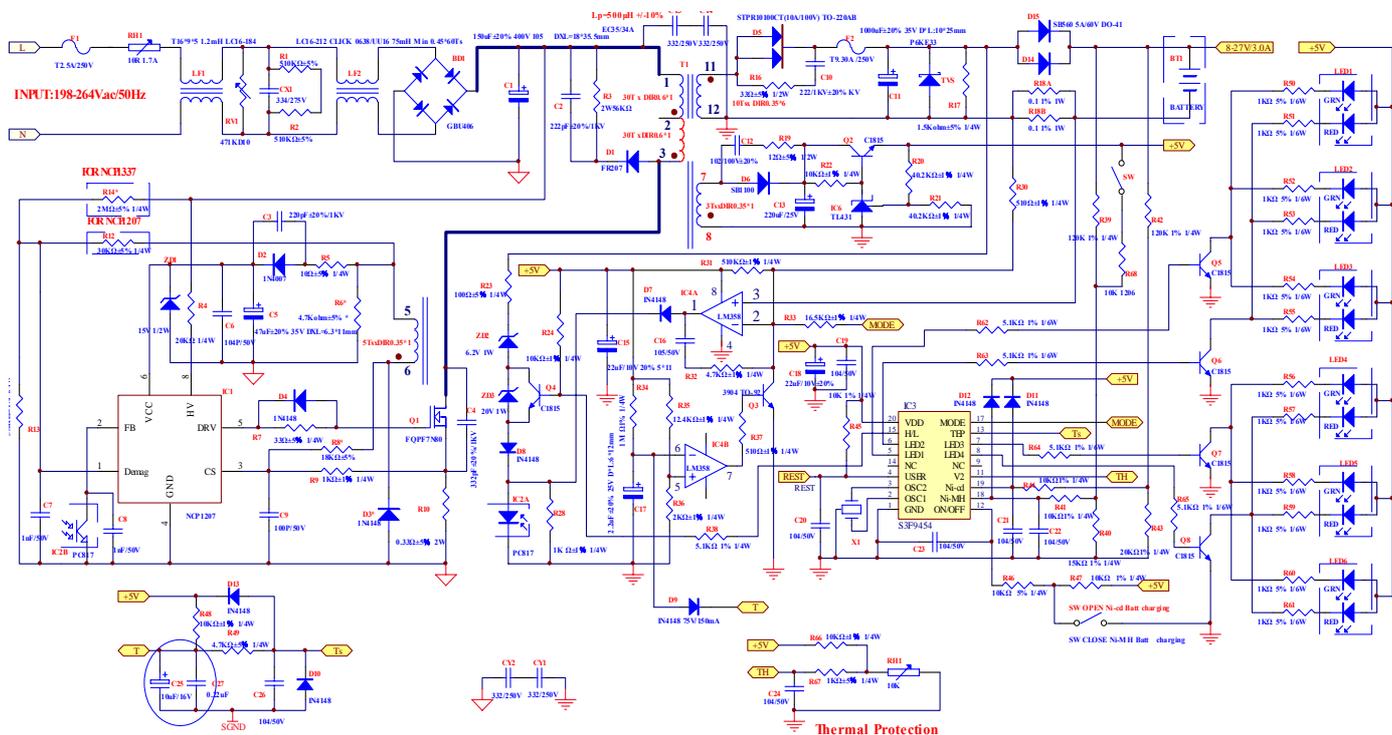


图 3 基于 NCP1207+ S3F9454 镍氢/镍镉电池充电器的工作原理

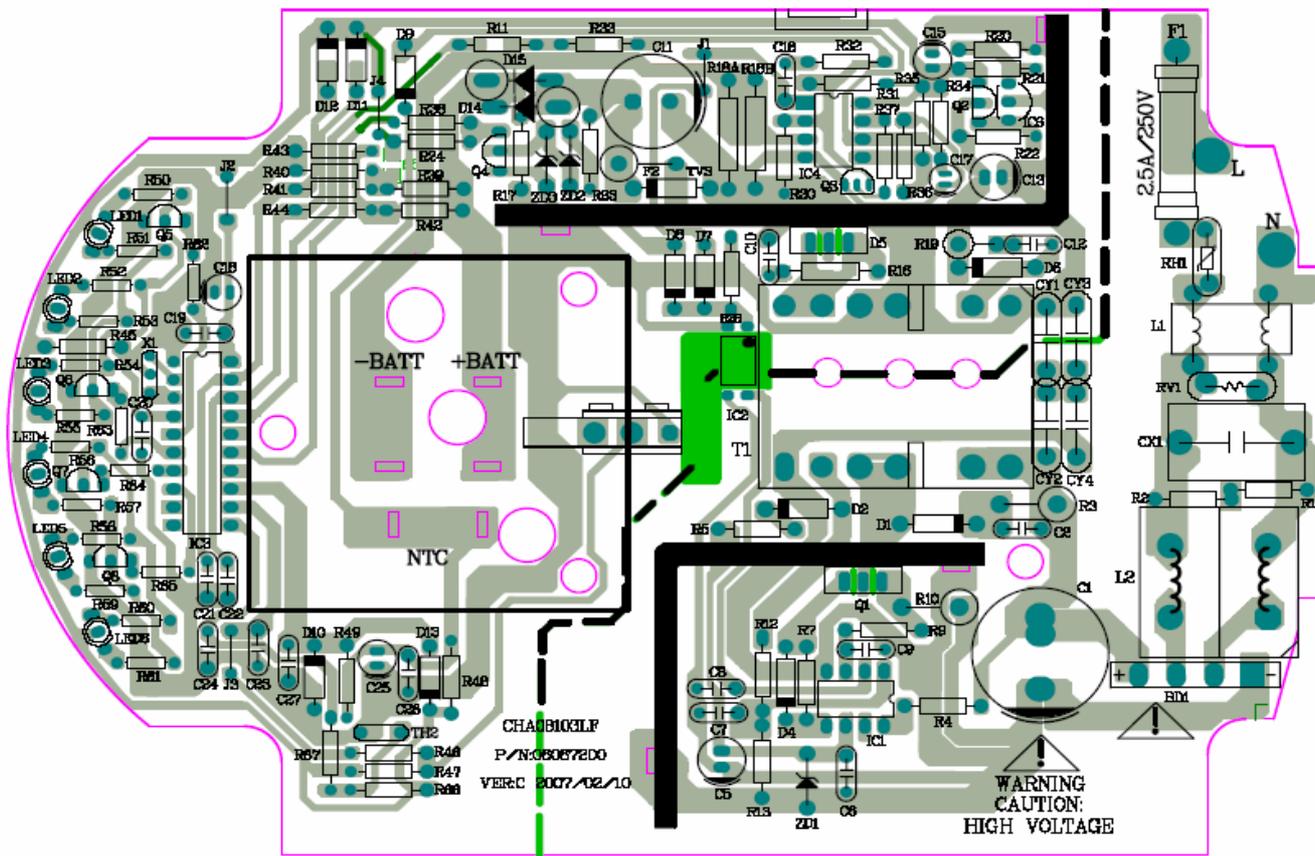


图 4 基于 NCP1207+ S3F9454 镍氢/镍镉电池充电器的 PCB LAYOUT

## 现来分析工作原理

输入端为 198V~264V 市网交流 经过 2.5A 保险管 F1, 电磁干扰滤波器(EMI)(CX1-安全电容, 也称 "X", LF1、LF2-共模扼流圈), 再经过 4A/600V 的 BD1 (GBU406)、C1 (150uF  $\pm$  20% 400V) 整流滤波电路至高频变压器 EC33 的原边。在 8N60 导通期间, 高频变压器的原边下端为负, 由同名端可知此时副边储能, 并不向外输出能量。当 8N60 截止时间, 副边才可以向外输出能量。所以此主体电路拓扑为一反激拓扑。由于充电器的输出电压变化范围比较大, 本设计输出电压为 8V~27V 变化, 所以在电压变化, 辅助输出电压也会发生变化, 故辅助输出设定为正激拓扑, 这样才能保证有 +5V 稳定输出提供给 MCU 正常工作。同样提供给 NCP1207 的 Vcc 电压也要采用正激拓扑。在高频变压器的初级, 必须加保护电路, 这样才能吸收由于漏感产生的高压, 图 2 中整流二极管 D1(1N4007) 和 RC(可进一步降低电磁干扰)组成的 SNUBBER 电路可以将尖峰电压钳位到安全值。次级电压经过 D5, C11 整流滤波后, 获得 +8~27V、3.0A 的稳压输出。为减小整流管的损耗, D5 采用 STPR1020CT 型 10A/200V 肖特基二极管。改变高频变压器的变比或者 ZD2 (6.2V 1/2W), ZD3 (20V 1/2W) 的耐压值, 可以改变输出直流电压的大小。其稳压原理是当刚开始通电时, MCU 的 15 脚输出高电平, 使得 Q4 导通, ZD3 被短路, 此时为空载输出 +8V 左右, 当 MCU 的 18、19 脚识别有充电信号输入, MCU 经过 5 秒的判断, MCU 的 15 脚输出低电平, 使得 Q4 截止, ZD3 导通, 此时输出 +27V 左右。由运放 IC4 (LM358) 构成的电流控制环, 能将电流检测电阻 R18A、R18B 的阻值减小到 0.05  $\Omega$ , 功耗降至 0.45W, 使电源效率得到提高, 它与线形光耦 PC817A 组成了光耦反馈电路。其恒流原理是当输出电流  $I_o$  (主要分为涓流状态和快充状态) 发生转换时, 经 LM358 的 2 脚分压后得到的取样电压就与 3 脚电压进行比较, 产生外部误差电压  $u_e$ , 再通过光耦使 IC 产生相应的变化, 并以此调节输出占空比, 达到恒流目的。反馈绕组电压经过 D2 和 C5 整流滤波后, 产生 12V 的 Vcc 电压, 给 NCP1207 的 6 脚提供电压。C16 与 R32 构成电流控制环路的补偿电路。

控制器是由 IC4 (LM358) 和 IC3 (S3F9454) 以及电阻电容等组成。其中 IC3 采用三星公司生产的 S3F9454 单片机。它是 20 引脚封装的 8 位单片机, 2K/4K 字节的片内 ROM 和 208 字节的 RAM; 有 3 个可编程 I/O 口 (18 个引脚); 4 个中断源, 同一个中断优先级, 一个中断向量; 一个 8 位定时/计数器; 9 个数模转换器, 十位转换结果; 1 个 8 位 PWM 输出; 有可编程代码保护。

控制过程为: 快充阶段, IC3 的 17 脚以脉冲方式输出高电平 (5S-1S), 经电阻 R33 接至 IC4 (LM358) 的 2 脚 (反相输入端), 与 3 (同相输入端) 脚进行比较, 通过电流监控电路, 以恒定电流对蓄电池脉冲充电。到达快充时间时, 随着卡段时间到来和超温保护, IC4 的 6 脚 (反相输入端) 的电位比 5 脚 (同相输入端) 低, 此时 7 脚输出高电平, Q3 (3904) 导通, 把 IC3 的 17 脚以脉冲方式输出高电平拉到地, 停止充电, 快充阶段结束。涓流充电阶段, IC3 的 17 脚输出低电平, 由 +5V 通过 R31 与 R30 分压输入到 IC4 (LM358) 2 脚, 将充电电流维持在 0.05C 左右, 充电以恒定电流对蓄电池充电, 有效地保护了蓄电池。

辅助电源由变压器 T1、整流元件 D6、滤波元件 C13、Q2、R20、R21、R22 和精密调整管 IC6 (TL431) 组成, 为单片机提供 (+5V) 电源电压。采用这种为单片机正激拓扑供电方式, 可以增强抗干扰能力, 提高可靠性。同时为单片机提供 50Hz 计时脉冲信号。

本充电器用六只共阳极发光二极管表示充电状态。即快充阶段, 红色发光二极管常亮; 充满及涓流阶段, 绿色发光二极管常亮; 上电待机, 绿灯常亮; 热的及冷的电池检测, 绿灯以 1Hz 的频率闪烁; 失效电池检测, 30 分钟以内电池电压低于 8V 红灯常亮, 30 分钟以后电池电压仍低于 8V, 红灯以 1Hz 的频率闪烁 在电池电压低于 8V 时的充电采用脉冲模式。

### 3-1、变压器计算

变压器是整个电源供应器的重要核心，所以变压器的计算及验证是很重要的，以下即就 NCP1207AP 变压器做介绍。

3-1-1 根据交流输入电压和  $P_O$  输出功率值来确定输入滤波电容  $C_{IN}$ ，直流输入电压最小值  $V_{MIN}$  和最大值  $V_{MAX}$

3-1-1-1 设电网整流桥的导通时间  $t_C = 3mS$ ，按输出功率的瓦特数乘以  $1\sim 2\mu F$  (176V~270V交流输入电源-按输出功率的瓦特数乘以  $2\mu F$ ，注意：技术指标为198-264V，但我们设计变压器以176V~270V来计算)。

现取  $C_{IN} = 150\mu F / 400V$ ；即  $C_1 = 150\mu F / 400V$

3-1-1-2 最小输入直流电压的计算：

$$V_{\min} = \sqrt{(2 \times V_{ac\min}^2) - \frac{2P_O \times \left(\frac{1}{2 \times f_L} - t_C\right)}{\eta \times C_{IN}}} = \sqrt{2 \times 176^2 - \frac{2 \times 81 \times \left(\frac{1}{2 \times 50} - 3.2m\right)}{0.84 \times 150\mu}} = \sqrt{61952 - 8743} = 230.7V$$

正常输入电压的计算：

$$V_{nom} = \frac{\sqrt{2}}{2} \left[ V_{acnom} + \sqrt{V_{acnom}^2 - \frac{2P_O \times \left(\frac{1}{2f_L} - t_C\right)}{\eta \times C_{IN}}} \right] = \frac{\sqrt{2}}{2} \left[ 230 + \sqrt{230^2 - \frac{2 \times 81 \times \left(\frac{1}{2 \times 50} - 3.2m\right)}{0.84 \times 150\mu}} \right] = 0.707[230 + 210] = 311.08V$$

3-1-1-3 计算最大直流输入电压：

$$V_{MAX} = \sqrt{2} V_{ACMAX} = \sqrt{2} \times 270 = 380V$$

3-1-2 峰值集极电压（求匝数比）

因为本设计采用了隔离反激式变换器]拓扑结构，所使用的转换MOSFET管，受到二个因素影响，就是MOSFET管在OFF时的峰值漏极电压大小与MOSFET管换成ON时的峰值漏极电流大小。此峰值漏极电压乃MOSFET管在转换成OFF状态时，所需承受的电压大小。

$$V_{CE(DS)} = V_{MAX} + \frac{N_P}{N_S} \times (V_o + 1) + V_F$$

在此  $V_{CE(DS)}$  为MOS管的漏源极电压， $V_{MAX}$  为最大电网输入电压， $n = \frac{N_P}{N_S}$  为初次级匝数比， $V_o$  为输出电压， $V_F$

为次级反射到初级的反射电压，即初级感应电压（一般设定85V-135V之间）。

由此求出匝数比

$$n = \frac{N_P}{N_S} = \frac{V_{CE(DS)} - V_{MAX} - V_F}{V_o + 1} = \frac{600 - 380 - 100}{19 + 1} = 6,$$

注意：由于输出电压是8~27V可变化中，在此我们取  $V_o = 19V$  来计算。

8N60 功率开关管的漏-源级电压  $U_{(BR)DS} \geq 600V$ ，现取下限值 600V，其初级感应电压  $V_F = 100V$ 。

因 8N60 也具有正向温度系数，当温度升高时  $U_{(BR)DS}$  也会升高，符合芯片要求

3-1-3 求最大导通时间  $T_{on-max}$

由于NCP1207是带有ZVS准谐振的PWM控制芯片，也就是说它的频率是可变化，根据输出负载和初级电感量轻重和大小，频率在变化中，本设计设定为30KHz~70Hz之间。则

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{30K \sim 70K} = 14.3\mu S \sim 33.3\mu S$$

$$T_{on(max)} = \frac{N_p/P_s \cdot (V_o + 1) \times T \times (0.8 \sim 1)}{V_{in-min} + N_p/P_s \cdot (V_o + 1)} = \frac{6 \times (19 + 1) \times 14.3 \mu \times 1.0}{(230.7 - 20) + 6 \times (19 + 1)} = 5.19 \mu s$$

或者

$$T_{on(max)} = \frac{N_p/P_s \cdot (V_o + 1) \times T \times (0.8 \sim 1)}{V_{in-min} + N_p/P_s \cdot (V_o + 1)} = \frac{6 \times (19 + 1) \times 33 \mu \times 1.0}{(230.7 - 20) + 6 \times (19 + 1)} = 11.97 \mu s$$

### 3-1-4 求最大占空比 $D_{max}$

$$D_{max} = \frac{T_{on-max}}{T} = \frac{5.19}{14.3} = 0.36$$

或者

$$D_{max} = \frac{T_{on-max}}{T} = \frac{11.97}{33.3} = 0.36$$

### 3-1-5 求初级电感量 $L_{pri}$

暂设工作效率  $\eta = 86\%$

$$\text{其中 } P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta}$$

$$L_{pri} = \frac{(V_{in-min} \times T_{on-max})^2}{2 \cdot T \cdot P_{in}} = \frac{(230.7 \times 5.19 \mu)^2 \times 0.86}{2 \times 14.3 \mu \times 81} = 532.20 \mu H \quad (\text{最小})$$

$$L_{pri} = \frac{(V_{in-min} \times T_{on-max})^2}{2 \cdot T \cdot P_{in}} = \frac{(230.7 \times 11.97 \mu)^2 \times 0.86}{2 \times 33.3 \mu \times 81} = 1215.69 \mu H \quad (\text{最大})$$

### 3-1-6 计算初级峰值电流 $I_P$ (NCP1207 自动调节在临界模式下)

首先计算输入电流的平均值  $I_{AVG}$

$$I_{AVG} = \frac{P_O}{\eta \times V_{MIN}} = \frac{81}{0.86 \times 230.7} = 0.41 A$$

故 初级峰值电流  $I_{pri}$

$$I_{pri} = \frac{I_{AVG}}{\left(1 - \frac{K_{RP}}{2}\right) \times D_{MAX}} = \frac{0.41}{\left(1 - \frac{1.0}{2}\right) \times 0.36} = 2.28 A$$

或 初级峰值电流  $I_{pri}$

$$I_{pri} = \frac{V_{in-min} \times T_{on-max}}{L_{Pri}} = \frac{230.7 \times 5.19}{532.20} = 2.25 A$$

### 3-1-7 计算有效值电流 $I_{RMS}$ (临界模式下)

$$I_{RMS} = I_P \times \sqrt{D_{MAX} \times \left(\frac{K_{RP}^2}{3} - K_{RP} + 1\right)} = 2.28 \times \sqrt{0.36 \times \left(\frac{1.0^2}{3} - 1 + 1\right)} = 0.79 A$$

### 3-1-8 选择磁心与骨架并确定相关参数

根据以上资料, B(max) 依铁心的材质及本身的温度来决定, 以浙江横店集团东磁的磁心 DME40 为例, 100 时的 B(max) 为 3900 Gauss, 设计时应考虑零件误差, 所以一般取 2000~3500 Gauss 之间, 本文所设计的 power 为充电器(有外壳)则应取 2000 Gauss 左右, 以避免铁心因高温而饱和, 一般而言铁心的尺寸越大,  $A_e$  越高, 所

以可以做较大瓦数的 Power，在这里我们选用 EC33A 磁心，主要以此来确定相关参数:有效横截面积(也称有效磁通面积 Core Effective Cross Sectional Area)  $A_e = 125 \text{ mm}^2$ ，磁心有效磁路长度(Core Effective Path Length)  $l_e = 79.2 \text{ mm}$ ；磁心在不留间隙时与匝数相关的等效电感 Ungapped Core Effective Inductance  $A_L = 3.1 \mu\text{H} / \overline{N}^2$  绕线骨架的宽度 Bobbin Physical Winding Width  $B_W = 22.0 \text{ mm}$ ；

### 3-1-9 计算初级绕组匝数 $N_S$ 和次级绕组匝数 $N_B$

现已知176V~270V交流输入， $U_O = 20\text{V}$ ，由于初级电感量可在530uH-1200uH变化之中，在这里我们按660uH来计算，则

$$\text{求初级匝数 } N_{pri} = \frac{L_{pri} \times I_{pri} \times 10^8}{A_e \times \Delta B} = \frac{660 \mu \times 2.28 \times 10^8}{2000 \times 1.25} = 60.19 \text{ 匝 实取 } 60 \text{ 匝}$$

$$\text{匝数 } N_S = \frac{60}{6} = 10 \text{ 匝}$$

### 3-1-10 计算辅助绕组+5V匝数 $N_{+5V}$

$$N_{+5V} = \frac{V_{+5V} + V_{DF}}{V_O + V_F} \times N_S = \frac{5 + 0.7}{20 + 0.7} \times 10 = 2.75 \overline{匝} \quad \text{实取 } N_{+5V} = 3 \overline{匝}$$

