

# 锂离子动力电池无损充电机

JIA-MING LI & Yu Baichao

2010-9-21

锂离子动力电池无损充电机

1

# 内容摘要

锂离子动力电池无损充电机采用整体串联恒流、单体并联恒压的充电方法，对锂离子动力电池实现无损充电，无损的含意有两层，一是充电效率接近100%，充电功率基本无损耗，二是充、放电完全依据电池的特性曲线，电池本身在充、放电过程中完全无损害。该无损充电机免除电池管理系统，仅由简单的电路实现电池系统、充电系统、放电系统和维护管理系统的所有功能，无过充、过热、过放、过流、短路现象，充电终了时所有单体电池的端电压完全相等，无须进行均衡充电，同时无易受干扰的复杂控制芯片和软件，安全可靠，简单实用，其成本、体积、重量、功耗都是传统充电机的十分之一。

# 目 录

- 1、引言
- 2、传统充电方法
- 3、锂离子动力电池无损充电机
- 4、铅酸蓄电池无损充电机
- 5、结语

# 1、引言

锂离子蓄电池对充放电的要求，与铅酸等可逆电化学反应类蓄电池完全不同。由于锂离子蓄电池成组应用技术、系统集成关键技术、关键零部件及产品研发，严重滞后于锂离子蓄电池的发展，成组后发生过充电、过放电、超温和过流问题，致使成组锂离子蓄电池使用寿命大幅缩短，安全性大幅下降，甚至发生燃烧、爆炸等恶性事故，已经成为制约锂离子蓄电池产业发展的主要问题，也是当前节能与新能源汽车产业发展的技术瓶颈。

将数十个甚至上百个电池集成在一起，并将它们集成到车上，在世界范围内都是一项高新技术，绝不是看起来那么容易的事情，有能力解决这一难题的单位或个人也不是太多。锂离子蓄电池系统主要包括电池系统、充电系统、放电系统和维护管理系统，是一个涵括多个技术领域和行业的高技术集成系统。

## 2、传统充电方法

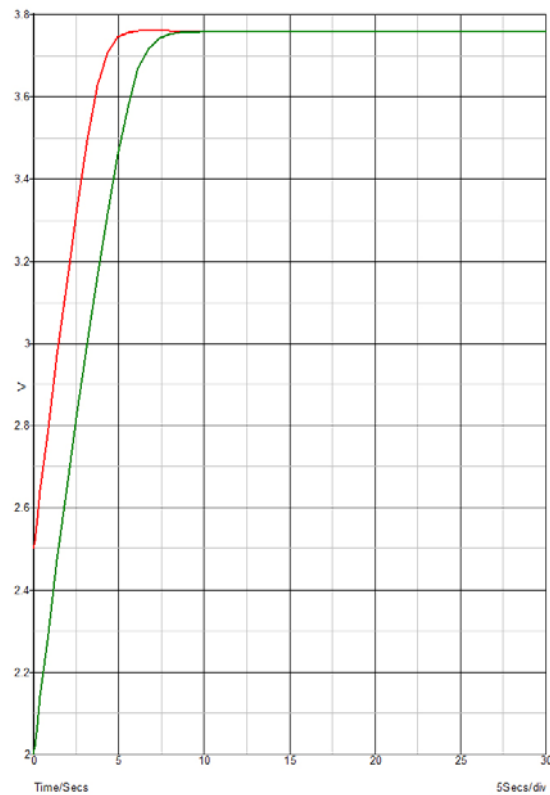
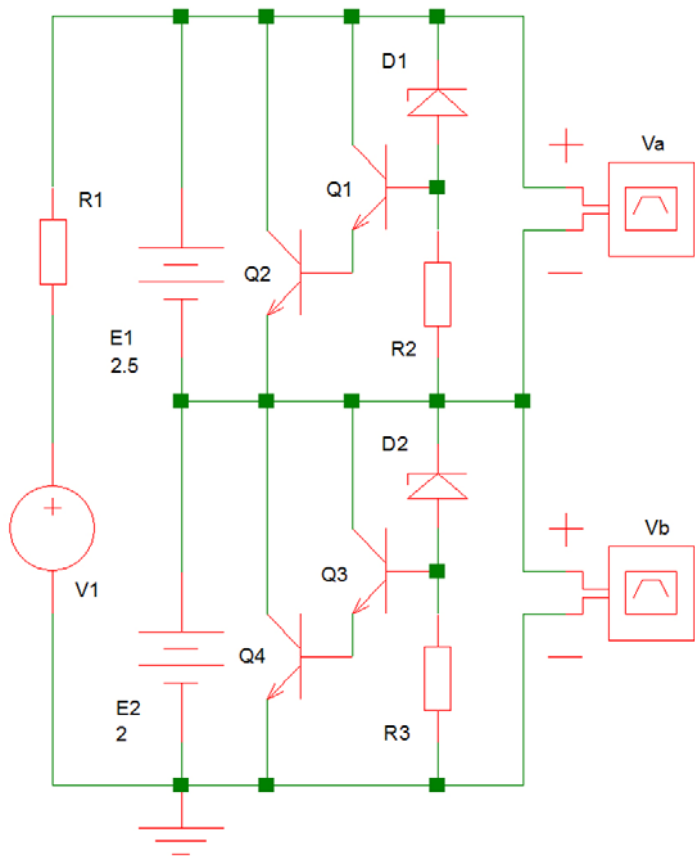
串联充电：由于单体锂离子电池在容量、内阻、衰减、自放电等性能存在差异，串联充电的结果是：要么电池组充不满，浪费电池组的容量，要么产生过充，发生电池爆炸的危险。

并联充电：这是一种最好的充电模式，但采用低压直流对每个单体电池进行独立充电，每个单体电池即形成一个控制系统，电路过于复杂，且伴有大量大电流开关的通断操作，同时需要大量隔离的低压大电流开关电源，这在实际上几乎是不可能实现的。

