

电动车 蓄电池

修复与控制电路

检修技巧

DIANDONGCHE XUDIANCHI
XIUFU YU KONGZHI DIANLU
JIANXIU JIQIAO

刘胜利 李建德 编著
邱振国 邹春熙



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电动车蓄电池修复与控制 电路检修技巧

刘胜利 李建德 邱振国 邹春熙编著



机械工业出版社

本书以国内市场上常见的各种类型电动车为基础,详细介绍了铅酸蓄电池的修复技术。首先介绍蓄电池的结构,使读者对蓄电池的基本组成和架构有所了解。其次介绍了可调式开关电源激活机的技术原理(此项技术已经获得中华人民共和国专利局的实用新型专利),以及蓄电池修复前的检测方法、修复时的操作步骤和技巧的掌握、蓄电池充放电原理、蓄电池的容量与安装,同时介绍了一些修复实例和具体经验,这些都是工作在维修一线的作者在维修中得到的宝贵经验。在本书的后半部分,还详细介绍了电动车本身的一些零部件的维修、代换和改造的技巧和故障检修实例。

本书着重于实际操作,配以必要的理论知识。采用通俗的语言和形象化的图解,详细介绍具体操作方法、步骤、基本故障的判断、检测和维修技巧。

本书的特点是实用性强、为行业内的广大维修人员更好、更快、更准确地维修好电动车提供了宝贵的技术指导。

图书在版编目(CIP)数据

电动车蓄电池修复与控制电路检修技巧/刘胜利,李建德等编著. —北京:机械工业出版社,2009.11

ISBN 978-7-111-28344-7

I. 电… II. ①刘…②李… III. ①电动自行车-蓄电池-维修②电动自行车-控制电路-维修 IV. U484.07

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第167835号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:吉玲 责任编辑:闻洪庆 版式设计:霍永明

责任校对:李秋荣 封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2010年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·16.75印张·413千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-28344-7

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649 教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者服务部:(010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

前 言

近年来，电动车以其价廉、便捷、环保的优势，逐渐成为都市人们的宠儿。城乡马路上、各停车点，可以看到越来越多不同款式、颜色各异的电动车。

电动车在全国城乡得到迅猛发展和广泛普及。随之而来的是铅酸蓄电池的大量更换、报废。如果能够把仍然可以使用的蓄电池，通过某种科技手段使之重新复活或者继续使用一段时间，便可降低电动车的使用成本。

本书结合可调式开关电源激活机的技术（此项技术已经获得中华人民共和国专利局的实用新型专利），采用通俗的语言和形象化的图解，详细介绍具体操作方法、步骤、基本故障的判断、检测和维修技巧。

在本书的后半部分还详细介绍了电动车本身的一些零部件的维修、代换、改造的技巧和故障检修实例。

本书着重于实际操作，并配以必要的理论知识。读者要能够真正在电池的修复技术上有一番作为，还必须加强对蓄电池的基础理论方面的学习。作者通过多年的实践，对蓄电池激活的“水疗法”具有独到的理解，同时对蓄电池的短路、断路、膨胀、破损等物理故障的判断和修复，积累了丰富的经验。