### 3-1-11 计算反馈绕组匝数 $N_B$

$$N_B = \frac{V_B + V_{DF}}{V_O + V_F} \times N_S = \frac{10 + 0.7}{20 + 0.7} \times 10 = 5.17 \overline{匝} \quad \text{实取 } N_{+5V} = 5 \overline{匝}$$

### 3-1-12 根据初级层数 $L$ ，骨架的宽度 $B_W$ 和安全距 $M$ ，用下式计算有效骨架宽度 $B_E$

$$B_E = L \times (B_W - 2M) = 4 \times (22 - 2 \times 3.5) = 60 \text{ mm}$$

为了生产方便,实取54mm计算

再利用下式计算初级导线的外径(带绝缘层)  $D_{PM}$

$$D_{PM} = \frac{B_E}{N_P} = \frac{54}{60} = 0.90 \text{ mm}$$

扣除漆皮后,裸导线的内径  $D_{Pm} = 0.90 - 0.05 = 0.85 \text{ mm}$

### 3-1-13 验证初级绕组的电流密度 $J$ 是否满足初级峰值电流 $I_P = 2.25 \text{ A}$ 之条件，计算电流密度的公式为

$$J = \frac{1980}{\frac{1.27 \pi D_{Pm}^2 * \left(\frac{1000}{25.4}\right)^2}{4 \times I_P}} = \frac{1.28 I_P}{D_{Pm}^2} = \frac{1.28 \times 2.28}{0.85^2} = 4.04 \text{ A/mm}^2$$

在  $4 \text{ A/mm}^2 \leq J \leq 10 \text{ A/mm}^2$  可接受。

查漆包线的规格表，与直径  $\approx 0.85 \text{ mm}$  接近的公制线视为  $\approx 0.84 \text{ mm}$ ，本设计用  $\approx 0.42 \text{ mm}$  双股并绕。

另说明欧美常用“圆密耳”(Circular Mil)作为导线横截面积的单位,并以“圆密耳/A”表示导线容量  $C_A$  的单位.因  $1 \text{ 密耳} = 0.001 \text{ 英寸} = \pi \times 0.0254 \text{ mm}^2 / 4 = 5.06 \times 10^{-6} \text{ mm}^2$ ，即  $1 \text{ mm}^2 = 1980 \text{ 圆密耳}$ 。在国际单位制中,则以电流密度  $J$  (单位为  $\text{A/mm}^2$ ) 来表示导线在每平方毫米面积上所允许的电流值。电流密度  $J$  与电流容量  $C_A$  的换算公式为

$$J = \frac{1980}{C_A}$$

### 3-1-14 计算磁心中的最大磁通密度 $B_{\max}$

$$B_{\max} = \frac{I_P \times L_P \times 10^8}{N_P \times A_e} = \frac{2.28 \times 680 \mu \times 10^8}{60 \times 1.25} = 0.20672 \text{ T} = 2067.2 \text{ GS}$$

满足  $0.2 \leq B_{MAX} \leq 0.3$  条件

### 3-1-15 计算磁心的气隙宽度 $l_g$

$$l_g = 40 \times \pi \times A_e \times \left( \frac{N_p^2}{1000L_p} - \frac{1}{1000A_L} \right) = 40 \times 3.14 \times 1.25 \times \left( \frac{60^2}{1000 \times 500} - \frac{1}{1000 \times 3.1} \right) = 1.08 \text{mm}$$

气隙宽度  $l_g$  应加在磁心的磁路中心处,并要求  $l_g = 1.08 \text{mm} \geq 0.051 \text{mm}$ , 满足要求.

### 3-1-16 计算留有气隙时磁心的等效电感 $l_G$

$$l_G = \frac{L_p}{N_p^2} = \frac{680}{60^2} = 0.189 \mu\text{H} / \mu\text{E}^2$$

### 3-1-18 计算次级峰值电流 $I_{SP}$

$$I_{SP} = \frac{N_p}{N_s} \cdot I_p = \frac{60}{10} \times 2.28 = 13.68 \text{A}$$

### 3-1-19 计算次级有效电流 $I_{SRMS}$ (临界模式下)

$$I_{SRMS} = I_{SP} \times \sqrt{(1-D_{MAX}) \times \left( \frac{K_{RP}^2}{3} - K_{RP} + 1 \right)} = 13.68 \times \sqrt{(1-0.36) \times \left( \frac{1.0^2}{3} - 1 + 1 \right)} = 6.32 \text{A}$$

### 3-1-20 计算输出滤波电容上的纹波电流 $I_{RIPPLE}$

首先求出输出电流  $I_O = \frac{P_O}{U_O} = \frac{81}{20} = 4.05 \text{A}$ , 再代入下式计算  $I_{RIPPLE}$

$$I_{RIPPLE} = \sqrt{I_{SRMS}^2 - I_O^2} = \sqrt{6.32^2 - 4.05^2} = 4.85 \text{A}$$

### 3-1-21 计算次级裸导线的最小内径 $D_{Sm}$

$$D_{Sm} = \sqrt{\frac{4 I_{SRMS} * 1980}{1.27 \pi} \times \frac{25.4}{1000}} = 1.13 \sqrt{\frac{I_{SRMS}}{J}} = 1.13 \sqrt{\frac{6.32}{4.04}} = 1.41 \text{mm}$$

根据骨架的宽度  $B_w$  和安全距  $M$ , 用下式计算导线最大外径的公式  $D_{Sm}$

$$D_{Sm} = \frac{B_w - 2M}{N_s} = \frac{22 - 2 \times 3.5}{10} = 1.50 \text{mm}$$

这样可以选导线直径查漆包线的规格表, 与直径  $=1.50 \text{mm}$  接近的公制线视为  $=1.50 \text{mm}$ , 本设计用  $=0.42 \text{mm}$  6股并绕两层。

### 3-1-22 计算次级最大反向峰值电压 $V_{SPI}$ 和输出整流管, 滤波电容的选择

$$V_{SPI} = V_O + \left( V_{MAX} \times \frac{N_s}{N_p} \right) = 27 + 380 \times \frac{10}{60} = 90.3 \text{V}$$

由此输出整流管选用Motorola公司反向耐压为100V/16A, 反向恢复时间35nS的MUR1610型超快恢复二极管, 本实验选用MUR1620(200V /16A反向恢复时间35nS), Philips公司的BYV32-150C(150V/20A)反向恢复时间35ns, GI公司的UGB8CT(150V/20A), Motorola公司反向耐压为100V/20A, 反向恢复时间小于10nS的MBR20100型肖特基二极管, 来替换。

由于纹波电流  $I_{RIPPLE} = 4.85 \text{A}$ , 在选择输出滤波电容器时, 要满足以下条件:

3-1-22-1 滤波电容  $C_{out}$  在105, 100KHz 时的纹波电流应  $\geq I_{RIPPLE} = 4.85 \text{A}$ ;

3-1-22-2 要选择等效串联电阻(ESR-Equivalent Series Resistance, 符号为  $r_o$ ) 很低的电解电容器, 输出的纹波电压  $U_{RIPPLE} = I_{SP} \times r_o$ ;

3-1-22-3 为了减小大电流输出时的纹波电流  $I_{RIPPLE}$  , 可降几只滤波电容并联使用, 以降低电容的  $r_o$  和等效电感  $L_o$  ;

3-1-22-4  $C_{out}$  的容量与最大输出电流  $I_o$  有关, 这里推荐选用  $1000\mu F/35V$  ;

3-1-22-5 滤波电容  $C$  取  $1000\mu F/35V$  , 要求其  $r_o$  很小.

3-1-23 计算反馈最大反向峰值电压  $V_{SFB}$

$$V_{SFB} = V_{FB} + \left( V_{MAX} \times \frac{N_{FB}}{N_P} \right) = 12 + 380 \times \frac{5}{60} = 43.67V$$

选用反馈电路中整流管要满足  $V_{RM} \geq 1.25V_{SFB} = 54.58V$

由此输出整流管选用Motorola公司反向耐压为100V/1A的MUR110型超快恢复二极管, GI公司的UF4002(200V/1A), 本实验选用MASTER公司1N4002(100V /1.0A)普通整流二极管。

反馈滤波电容应选用  $0.1\mu F/50V$  陶瓷电容器

控制端电容一般取  $47\mu F/50V$  的普通电解电容器即可, 与之串联的电阻可选用  $6.2\Omega, 1/4W (1/6W, 1/8W)$ , 在不连续模式下省掉此电阻.

3-1-24 计算辅助绕组+5V匝数  $N_{+5V}$

$$V_{S+5V} = V_{FB} + \left( V_{MAX} \times \frac{N_{FB}}{N_P} \right) = 5 + 380 \times \frac{3}{60} = 24V$$

选用反馈电路中整流管要满足  $V_{RM} \geq 1.25V_{SFB} = 30.00V$

由此输出整流管选用Motorola公司反向耐压为200V/1A的MUR120型超快恢复二极管, GI公司的UF4003(300V/1A), 本实验选用MASTER公司SR106(60V /1.0A)肖特基二极管。

反馈滤波电容应选用  $0.1\mu F/50V$  陶瓷电容器

控制端电容一般取  $220\mu F/50V$  的普通电解电容器即可。

3-1-25 变压器的电气原理和接线图

由上述的计算可得出变压器的电气原理和接线图

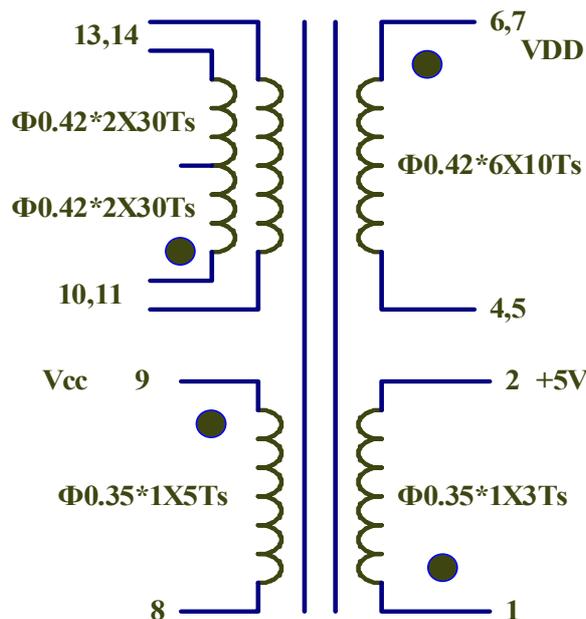


图 5 变压器的电气原理和接线图

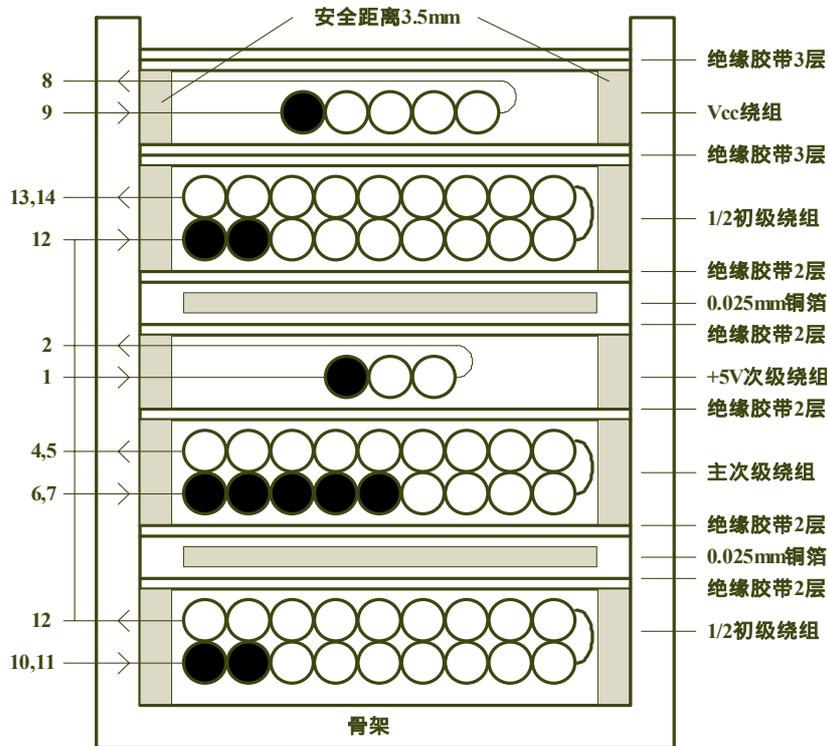


图 6 变压器的绕法图

### 3-1-26 选择输入整流桥

条件：3-1-25-1 整流桥的反向击穿电压  $B_{BR}$  应满足以下要求： $B_{BR} \geq 1.25\sqrt{2} V_{ACMAX} = 1.25 \times \sqrt{2} \times 265 = 465V$ ；

3-1-25-2 输入有效电流为  $I_{BRMS}$ ，整流桥额定的有效值电流为  $I_{BR}$ ，应当使  $I_{BR} \geq 2I_{BRMS}$ 。计算  $I_{BRMS}$  的公式如下：

$$I_{BRMS} = \frac{P_O}{\eta V_{ACMAX} \cos\phi} = \frac{81}{0.84 \times 380 \times 0.5} = 0.51A$$

$\cos\phi$  为开关电源的功率因子，一般取为 0.5~0.7。

由此可选KBPC606 BR66(600V/6A)，GBU406 (600V/4A) 等

## 3-2 零件选用

零件位置(标注)请参考线路图：(图 3)

### 3-2-1 F1、F2 (保险管)

由变压器 3-1-6 计算输入电流的平均值  $I_{AVG}$ ，以此电流的平均值  $I_{AVG}$  (0.41A)可知使用公司 K3 系统共享料 T2.5A 250V 作为 F1 的使用，由 3-1-19 计算次级有效电流  $I_{SRMS}$ ，以此有效电流  $I_{SRMS}$  (6.32A)可知使用 T6.3A 250V 作为 F2 的使用，F2 的作用是在做安规 C11 两端短路时，到达保护电路的目的。

### 3-2-2 RH1(热敏电阻)：

电源启动的瞬间，由于 C1(一次侧滤波电容)短路，导致电流的平均值  $I_{AVG}$  电流很大，虽然时间很短暂，但亦可能对充电器产生伤害，所以必须在滤波电容之前加装一个热敏电阻，以限制开机瞬间电流的平均值  $I_{AVG}$  在 Spec 之内(230V/60Hz)，但因热敏电阻亦会消耗功率，所以不可放太大的阻值(否则会影响效率)，一般使用

SCK053(3A/5 )，若 C1 电容使用较大的值，则必须考虑将热敏电阻的阻值变大(一般使用在大瓦数的电源上)。

### 3-2-3 RV1(突波吸收器，也称压敏电阻)

当雷极发生时，可能会损坏零件，进而影响电源的正常动作，所以必须在靠 AC 输入端 (Fuse 之后)，加上突波吸收器来保护电源(一般常用 07D471K)，但若有价格上的考虑，可先忽略不装。

### 3-2-4 CY1-CY4(Y-Cap)

Y-Cap 一般可分为 Y1 及 Y2 电容，AC Input 为 2Pin(只有 L, N)一般使用 Y1-Cap，Y1 与 Y2 的差异，除了价格外(Y1 较昂贵)，绝缘等级及耐压亦不同(Y1 称为双重绝缘，绝缘耐压约为 Y2 的两倍，且在电容的本体上会有“回”符号或注明 Y1)，Y-Cap 会影响 EMI 特性，一般而言越大越好，但须考虑漏电及价格问题，漏电(Leakage Current )必须符合安规须求。

### 3-2-5 CX1(X-Cap)

X-Cap 为防制 EMI 零件 EMI 可分为 Conduction 及 Radiation 两部分，Conduction 规范一般可分为：FCC Part 15J Class B、CISPR 22(EN55022) Class B 两种，FCC 测试频率在 450K~30MHz，CISPR 22 测试频率在 150K~30MHz，Conduction 可在厂内以频谱分析仪验证，Radiation 则必须到实验室验证，X-Cap 一般对低频段(150K ~ 数 M 之间)的 EMI 防制有效，一般而言 X-Cap 愈大，EMI 防制效果愈好(但价格愈高)，若 X-Cap 在 0.33uf 以上(包含 0.33uf)，安规规定必须要有泄放电阻(RX1，一般为 1.2M 1/4W)。

### 3-2-6 LF1、LF2(Common Choke) 共模电感

EMI 防制零件，主要影响 Conduction 的中、低频段，设计时必须同时考虑 EMI 特性及温升，以同样尺寸的 Common Choke 而言，线圈数愈多(相对的线径愈细)，EMI 防制效果愈好，但温升可能较高。

### 3-2-7 BD1(整流堆)

将 AC 电源以全波整流的方式转换为 DC，由变压器 3-1-26 所计算出的输入有效电流为  $I_{BRMS}$ ，可知只要使用 4A/600V 的整流二极管，因为是全波整流所以耐压只要 600V 即可。

### 3-2-8 C1(滤波电容)

由 C1 的大小(电容值)可决定变压器计算中的  $V_{in(min)}$  值，电容量愈大， $V_{in(min)}$  愈高但价格亦愈高，此部分可在电路中实际验证  $V_{in(min)}$  是否正确，因 AC Input 范围在 176V~270V)，因  $V_{c1}$  电压最高约 380V，所以必须使用耐压 400V 的电容。

### 3-2-9 C11(滤波电容)

主输出电源的滤波电容，提供 PWM IC 较稳定的直流电压，一般使用 1000uf/35V 电容。

### 3-2-10 Q1(N-MOS)

目前常使用的为 8A/600V，参阅 3-1-2 峰值集极电压(求匝数比)中

### 3-2-11 R10( $R_s$ 电阻)

NCP1207 Pin3 脚电压最高为 1V，R10 的大小须与 R9 配合，以达到高低压平衡的目的，一般使用 3W M.O. 电阻，设计时先决定 R10 后再加上 R9 补偿，一般将 NCP1207 Pin3 脚电压设计在 0.85V~0.95V 之间(视瓦数而定，若瓦数较小则不能太接近 1V，以免因零件误差而顶到 1V)。

### 3-2-12 R9, C3(RC filter)

滤除 NCP1207 Pin3 脚的噪声，R9 一般使用 1K 1/4W，C9 一般使用 102P/50V 的陶质电容，C9 若使用电容值较小者，重载可能不开机(因为 NCP1207 Pin3 脚瞬间顶到 1V)；若使用电容值较大者，也许会有轻载不开机及短路 Pin 过大的问题。

## 3-2-13 R7(Q1 Gate 电阻)

R7 电阻的大小，会影响到 EMI 及温升特性，一般而言阻值大，Q1 turn on / turn off 的速度较慢，EMI 特性较好，但 Q1 的温升较高、效率较低(主要是因为 turn off 速度较慢);若阻值较小，Q1 turn on / turn off 的速度较快，Q1 温升较低、效率较高，但 EMI 较差，一般使用  $51 \Omega$  1/4W。

## 3-2-14 C7

功能类似 RC filter，主要功用在于使高压轻载较不易振荡，一般使用 101P/50V 陶质电容。

## 3-2-15 IC2(Photo coupler)

光耦合器(Photo coupler)主要将二次侧的信号转换到一次侧(以电流的方式)，当二次侧的 ZD2\ZD3 导通后，IC2 即将二次侧的电流依比例转换到一次侧，此时 NCP1207 由 Pin5 (DRV) 输出 off 的信号(Low)来关闭 Q1，使用 Photo coupler 的原因，是为了符合安规需求(primary to secondary 的距离至少需 5.6mm)。

## 3-2-16 R23(二次侧回路增益控制)

控制流过 Photo coupler 的电流，R23 阻值较小时，流过 Photo coupler 的电流较大，IC2 转换电流较大，回路增益较快(需要确认是否会造成振荡)，R23 阻值较大时，流过 Photo coupler 的电流较小，IC2 转换电流较小，回路增益较慢，虽然较不易造成振荡，但需注意输出电压是否正常。

## 3-2-17 R32, C16(二次侧回路增益控制)

控制二次侧的回路增益，一般而言将电容大会使增益变慢；电容放小会使增益变快，电阻的特性则刚好与电容相反，电阻放大增益变快；电阻放小增益变慢，至于何谓增益调整的最佳值，则可以 Dynamic load 来量测，即可取得一个最佳值。