# 3、锂离子动力电池无损充电机

整体串联恒流充电、单体并联恒压控制的充电方法，具备串联、并联充电的所有优点，完全免除了串联、并联充电的所有缺点。当充电终了时，所有单体电池的端电压都等于与之并联的并联稳压电路的输出电压设定值。锂离子单体电池之间，本来在容量、内阻、衰减、自放电等性能上存差异，经过多次无损充电后，个体之间的这种差异完全消失，当然再也不会发生过充、过热现象。

# 3.1、无损充电机充电原理 A

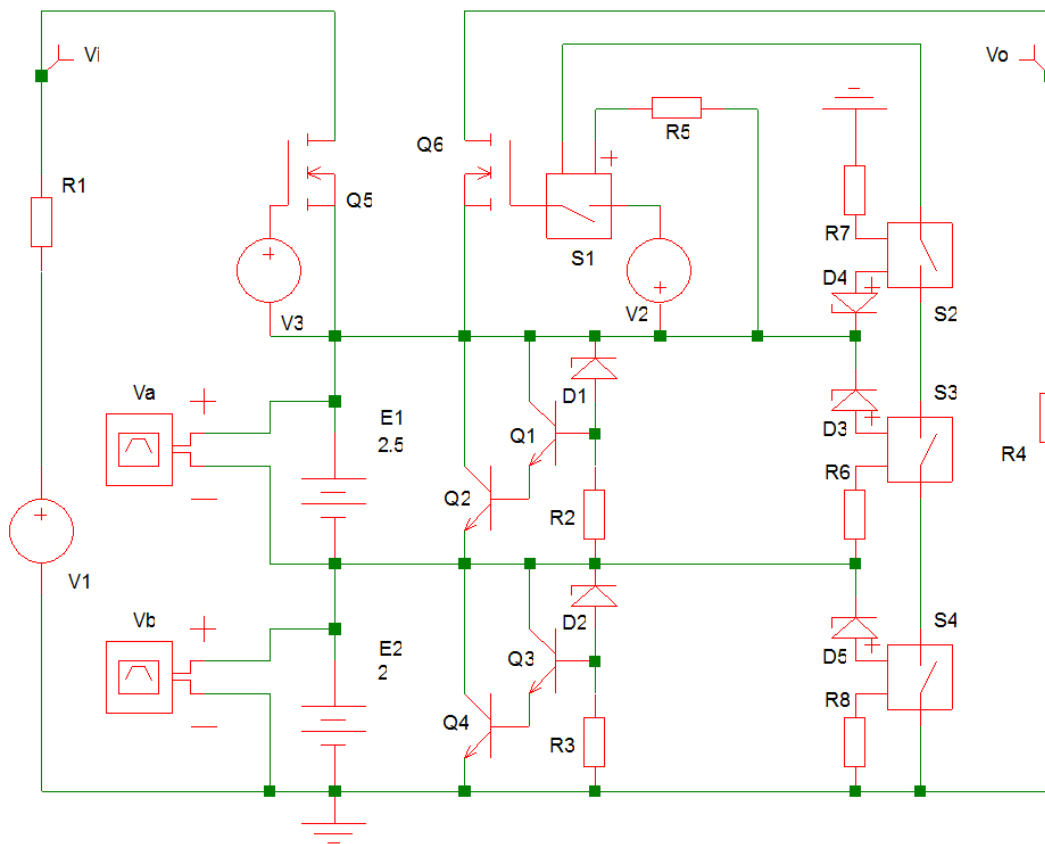


## 3.1、无损充电机充电原理 B

- ◆ 并联稳压电路 $V_a$ 、 $V_b$ 分别和电池 $E_1$ 、 $E_2$ 并联。 $V_1$ 通过电阻 $R_1$ 直接对锂离子电池 $E_1$ 、 $E_2$ 串联充电，当有一个电池，例如 $E_1$ 的端电压充到额定值，即到达并联稳压电路 $V_a$ 设定的稳压值时，并联稳压电路 $V_a$ 启动，串联充电电流流经三极管 $Q_2$ ，不再对 $E_1$ 充电， $E_1$ 的端电压也不再上升；与此同时串联充电电流继续对 $E_2$ 充电，直到 $E_2$ 充到额定值时，充电电源 $V_1$ 断开，串联恒流充电终止。