本书第一～八章由刘胜利、李建德编著，第九～十七章由刘胜利、邱振国编著，附录由邹春熙整理完成。

由于编写时间仓促，加上作者的水平有限，书中难免出现错误，恳请各位专家、读者给予批评指正。

作 者

目 录

前言

第一章 认识蓄电池的结构	1
第一节 蓄电池激活的意义	1
第二节 蓄电池修复概况	1
第三节 电池修复的理论支持	3
第四节 蓄电池的构造	6
第二章 多孔极板的构造与作用	7
第一节 极板的构造	7
第二节 极板的多孔结构	7
第三节 极板多孔的作用	11
第三章 脉冲激活与可调式开关电源的 激活原理	13
第一节 脉冲激活的基本原理和方法	13
第二节 充电析气对正极板的伤害	14
第三节 充电的电化学机理	15
第四节 脉冲电充电机理	17
第五节 可调式开关电源的激活原理	18
第四章 蓄电池修复前的检测	21
第一节 电池容量的评估	21
第二节 修复前的检测	22
第三节 单格电池容量的放电检测	24
第四节 亚单格电池断路故障判断	25
第五章 蓄电池故障的修复技巧	27
第一节 气鼓膨胀外壳的修复	27
第二节 电池短路故障的修复	28
第三节 电池外壳的修补技巧	29
第四节 电池断路故障的焊接	30
第六章 硫酸盐化的激活	32
第一节 铅酸蓄电池充放电原理	32
第二节 水疗法试验	33
第三节 防酸防爆式铅酸蓄电池硫酸盐化 水疗法	36
第四节 阀控式铅酸蓄电池调低质量浓度 的方法	36
第五节 阀控式铅酸蓄电池负极板盐结晶 活化法	37

第六节 调控电池的含酸质量浓度	39
第七章 蓄电池的容量与安装	41
第一节 蓄电池的容量	41
第二节 电动车电池的安装	42
第三节 其他电池的安装	44
第八章 铅酸蓄电池的修复实例	46
第一节 电池断路不通的修复实例	46
第二节 除硫激活的修复实例	47
第三节 单格电池短路故障修复实例	50
第四节 “烤箱”电池、膨胀电池、软化电 池的修复实例	52
第九章 电动自行车的结构特点	56
第一节 电动自行车的基本结构	56
第二节 电动机的安装位置	59
第三节 电池的安装与接口	59
第四节 电动自行车的分类	60
第五节 电动自行车的主要技术参数	60
第六节 电动自行车的重要参数解释	62
第十章 有刷电动机控制器原理	64
第一节 电动自行车的整车控制电路	64
第二节 有刷电动机的控制器特点	64
第三节 有刷电动机控制基本原理	65
第四节 有刷电动机控制器电路	67
第五节 千鹤牌电动自行车控制器	69
第六节 小羚羊牌电动自行车有刷电动机控 制器	74
第七节 雅标牌电动自行车有刷电动机控制 器	78
第八节 悍马牌电动自行车有刷电动机控制 器	84
第九节 电动三轮车控制器的特点与维 修	87
第十一章 直流无刷电动机控制器	90
第一节 直流无刷电动机驱动系统特点	90
第二节 无刷电动机基本原理	91
第三节 无刷电动机控制器电路构成	93
第四节 无刷电动机专用控制芯片	96