## 3-2-18 D5(肖特基二极管)

参阅3-1--22 计算次级最大反向峰值电压  $V_{SP1}$  和输出整流管,滤波电容的选择

输出整流二极管，D5 的使用需考虑：

电流值

二极管的耐压值

输出电流 3A，使用 10A 的二极管(Schottky)应该可以，但经点温升验证后发现 D5 温度偏高，所以必须换为 15A 的二极管，因为 10A 的  $V_f$  较 15A 的  $V_f$  值大。耐压部分 40V 经验证后符合，因此最后使用 20A/200V Schottky。

## 3-2-19 C10, R16(二次侧缓冲回路)：

D5 在截止的瞬间会有峰值产生，若峰值超过二极管(D5)的耐压值，二极管会有被击穿的危险，调整缓冲回路可适当的减少峰值的电压值，除保护二极管外亦可改善 EMI，R16 一般使用 1/2W 的电阻，C10 一般使用耐压 500V 的陶质电容，缓冲回路调整的过程(264V/63Hz)需注意 R16, C10 是否会过热，应避免此种情况发生。

## 3-2-20 C11 (滤波电容)

二次侧第一级滤波电容，应使用内阻较小的电容(LXZ, YXA...)，电容选择是否恰当可依以下三点来判定：

输出 Ripple 电压是符合规格

电容温度是否超过额定值

电容值两端电压是否超过额定值

参阅 3-1-22 计算次级最大反向峰值电压  $V_{SP1}$  和输出整流管,滤波电容的选择

## 3-2-21 IC1(PWM IC-NCP1207)

在设计电源时，我们常常会关注与 MOSFET Q1 (8N60) 导通损耗有关的效率下降问题。在出现较大 Rms 电流的情况下，比如转换器在非连续导电模式(DCM)下工作时，若选择  $R_{ds(on)}$  较小的 MOSFET，芯片尺寸就会较大，从而输入电容也较大。也就是说，导通损耗的减小将会造成较大的输入电容和控制器较大的功耗。当开关频率提高时，问题将变得更为棘手。

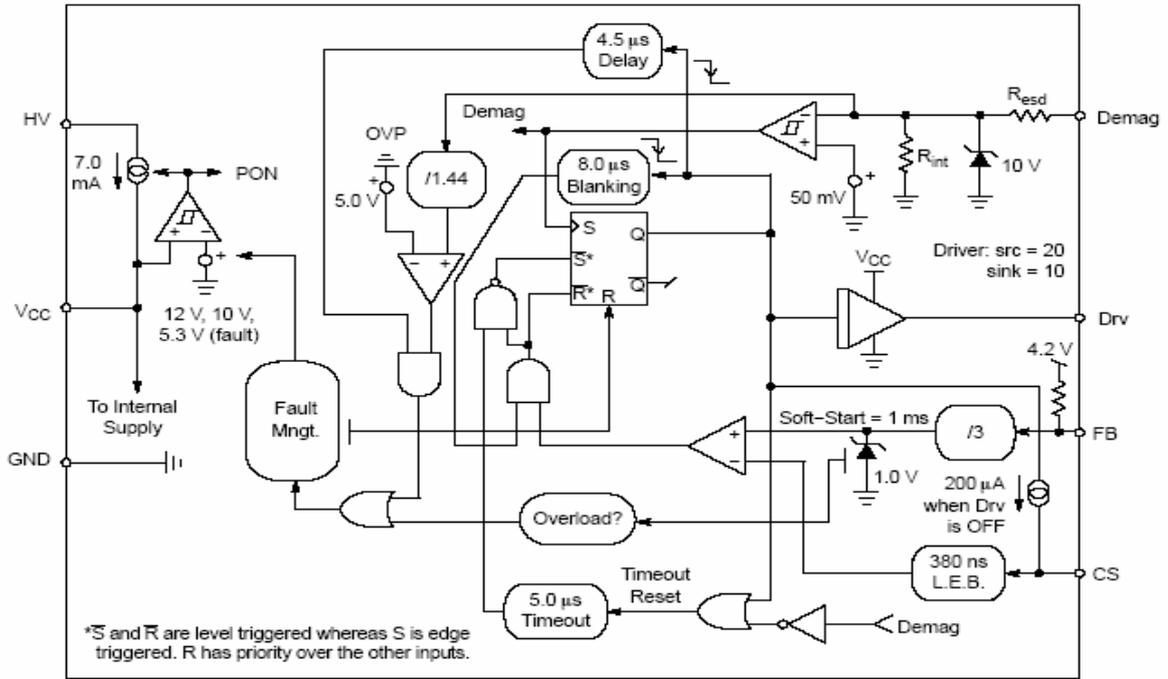


图 7 基于安森美的 NCP1207 的内部框图

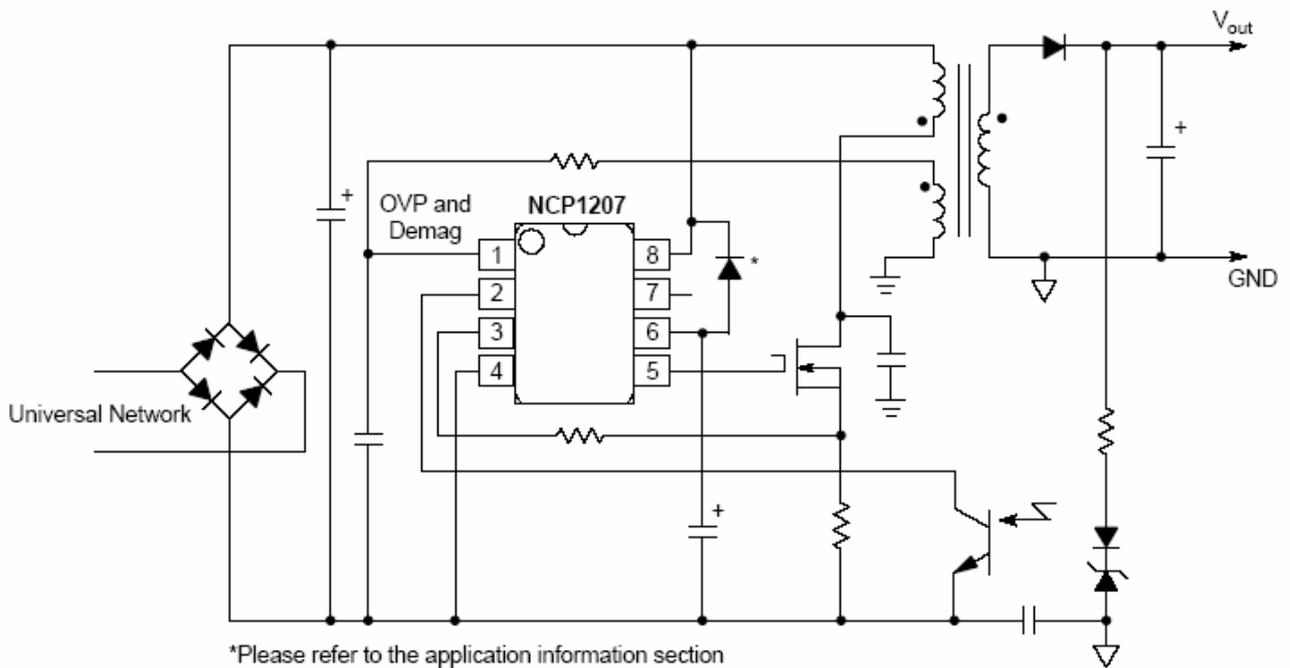


图 8 基于专用控制器的简单 QR 转换器

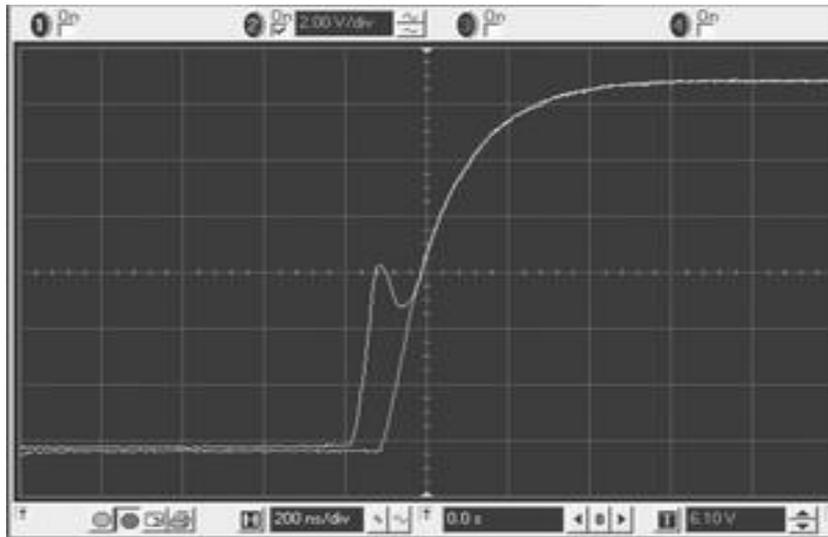


图 9 ZVS 技术消除米勒效应

在准谐振模式(QR)中采用反激转换器是消除米勒效应功耗较经济的方法，它无需在下一个时钟周期内使开关处于导通状态，只要等漏极上的自然振荡将电压逐渐降至接近于零。与此同时，通过专用引脚可以检测到控制器再次启动了晶体管。通过在开关打开处反射的足够的反激电压( $N \times [V_{out} + V_f]$ )，即可实现 ZVS 操作，这通常需要 600V(通用范围)的高压 MOSFET。基于安森美的 NCP1207 的内部框图如图 7 所示，QR 转换器如图 8 所示，它可以直接使用高压电源供电。该转换器在 ZVS 下工作时的栅-源电压和漏极波形如图 9 所示。

总之，如果需要  $Q_g$  较大的 MOSFET，最好使反激转换器在 ZVS 下工作，这样可以减少平均驱动电流带来的不利影响。这一技术也广泛应用于谐振转换器中。

### 3-2-22 R17(假负载)

适当的使用假负载可使线路更稳定，但假负载的阻值不可太小，否则会影响效率，使用时亦须注意是否超过电阻的额定值(一般设计只使用额定瓦数的一半)。

### 3-2-23 IC6 (精密稳压调整管 TL431)、Q2 (C1815)、R20、R21

调整输出精密电压+5V 的大小，输出电压不可超过 36V(因为 TL431  $V_{KA}$  最大为 36V，则  $V_o$  应在 36V 以下较安全)，因主输出电压为 8V~27V 变化，所以在电压变化，辅助输出电压也会发生变化，故辅助输出设定为正激拓扑，这样才能保证有+5V 稳定输出提供给 MCU 正常工作。TL431 的  $V_{ref}$  为 2.5V，Q2，R20 及 R21 目的使输出电压能精密微调，以免造成输出不准。

### 3-2-23 IC4 (运算放大器 LM358)、Q3 (3904) 及外围电路

由运放 IC4 (LM358) 构成的电流控制环，能将电流检测电阻 R18A、R18B 的阻值减小到 0.05  $\Omega$ ，并输出 3.00A/100mA 之间转换脉冲式稳定的电流(由 Pin1、2、3 脚的构成)和由 Pin5、6、7 脚，Q3 的构成温度检测开关，其工作原理如下：

3-2-23-1 脉冲式稳定的电流的设定，当充电器在涓流状态下，IC3 的 Pin17 脚输出低电平，其恒流原理是当输出电流，经 LM358 的 Pin2 (反相输入端)分压后得到的取样电压就与 Pin3 (同相输入端)电压进行比较，产生外部误差电压  $u$ ，再通过 D7 (1N4148)、光耦 (PC817) 使 IC 产生相应的变化，并以此调节输出占空比，达到恒流涓流目的。其计算如下：

$$V'_{pin2} = 5 \times \frac{R_{30}}{R_{30} + R_{31}} = 5 \times \frac{0.51}{0.5 + 620} = 0.045V = 45mV$$

由于在 PCB LAYOUT 时，LM358 的 GND (Pin4 脚) 与 R30 的 GND 电位存在电势差，在此，我们取  $V_e=5mV$  左右。

$$I_{out} = \frac{45mV + 5mV}{0.05} = 100mA \text{ (涓流状态)}$$

在快充状态下，IC3 的 Pin17 脚以 5S-1S 脉冲输出+5V 的电压，此时 Pin2 的电压为

$$V'_{pin2} = 5 \times \frac{R_{30}}{R_{30} + R_{33}} = 5 \times \frac{0.51}{0.5 + 16.5} = 0.15V = 150mV$$

则有

$$I_{out} = \frac{150mV}{0.05} = 3.00A \text{ (快充状态)}$$

所以输出脉冲式稳定的电流在互相转换中，直到快充阶段结束，就进入涓流充电阶段。

3-2-23-2 温度卡段控制的设定：IC4 的 Pin5、6、7 脚在此是作为比较器使用，在电池包的热敏电阻的温度系数是随着温度的升高而变小的，因为充电器使用温度  $0 \sim +40$ ，在此取三个点来设定，在  $0$  时，电池包的 NTC=36K，在  $25$  时（常温），电池包的 NTC=12K，在  $40$  时，电池包的 NTC=6.8K，那么在 Pin6 的电压为

$$1、0 \text{ 时，} V'_{pin6} = 0.7 + 5 \times \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_{34}} = 0.7 + 5 \times \frac{36K}{1M + 36K} = 0.87V = 870mV$$

$$2、25 \text{ 时，} V'_{pin6} = 0.7 + 5 \times \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_{34}} = 0.7 + 5 \times \frac{12K}{1M + 12K} = 0.76V = 760mV$$

$$3、40 \text{ 时，} V'_{pin6} = 0.7 + 5 \times \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_{34}} = 0.7 + 5 \times \frac{6.8K}{1M + 6.8K} = 0.74V = 740mV$$

又因为 Pin5 的电压为

$$V'_{pin5} = 5 \times \frac{R_{36}}{R_{36} + R_{35}} = 5 \times \frac{2K}{2K + 12.4K} = 0.69V = 690mV$$

小于上述 Pin6 的电压，所以比较器的 Pin7 输出低电平，充电器都能进入快充阶段。

当电池包的内部温度达到  $52$  (Ni-cd) NTC=4.3K,  $60$  (Ni-MH) NTC=3.3K

$$V'_{pin6} = 0.7 + 5 \times \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_{34}} = 0.7 + 5 \times \frac{3.3K}{1M + 3.3K} = 0.76V = 710mV$$

IC3 的温度检测脚 Pin13 (TEP) 就检测到信号，从而通过 R49，把 Pin6 的电位拉小于 Pin5 的电位 690mV 比较器的 Pin7 输出高电平，Q3 导通，把 IC3 的 Pin17 (MODE) 的电位拉到地，此时充电器进入充电阶段（涓流充电阶段）。注意 C17 在此起到软启动作用。

### 3-2-23 IC3 (充电器集成控制芯片) 及外围电路

S3F9454 是一种先进而有常用的 CMOS 8 位单片机。它具有以下特性：2K/4K 字节 OTP ROM，208 个半字节 RAM 空间，9 个数模转换器，十位转换结果，有 3 个可编程 I/O 口 (18 个引脚)，1 个 8 位高速 PWM 信号输出，有可编程代码保护，4 个中断源，同一个中断优先级，一个中断向量，内建振荡器时钟电路，内建定时器，低电压复位功能且支持省电方式以节约电能。10 位 A/D 转换器可以使得  $\Delta V$  的检测精度达到  $2mV/cell$  (本设计编程是 Ni-MH 为  $5\sim 10mV/cell$  Ni-cd 为  $10\sim 15mV/cell$ )；用 8 位定时/计数器进行 0.5s 定时，在出现坏电池时，

30 分钟以内电池电压低于 8V 红灯常亮，30 分钟以后电池电压仍低于 8V，红灯以 1Hz 的频率闪烁。在电池电压低于 8V 时的充电采用脉冲模式，LED 进行 1Hz 闪烁指示。系统时钟采用单片机内部的 4MHz 的 RC 时钟，降低系统的成本，但由于 RC 时钟的偏差会比较大，所以 0.5s 定时会存在误差。内建定时器可用软件控制以加强单片机的抗干扰能力。在软件出现问题时，可以对单片机进行复位，重新执行程序，防止程序死锁现象的发生。

软件编程是整个智能快速充电器的核心，主要完成充电时间定时、LED 显示处理、电池状态检测、4 种充电结束技术、通道选择（电池包结构不同，同时在电路上增加识别开关及功能接口，分开处理 Ni-MH 和 Ni-Cd）脉冲模式控制、过温保护、电池电压低于 8V 时的充电采用脉冲模式等工作。其中软件编程的核心部分是软件抗干扰的设计处理。没有好的软件抗干扰处理方法就可能出现以下不良问题。

- A 电池充电不足
- B 充电状态指示错误
- C 程序运行混乱。

本智能充电器集成了 4 种充电结束技术：Delta-V 技术、Delta-T 技术、最大充电时间技术和最大温度保护技术。本文主要介绍 Delta-V 和 Delta-T 的处理方法。

#### (1) Delta-V

由于电池电压的负增量与电池的绝对电压关系不大，而且不受环境温度和充电速率等因素影响，因此可以比较准确地判断电池已充足。程序每隔 1s 将对每个电池的电压进行采样，用该采样值作为电池状态判断的依据。在充电状态正常且充电没有结束时，每隔 18s 对电池进行多次采样，经过数字滤波技术处理后，作为 Delta-V 处理的电压依据，若电池的电压下降 Ni-MH 为 5~10mV/cell，Ni-cd 为 10~15mV/cell 时，充电结束。镍氢电池的充电曲线如图 10 所示。

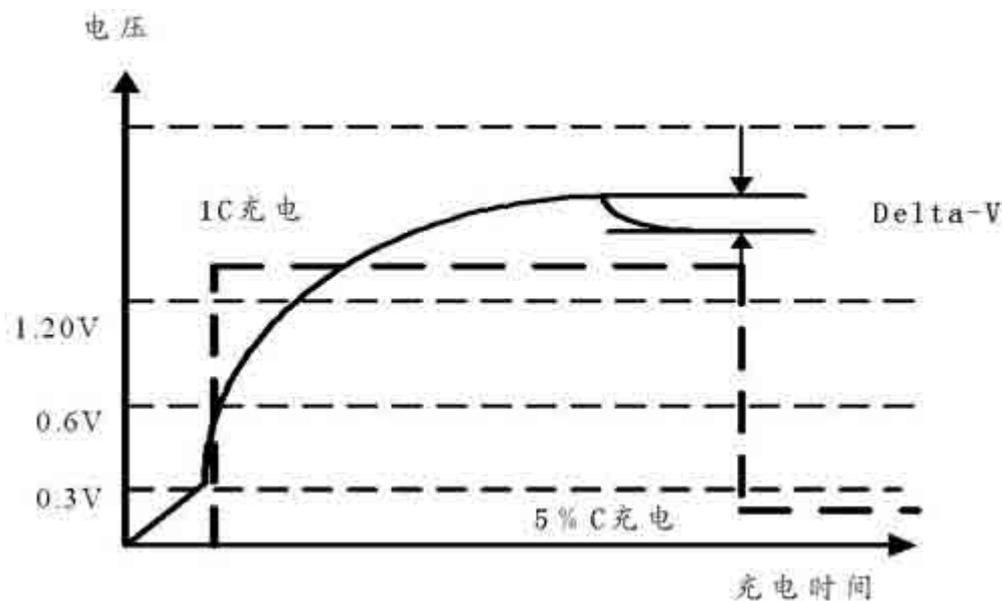


图 10 delta-v 曲线

#### (2) Delta-T/Delta-t

Ni-MH、Ni-cd 电池充足电后，电池温度迅速上升，温度上升变化率用 Delta-T/Delta-t 衡量，本设计认为当 Delta-T/Delta-t 大于 Ni-MH 为 1 -2.5 /min，Ni-cd 为 0.8 -2.0 /min 时，应立即终止快速充电。由于 NTC 的电阻与温度之间是非线性关系，所以在单片机的 ROM 区建立 30~60 范围内的温度值与温度检测端口电压之间的关系表格，利用线性插值法查表实现 Delta-T 的检测处理。