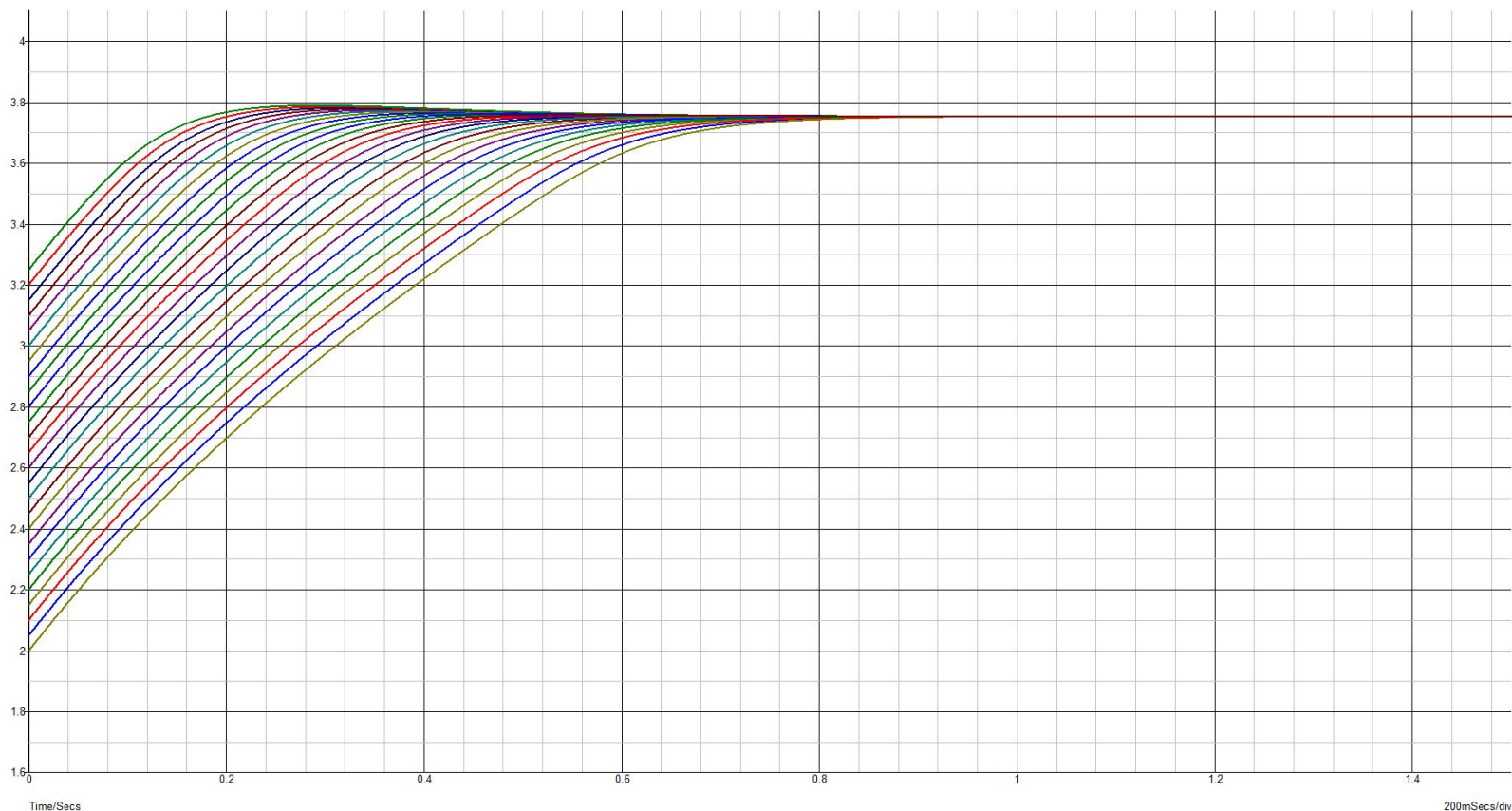
# 3.2、无损充电机放电原理 A



## 3.2、无损充电机放电原理 B

- ◆ 放电电路中， $N+1$ 个电子开关的次级电路依次串联，接入控制放电管Q6的栅极， $N$ 个开关的控制边电路与 $N$ 个蓄电池并联，另一个开关的初级电路与整组蓄电池并联，由于所有开关都串联，只要有一个开关断开，放电管Q6就关断，停止放电，即当任一单体电池端电压低于额定放电电压，Q6关断，电池组放电终止。当电池组过放、过流或外部短路时，电池组端电压小于额定放电电压时，Q6关断，电池组停止放电，故障解除后，蓄电池组端电压恢复正常，Q6开通，电池组继续对负载放电。
- ◆ 单体电池E1、并联稳压电路Va、开关电路S1，构成一个基本单元，此基本单元可以任意级联，对任意数目的电池组进行充放电。

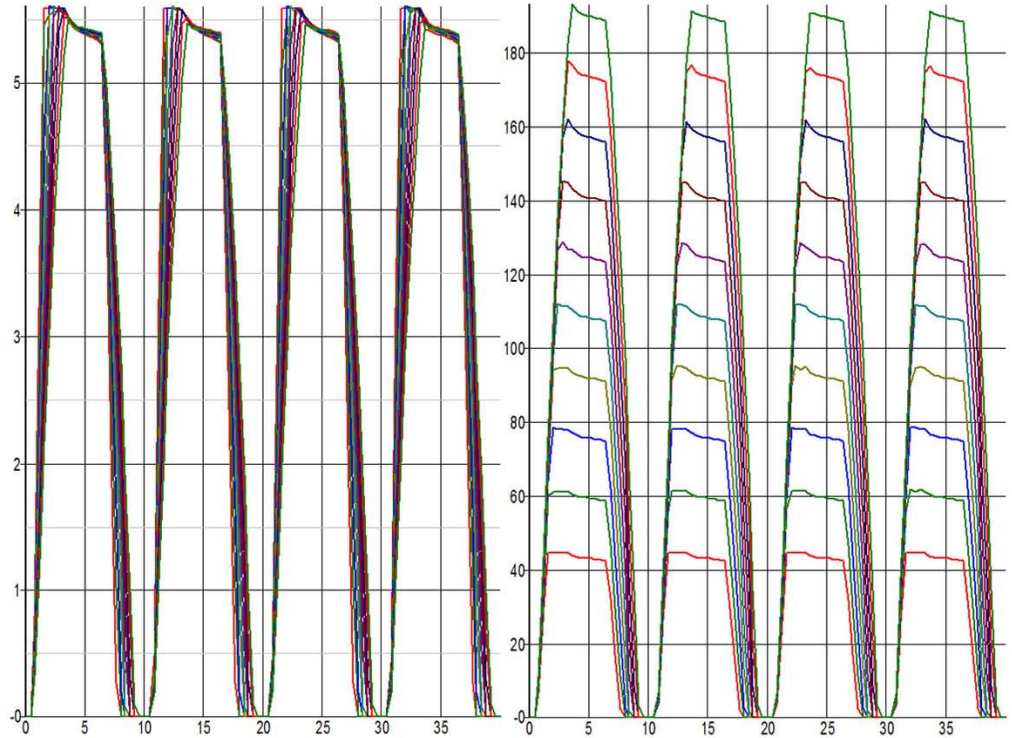
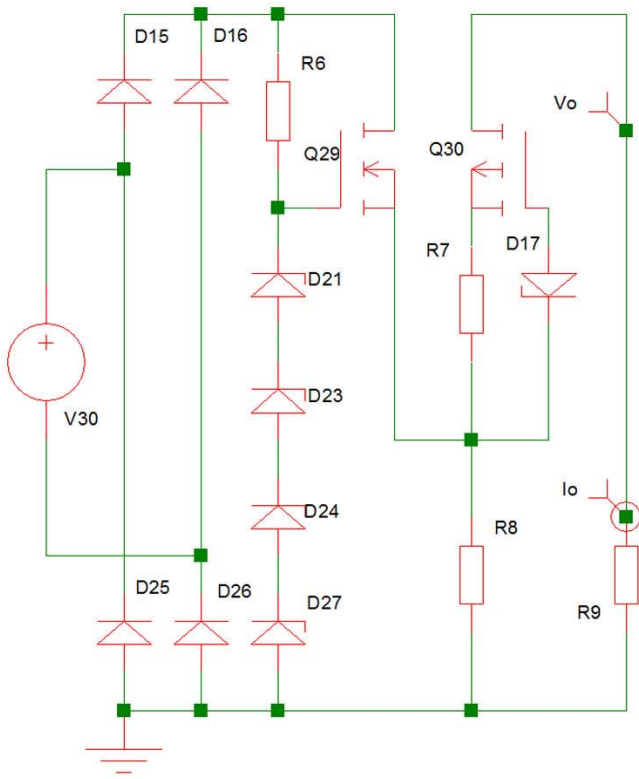
# 3.3、96V锂离子动力电池组A



