

VRLA 蓄电池变电流间歇快速充电方法

陈体銜 甄春花

厦门大学化学系 (福建厦门 361005)

摘要 VRLA 蓄电池充电分为两段: 先控电流, 后控电压。对于完全放电态电池 (6-FM-4.0), 采用恒电流充电使电池达到 85% 荷电态, 最佳充电电流是 0.1C, 充电时间需要 9h。采用变电流间歇充电, 充电时间不足 3h, 可达到 92% 以上荷电态。最后采用相同的控电压充电使电池恢复至完全充电态, 前者需要 9h, 后者只需 6h。本文已给出变电流间歇充电器的原理电路。

关键词 VRLA 蓄电池 充电

A rapid intermittent charge method with variable current for VRLA battery

Chen Tixian and Zhen Chunhua

Department of Chemistry, Xiamen University (Xiamen, Fujian 361005)

Abstract There are two charging stages: the first one is a charging current control, and the second is charging voltage control. A fully discharged battery (3-FM-4) can be charged up to 85% SOC (state of charge) at the current rate of 0.1C for 9 hours. If the intermittent charge method with variable current is used for the same condition, the battery can be charged to 92% SOC for less than 3 hours. After the first stage both are charged under the same charging condition of the constant voltage to reach a full charge state. As for the charging duration of the constant voltage, the former needs 9 hours while the latter just 6 hours. The principle circuits of the intermittent charger with variable current have been shown in this paper.

Keywords VRLA battery, charge

1 引言

加速充电过程是阀控式密封铅酸 (VRLA) 蓄电池的重要研究课题。在可持续发展战略策动下, 电动车作为城市交通工具已愈加逼近。它近期首选电池仍是 VRLA 蓄电池, 在价格便宜和性能安全可靠上几乎是其他系列电池无法比拟的。由此不仅了解加速充电研究的重要性, 还要看到它对减少配套电池只数和扩大应用领域等方面, 同样具有重要意义。

加速充电过程研究有两方面工作: 提高电池自身的大电流充电接受能力和改进已有的充电方法。快速充电含义, 特别强调极短时间的部分充电,

5min 充电将完全放电态电池恢复至 50% 荷电态^[1]。不言而喻, 期望达到这指标必须在上述两方面工作上有所突破, 只从某一方面研究是难以达到的。因此, 本文工作仅仅是初步研究阶段成果, 距离目标还远。

关于变电流间歇充电方法已发表在文献[2]中, 这里继续公布某些研究结果, 进一步说明变电流间歇充电的必要性; 将常规的恒电流/定电压充电和这里提出的变电流间歇/定电压充电进行比较; 并给出变电流间歇充电器的原理电路。

2 变电流间歇充电的必要性

众所周知, 铅酸蓄电池的电极反应速度扩散控

制,采用间歇充电可以加大充电电流,削弱扩散过程影响,达到加速充电过程的目的。那么,经过间歇后继续采用相同充电电流是否可以充进电量?有人认为适度放电可以提高电池充电率,果真如此?这里用一模拟电池进行试验,试验结果回答了上述问题。模拟电池规格是 2V82mAh,它的结构见另文^[3]。

表 1 是不同恒电流值的间歇充电结果。取完全放电态电池,按指定电流值进行恒流充电,当充电电压达到 2.50V 时停充 15min,然后继续用相同电流值充电,依此做三次,分别记录三次充电电量。结果表明二充和三充贡献甚微,间歇后继续采用相同充电电流是充不进电量的。表 2 是不同首充电流值的变电流间歇充电结果。每次间歇后不是采用相同电流值充电,而是将上次充电电流值减半后继续充电。试验结果表明,采用减小充电电流值的变电流方式还可继续充进可观电量,适应了荷电量增加引起电池充电接受能力下降的影响。比较表 1 和表 2 的总充电量结果,变电流间歇充电比恒电流间歇充电增加了 40%~50%。

表 1 恒电流间歇充电结果 单位 mAh

充电电流	一充电量	二充电量	三充电量	总充电量
0.4C	58.0	0.3	0.1	58.4
0.7C	52.6	0.3	0.2	53.1
1.0C	46.5	0.5	0.3	47.3

表 2 变电流间歇充电结果 单位 mAh

首充电流	一充电量	二充电量	三充电量	总充电量
0.4C	59.0	11.5	9.8	80.3
0.7C	50.7	13.4	11.5	75.6
1.0C	44.7	15.9	11.8	72.4