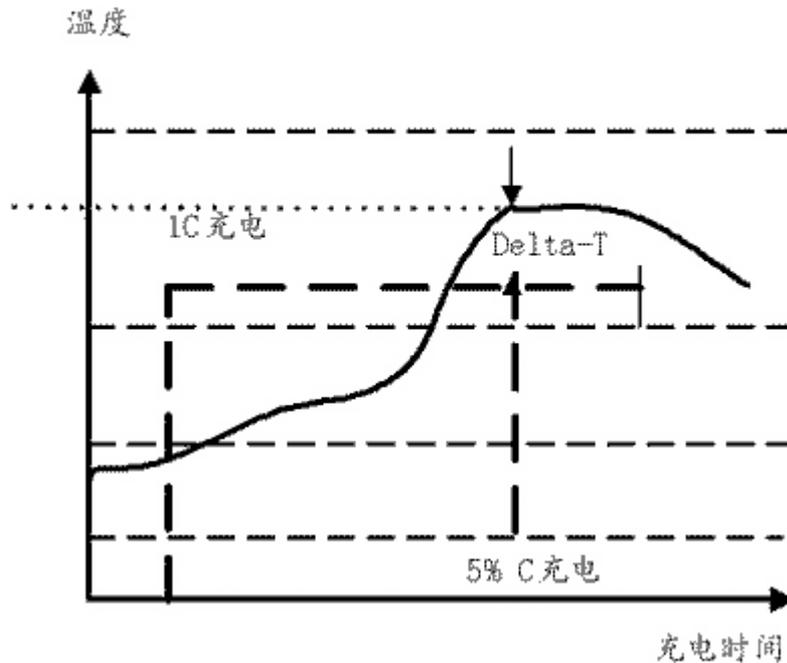


图 11 delta-T/delta 曲线

根据功能的要求，对单片机 S3F9454 的管脚安排说明如下：

Pin1 (GND)，公共地；

Pin2 (OSC1)，接单片机的工作频率为 4MHz 的晶振；

Pin3 (OSC2)，接单片机的工作频率为 4MHz 的晶振；

Pin4 (USER)，复位端；

Pin5 (LED1)，双色 LED 指示灯控制，主要控制 Q5 的导通和关段，来控制 LED1-LED3 的绿灯；

Pin6 (LED2)，双色 LED 指示灯控制，主要控制 Q6 的导通和关段，来控制 LED1-LED3 的红灯；

Pin7 (LED3)，双色 LED 指示灯控制，主要控制 Q7 的导通和关段，来控制 LED4-LED6 的绿灯；

Pin8 (LED4)，双色 LED 指示灯控制，主要控制 Q8 的导通和关段，来控制 LED4-LED6 的红灯；

Pin9 (NC)，空脚；

Pin10，未使用；

Pin11 (V2)，充电器内部环境温度的控制，当 RH1 检测到环境温度 62.0，来关段充电；

Pin12 (ON/OFF)，电池包结构不同，同时在电路上增加识别开关及功能接口，当开关 SW 常开时为 Ni-Cd，常闭为 Ni-MH；

Pin13 (TEP)，最大温度保护检测控制端；

Pin14 (NC)，空脚；

Pin15 (H/L)，空载电压和充电电压的控制，当电池包未插入充电前，此脚输出高电平，使得 Q4 导通，空载电压输出 8V 左右，目的是为了防止和减少电池包插入时的打火现象，电池包插入后 5S，此脚输出低电平，使得 Q4 关段，此时输出电压 8V-27V 之间，可对 12V-18V 的电池包进行充电；

Pin16，未使用；

Pin17 (MODE)，模式控制端，此脚输出 5S-1S 高低电平，从而实现了脉冲充电模式；

Pin18 (Ni-MH)，Ni-MH 控制端，当电池包插入充电时为 Ni-MH，此脚起作用；

Pin19 (Ni-cd) , Ni-cd 控制端, 当电池包插入充电时为 Ni-cd , 此脚起作用;

Pin20 (VDD) , +5V 电源输入端。

### 3-2-24 LED1-LED6 ( 超高亮度共阳极发光二极管 )

根据外壳结构要求, 来选用六个双色 LED 灯 ( 红和绿 ) 分别正确指示不同充电状态。

### 3-2-25 D14、D15 ( 整流二极管 SB560 5A/60V D0-41 )

D14、D15 在此作用是防止电池电压的反灌电流, 从而损坏充电器。由于输出为 27V/3.00A, D14、D15 可选用两个整流二极管 SB560 5A/60V D0-41。

### 3-2-25 其他零件参考以下 BOM 结构

表 1 BOM 结构

序号	物料名称, 型号, 规格, 材质, 供应商	单位	用量	位号
1	PCB 组件, 主控板, IN:198-265Vac, OUT: 8-27Vdc/3.0A	套		
2	贴片电阻 10Kohm ± 5% 0805	PCS	1	R68*
3	金属氧化膜电阻 0.47ohm ± 5% 3W 小型化	PCS	1	R10
4	金属氧化膜电阻 (小型号) 100Kohm/2W ± 5%(立式) L=11.5mm	PCS	1	R3
5	碳膜电阻 12ohm ± 5% 1/2W M 型 L=12MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R19
6	碳膜电阻 33ohm ± 5% 1/2W M 型 L=12MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R16
7	碳膜电阻 510Kohm ± 5% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM	PCS	2	R1, R2
8	碳膜电阻 10ohm ± 5% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R5
9	碳膜电阻 33ohm ± 5% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R7
10	碳膜电阻 47ohm ± 5% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R7*代换
11	碳膜电阻 1.5Kohm ± 5% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R17
12	碳膜电阻 5.1Kohm ± 5% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R38
13	碳膜电阻 10Kohm ± 5% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	3	R22, R46, R47
14	碳膜电阻 100ohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R23
14	碳膜电阻 220ohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R11
15	金属膜电阻 510ohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	2	R30, R37
16	金属膜电阻 1Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	3	R9, R28, R67
17	金属膜电阻 3.3Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R36
18	金属膜电阻 4.7Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	2	R32, R49
19	金属膜电阻 5.6Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R13
20	金属膜电阻 10Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	6	R35, R41, R44, R45, R48, R66
21	金属膜电阻 15Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R40
22	金属膜电阻 16.5Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R33
23	金属膜电阻 20Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	2	R4, R43
24	金属膜电阻 39Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R12
25	金属膜电阻 40.2Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	2	R20, R21
26	金属膜电阻 120Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	2	R39, R42
27	金属膜电阻 560Kohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R31
28	金属膜电阻 1Mohm ± 1% 1/4W M 型 L=10MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	1	R34
29	碳膜电阻 1K ± 5% 1/6W M 型 L=8MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	12	R50-R61
30	碳膜电阻 5.1Kohm ± 5% 1/6W M 型 L=8MM 引脚长=10MM 短脚制程	PCS	4	R62-R65
31	线绕电阻 0.1ohm ± 1% 2W M 型 L=15MM	PCS	2	R18A, R18B
32	压敏电阻 470V 0.4W/471KD10 C 10 (绿色)	PCS	1	RV1

电源、电池设计系列

33	负温度特性热敏电阻 NTC 2R55A 2.5 5A C10 2.5D-11	PCS	1	RH1
34	负温度特性热敏电阻 NTC SCK052 5 2A	PCS	1	RH1*
35	负温度特性热敏电阻 NTC 10K 1/4W	PCS	1	RH2
36	X 电容 0.22uF ± 10% 280VAC 18*14*9mm P=15mm 短脚 3.1~3.6mm(塑熔)	PCS	1	CX1
37	Y 电容 332 250VAC-X1Y2 ± 20% P=10mm CD/CT81	PCS	4	CY1-CY4
38	电解电容 120uF ± 20% 400V 105 DXL=18*35.5mm 短脚 3.1~3.6mm	PCS	1	C1* 代换
39	电解电容 150uF ± 20% 400V-DC 105 D*L=18*36mm 短脚 3.1~3.6mm	PCS	1	C1
40	铝电解电容 47uF ± 20% 35V 105 DXL=6.3*11mm (短脚 3.1-3.6mm)	PCS	1	C5
41	电解电容 2.2uF ± 20% 50V 105 D*L=5*12mm 高频低阻 短脚 3.1~3.6mm	PCS	1	C17
42	电解电容 1000uF ± 20% 35V 105 D*L:10*25mm 高频低阻抗	PCS	1	C11
43	铝电解电容 220uF ± 20% 35V 105 DXL=6.3*12mm LOW ESR 短脚 3.1~3.6mm	PCS	1	C13
44	铝电解电容 22uF ± 20% 10V 105 DXL=5*11mm	PCS	2	C15, C18
45	电解电容 10uF/25V 5*11mm ± 20% 短脚 3.1~3.6mm KM Series	PCS	1	C25
46	独石电容 105 1uF ± 20% 50V-DC MY5U PIN=5mm	PCS	1	C16
47	陶瓷电容 224 0.22uF ± 20% 50V-DC MY5U PIN=5mm	PCS	1	C27
48	陶瓷电容 104 0.1uF ± 20% 50V-DC MY5V PIN=5mm	PCS	9	C6, C14, C19, C20, C21, C22, C23, C24, C26
49	陶瓷电容 332pF ± 20%/1KV Z5U (短脚)	PCS	2	C2
50	瓷片电容 82p/50V-DC ± 20% MY5U PIN=5mm	PCS	1	C7
51	陶瓷电容 473pF ± 20% 50V 普通 PIN=5mm	PCS	1	C8
52	陶瓷电容 2200P 222/1KV ± 20% KV-DC PIN=5mm	PCS	1	C10
53	陶瓷电容 102/100V ± 20% X7R PIN=5mm	PCS	1	C12
54	陶瓷电容 101/50V K Y5P	PCS	1	C9
55	晶振 4MHz 陶瓷三脚	PCS	1	X1
56	整流二极管 1N4007 1A 1000V D0-41 MIC	PCS	2	D1, D2
57	超快恢复整流二极管 FR202 2A/100V D0-15	PCS	1	D6
58	整流二极管 1N4148 150mA 75V D0-35	PCS	8	D4, D7-D13
59	肖特基二极管 STPR1020CT 10A 200V T0-220AB (ST)	PCS	1	D5
60	整流二极管 SB560 5A/60V D0-41	PCS	2	D14, D15
61	稳压二极管 15V ± 2% 1/2W D0-35	PCS	1	ZD1
62	稳压二极管 6.2V ± 2% 1/2W D0-35	PCS	1	ZD2
63	稳压二极管 20V ± 2% 1/2W D0-35	PCS	1	ZD3
64	TVS 瞬态抑制二极管 P6KE33A D0-15	PCS		TVS
65	整流桥 GBU406 4A/600V GBU 封装 (LT)	PCS	1	BD1
66	MOS 管 FQPF7N80C(7A800V) T0-220F 封装 Fairchild	PCS	1	Q1
66	MOS 管 FQPF8N60C(8A600V) T0-220F 封装 Fairchild	PCS	1	Q1*代用
67	NPN 三极管 2SC1815 T0-92	PCS	6	Q2, Q4-Q8
68	NPN 三极管 3904 T0-92	PCS	1	Q3
69	PWM 控制芯片 NCP1207PG(Pb- Free) PDIP- 8 直插 安森美	PCS	1	IC1
70	光电耦合器 IC PC817 DIP4	PCS	1	IC2
71	双运算放大器 IC LM358 DIP-8 "ST"	PCS	1	IC4
73	IC 精密稳压管 TL431 ± 0.5% T0-92 KONUA	PCS	1	IC6

电源、电池设计系列

74	SMSUNG 9454 (三星) 无程序	PCS	1	IC3
75	保险管 T2.5A/250 5×20 VDE 有引脚 慢断 UL VDE CE 3C 认证	PCS	1	F1
76	保险管 T4.5A/250 4×10 VDE 有引脚 慢断 UL VDE CE 3C 认证	PCS	1	F2
77	超高亮度共阳极双色发光二极管 (Green+Red) 3PIN =3mm PIN=2.54mm	PCS	6	LED1-LED6
78	共模电感 T16*9*5 1.2mH LC16-184	PCS	1	L1
79	共模电感 LC16-212 CLICK 0638/UU16 0.45*60Ts	PCS	1	L2
80	高频变压器 EC3301-704 Lp=1000uH	PCS	1	T1
81	散热器 HS1 铝型材散热片 120×30 mm T=2.50mm	PCS	1	FOR Q1
82	散热器 HS2 铝型材散热片 107×30 mm T=2.50mm	PCS	1	FOR D5
83	开关 1.开关寿命必须大于 5000T; 2.弹片热处理 HRC35-45.(客供)	PCS	1	SW
84	五金件电池接触片, FOR CHA08103LF CE	PCS	3	\+BATT , -BATT , T
85	跳线 DIR0.6×5mm	PCS	4	J1-J4
86	跳线 DIR0.6×10mm	PCS	1	R11
87	跳线 DIR1.5×8mm	PCS	1	D14
88	跳线 DIR0.8×7.5mm	PCS	1	D3
89	磁珠 BB3.5×1.5×3 HF57	PCS	7	FOR Q1, D5, D1
90	绝缘豆 (T0-220)	粒	1	用于 D5
91	矽胶片 T0.3×13×19 T0-220	片	1	用于 D5
92	盘头螺丝 M3*10mm 镀镍	PCS	1	用于 Q1, D5
93	螺母 M3 镀镍 P/N670118001(01) FOR G.03.000024LF	PCS	1	用于 Q1, D5
94	铁氟龙套管 15L 透明	PCS	1	用于套住 F2 引脚
95	UL 套管 6.0*22mm 热缩 黑色 130	PCS	1	用于套住 F1
96	UL 套管 5*12mm 热缩 黑色 130	PCS	1	用于套住 F2
97	高温无铅锡丝 Sn-0.7Cu 1.0 亿诚达	g	1	
98	Sn-0.7Cu 无铅焊条 亿诚达(电源专用)	g	1	
99	低固量免洗助焊剂 TF-800 同方	g	1	
100	UL 黄胶 JP-1618FR	g	1	
101	散热油 P/N 900132001(01)	g	1	
102	TF-210 稀释剂 同方 每桶 16KG	g	1	
103	AC 线 VDE H03VVH2-F 2*0.75mm L=1800mm BLACK 带 VDE 插头 SR9*7*2.5mm	条	1	
104	单面 (主板) 174.5×118×1.6mm 材质: CEM-1 94V0	PCS	1	
105	R24	PCS	1	NC
106	包装组件	套	1	
107	外箱内尺寸 493L×285W×366H A=B/中性	PCS	0.025	
108	刀卡 20 孔 孔尺寸 155L×42W×176H B3B	PCS	0.05	
109	隔板 483×279 B3B	PCS	0.075	
110	PE 袋 250*350mm	PCS	1	

4、设计验证

4-1 设计阶段验证

4-1-1、AC input characteristic AC 输入特性 DC output characteristic DC 输出特性

1 条件: BATTERY:18V NI-cd INPUT VOLTAGE:230V

2 测试数据

表2 AC input characteristic AC 输入特性 DC output characteristic DC 输出特性

Test Item 测试项目		Test Condition 测试条件	Specifi-c ation 规格	Test Data 测试数据		LED Status		
				@Room	Temp. 25	Red	Green	
INPUT PARAMETIC	Input Current	Fast Charge(use max. Capacitance Battery)	Approx 0.59A	1# 0.586A	2# 0.597A	ON	OFF	
	No Load Power Loss	Battery Absent	<2.5W	1.90W	2.17W	OFF	ON	
	Load power	Fast Charge(use max. Capacitance Battery)	Approx 68.0W	67.87W	66.89W	ON	OFF	
OUTPUT PARAMETIC.	Output Voltage	Battery Absent	0A	7.88V	7.85V	OFF	ON	
	Output Current	Fast Charge Current	2.9-3.1A	3.04A	3.04A	OFF	FLASH	
	Output Short Circuit Protection			Vin198V	OK	OK	FLASH	OFF
				Vin264V	OK	OK	FLASH	OFF
	Disch arge Time	Discharge voltage:18V Discharge current:2A		NA	55:25	56:41	NA	NA
Battery reverse leakage current for sample during power off			<5mA	0.00mA	0.00mA	OFF	OFF	
other test	Power Efficiency		>78%	80.6%	81.7%	NA	NA	

4-1-2 AC input characteristic AC 输入特性 DC output characteristic DC 输出特性

1 条件: BATTERY:18V Ni-MH INPUT VOLTAGE:230V

2 测试数据

表3 AC input characteristic AC 输入特性 DC output characteristic DC 输出特性

Test Item 测试项目	Test Condition 测试条件	Specifi-c ation 规格	Test Data 测试数据		LED Status	
			@Room	Temp. 25	Red	Green

电源、电池设计系列

INPUT PARAMETRIC	Input Current	Fast Charge(use max. Capacitance Battery)	Approx 0.59A	1# 0.586A	2# 0.597A	ON	OFF
	No Load Power Loss	Battery Absent	<2.5W	1.90W	2.17W	OFF	ON
	Max load power	Fast Charge(use max. Capacitance Battery)	Approx 68.0W	67.87W	66.89W	ON	OFF
OUTPUT PARAMETRICs	Output Voltage	Battery Absent	0A	7.88V	7.85V	OFF	ON
	Output Current	Fast Charge Current	2.9-3.1A	3.04A	3.04A	ON	OFF
	Output Short Circuit Protection		Vin198V	OK	OK	FLASH	OFF
			Vin264V	OK	OK	FLASH	OFF
	Discharge Time	Discharge voltage:18V Discharge current:2A	NA	70:12	70:44	NA	NA
	Battery reverse leakage current for sample during power off		<20mA	0.00mA	0.00mA	OFF	OFF
Other test	Power Efficiency		>78%	80.6%	81.7%	NA	NA

4-1-3、Normal temperature charge test 常温充电测试

1 Normal temperature charge test 常温充电测试数据

表 4 常温充电测试数据

INP UT	Battery type	charge current (A)		Charge time (mm:ss)	P/P VOLTAGE (V)		Trickle current Ave (mA)	2.0A discharge time	Performance	DT/dt (/min)	-V (mV/cell)	CUT TEM. ( )
		AVE	MAX		CUT	MAX						
198VAC 50Hz	18VNi-mh 3000mAh	2.96	3.04	60:02	22.83	23.00	93.0	71:20	79.1%	1.78	10	55.48
	18VNi-cd 2100mAh	2.96	3.00	41:00	24.48	24.61	100.0	56:21	89.2%	1.49	9	35.15
230VAC 50Hz	18VNi-mh 3000mAh	2.98	3.04	60:00	23.00	23.06	92.0	74:12	82.4%	2.01	4	48.91
	18VNi-cd 2100mAh	2.92	3.00	42:09	24.08	24.16	108.0	56:21	89.2%	1.50	5	40.46
264VAC 50Hz	18VNi-mh 3000mAh	2.95	3.00	60:00	23.00	23.06	100.0	73:21	81.3%	2.04	4	48.15
	18VNi-cd 2100mAh	2.94	3.02	41:09	24.50	24.59	101.0	55:21	87.6%	1.48	6	35.06

4-1-4、Charging characteristic curve 充电特性曲线

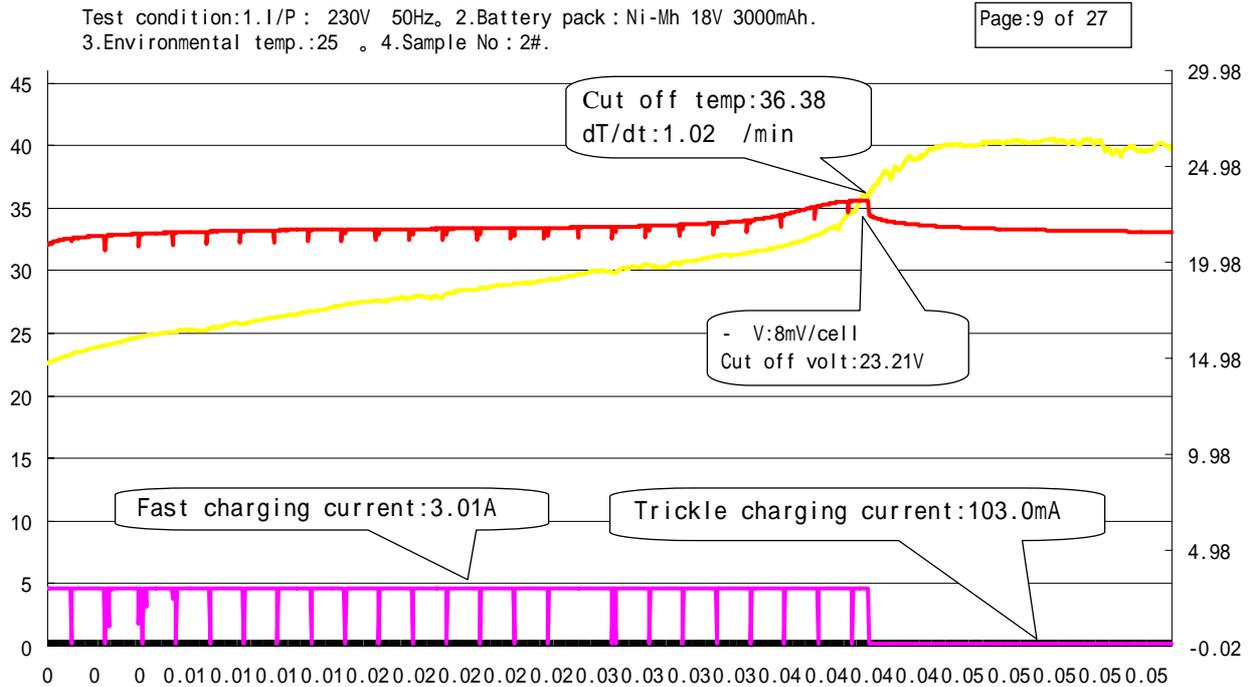


图 12 充电特性曲线

4-1-5、- V Function charging test - V 功能充电测试

TEST NOTE 测试说明:

- 1 - V 功能充电测试: 将充电器直接对电池充电.
- 2 输入 230Vac 50Hz

表 5 - V 功能充电测试

INPUT	Battery type	charge current (A)		Charge time (mm:ss)	P/P VOLTAGE (V)		Trickle current AvE (mA)	2A discharge time	Performance	- V (Mv/cell)
		AVE	MAX		CUT	MAX				
230Vac 50Hz	18V Ni-mh 3000mAh	2.96	3.04	60:02	22.83	23.00	93	74:21	82.50%	10

4-1-6、High Temperature charging test (高温充电测试)

1 TEST NOTE 测试说明:

将充电器放入 40 高温箱内一小时, 做充电测试.