## 3.3、96V锂离子动力电池组B

- ◆ 电动轿车96V锂离子动力电池组有单体电池26个，端电压3.7V，26个单体电池端电压从2V到3.3V不等，依次相差0.05V，充电终止时，每个单体电池端电压完全相等，都等于并联稳压电路输出电压的设定值，此设定值可以人为调整，所以单体电池充电终止端电压可以人为控制，实际充电电路请参考文献[5]

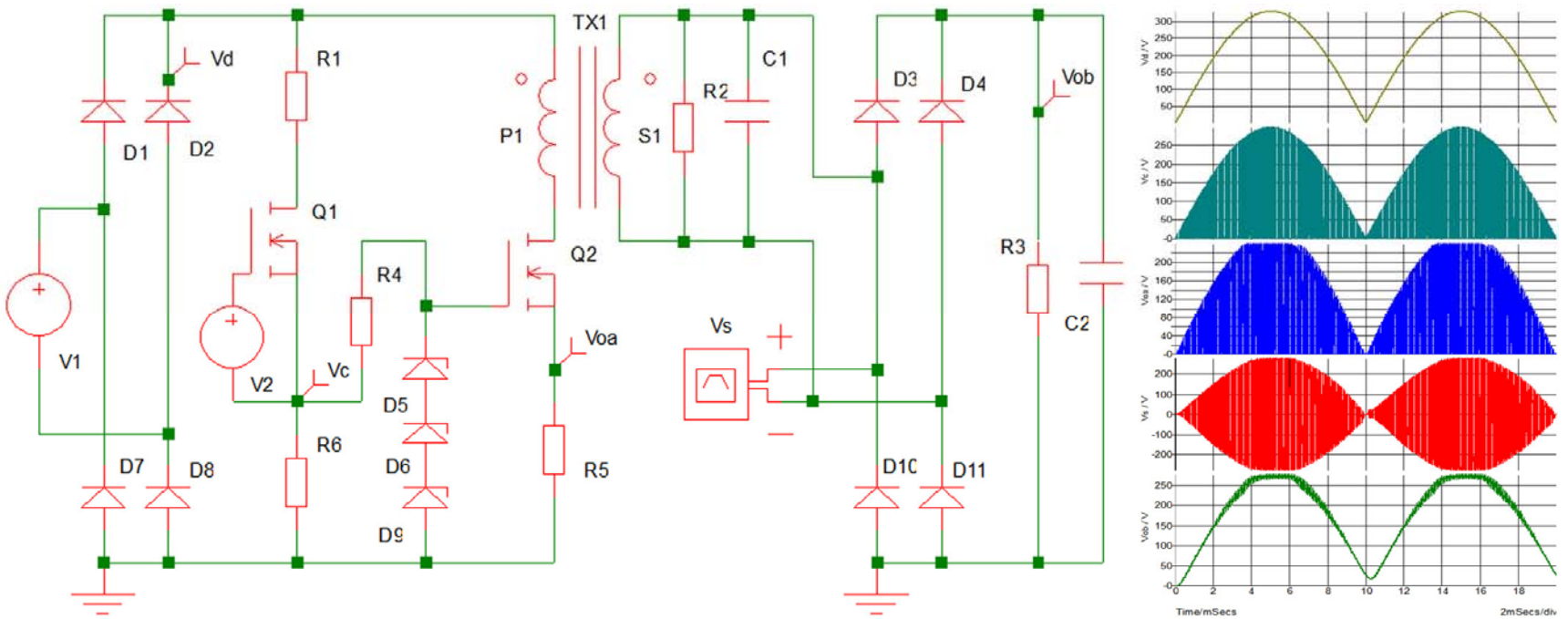
# 3.4、恒流恒压电源 A



## 3.4、恒流恒压电源 B

- ◆ 图2中的充电电源V1是恒流恒压电源，如图5所示，左边是恒流恒压电源的实际电路，输入电压波形是整流后的馒头波，中间是负载电阻R8输出电流的仿真波形，右边是负载电阻R8输出电压的仿真波形，负载电阻R8从8欧变到30欧，流经负载电阻R8的电流基本不变，其上电压从50V变化到200V，负载电阻越大，输出电压越高，说明输出电流具备恒流特性，但电阻R8上电压有一个极限值，此值由MOS管Q29的栅极电压，即由四个齐纳二极管D21、D23、D24、D27的击穿电压界定。锂离子电池组在整个充电过程中，最高电压绝对不会超过此界定值，因此，充电安全可靠。