表 3 给出不同放电深度的恒电流充放方式的充电结果。取完全放电态电池,按 0.1C 电流值进行恒流充电至充电电压为 2.50V 时,用 0.1C 电流值按指定放电深度进行放电,然后用相同电流值进行二次充电。二充电量扣除上次放电电量为二次净充电量。试验结果表明,二次净充电量为负值,放电不仅无益,而且有害。表 4 是变电流充放方式的充电结果。将充电电流减半进行二次充电,获得可观的二次净充电量。不过,它仍然低于表 2 的变电流间歇充电结果,而且充电时间大大延长。因此,放

电是不会提高充电效率的,而且有害。

表 3 恒电流充放方式的充电结果 单位 mAh

放电深度	一充电量	放电电量	二充电量	净充电量
0.7	52.3	36.46	31.6	-5.0
0.5	53.2	26.6	23.4	-3.2
0.3	52.1	15.6	12.4	-3.2

表 4 变电流充放方式的充电结果 单位 mAh

放电深度	一充电量	放电电量	二充电量	净充电量
0.7	50.2	35.2	45.8	10.6
0.5	51.4	25.7	35.6	9.9
0.3	53.6	16.1	25.6	9.5

3 恒电流/定电压充电和变电流间歇/定电压充电的比较

取 VRLA 蓄电池 3-FM-4.0 产品作试验电池,经数次充放电后,确定其 10 小时率实际放电容量。将它完全放电后,按常规恒电流/定电压方法充电,试验结果见图 1 中虚线。用 0.4A 电流充电,当充电电压达到 7.50V 时改为定电压充电,此时充电电流明显下降,定电压充电一直持续至充电电流连续 3h 无明显变化为止。恒电流充电段约 9h,定电压充电段 9h 以上,电池恢复至完全充电态。如果恒电流充电至充电电压为 7.50V 时停止充电,并检测电池相应的放电容量,其值约为完全充电态电池放电容量 85%。

取相同试验电池,将它完全放电后,按变电流间歇/定电压方法充电。首充电流为 3A,充电电压达到 7.50V 时停止充电 5min,然后改用 1.5A 电流充电,充电电压再次达到 7.50V 时又一次停止充电 5min。依此类推,连续分别改用 0.8A 和 0.4A 电流间歇充电。当用 0.4A 电流充电至充电电压达到 7.50V 时,不再停止充电,而是结束变电流间歇充电过程,立刻改为定电压(7.50V)充电,一直持续至充电电流无明显变化为止。试验结果见图 1 中实线。变电流间歇充电段不足 3h,定电压充电段约 6h。如果充电过程控制在变电流间歇充电段,并且检测电池相应的放电容量,其值约为完全充电态电池放电容量 92% 以上。将它与常规恒电流/定电压充电方法比较,变电流间歇充电时间只是恒电流充电时间 30%,也缩短了定电压充电时间(由于变电流间歇充电方法能充进更多电量)。

4 充电器电路

变电流间歇/定电压充电方法是从首充电流

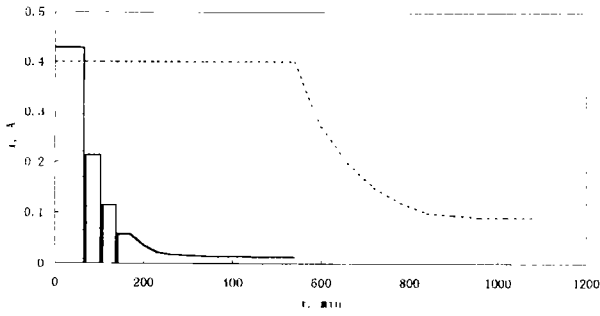


图1 在控电流/定电压充电期间充电电流与时间关系
 实线: 变电流间歇/定电压充电, 电流座标值 $\times 7$
 虚线: 恒电流/定电压充电, 电流座标值 $\times 1$
 Fig. 1 The relationship between charge current and time in the charge duration at control current/fixd voltage method
 solid line: interruption with variable current/fixd voltage, the values of current axis $\times 7$;
 dotted line: constant current/fixd voltage, the values of current axis $\times 1$

0.8C 开始充电, 当充电电压达到指定值时停止充电 5min。将充电电流减半后再次进行充电, 共变化四次充电电流, 最后一次充电电流为 0.1C。最后一次充电电压达到指定值时, 立刻改为定电压充电。定电压充电将一直长时间保持着, 只有用户通过拨动开关才能终止充电过程, 充电器复位。再次启动充电器仍从首充电流开始充电。