2 测试数据

表 6 高温充电测试数据

INPUT	Battery type	Charge current (A)		Charge time (mm:ss)	P/P Voltage (V)		Trickle current AVE (mA)	2.0A discharge time	DT/dt (/min)	- V (mV/cell)	CUT TEMP. ( )
		AVE	MAX		OUT	MAX					

230 V.a c/5 0Hz	18VNi-cd 2100mAh	2.96	3.00	41:52	24.28	24.37	91.00	54:21	2.030	6	36.36
	18VNi-MH 2100mAh	2.96	3.00	59:16	23.17	23.17	93.00	73:55	1.590	0	39.81

3 测试图形

Test condition:1.I/P : 230V 50Hz。2.Battery pack : Nicd18V 2100mAh  
3.Environmental temp. : 40 。4.Sample No : 1#.

Page 19 of 27

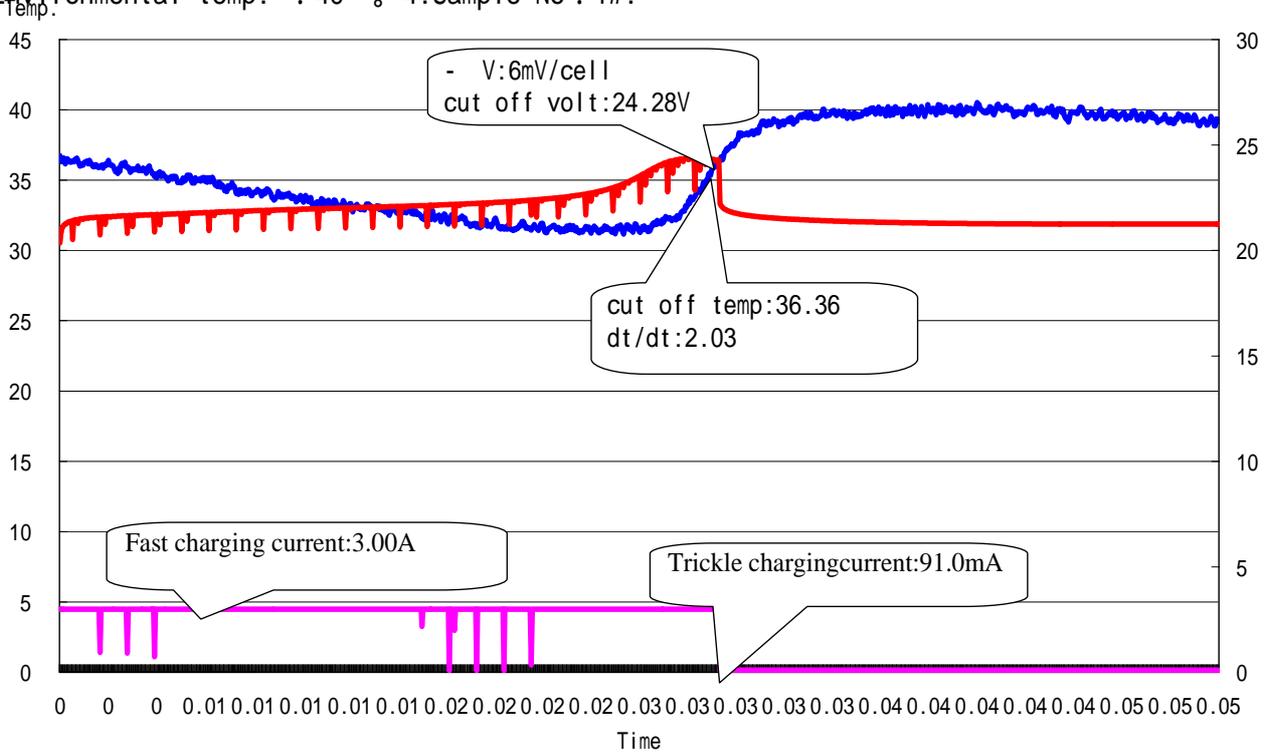


图 13 高温充电测试

4-1-7、Low Temperature charging test (低温充电测试)

- 1) 将充电器放入 0 低温箱内,做充电测试.
- 2) 测试数据

表 7 低温充电测试

INP UT	Battery type	Charge current (A)		Charge time (mm:ss)	P/P Voltage(V)		Trickle current AVE(mA)	2.0A discha rge time	DT/dt ( /min)	- V (mV/ cell )	CUT TEMP. ( )
		AVE	MAX		CUT	MAX					
230VAC/ 50Hz	18VNi-mh 3000mAh	2.98	3.02	60:00	23.19	23.25	85	73:21	2.42	4	41.5
	18VNi-cd 2100mAh	2.94	2.99	41:24	24.46	24.56	75	54:21	1.49	7	34.46

3) 测试图形

Test condition: 1. I/P: 230V 50Hz. 2. Battery pack: Nimh18V 3000mAh  
 3. Environmental temp.: 0. 4. Sample No: 2#.

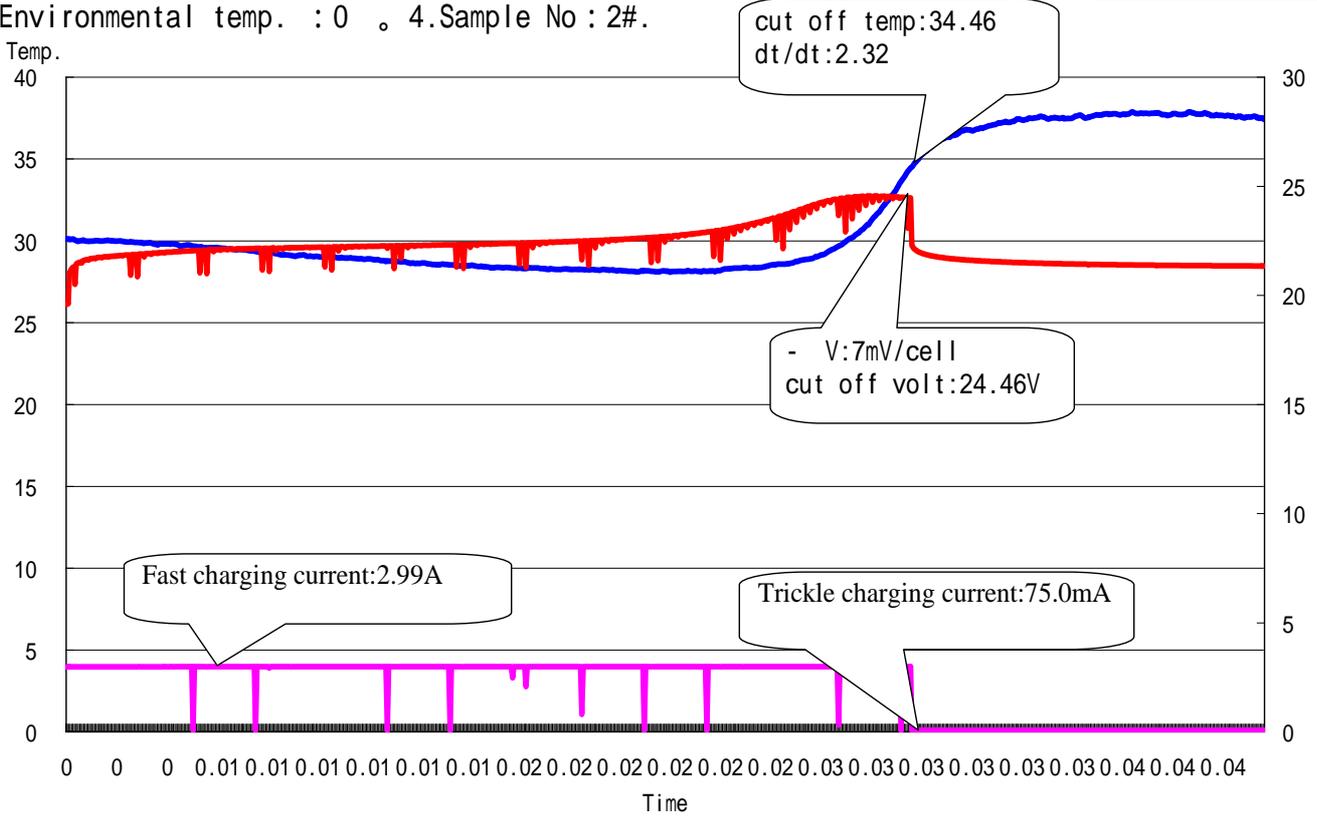


图 14 低温充电测试

4-1-8、温升记录

- 1) 设计实验定案后，需针对整体温升及 EMI 做评估，若温升或 EMI 无法符合规格，则需重新实验。
- 2) 温升记录请参考下表。

表 8 温升记录

Input voltage 输入电压(V)	Environment Temp 环境温度 ( )	Component Number 元件编号	Component temperature 元件温度 ( )	Component rise 元件温升 ( )
198V	28.66	IC4	75.35	46.69
		共模电感	92.90	64.24
		D5	104.86	76.20
		开关管	86.62	57.96
		高压电容	67.68	39.02
		R18	97.58	68.92
		PCB 板	82.14	53.48
		变压器	104.24	75.58

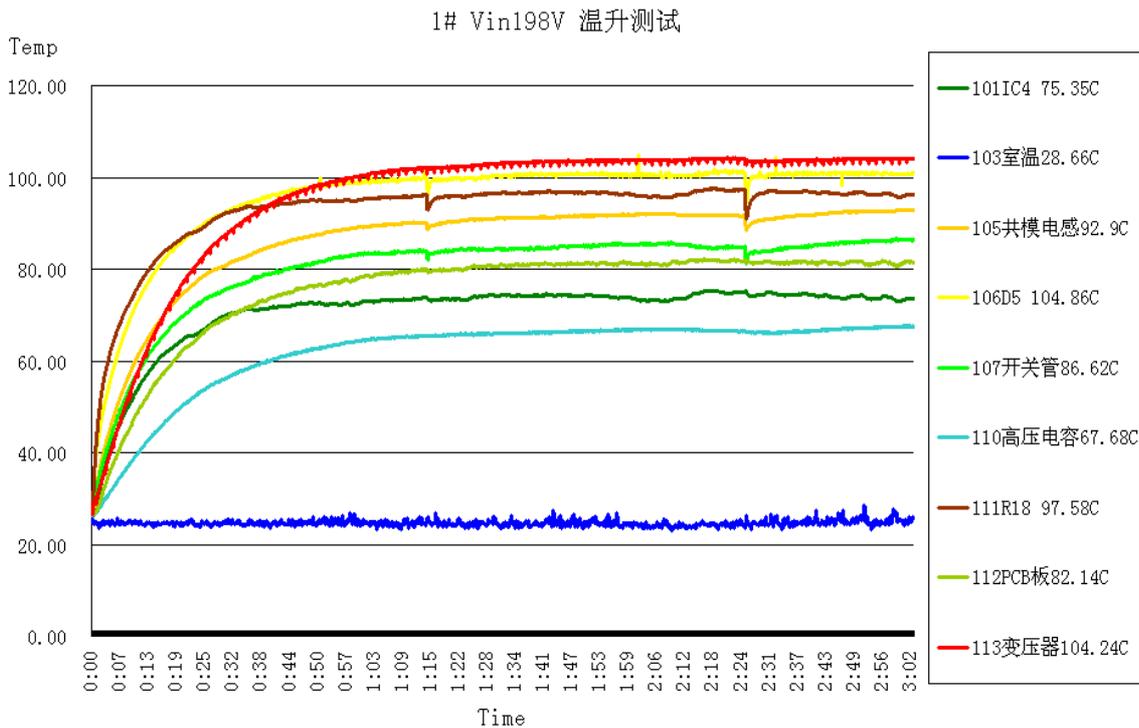


图 15 温升测试

4-1-9、EMI 测试

EMI 测试分为二类：

4-1-9-1 Conduction(传导干扰)

前者视规范不同而有差异(FCC : 450K - 30MHz , CISPR 22 :150K - 30MHz) , 后者可利用厂内的频谱分析仪验证 ;

N-LINE

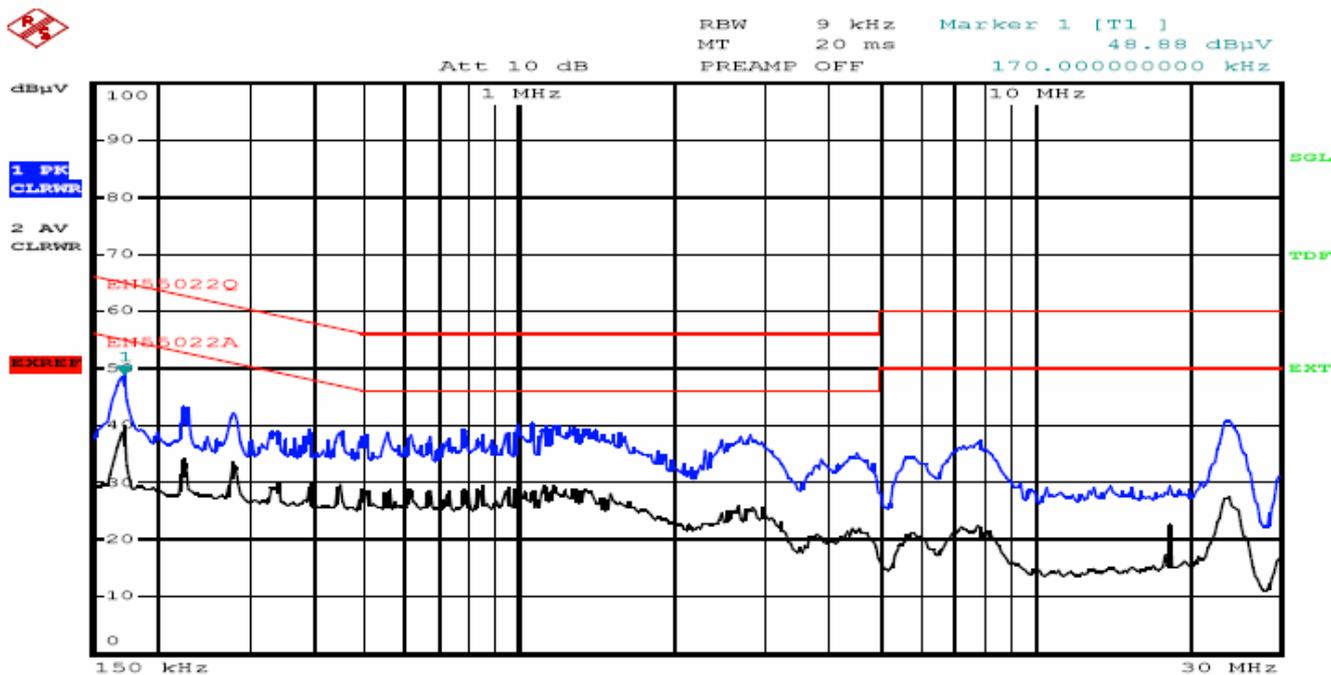


图 16 传导干扰 L-LINE 测试波形图

N-LINE

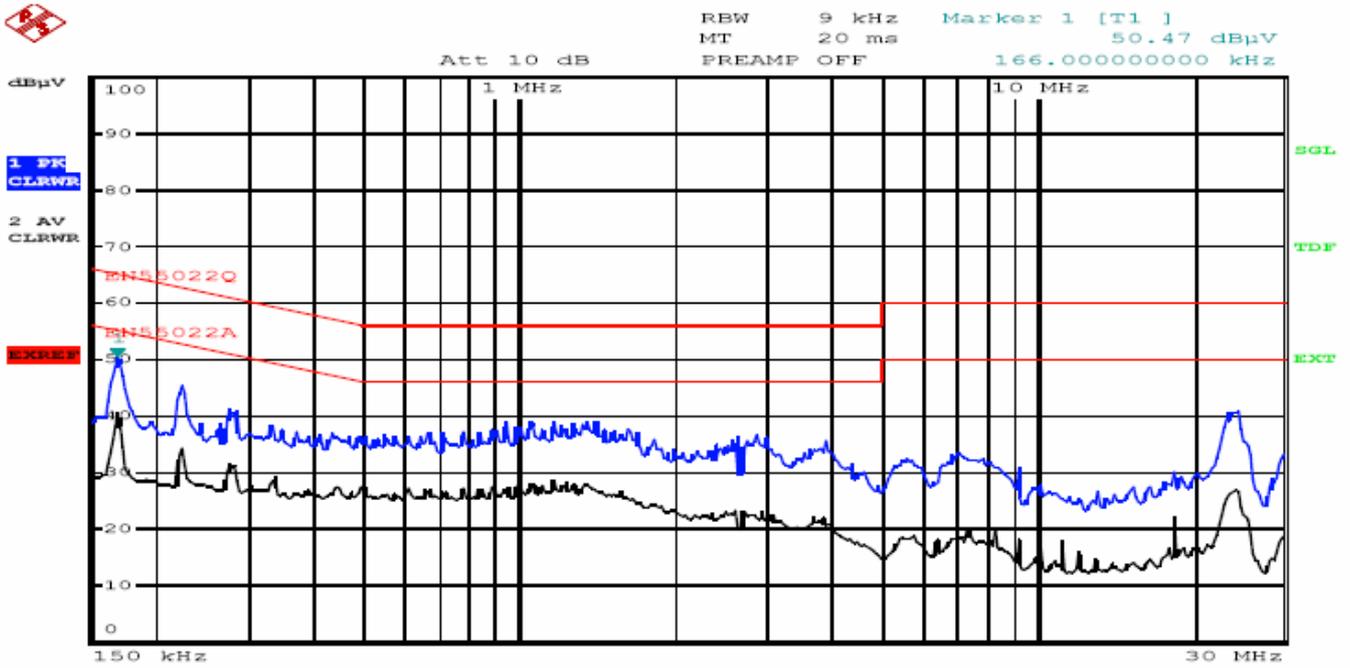


图 17 传导干扰 N-LINE 测试波形图

4-1-9-1 Radiation(幅射干扰)