第五节 驱动集成电路工作原理	100	第二节 电动三轮车常见故障检修实例	229
第六节 数字电路构成的无刷电动机控制器	104	第三节 充电器常见故障维修实例	230
第七节 DC-DC 直流变换电路	110	第十七章 电动自行车易损件代换与改造	231
第八节 山东产华亚牌电动自行车无刷电动机控制器	113	第一节 调速手柄代换与改造	231
第九节 石家庄产天同牌电动自行车专用无刷电动机控制器	117	第二节 闸把的代换与改造	232
第十二章 轮毂	122	第三节 控制器的代换与改造	232
第一节 电动自行车电动机	122	附录	236
第二节 有刷高速电动机	123	附录 A 电动自行车常用集成电路	236
第三节 低速有刷无齿电动机	126	附录 B 电动自行车常用功率场效应晶体管	240
第四节 无刷电动机轮毂	127	附录 C 电动自行车常用双极型晶体管	241
第十三章 电动车充电器	131	附录 D 电动自行车常用整车电气原理图	242
第一节 几种常见的充电方法	131	D.1 星月牌电动车 (36V 无刷) 电气原理图	242
第二节 变压器式充电器	132	D.2 金轮牌电动车电气原理图	243
第三节 开关电源 AC-DC 变换式充电器	135	D.3 小凌鹰牌电动车电气原理图	244
第四节 简易蓄电池检测仪	146	D.4 捷霸牌电动车电气原理图	244
第五节 DSC200-36V 全自动蓄电池放电容量检测仪	150	D.5 钱江牌电动车电气原理图	245
第十四章 电动自行车的常用器件	156	D.6 新日牌电动车电气原理图	245
第一节 场效应晶体管	156	D.7 凤凰牌电动车电气原理图	246
第二节 霍尔元件	159	D.8 森地牌电动车电气原理图	246
第三节 转把	162	D.9 美菱牌电动车电气原理图	247
第四节 闸把	164	D.10 洪都牌电动车电气原理图	247
第五节 仪表盘	165	D.11 奔羊牌电动车电气原理图	248
第六节 插接件	168	D.12 奔羊牌 (无转换器) 电动车电气原理图	248
第七节 控制开关	168	D.13 特莱维狮牌电动车电气原理图	249
第八节 串联调整型稳压器	169	D.14 金城牌 36V 无刷电动车电气原理图	249
第九节 常用集成运算放大器	176	D.15 千鹤牌 TDN109BZ 型电动车电气原理图	250
第十节 开关电源集成控制器	178	D.16 尼邦牌电动车电气原理图	250
第十一节 无刷直流电动机控制集成电路	184	D.17 普通无刷控制器电动车电气原理图	251
第十二节 MOSFET/IGBT 开关器件栅极驱动器	192	D.18 普通标准电动车电气原理图	251
第十五章 电动车故障的快速判断与检修	204	D.19 千鹤 TDL230Z 型电动车电气原理图	252
第一节 电路故障快速判断与检修方法	204	D.20 智能有刷控制器典型电动车电气原理图	252
第二节 充电器的维修经验	214	D.21 都市旗舰 (48V 有刷) 电气原理图	
第三节 常见故障及排除方法速查表	216		
第十六章 电动车典型故障检修实例	221		
第一节 电动自行车常见故障检修实例	221		

图.....	253	电气原理图.....	256
D. 22 绿色佳人 (36V 有刷) 电气原理图.....	253	D. 28 鑫龙牌电动三轮车控制器电气原理图 (一)	257
D. 23 都市伊人 (48V 有刷) 电气原理图.....	254	D. 29 鑫龙牌电动三轮车控制器电气原理图 (二)	258
D. 24 普通 (36V 有刷) 控制器典型电气原理图.....	254	D. 30 鑫龙牌快乐老年系列电动三轮车电气原理图.....	259
D. 25 悍马牌 (36V 有刷) 控制器电气原理图.....	255	D. 31 悍马牌电动三轮货运车电气原理图.....	259
D. 26 普通 (36V 有刷) 控制器电气原理图.....	255	D. 32 普通电动三轮车电气原理图.....	260
D. 27 星月牌电动自行车 (48V 有刷)		参考文献	261

第一章 认识蓄电池的结构

第一节 蓄电池激活的意义

电池是清洁能源的一种电化学装置，复活、恢复电池的充、放电能力，消除硫化，增加或者延长电池的使用寿命，是大家的共同愿望，不少前辈和专家在这方面已经取得了不少宝贵的经验。

电池激活的误区，主要是对故障单格电池的认识不到位。任何电池的修复只相信和崇拜什么修复液和智能仪器，而不是从故障入手去分析问题和解决问题。不管什么样故障的电池都采用统一模式的修复方法，就算修复的电池各项指标都达到说明书所要求的那样，也不见得就肯定修复成功。

由于各种原因，所谓激活电池，要使人们能够很好地相信它、理解它，可以说任重而道远。

第二节 蓄电池修复概况

自从进入涂膏式电池时代以来，电池的修复是以防酸隔爆式电池进行的，基本的操作步骤，如切断连接条、取下电池盖、集群处理、激活充电，都是采用小电流、长时间慢充电的方式，或者采取三充三放、提高硫酸质量浓度而达到恢复电池的充放电能力。