首充电流, 变电流方式和停充时间的确定, 见前文^[2]。对于 VRLA 蓄电池, 充电电压一般控制在 2.44~2.50V/cell 范围内, 备用电池选择低端区, 循环用电池选择高端区。

图2是充电电路, 图3是逻辑控制电路。适当连接这两个电路, 可以自动实现上述充电过程。这里给出是原理电路, 不考虑与具体电池规格相关的驱动电路和充电电压转换电路。

图2充电电路和图3逻辑控制电路的开关 k1 是同步开关, 置 0 时电路处复位状态: 电池断开; k2 和 k3 置 0; k4, k5, k6 均置 1。当手动开关 k1 置 1 时, 接通电池, 开始充电。

图2充电电路是由直流稳压电源电路组成, 电池串联在稳压电路输入端时, 电池处恒电流充电。充电电流大小, 由 k4, k5, k6 控制为最大、次大、次小、最小等四种电流值。电池并联在稳压电路输出端时, 电池处恒电压充电。k3 为恒流/恒压充电转换开关, 置 0 恒电流, 置 1 恒电压。k2 是延时

开关, 置 0 充电, 置 1 停止充电, 5min 后自动恢复置 0 又开始充电。除手动开关 k1 外, 所有开关受图 3 逻辑电路相应输出端控制, 按变电流间歇/定电压充电程序进行动作。

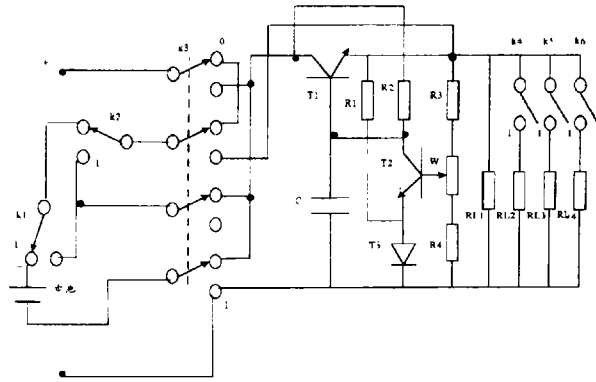


图2 充电电路

Fig. 2 The circuit of charge

图3逻辑控制电路由 3 只施密特触发器和 4 只 D 主从触发器组成。K1 置 0, D 主从触发器直接复位端 R 有效, 输出端 Q 置 0, 互补输出端置 1, 完成电路复位要求。一旦 K1 置 1, 接通电池, 从最大充电电流值开始充电。

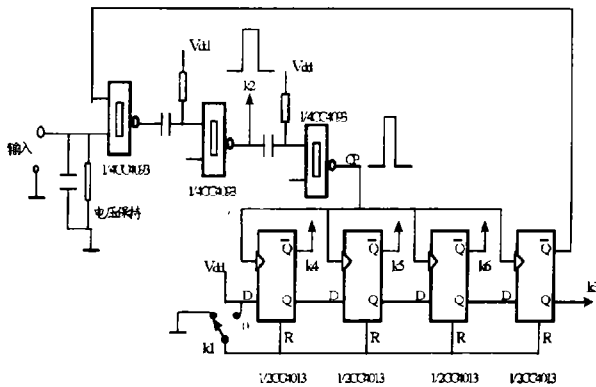


图3 逻辑控制电路

Fig. 3 Logic-control circuit

充电时, 电池充电电压逐渐上升。当充电电压达到规定值时, 第一只施密特触发器翻转, 从高电平跃变为低电平。这跃变下沿触发第二只施密特单稳触发电路, 产生正脉冲信号, 驱动延迟开关 K2 动作, 断开电池, 停止充电 5min 后自动复位, 恢复电池充电。在停止充电期间完成变电流动作, 按已变电流值恢复充电。这第二只施密特单稳触发电路的正脉冲信号触发第三只施密特单稳触发电路, 产生正脉冲信号作为 D 主从触发 (下转第 42 页)

国, 电池厂接受 Hardigg 的焊接壳也是有一个过程的。公司总裁 Mr. James Hardigg 详细地向我们介绍了美国工业电池(包括: 叉车电池、固定型电池、固定型阀控密封式电池等)壳体的沿革历史:

1976 年该公司按其专利技术独家生产共聚聚丙烯半体焊接壳(采用注塑模); 1980 年这种半体焊接壳几乎全部取代聚乙烯整体壳; 80 年代中期开发出适合于共聚聚丙烯壳体的低温热封机, 目前美国所有电池公司均采用该公司生产的这种热封机。这种设备采用低温热封法(170~180℃), 可使热封的接缝部分仍能保持高分子材料原有的结构和强度。美国原来自行生产整体电池壳的电池公司已停止生产整体壳, 纷纷采用该公司的半体焊接壳, 其销售量占美国工业电池壳总销量的 95%, 产量达 5 千万以上。