1 VERTICAL (垂直方向的扫描)

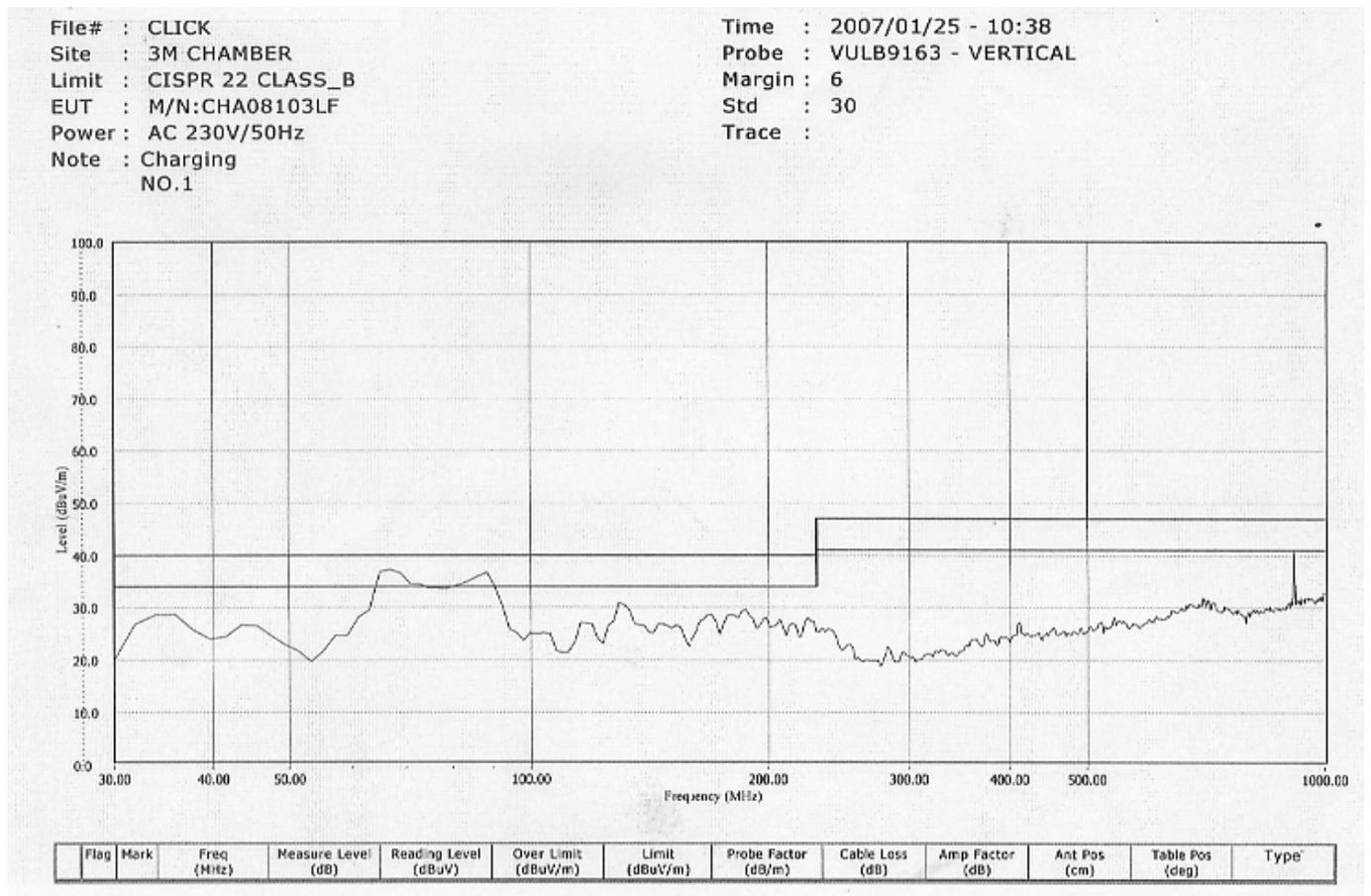


图 18 幅射干扰 VERTICAL 测试波形图

2 HORIZONTAL (垂直方向的扫描)

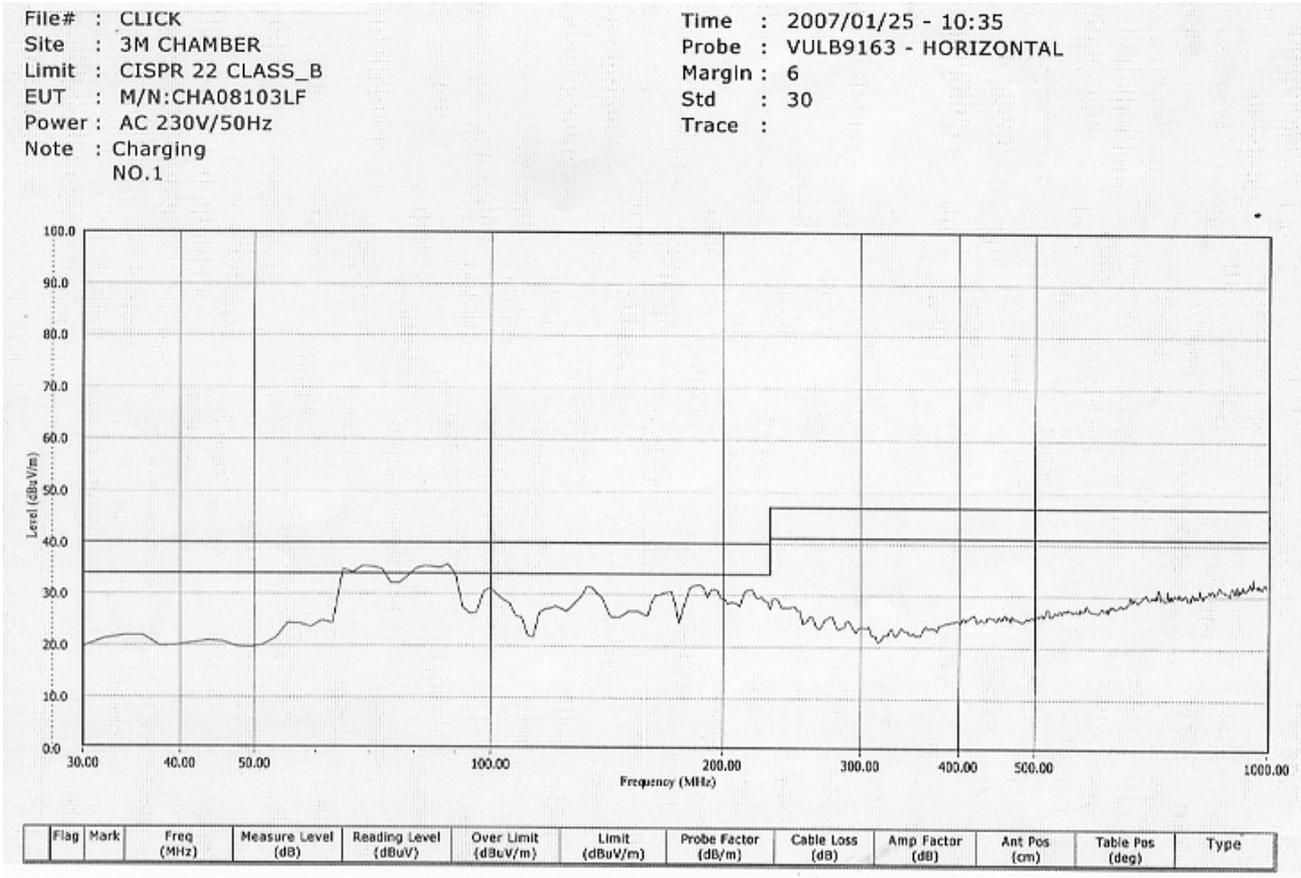


图 19 幅射干扰 HORIZONTAL 测试波形图

后者(范围由 30M- 300MHz , 则因厂内无设备必须到实验室验证 , Conduction , Radiation 测试数据请参考附件)。

4-1-1-10 机构尺寸

设计阶段即应对机构尺寸验证 , 验证的项目包括 : PCB 尺寸、零件限高、零件禁置区、螺丝孔位置及孔径、外壳孔寸.... , 若设计阶段无法验证 , 则必须在样品阶段验证。

4-2 样品验证

样品制作完成后 , 除温升记录、EMI 测试外(是否需重新验证 , 视情况而定) , 每一台样品都应经过验证(包括电气及机构尺寸) , 此阶段的电气验证可以以 ATE(Chroma)测试来完成 , ATE 测试必须与电气规格相符。

4-3 QE 验证

QE 针对工程部所提供的样品做验证 , 各项测试如下。

4-3-1 安全

4-3-1-1 耐压测试和泄漏电流测试

- 1) 基本要求:基本绝缘 1500V/MIN 附加绝缘 2500V/MIN 加强绝缘和双重绝缘:3750V/MIN

## 2) 耐压测试数据

表9 耐压和泄漏电流测试数据

样品	测试端口	测试电压(V)	测试时间(s)	泄漏电流(mA)	结果
1#	输入/输出	3750V AC/50Hz	60	1.82	OK
2#	输入/输出	3750V AC/50Hz	60	1.82	OK

## 4-3-1-2 短路测试

- (1) 测试方法：额定电压下将输出端正极与负极短路，输出端正极与控制极短路
- (2) 基本要求：不得发生着火以及危及人身安全的危险现象
- (3) 短路保护测试数据

表10 短路保护测试

样品	短路端口	短路时间(s)	现象	异常现象	结果
1#	正极/负极	60s	红灯闪	/	OK
	正极/控制极	60s	绿灯亮	/	OK
2#	正极/负极	60s	红灯闪	/	OK
	正极/控制极	60s	绿灯亮	/	OK

## 4-3-1-3 电源线弯曲试验

## 1 试验目的 Test Purpose

- (1) 考核电源线的强度和护套强度。 Check intensity of cord and intensity of anti-kink device
- (2) 考核机壳和电源线护套之间的配合是否合适 check the cooperate of housing and anti-kink device

## 2 参考标准 Reference Standard

EN50144 ; EN60335 ; UL745

## 3 适用范围 Product Application

所有电动工具 all electric power tools

## 4 试验装置及要求 Equipment and fix requirement

电缆弯曲试验台 cable bend test-table

## 5 试验方法 Test Method

(1) 在电源线上挂上重物,电源线的长度为 300MM 长,电源线左右偏摆各 45 度 Hang the heavy on cord , the length of the cord is 300mm,cord swing 45 angle on each side

(2) 电源线上挂的重物重量：1)工具重量小于 2KG，则重物的重量为 2KG；2)大于 2KG，但小于 6KG，则为工具本身的重量；3) 大于 6KG，则重物的重量为 6KG 。 the weight of mass as follow :if the weight of tool is less than 2Kg,then the mass is 2Kg ;if the tool is between 2Kg and 6Kg,then the mass is itself weight; if the tool more than 6Kg,then the heavy is 6Kg

(3) 欧洲产品(应用 EN50144 的)：弯曲试验 20000 次，每次经过 90 度，60 次/MIN，10000 次时导线转动 90 度。The cord of Europe tools(meet with EN50144) should pass 20000 times ,cover 90° every times, 60times/min, and turn 90° when 10000times is over

(4) 欧洲产品(应用 EN60335 的)，如充电器，热胶枪（对标称横截面积超过 0.75mm<sup>2</sup> 的软线为 10N，对其

他软线为 5N) 等扁线：弯曲试验 10000 次，每次经过 90 度，60 次/MIN，不用转动角度。The cord of Europe tools(meet with EN603354) should pass 10000 times，cover 90° every times, 60times/min, and need not turn cord.

(5) 美洲产品(应用 UL745 的)：弯曲试验 20000 次，每次经过 45 度，60 次/MIN，10000 次时导线转动 90 度。The cord of Europe tools(meet with UL745) should pass 20000 times，cover 45° every times, 60times/min, and turn 90° when 10000times is over.

(6) 做完上述弯曲后，要把压线板螺钉和导线端子松掉，导线不要从护套中取出，之后，拎着护套把机器在 1S 内匀速提起 0.5M 高。重复 10 次。After flexing above, loose the cord anchorage and the terminal, don't remove the conductors, then tool lifted by cord guard without jerk, over 0.5m in 1s.repeat 10times.

6、相关记录 Test Record

电源线扭转试验记录

表11 电源线弯曲测试

样品	SR 弯曲次数	SR 弯曲测试后拉伸次数	外观检查	电性检查	结果
1#	20000	10	OK	OK	OK
2#	20000	10	OK	OK	OK

4-3-1-4、电缆急拉测试

1 目的(purpose)

工具在实际正常使用中，可能会出现电源线急拉的情况。It is possible that the cord will be jerked during use

2 适用范围(product application)

XX 厂生产的各种电动。All electric power tools that produced by preapo

3 参考标准(reference standard)

无 no

4 试验条件/设备(test condition/equipment)

3M 高的挂钩 pothook which the high is 3M

5 试验步骤/要点(test process/outline)

把机器挂在挂钩上，高度为电源线的长度。Hitch the tool on pothook ,the high is the cord' length  
机器做自由落体运动。The tool drops by itself

6 判断标准(judgement standard)

工具应完成 1 次试验 tools should pass 1 time test

电源线不能被拉断 the cord can't snap

电源线不能被拉出 the cord can't be pulled out

7 相关记录(record)

急拉试验报告。Record the jerk test

试验注意事项(attention item)

样机做自由落体运动时注意不得靠近他人 the sample can't close to others when it drops by itself

表12 电源线急拉测试

样品	外观检查	电性检查	结果
1#	OK	OK	OK
2#	OK	OK	OK

4-3-1-5、电源线拉伸测试

1 目的(purpose)

- (1) 考核电源线的强度和护套强度。
- (2) 考核机壳和电源线护套之间的配合是否合适。

2 适用范围(product application)

所有电动工具

3 参考标准(reference standard)

EN60745, UL745, EN60335-2-77, UL1447

4 试验条件/设备(test condition/equipment)

电缆拉伸试验台, 拉力计

5 试验步骤/要点(test process/important point)

- (1) 在拉伸状态下, 在距压板 2cm 处作一记号
- (2) 在距电源线护套 25cm 处施加一拉力

欧洲产品: 持续 1s, 重复 100 次, 不许急拉;

美洲产品: 持续 1MIN, 重复 10 次。

230V 割草机产品: 拉力为 150N, 持续 1s, 重复 25 次, 不许急拉, 方向为最不利电源线的方向。

120V 割草机产品: 用 16Kg 的重物挂在电源线上, 方向为最不利于电源线拉伸的方向, 持续 1 分钟。

- (3) 在拉伸状态下, 测量所作记号到电缆护套的距离;

欧洲产品: 工具重量小于 1KG, 则重物的重量为 30N; 工具重量大于 1KG, 但小于 4KG, 则拉伸力为 60N; 工具重量大于 4KG, 拉伸力为 100N。

美洲产品: 拉力为工具重量的 3 倍, 但不低于 156N, 不高于 220N。

6 判断标准(judgement standard)

试验过程中, 电源线不能被破坏; 试验结束后, 电源线纵向位移不能超过 2mm; 在接线端子处芯线不能有大于 1MM 位移; 而且压板与接线端子之间的导线, 相对于实验前, 不得明显被张紧。

表13 电源线拉伸测试

样品	外观结构	电性检查	结果
1#	OK	OK	OK
2#	OK	OK	OK

4-3-1-6、跌落测试

1 目的 test purpose

检验工具在误跌时, 电气、机械、功能的可靠性。

2 适用范围 application range

手持式电动工具

3 参考标准 reference

EN60745、UL745、SEARS 要求

4 试验条件/设备 test condition/equipment

混凝土地面,

5 试验步骤/要点 test process

A 方案：常温 6 英尺跌落 3 次，不同位置；低温 4 英尺跌落 2 次，不同位置；(1 台机器跌落 5 次)。此方案一般针对 HPP 产品 (SEARS CRAFTSMAN PROFESSIONAL 档次)

B 方案：常温 6 英尺跌落 2 次，不同位置；低温 4 英尺跌落 1 次，不同位置；(1 台机器跌落 3 次)。此方案一般针对 MPP 产品 (SEARS CRAFTSMAN 档次)。

C 方案：常温 1m 跌落 3 次，不同位置。此方案一般针对 OPP 产品 (SEARS COMPANION 档次、安规要求)

要点：

- (1) 常温：20~25℃；低温：-31℃ 冷冻 24h 以上，并且从冰箱中取出后要立即进行实验
- (2) 实验前后测量空载参数及泄漏电流并做记录；
- (3) 每次跌落后要检查样机外观，并对损坏处进行拍照；实验结束后，要拆机检查内部损坏处，并拍照；
- (4) 跌落高度与申请人要求或实验大纲不同时，按照申请人要求或实验大纲要求；充电器只做常温 1.2m 跌落；电圆锯底板、电木铣底板、平板砂底板按照 1m 高度；按照 C 方案时，电圆锯动罩要参考安规跌落 2 次；
- (5) 大的变形、超过 1.6mm 的合缝、裂纹等都是不合格 (SEARS 要求)；
- (6) 此实验由工程师操作，客人无特殊要求的产品，跌落后产生的问题，可以根据以下原则进行判断是否可接受“C 方案必须保证功能和安全都 OK；A、B 方案必须保证安全 OK；机壳不水煮的要保证 C 方案通过，水煮的要按照相应档次要求”

表14 电源跌落测试

样品	跌落前			跌落后			结果
	跌落前外观	空载参数	泄漏电流	跌落后外观	空载参数	泄漏电流	
1#	OK	OK	1.82	OK	OK	1.83	OK
2#	OK	OK	1.78	OK	OK	1.8	OK

4-3-1-7、EMC测试(对230V产品)

表15 EMC测试

样品	测试电压	传导测试余量	结果
1#	0.9U <sub>o</sub>	2.8dB	OK
	1.1U <sub>o</sub>	3dB	OK

4-3-2 性能与结构

4-3-2-1、常温启动及中间状态测试 (观察：指示灯是否转换；指示灯亮度)

1 测试条件：

- 将充电器分别接 0.9U<sub>in</sub>、U<sub>in</sub>、1.1U<sub>in</sub> 和电参数仪，并观察记录空载功率。然后：a、先接电源后插电池包；
- b、先插电池包后接电源，观察充电器指示灯转换的同时是否有输出电流。

2 标准要求

- (1) 在 a、b 情况下各进行 50 次，指示灯只要有 1 次没有按照其说明变换即为失效。

(2) 充电器放置在工作台上,在 1.0~1.5m 距离和左右 45° 范围内观察指示灯,如果不能明显感觉到亮度即为失效。

(3) 电参数仪显示的功率没有变化或小于额定功率的 50%, 则为失效。

3 测试数据.

(1) 空载功率.

表16 空载功率测试

序号	输入	空载电流	空载功率
1	0.9U <sub>in</sub>	0.023	0.833
2	U <sub>in</sub>	0.024	0.849
3	1.1U <sub>in</sub>	0.027	0.917

(2) 指示灯状态--先插电源后接电池.

表16 指示灯状态测试

序号	输入	LED 灯的状态	输出电流	次数	灯的亮度	功率显示	结果
1	0.9U <sub>in</sub>	绿灯转红灯	3.04	50	OK	74.72	OK
2	U <sub>in</sub>	绿灯转红灯	3.04	50	OK	75.66	OK
3	1.1U <sub>in</sub>	绿灯转红灯	3.05	50	OK	75.88	OK

备注: U<sub>in</sub> 为额定的输入电压.

(3) 指示灯状态--先插电池后接电源.

表17 指示灯状态测试

序号	输入	LED 灯的状态	输出电流	次数	灯的亮度	功率显示	结果
1	0.9U <sub>in</sub>	绿灯转红灯	3.04	50	OK	74.88	OK
2	U <sub>in</sub>	绿灯转红灯	3.03	50	OK	75.67	OK
3	1.1U <sub>in</sub>	绿灯转红灯	3.05	50	OK	76.01	OK

备注: U<sub>in</sub> 为额定的输入电压.

(4) 测试的图形

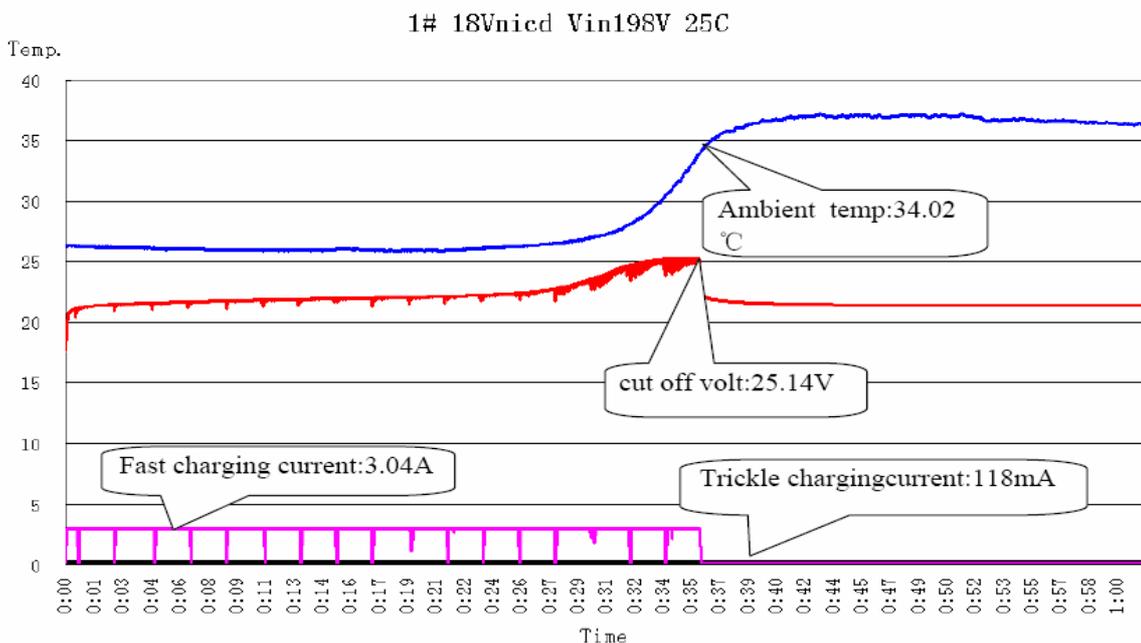


图 20 常温启动及中间状态波形图

4-3-2-2 常温连续充电测试

1 测试条件

充电器分别接  $0.9U_{in}$ 、 $U_{in}$ 、 $1.1U_{in}$ ，将空的电池包插入充电器后不切断电源放置 24 小时，观察充电器是否会反复充电。

2 标准要求

如果在不重新插拔插头的情况下，充电器的指示灯不能再次转换，或者要重复插拔电池包几次才能转换，都为失效。

3 测试数据.