# 3.5、电压切割电路 A



2010-9-21

锂离子动力电池无损充电机

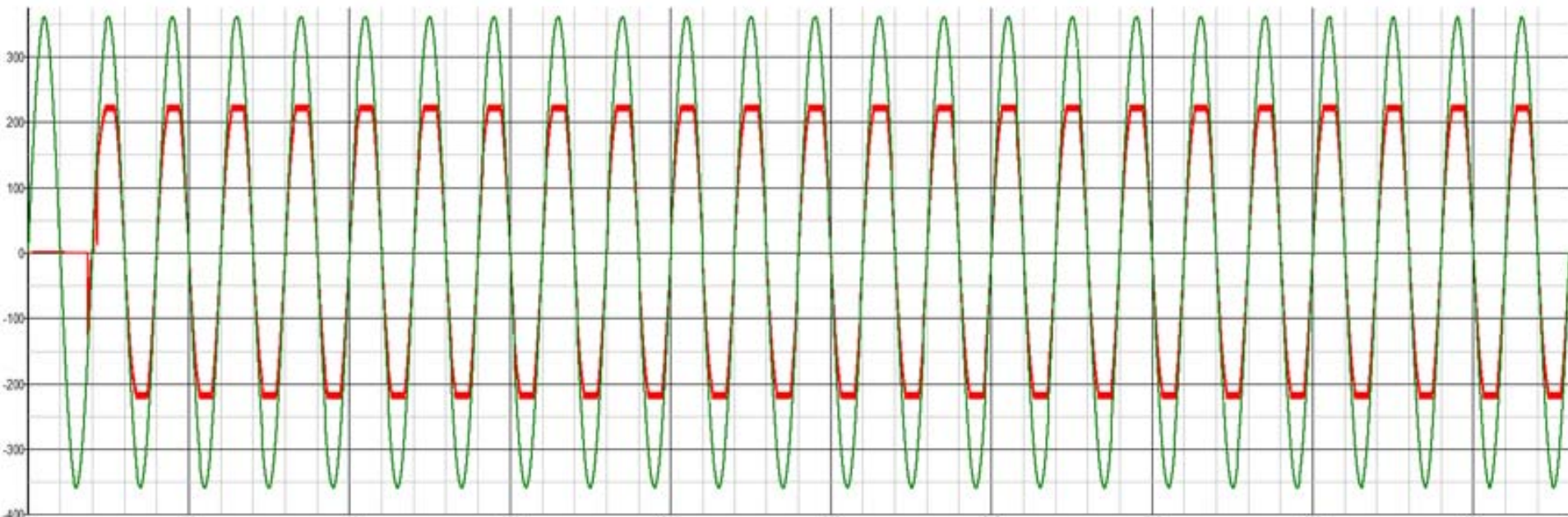
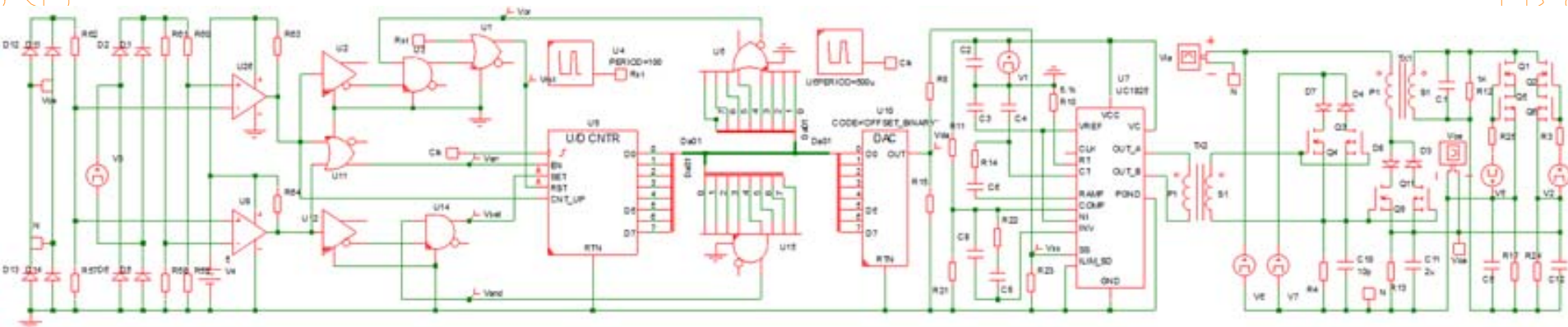
15

## 3.5、电压切割电路 B

- ◆ 图6左边的电压切割电路就具备这种功能：变压器TX1接在MOS管Q2的漏极，在Q2的栅极加方波驱动信号，即电压切割信号，在其源极可得到稳定的直流输出电压 $V_{oa}$ ，在变压器付边得到回授电压 $V_{ob}$ ；从源极得到的输出电压 $V_{oa}$ 实际上并不进行任何功率变换，其效率为100%，由变压器付边得到的输出电压 $V_{ob}$ 占总功率的15%左右，其变换效率按85%计算，总功耗只有2.25%，因此电压切割的总效率高达97.75%。右边是电压切割电路输出电压的仿真波形：从上到下依次是：输入馒头波电压 $V_d$ 、包络为正弦波的方波驱动信号 $V_c$ 、栅极输出电压 $V_{oa}$ 、变压器付边包络为正弦波的双边带电压 $V_s$ 、变压器输出电压 $V_{ob}$ 。