此外, Hardigg 公司特殊配方的塑料焊接壳还具有以下特点:

(1) 采用 PP(聚丙烯)和 PE(聚乙烯)的特殊配方, 兼有 PP(耐高温)PE(低温性能好, 注塑加工中无氧化之虞)的双重优点, 其焊接性、耐酸性和防气体穿透性均优。

(2) 由于采用半只一半只注塑, 故无需脱模斜度, 焊成的壳体内腔尺寸上下完全相同, 对电池结构带来很大好处, 能保持极群压力上下均匀一致, 有利于电池整体性能的改善和提高, 尤其对于 50cm 以上的高型大密电池更具优越性。

(3) 以 PP 为主的壳体由于材料价格低廉, 模具投资小, 所以售价便宜; 以 2V 1000Ah 壳子为例, 在美国 ABS 每公斤原料为 2.02 美元, 用料 1.82kg 计 3.7 美元, 而以 PP 为主的塑料每公斤 1.10 美元, 用料 1.25kg (因为用 PP 加工的壳子,

其壁可以薄些, 故而用料更少)合 1.38 美元, 故 ABS 电池壳子价格比 PP 的高一倍以上, 国内差价也基本如此。

Hardigg 电池壳还有普通型和阻燃型之分, 阻燃的原理是: 阻燃型塑料虽在高温下也会燃烧, 但由于其耗氧量大, 不易燃烧而达到阻燃的目的, 另外由于阻燃材料不可回用, 造成阻燃电池壳价格很高, 一般普通型 2V 1000Ah 一套壳盖为 14.3 美元, 而阻燃型为 28 美元(1997 年 8 月报价)。虽然阻燃塑料壳价格较贵, 但美国在很多场合下规定务必用阻燃料, 所以昂贵的阻燃电池壳在美国还是大有市场的。对阻燃型电池壳的要求, 相信在国内不久也会提到议事日程上来。

Hardigg 电池壳问世 20 多年以来, 由于其具有上述诸多特点: 优良的加工性能、机械性能以及价格和服务优势, 故很快在美国市场上站稳脚跟, 并居绝对优势。美国 Exide、GNB、East Penn、General Battery 等公司现均采用 Hardigg 公司的工业电池壳。美国有些电池公司早先也有用自己制造的模具来加工整体电池壳体, 但实践表明还是用 Hardigg 公司的焊接壳在多方面比较合算有利, 故自己也不再生产壳体, 而纷纷向 Hardigg 公司购买, 因而 Hardigg 公司名声越来越大, 其市场占有率也越来越大, 成为美国工业电池壳最大供应商。现 Hardigg 公司正积极筹划在中国江南独资建立电池壳体分公司, 意图在中国电池壳体市场占有一席之地, 并希望象在美国一样逐渐扩大市场, 目前国内市场 2V 1000Ah PP 整体壳子约 50 元一套, 而 Hardigg 壳子如在中国加工, 其成本是可降下来的, 如每套以低于 50 元的售价参与竞争, 是有可能赢得中国市场的。

(待续)

(上接第 8 页) 器时钟信号。第一个时钟脉冲只能使第一只 D 主从触发器输出端 Q 置 1, 第二个时钟脉冲只能使第二只 D 主从触发器输出端 Q 置 1, 依此类推。当 D 主从触发器输出端 Q 跃变为高电平, 则它的互补输出端跃变为低电平, 驱动相应变电流开关。充电电流从最大值依次变为最小值。

当第四只 D 主从触发器输出端 Q 置 1 时, 恒流/恒压充电转换开关 K3 置 1, 充电器转换为定电压充电。同时, 它的互补输出端置 0, 关闭第一只施密特触发器, 保持定电压充电, 一直到用户通过

K1 开关强行终止充电为止。试验表明^[4], 该充电器电路是可行的, 可以满足电池充电要求。

参考文献

- 1 T. G. Chang and D. M. Jochim. J. Power Sources, 1997, 64: 103~110
- 2 李庆龙 陈体銜. 电池, 1997, 6: 266~268
- 3 余沛亮硕士论文, 指导教师陈体銜. 密封铅酸蓄电池寿命研究, 1996
- 4 王鹏毕业论文, 指导教师陈体銜. VRLA 蓄电池快速充电及充电器研究, 1998

(收稿日期: 1998-10-30)