(1) 充电状态.

表18 常温连续充电指示灯状态测试

序号	输入	LED 灯充电的状态	充电电流	涓流电流	结果
1	$0.9U_{in}$	红灯亮	3.06	103.2	OK
2	$U_{in}$	红灯亮	3.05	101.5	OK
3	$1.1U_{in}$	红灯亮	3.05	102.2	OK

备注： $U_{in}$  为额定的输入电压.

(2) 测试的图形

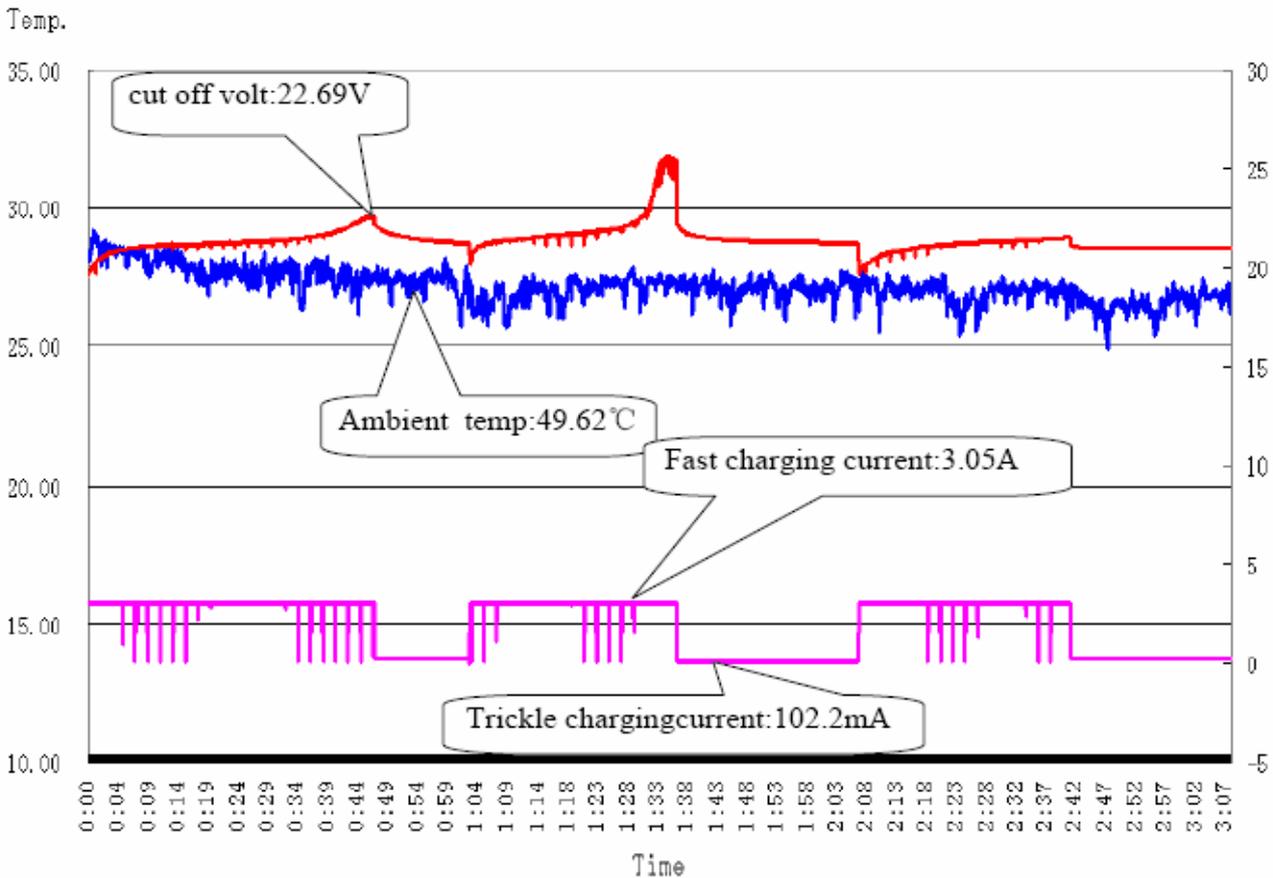


图 21 常温连续充电状态波形图

4-3-2-3、常温反复充电测试

1 测试条件：充电器分别接  $0.9U_{in}$ 、 $U_{in}$ 、 $1.1U_{in}$ ，将空的电池包插入充电器后不切断电源放置 24 小时，观察充电器是否会反复充电。

2 标准要求：自充电开始，在超过 2 小时之后，充电器指示灯还能转换并充电，则为失效。

3 测试数据.

(1) 空载功率.

表19 常温反复充电指示灯状态测试

序号	输入	LED 灯的充电状态	充电结束 LED 状态	充电时间	充电电流	结果
1	0.9U <sub>in</sub>	红灯亮	绿灯亮	24Hours	3.05	OK
2	U <sub>in</sub>	红灯亮	绿灯亮	24Hours	3.04	OK
3	1.1U <sub>in</sub>	红灯亮	绿灯亮	24Hours	3.03	OK

备注：U<sub>in</sub> 为额定的输入电压.

(2) 测试的图形.

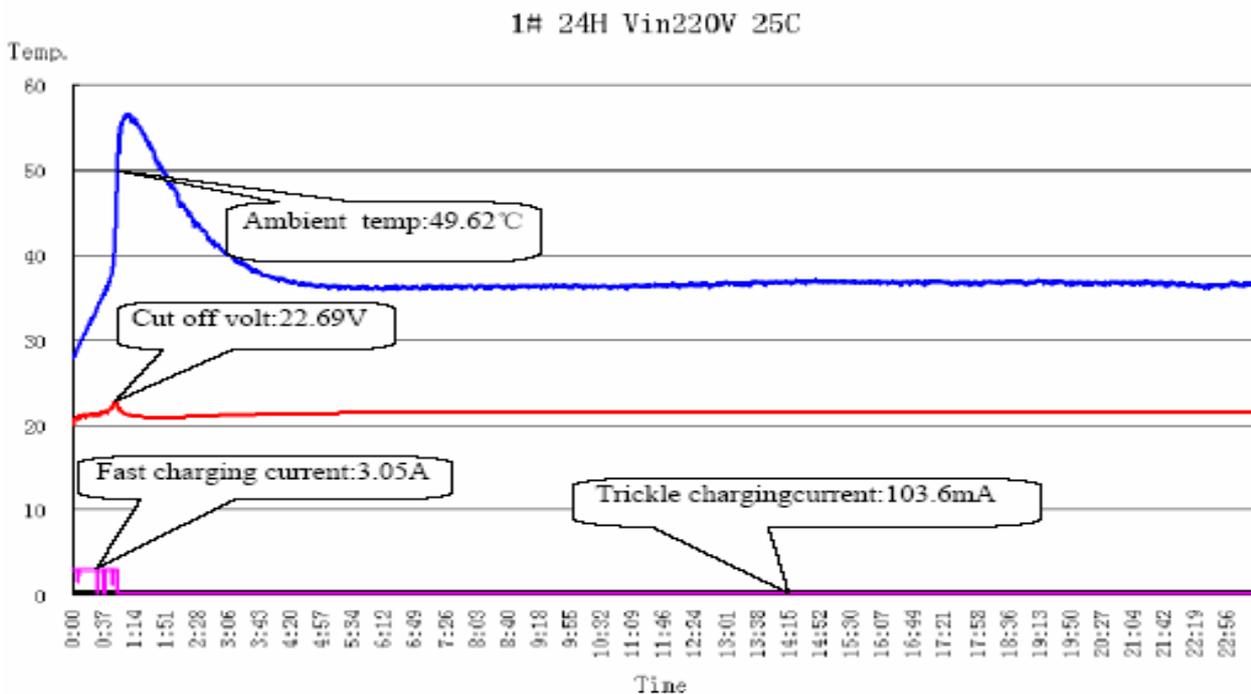


图 22 常温反复充电状态波形图

#### 4-3-2-4 充电效率测试

1 标准要求

- (1) 0.9U<sub>in</sub>：最后 1 次放电的容量和标称容量的比值要 85%。
- (2) U<sub>in</sub>：最后 1 次放电的容量和标称容量的比值要 90%。
- (3) 1.1U<sub>in</sub>：最后 1 次放电的容量和标称容量的比值要 90%。

2 实测结果

(1) 所用电池包容量 C=2000mAh

表 20 充电效率测试数据

测试电压	样机 1		样机 2	
	T <sub>c</sub> (min)	T <sub>D</sub> (min)	T <sub>c</sub> (min)	T <sub>D</sub> (min)
0.9U <sub>in</sub>	00:29	00:31	00:29	00:32
	00:34	00:37	00:31	00:30
	00:31	00:32	00:29	00:29
	00:32	00:32	00:32	00:31
	00:32	00:32	00:33	00:31

电源、电池设计系列

充电效率	93.3%		91.7%	
1.0U <sub>in</sub>	00:31	00:32	00:32	00:32
	00:32	00:29	00:32	00:32
	00:32	00:30	00:31	00:31
	00:29	00:31	00:32	00:33
	00:31	00:33	00:34	00:34
充电效率	91.0%		90.7%	
1.1U <sub>in0</sub>	00:32	00:32	00:31	00:31
	00:31	00:33	00:32	00:32
	00:34	00:32	00:33	00:33
	00:31	00:31	00:31	00:34
	00:32	00:30	00:32	00:32
充电效率	92.0%		91.6%	

备注：I-C----输出电流；T-C----充电时间；T-D----放电时间；U<sub>in</sub>----额定输入电压

(2) 所用电池包容量 C=3000mAh

表 21 充电效率测试数据

测试电压	样机 1		样机 2	
	T <sub>c</sub> (min)	T <sub>D</sub> (min)	T <sub>c</sub> (min)	T <sub>D</sub> (min)
0.9U <sub>in</sub>	00:41	00:42	00:41	00:41
	00:42	00:41	00:42	00:42
	00:40	00:43	00:43	00:41
	00:42	00:41	00:42	00:42
	00:41	00:42	00:44	00:43
充电效率	90.0%		91.7%	
1.0U <sub>in</sub>	00:42	00:41	00:41	00:42
	00:42	00:43	00:42	00:43
	00:43	00:42	00:44	00:41
	00:41	00:41	00:43	00:42
	00:42	00:43	00:42	00:44
充电效率	91.7%		93.3%	
1.1U <sub>in</sub>	00:42	00:41	00:41	00:42
	00:41	00:42	00:42	00:43
	00:43	00:41	00:43	00:42
	00:44	00:43	00:44	00:41
	00:41	00:42	00:41	00:45
充电效率	90.0%		93.0%	

备注：I-C----输出电流；T-C----充电时间；T-D----放电时间；U<sub>in</sub>----额定输入电压；放电电流按照 1C 放电的标准执行

4-3-2-5 充电器插拔实验

1 目的

考核充电器,机身内的接触簧片的抗疲劳及接触良好性。

2 适用范围

XX 工厂生产的各种直流枪钻和所带的充电器。

3 参考标准

无

4 试验条件/设备

电源、电参数充电试验控制台（包括稳压器）

5 试验内容/要点

(1) 充电器与电池包之间插拔

A. 将充电器放在试验台上，按额定电压插上电源，观察指示灯转换及电流变化并记录；

B. 把空电池包（温度等于室温 10-30 度）插入充电器内，到指示灯转换及电流变化并记录 1 次；将电池包从充电器上拔下，待指示灯转换后再重复插拔，共做 450 次（插+拔为 1 次）；不拔下电池包，再插拔插头 50 次（每次插入前要等指示等转换之后），观察指示灯转换及电流变化并记录 1 次。

将电源调到 0.94 倍额定电压，重复上述步骤（450+50）次；

将电源调到 1.06 倍额定电压，重复上述步骤（450+50）次。

一个大循环为 1500 次；接下来的按照上述顺序进行到失效或申请人要求。

(2) 电池包与机器之间的插拔

检查机器功能正常；机器应该是未做过插拔实验的机器；

将充满电的电池包插入机身，再拔下电池包。

重复操作，每 10 次，开机 1 次检查是否通电正常

要点：

插拔操作动作及力度用正常状态。

先插插头，再插电池包，指示灯不转换为失效，指示灯转换但电流无变化为失效。

先插电池包，再插插头，指示灯不转换为失效，指示灯转换但电流无变化为失效。。

插头不拔掉，电池包拔出充电器指示灯不转换为失效。

电池包插入机器后，开机不转即为失效。

插拔明显变的不顺畅时，为失效。

指示灯在 2m 远 45° 角度看不清楚是否亮为失效。

6 检查项目

记录 CHARGER 空载电流、电池包插上后电流、各状态下灯的转换状态

(1) 插拔操作动作及力度用正常状态。

(2) 先插插头，再插电池包，指示灯不转换为失效，指示灯转换但电流无变化为失效。

(3) 先插电池包，再插插头，指示灯不转换为失效，指示灯转换但电流无变化为失效。。

(4) 插头不拔掉，电池包拔出充电器指示灯不转换为失效。

(5) 电池包插入机器后，开机不转即为失效。

(6) 插拔明显变的不顺畅时，为失效。

(7) 指示灯在 2m 远 45° 角度看不清楚是否亮为失效

A. 电池插拔测试的结果.

表 22 电池插拔测试

序号	输入	电池插拔	空载输入电流	电池包接通后电流	灯的转换状态	结果
1	0.94U <sub>in</sub>	450 次	0.024	3.05	绿灯转红灯	OK
2	U <sub>in</sub>	450 次	0.025	3.04	绿灯转红灯	OK
3	1.06U <sub>in</sub>	450 次	0.027	3.06	绿灯转红灯	OK

B. AC 线插拔测试的结果.

表 23 AC 线插拔测试

序号	输入	AC 线插拔	空载输入电流	电池包接通后电流	灯的转换状态	结果
1	0.94U <sub>in</sub>	50 次	0.024	3.05	绿灯转红灯	OK
2	U <sub>in</sub>	50 次	0.025	3.04	绿灯转红灯	OK
3	1.06U <sub>in</sub>	50 次	0.027	3.06	绿灯转红灯	OK

C .测试图片



图 23 插拔实验实测图

4-3-2-6 抗外力干扰测试与电池包适配测试

1 测试条件：电池包充电过程中，用手左右晃动电池包 5 次；用约 5Kg 的力压充电器未支撑的部位 5 次；以约 5 次/S 的速度快速插拔电池包 10 次。

2 标准要求：不得出现指示灯闪烁、不充电或其它引起安全问题的失效现象发生。

3 抗外力干扰.

测试结果.

表 24 抗外力干扰测试

序号	项目	结果
1	电池包充电过程中，用手左右晃动电池包 5 次.	OK
2	用约 5kg 的力压充电器未支撑的部位 5 次.	OK
3	以约 5 次/S 的速度快速插拔电池包 10 次.	OK

4 与电池包适配测试测试结果.

用推拉力计沿充电器插口方向将电池包推入至触发充电，然后将电池包拉出。

表 25 与电池包适配测试测试

序号	电池包推入测试<=20N	电池包拉出测试<=20N	结果
1	8	10	OK
2	8	10	OK

4-3-2-7 低温启动及中间状态测试

1 测试要求：

先将充电器在 0 下放置 3 小时，然后在此环境下重复以下要求测试：

将充电器分别接 0.9U<sub>in</sub>、U<sub>in</sub>、1.1U<sub>in</sub> 和电参数仪，并观察记录空载功率。然后：A 先接电源后插电池包；

B 先插电池包后接电源，观察充电器指示灯转换的同时是否有输出电流。

2 标准要求：

(1) 在 A、B 情况下各进行 50 次，指示灯只要有 1 次没有按照其说明变换即为失效。

(2) 充电器放置在工作台上,在 1.0~1.5m 距离和左右 45° 范围内观察指示灯，如果不能明显感觉到亮度即为失效。

(3) 电参数仪显示的功率没有变化或小于额定功率的 50%，则为失效。

3 测试数据.

(1) 空载功率.

表 26 低温启动及中间状态空载功率

序号	输入	空载电流	空载功率
1	0.9U <sub>in</sub>	0.025	1.84
2	U <sub>in</sub>	0.027	2.05
3	1.1U <sub>in</sub>	0.028	2.43

(2) 指示灯状态--先插电源后接电池.

表 27 低温启动及中间状态指示灯状态--先插电源后接电池

序号	输入	LED 灯的状态	输出电流	次数	灯的亮度	功率显示	结果
1	0.9U <sub>in</sub>	红灯亮	3.08	50	OK	79.25	OK
2	U <sub>in</sub>	红灯亮	3.04	50	OK	79.74	OK
3	1.1U <sub>in</sub>	红灯亮	3.05	50	OK	79.81	OK

备注：U<sub>in</sub> 为额定的输入电压。

(3) 指示灯状态--先插电池后接电源.

表 28 低温启动及中间状态指示灯状态--先插电池后接电源

序号	输入	LED 灯的状态	输出电流	次数	灯的亮度	功率显示	结果
1	0.9U <sub>in</sub>	红灯亮	3.06	50	OK	79.57	OK
2	U <sub>in</sub>	红灯亮	3.04	50	OK	79.93	OK
3	1.1U <sub>in</sub>	红灯亮	3.03	50	OK	79.86	OK

(4) 测试的图形.

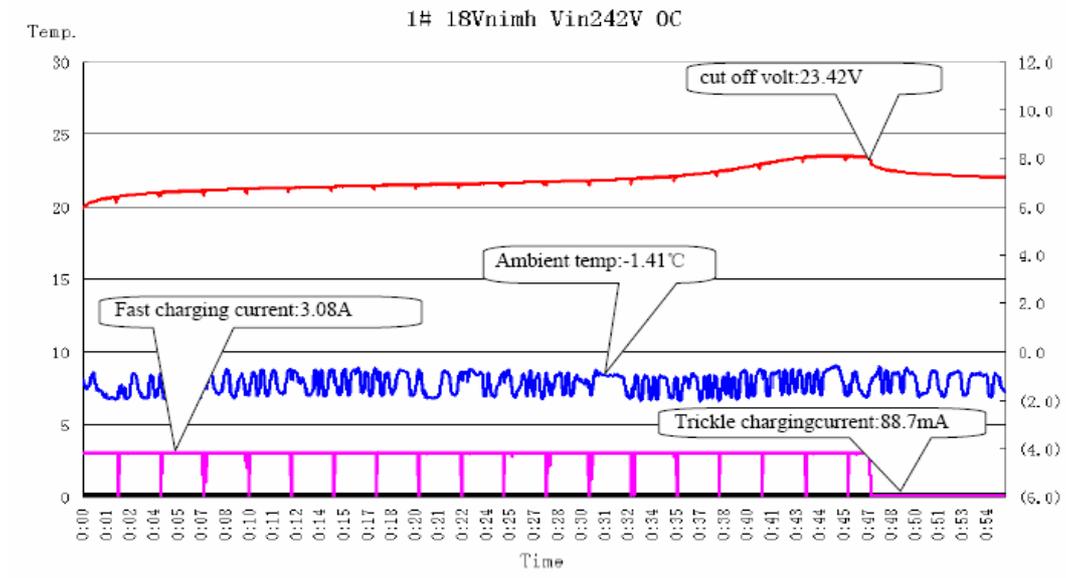


图 24 低温启动及中间状态波形图

4-3-2-8 低温连续充电测试

1 测试要求：

先将充电器在 0 下放置 3 小时，然后在此环境下重复以下要求测试

充电器分别接 0.9U<sub>in</sub>、U<sub>in</sub>、1.1U<sub>in</sub>，充完 1 个电池包后立即插入另 1 个空的电池包，观察在不重新插拔充电器插头的情况下，是否可以连续充电。

2 标准要求

如果在不重新插拔插头的情况下，充电器的指示灯不能再次转换，或者要重复插拔电池包几次才能转换，都为失效。

3 测试数据

(1) 充电状态.