# 3.6、电压切割实际电路 A



2010-9-21

锂离子动力电池无损充电机

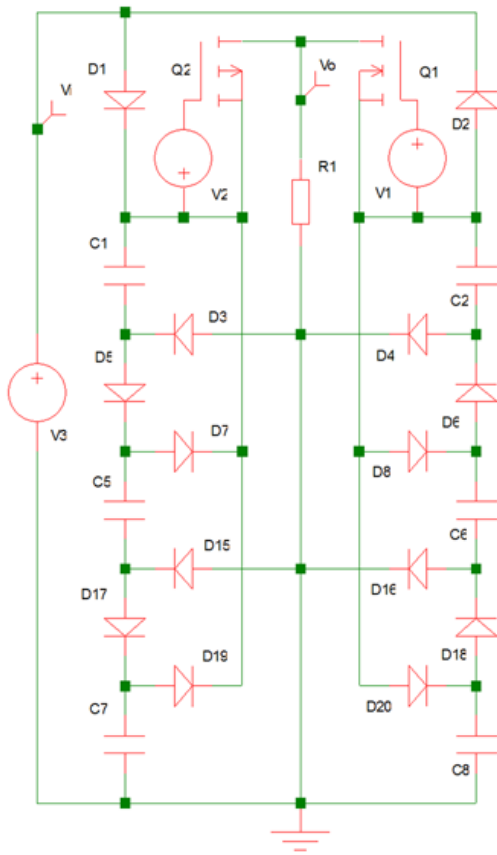
17



## 3.6、电压切割实际电路 B

- ◆ 电压切割的实际电路增加了UC3825控制芯片，采用PWM以后，当输入电压和负载发生变化时，输出电压可保持不变。PWM脉宽的控制采用了与常规不同的方法：由DAC产生的直流电压 $V_{SS}$ 在软启动端直接控制脉宽，DAC的数字输入由计数器决定，当输出电压增加时，进行减1计数， $V_{SS}$ 减少，于是输出电压下降；当输出电压增加时，进行加1计数， $V_{SS}$ 增加，于是输出电压上升。
- ◆ 比较器的参考电压和反馈电压直接采用正弦半波电压，不加电容滤波，因此电压调节没有惯性。

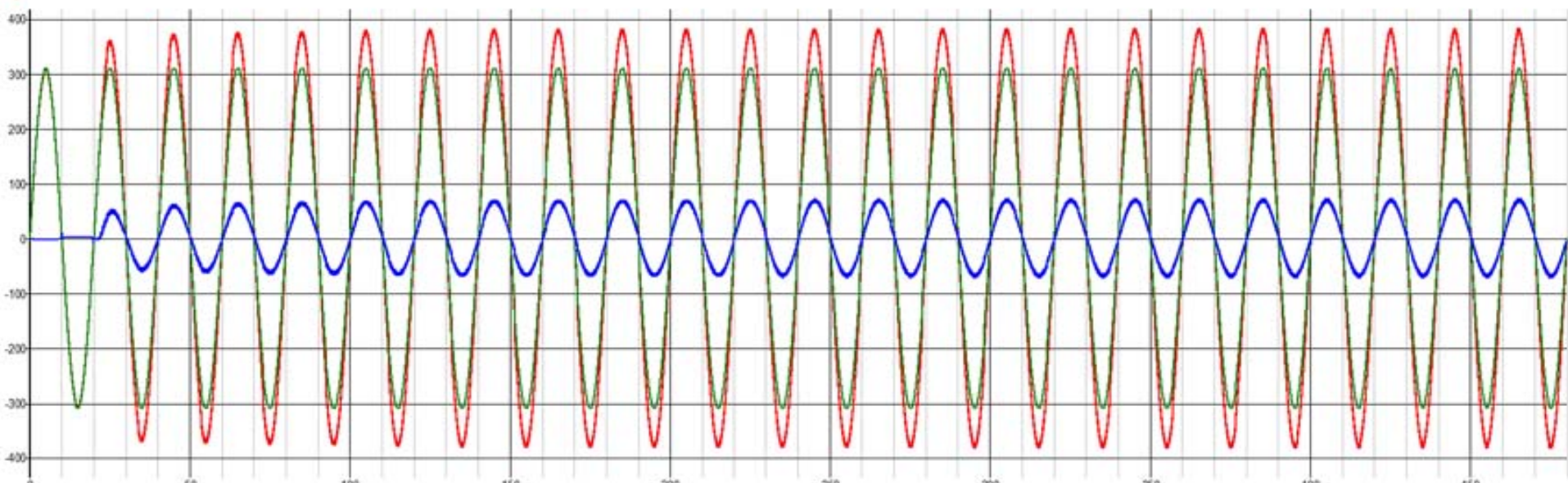
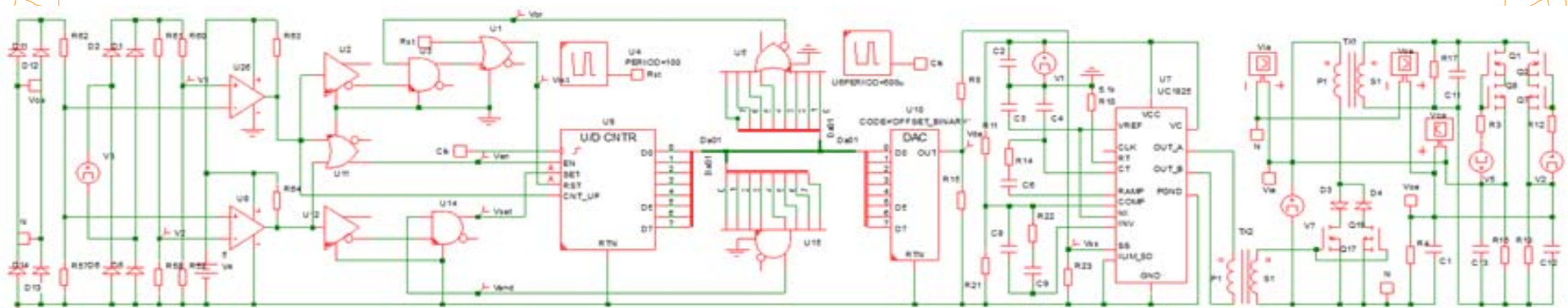
# 3.7、电压降压电路 A



## 3.7、电压降压电路 B

- ◆ 电压切割电路的输出电压为240V，直流驱动的电动汽车其蓄电池的直流电压只76V，此处降压电路把240V电压变换成76V直流电压。降压电路采用电容网络，换向采用功率MOS管，功率器件都工作在工频，没有开关损耗，效率高达98%以上。