表 29 低温连续充电状态测试

序号	输入	LED 灯的充电状态	充电电流	涓流电流	结果
1	0.9U <sub>in</sub>	红灯亮	3.04	81.3	OK
2	U <sub>in</sub>	红灯亮	3.04	82.8	OK
3	1.1U <sub>in</sub>	红灯亮	3.04	87.7	OK

备注：U<sub>in</sub> 为额定的输入电压.

(2) 测试的图形.

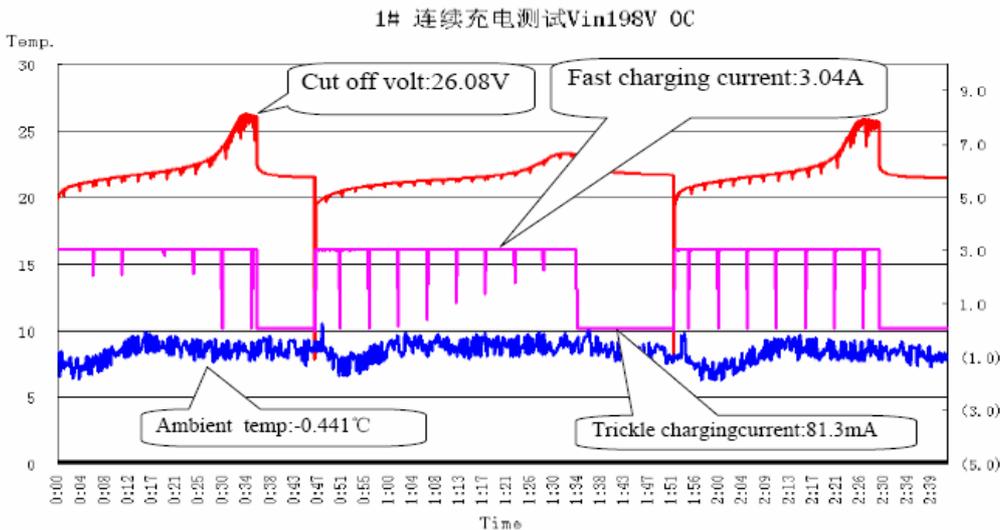


图 25 低温连续充电状态波形图

4-3-2-9 低温反复充电测试

1 测试要求：

先将充电器在 0 下放置 3 小时，然后在此环境下重复以下要求测试

充电器分别接 0.9U<sub>in</sub>、U<sub>in</sub>、1.1U<sub>in</sub>，将空的电池包插入充电器后不切断电源放置 24 小时，观察充电器是否会反复充电。

2 标准要求：

自充电开始，在超过 2 小时之后，充电器指示灯还能转换并充电，则为失效。

3 测试数据.

(1) 空载功率.

表 30 低温反复充电状态测试

序号	输入	LED 灯的充电状态	充电结束 LED 状态	充电时间	充电电流	结果
1	0.9Uin	红灯亮	绿灯亮	24Hours	3.04	OK
2	Uin	红灯亮	绿灯亮	24Hours	3.03	
3	1.1Uin	红灯亮	绿灯亮	24Hours	3.05	OK

备注：Uin 为额定的输入电压。

(2). 测试的图形.

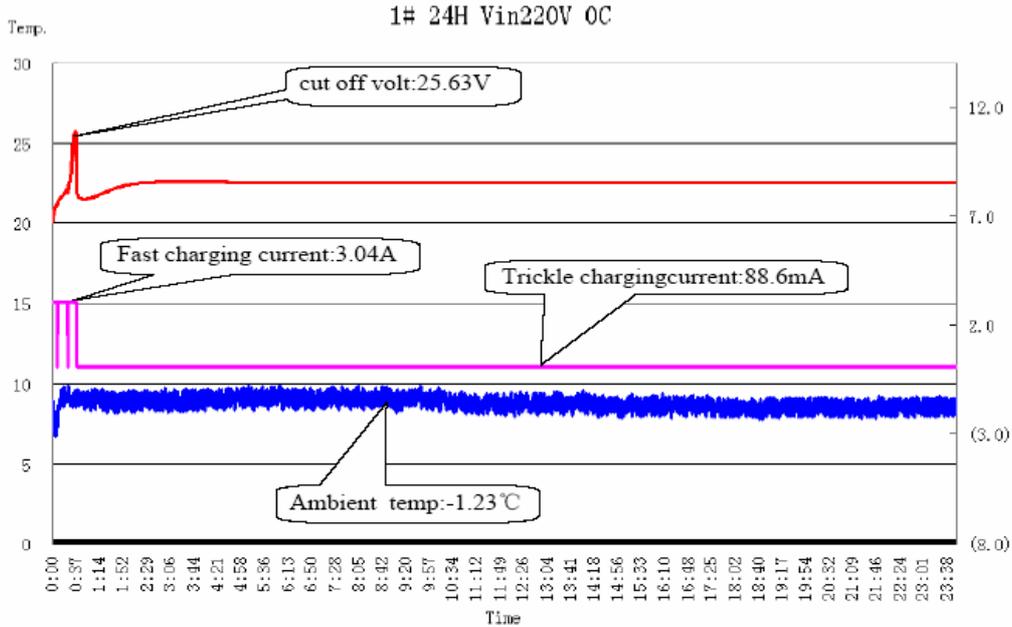


图 26 低温反复充电状态波形图

4-3-2-10 高温启动及中间状态测试

1 测试要求：

先将充电器在 40 °C 下放置 3 小时，然后在此环境下重复以下测试

将充电器分别接 0.9Uin、Uin、1.1Uin 和电参数仪，并观察记录空载功率。然后：A 先接电源后插电池包；B 先插电池包后接电源，观察充电器指示灯转换的同时是否有输出电流。

2 标准要求：

(1) 在 A、B 情况下各进行 50 次，指示灯只要有 1 次没有按照其说明变换即为失效。

(2) 充电器放置在工作台上，在 1.0~1.5m 距离和左右 45° 范围内观察指示灯，如果不能明显感觉到亮度即为失效。

(3) 电参数仪显示的功率没有变化或小于额定功率的 50%，则为失效。

3 测试数据.

(1) 空载功率.

表 31 高温启动及中间状态空载功率

序号	输入	空载电流	空载功率
1	0.9Uin	0.026	1.72
2	Uin	0.027	2.19
3	1.1Uin	0.029	2.43

(2) 指示灯状态--先插电源后接电池.

表 32 高温启动及中间状态指示灯状态--先插电源后接电池

序号	输入	LED 灯充电的状态	输出电流	次数	灯的亮度	功率显示	结果
1	0.9Uin	红灯亮	3.04	50	OK	77.97	OK
2	Uin	红灯亮	3.05	50	OK	77.07	OK
3	1.1Uin	红灯亮	3.04	50	OK	77.11	OK

备注：Uin 为额定的输入电压。

(3) 指示灯状态--先插电池后接电源。

表 33 高温启动及中间状态指示灯状态--先插电池后接电源

序号	输入	LED 灯充电的状态	输出电流	次数	灯的亮度	功率显示	结果
1	0.9Uin	红灯亮	3.04	50	OK	78.01	OK
2	Uin	红灯亮	3.04	50	OK	78.25	OK
3	1.1Uin	红灯亮	3.04	50	OK	78.34	OK

(4) 测试的图形。

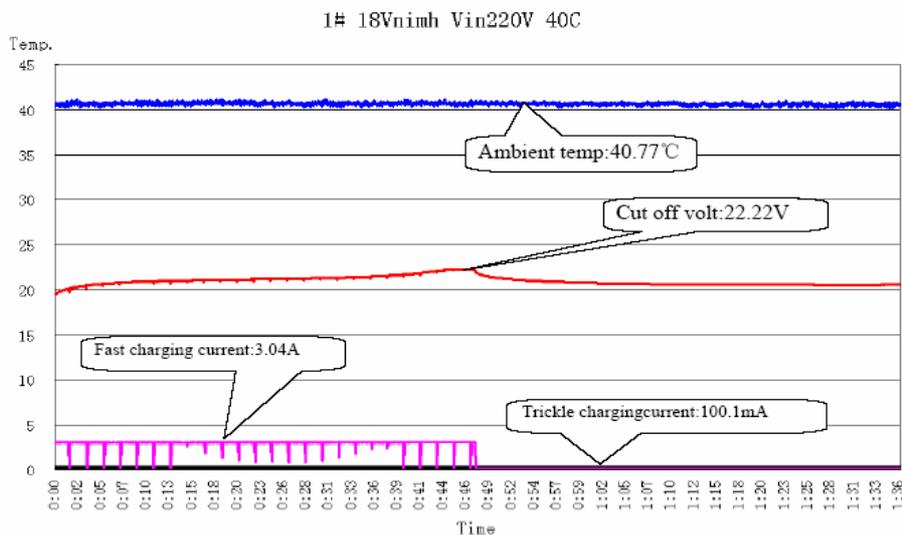


图 27 高温启动及中间状态波形图

#### 4-3-2-11 高温连续充电测试

1 测试要求：

先将充电器在 40℃ 下放置 3 小时，然后在此环境下重复以下要求测试

充电器分别接 0.9Uin、Uin、1.1Uin，充完 1 个电池包后立即插入另 1 个空的电池包，观察在不重新插拔充电器插头的情况下，是否可以连续充电。

2 标准要求

如果不重新插拔插头的情况下，充电器的指示灯不能再次转换，或者要重复插拔电池包几次才能转换，都为失效。

3 测试数据

(1) . 充电状态

表 34 高温连续充电测试

序号	输入	LED 灯充电的状态	充电电流	涓流电流	结果
1	0.9Uin	红灯亮	3.04	93.1	OK
2	Uin	红灯亮	3.04	91.2	OK
3	1.1Uin	红灯亮	3.04	90.7	OK

(2) 测试的图形.

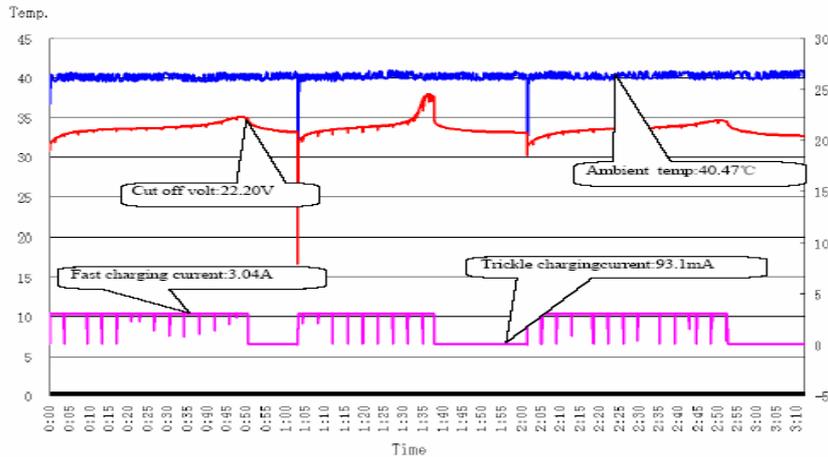


图 28 高温连续充电波形图

4-3-2-12 高温反复充电测试

1 测试要求：

先将充电器在 40 下放置 3 小时，然后在此环境下重复以下要求测试

充电器分别接 0.9U<sub>in</sub>、U<sub>in</sub>、1.1U<sub>in</sub>，将空的电池包插入充电器后不切断电源放置 24 小时，观察充电器是否会反复充电。

2 标准要求：

自充电开始，在超过 2 小时之后，充电器指示灯还能转换并充电，则为失效。

3 测试数据.

(1) 空载功率.

表 35 高温反复充电状态测试

序号	输入	LED 灯的充电状态	充电结束 LED 状态	充电时间	充电电流	结果
1	0.9U <sub>in</sub>	红灯亮	绿灯亮	24Hours	3.04	OK
2	U <sub>in</sub>	红灯亮	绿灯亮	24Hours	3.05	OK
3	1.1U <sub>in</sub>	红灯亮	绿灯亮	24Hours	3.04	OK

(2) .测试的图形.

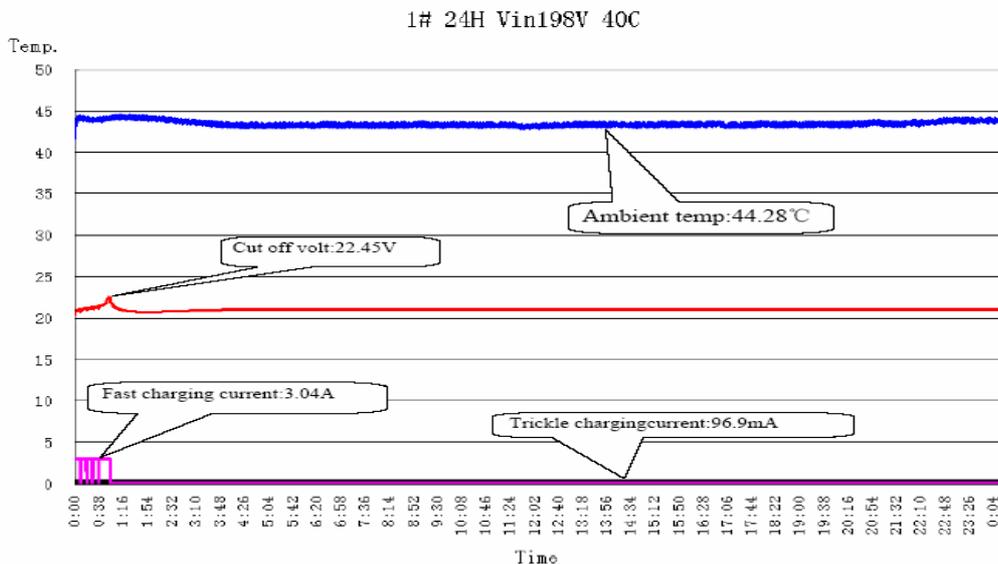


图 29 高温反复充电波形图

4-3-2-12 高温高湿测试

1 测试要求：

77 、80%的温箱内 24h

2 标准要求：

不得出现功能和结构问题

3 测试数据.

表 36 高温高湿测试

序号	测试条件	测试时间	结构	通电功能	高压测试	结果
1	77 、80%	24H	OK	OK	OK	OK
2	77 、80%	24H	OK	OK	OK	OK

4 测试图形.



图 30 高温高湿测试图

4-4 功能测试

4-4-1 基本参数

表 37 基本参数测试数据

样品	输入电压 (V)	空载输入 (mA)	空载功率 (W)	空载输出电压 (V)	输出电流 (A)	负载输入 (mA)	负载功率 (W)
1#	198	0.025	0.833	7.89	3.04	729	74.72
2#	198	0.024	0.838	7.91	3.05	731	74.81

样品	输入电压 (V)	空载输入 (mA)	空载功率 (W)	空载输出电压 (V)	输出电流 (A)	负载输入 (mA)	负载功率 (W)
1#	220	0.023	0.849	7.96	3.04	686	75.66
2#	220	0.024	0.856	7.97	3.06	689	76.01

样品	输入电压 (V)	空载输入 (mA)	空载功率 (W)	空载输出电压 (V)	输出电流 (A)	负载输入 (mA)	负载功率 (W)
1#	230	0.023	0.917	7.93	3.07	641	75.88
2#	230	0.025	0.921	7.95	3.05	652	76.18

样品	输入电压 (V)	空载输入 (mA)	空载功率 (W)	空载输出电压 (V)	输出电流 (A)	负载输入 (mA)	负载功率 (W)
1#	240	0.025	0.919	7.94	3.04	616	76.14
2#	240	0.024	0.925	7.96	3.05	621	76.21

样品	输入电压 (V)	空载输入 (mA)	空载功率 (W)	空载输出电压 (V)	输出电流 (A)	负载输入 (mA)	负载功率 (W)
1#	253	0.023	1.030	7.91	3.03	628	79.47
2#	253	0.025	1.050	7.92	3.04	625	80.01

4-4-2 指示灯亮度工作方式和涓流充电方式测试

- 1 测试条件：接 1.1U<sub>in</sub> 连续对 50pcs 电池包充电后，在 1.0~1.5m 距离和左右 45° 范围观察指示灯的亮度是否有变化。
- 2 标准要求：如果指示灯亮度在实验结束时明显变暗，则为失效。

表 38 指示灯亮度工作方式和涓流充电方式规格

Item	Condition 条件	Specifications 规格	LED State	
			Red	Green
1	Low bat. Temp. 0 (Before fast charging)	150mA(AVE)	OFF	FLSAH
2	High bat. Temp. 50 (Before fast charging)	150mA(AVE)	OFF	FLSAH
3	Bat.full charged	150mA(AVE)	OFF	ON
4	Bat.Temp. 60 (Ni-MH) /50 (Ni-Cd) (During fast charging)	150mA(AVE)	OFF	ON
5	Battery deep discharge	150mA(AVE) (Charging time below 30min and P/P<8.2Vdc)	ON	OFF
		150mA(AVE) (Charging time exceeds 30min and P/P<8.2Vdc)	FLASH	OFF

3 实测结果

表 39 指示灯显示/涓流输出电流测试数据

样品	接通电源		充电过程		充电结束		插入电池温度 0	
	指示灯	输出电流	指示灯	输出电流	指示灯	输出电流	指示灯	输出电流
1#	绿灯亮	0	红灯亮	3.04A	绿灯亮	100.2mA	绿灯闪	100mA
2#	绿灯亮	0	红灯亮	3.04A	绿灯亮	100.1mA	绿灯闪	101mA

插入电池温度 50		插入电池温度 60		电池电压 < 8.2V 充电时间 30min		电池电压 < 8.2V 充电时间 > 30min	
指示灯	输出电流	指示灯	输出电流	指示灯	输出电流	指示灯	输出电流
绿灯闪	99mA	绿灯闪	100mA	红灯亮	100.1mA	红灯闪	100.2mA
绿灯闪	100mA	绿灯闪	101mA	红灯亮	101.2mA	红灯闪	101.3mA

4-4-3 快充终止方式

表 40 快充终止方式测试数据

Item	Termination Method	Type of battery	Requereement	LED State		测试结果	判定
				Red	Green		
1	- V	Ni-MH/Ni-Cd Batt.	10~30mV/cell	OFF	ON	11mV	OK
2	DT/dt	Ni-MH/Ni-Cd Batt.	1.0~3.0 /min	OFF	ON	2.89	OK
3	Temperature Max	Ni-MH Batt.	60	OFF	ON	Green ON	OK
		Ni-Cd Batt.	50+2			Green ON	
4	Overall charging time Out	Ni-MH/Ni-Cd batt.	75 ± 3mins	OFF	ON	74mins	OK

## 4-4-4 过压保护

表 40 过压保护测试数据

样品	输入电压(V)	电池包电压(V)	指示灯	输出电流(mA)	负载输入(mA)	负载功率(W)
1#	230	34.3	红灯亮	0.0	43.20	2.79
	230	38.7	红灯亮	0.0	39.00	2.78
2#	230	34.3	红灯亮	0.0	43.00	2.76
	230	38.7	红灯亮	0.0	38.00	2.75

## 5 结束语

本智能充电器设计开发验证过程中，主要侧重点是保证充电器对 Ni-cd、Ni-MH 电池有效地防止在快充情况下的过充现象精确控制，设计中元器件的选型也都是围绕着这个重点来完成的。经过各项基本性能都作过严谨的实验认证。由电源变压器、整流电路、滤波电路、电池控制电路及稳压电路等构成 AC/DC 变换电路，在 NCP1207 +S3F9454 的配合控制下可实现很高的控制精度。对 Ni-cd、Ni-MH 电池来说，可检测到很高精度的 - V 值，经测试评价，充电保护措施可靠，充电状态准确，充电效率可以达到 90% 以上。

## 参考文献

- 1 王鸿麟. 智能快速充电器设计与制作[M]. 北京: 科学出版社, 1998
- 2 沙占友. 新型单片开关电源的设计与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001
- 3 <http://onsemi.com> 安森美半导体公司
- 4 <http://www.samsung.com> 韩国三星公司
- 5 张巧芝 一种新型镉镍电池快充技术[J] 长沙 电池, 1999 (6)
- 6 <Swiching Power Supply Design> Abraham I.Pressman Second Edition McGraw-Hill 1998

深圳

联系: QQ 459160468 电话: 013428934001