# 3.8、电压补偿实际电路 A



2010-9-21

锂离子动力电池无损充电器

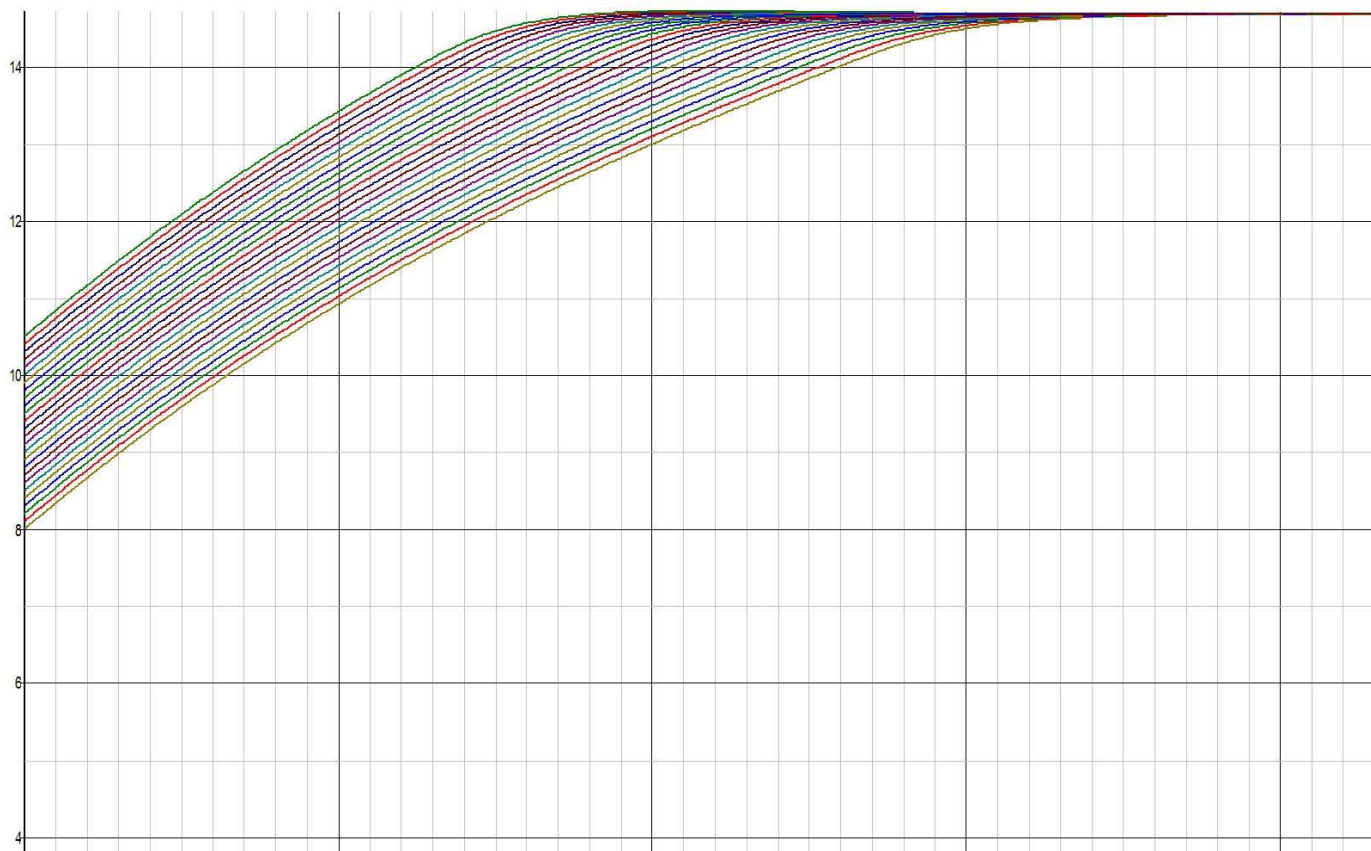
21



## 3.8、电压补偿实际电路 B

- ◆ 由三相电机驱动的电动汽车,其蓄电池的端电压为288V以上,市电明显偏低,并伴有正负15%的波动,必须对市电进行电压补偿。电压补偿的实际电路和电压切割的实际电路,控制部份完全相同,主电路的原理是:由输入市电电压产生一个30-50V的交流补偿电压,叠加在输入市电之上,形成输出电压,此电压人工可调和自动调整。
- ◆ 上述电压切割电路、电压补偿电路和降压电路的详细论述,可参考文献[4]。

# 4、铅酸蓄电池无损充电机 A



## 4、铅酸蓄电池无损充电机 B

- ◆ 铅酸蓄电池无损充电机充电曲线的仿真波形，可以看到，当蓄电池端电压从8到10.6V不等时开始充电后，端电压高的单体电池先行到达充电终止值，然后成直线并保持到最后，端电压低的单体电池最后到达充电终止值，无论是最低端电压还是最高端电压，也无论是其间的任意端电压，它们最后均到达充电终止值，并保持到最后。
- ◆ 并联充电在实际应用中几乎是无法实现的，其效果可望不可及，而均衡充电必须有专门电路，在增加功率损耗和成本的同时，伴有电池荷电能力的下降；无损充电机采用简单的串联充电，不但达到了并联充电的效果，而且还达到了均衡充电的效果，不但没有荷电能力的下降，而且大大提升了电池的荷电能力。



# 5、结语

1. 无损充电机采用整体串联恒流、单体并联恒压的充电方法，实现了对锂离子动力电池的无损充电，实际进行的是串联充电，却产生了并联充电的效果，充电全过程无过充、过热，同时使均衡充电成为多余；
2. 无损充电机同时包括了放电电路，用弱电小开关，取代强电大电流，高电压开关的通断，使得放电电路安全可靠，当过放、过流或外部短路发生时，无延时地切断锂离子动力电池；
3. 无损充电机电路简单，免除电池管理系统和各种复杂的控制芯片及软件，而充放电性能却大幅提升；
4. 无损充电机采用百超功率变换器中的恒流恒压电源和电压切割原理进行串联充电，充电功率直接取自市电，不必进行传统功率变换，使得充电效率接近100%；
5. 单体电池充电终了时的端电压，等于与其并联的并联稳压电路输出电压的设定值，此设定值可以人为调整，因此，无损充电机适合对任意端电压的各类蓄电池进行充放电；
6. 无损充电机解决了制约锂离子蓄电池产业发展的主要问题，打破了当前节能与新能源汽车产业发展的瓶颈，使得锂离子蓄电池真正集成为一个动力总成不再成为问题，同时也解决了有关这方面的一个世界难题。

# 作者简介

- ◆ 李嘉明 (JIA-MING LI) 男, 1942年生, 电机工程硕士, 美国三磁电子公司 (TRI-MAG, INC.) CEO兼公司董事会主席, 拥有发明专利多项, 国内外发表论文多篇。电话: 1-559-651-222, Email: [jmli@tri-mag.com](mailto:jmli@tri-mag.com)
- ◆ 郁百超, 男, 1943年生, 工学硕士, 湖北省电力信息通信公司高级工程师 (已退休), 中国电源学会交流电源专业委员会专家组专家, 拥有国家发明专利多项, 国内外发表论文多篇。邮编: 430077, 电话: 027-88563261, Email: [yubc060@yahoo.com.cn](mailto:yubc060@yahoo.com.cn)。

# 参考文献

- ◆ [1] 林道勇, 高电压锂离子电池组的充电方法, 化学与物理电源系统第15期, 2010年2月。
- ◆ [2] 评论员, 《锂离子蓄电池系统基础标准》意见稿, 化学与物理电源系统14期, 2009年12月。
- ◆ [3] 郁百超, 百超功率变换器的原理和应用, 第十八届全国电源技术年会论文集P301, 2009年11月。
- ◆ [4] 专利文献, 百超功率变换器, 专利申请号: 201010130192X, 2010年3月。
- ◆ [5] 专利文献, 锂离子动力电池无损充电机, 专利申请号: 2010101741953, 2010年5月。
- ◆ [6] 陈全世等, 先进电动汽车技术, 化学工业出版社, 2007年7月。

# 参考文献



中华人民共和国国家知识产权局

430077

湖北省武汉市武昌区徐东大街349号湖北电力大厦湖北电力信息通信  
公司退休办公室  
郁百超

发文日:

2010年03月25日



申请号: 201010130192.X

发文序号: 2010032500316440

## 专利申请受理通知书

根据专利法第28条及其实施细则第38条、第39条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下:

申请号: 201010130192X  
申请日: 2010年03月19日  
申请人: 郁百超  
发明创造名称: 百超功率变换器  
经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:  
发明专利请求书 1份 2页; 说明书摘要 1份 1页;  
摘要附图 1份 1页; 权利要求书 1份 4页 7项;  
说明书 1份 24页; 说明书附图 1份 32页;  
费用减缓请求书 1份 1页; 发明专利请求提前公布声明 1份 1页;  
实质审查请求书 1份 1页; 实质审查参考资料 1份 1页;

提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。  
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。

审查员: 池蓉

审查部门: 专利局初审及流程管理部

联系电话:

200101 纸质申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区前门桥西土城路6号 国家知识产权局专利局受理处  
2010.2 电子申请, 应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件, 除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



2010-9-21

锂离子动力电池无损充电机



中华人民共和国国家知识产权局

430077

湖北省武汉市武昌区徐东大街349号湖北电力大厦湖北电力信息通信  
公司退休办公室  
郁百超

发文日:

2010年07月06日



申请号或专利号: 201010174195.3

发文序号: 2010070100230040

申请人或专利权人: 郁百超

发明创造名称: 锂离子动力电池无损充电机

## 发明专利申请初步审查合格通知书

1. 上述专利申请, 经初步审查, 符合专利法实施细则第44条的规定。  
2. 申请人于2010年05月18日提出提前公布声明, 经审查, 符合专利法实施细则第46条的规定, 专利进入公布准备程序。  
3. 初步审查合格的上述发明专利申请是以:  
2010年5月18日提交的说明书的第1段至65段;  
2010年5月18日提交的说明书附图的第1幅至13幅;  
2010年5月18日提交的权利要求书的第1项至5项;  
2010年5月18日提交的说明书摘要;  
2010年5月18日提交的摘要附图为基础的。

提示:

1. 发明专利申请人可以自申请日起3年内提交实质审查请求书, 缴纳实质审查费, 申请人期满未提交实质审查请求书或者期满未缴纳或未缴足实质审查费的, 该申请被视为撤回。  
2. 费用可以直接到国家知识产权局缴纳, 也可以通过邮局或者银行汇付, 如通过邮局汇付, 收款人姓名: 国家知识产权局专利局收费处; 商户客户号: 110000860, 如通过银行汇付, 开户银行: 中信银行北京知春路支行; 户名: 中华人民共和国国家知识产权局专利局; 账号: 7111710180600166052。  
汇款时应当准确写明申请号、费用名称(或简称)及分项金额, 未写明申请号和费用名称(或简称)的视为未办理缴费手续。

审查员: 许彤彤

审查部门: 初审及流程管理部

210304 纸质申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区前门桥西土城路6号 国家知识产权局专利局受理处  
2010.4 电子申请, 应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件, 除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



1 / 1

28

# 参考文献



申请号或专利号：201010174195.3

发文序号：2010070100230040

申请人或专利权人：郁百超

发明创造名称：锂离子动力电池无损充电机

## 发明专利申请初步审查合格通知书

1. 上述专利申请，经初步审查，符合专利法实施细则第 44 条的规定。
2. 申请人于 2010 年 05 月 18 日提出提前公布声明，经审查，符合专利法实施细则第 46 条的规定，专利申请进入公布准备程序。
3. 初步审查合格的上述发明专利申请是以：  
2010 年 5 月 18 日提交的说明书的第 1 段 至 55 段；  
2010 年 5 月 18 日提交的说明书附图的第 1 幅 至 13 幅；  
2010 年 5 月 18 日提交的权利要求书的第 1 项 至 5 项；  
2010 年 5 月 18 日提交的说明书摘要；  
2010 年 5 月 18 日提交的摘要附图为基础的。

2010-9-21

锂离子动力电池无损充电机

29

谢谢

谢谢大家！