自从进入阀控式铅酸蓄电池时代以来，研究电池的激活方法也从未间断过，其方法各有特点。

采用大电流充电，使大的硫酸铅结晶产生负阻击穿来溶解的方法。这种消除硫化的方法，只能获得暂时的效果，并且会在消除硫化过程中带来加重失水和正极板软化的问题，并且使电池寿命大为缩短，不宜采用。

在充电过程中加入负脉冲的方法，对降低电池温升有作用，但对“硫化”的修复效果不明显，其修复率为 20%。

采用化学方法，添加活性剂，消除硫酸铅结晶，不仅成本高，增加电池内阻，并且还改变了电解液的原结构，修复后的使用期较短，其修复率约为 45%。

采用高频脉冲波，使硫酸铅结晶体重新转化为细小晶体、电化性高的可逆硫酸铅，使其能正常参与充放电的化学反应，修复率约为 60%，较负脉冲效果好。但因其修复时间长，需数十小时以上，甚至一周的时间，效率较低，对严重“硫化”的蓄电池修复不好。

电池的修复其目的就是恢复电池的充放电能力，达到可用的标准。然而，电池的故障并非是一个模式，它是由于一个故障恶化到另一个故障，最后才失去充放电能力的。例如气鼓膨胀，它原来是过充电使塑料变形，而下一步是电池失水严重，再到干涸硫化，最终失去充放电能力。

有专家分别对市场上流行的三种电液活化剂进行试验分析，其结果并非像说明书上介绍

的那样效果显著，其功能介绍如表 1-1 所示，试验结果如表 1-2、表 1-3 所示。

表 1-1 电解活化剂的功能

活化剂名称	功能描述	备 注
S 型蓄电池增能剂	1. 增加寿命 0.5 ~ 1 倍 2. 提高容量 15.3% 3. 消除硫化 4. 提高充电效率	
国产 L-50	1. 增加寿命 0.5 ~ 1 倍 2. 提高容量 15.3% 3. 减少氢气析出 4. 充电效率提高 47% 5. 低温 (-35 ~ -30℃) 容量提高 24% 6. 单体电池电压提高 0.1 ~ 0.3V	与深圳产的一加灵、河南产的佛水介绍相近
美国 VFBC	1. 缓解硫化 2. 降低内阻 3. 减少氢气析出	

表 1-2 6-DA-150Ah 电池 5h 率放电对比

试验对比	电池 1 容量/A · h	电池 2 容量/A · h	电池 3 容量/A · h	放电电流 /A	终止电压 /V	备注
原装电解液 (H ₂ SO ₄)	155.0	155.5	154.0	25	10.8	
添加 S 型蓄电池增能剂	155.2	154.0		25	10.8	在原车电池添加充电
去硫化效果	增加 0.2	减少 1.5				加增能剂效果不显著

表 1-3 添加国产 L-50 和美国 VFBC 容量检验 (N-60 电池)

电解液	放电时间 /min	第一次循环 /min	第二次循环 /min	第三次循环 /min	去硫效果
纯 H ₂ SO ₄	355	360	357	350	不显著
添加国产 L-50	370	366	360	361	不显著
添加美国 VFBC	366	355	331	347	不显著

目前利用蓄电池修复仪修复的电池，其效果也不很乐观。例如，FD-0708B 蓄电池修复仪（见图 1-1），对电池的要求是外观无破损、漏液、鼓包，每只待修电池应该不低于 9V，修复好一组电动车电池需要 15 ~ 20 天，修复一组汽车电池则要 7 ~ 30 天，花费这样长的时间，能够修复成功的概率还只能达到 78%，这种修复仪的性能，根本不具备推广价值。

蓄电池修复仪的推广，并非它的功效不好，也不是它的理论不够完善，关键是一些仪器的使用范围和要修复的电池的应用面不够广泛。作为一种专业修复仪器，例如 BR-2（48/36V）型铅酸蓄电池修复仪，对所要修复的电池也是要进行检测和筛选，也要经过多次充放电后，才能得到最后的结果。然而这种仪器的效果也只能有 2/3 的电池可以修复，如图 1-2 所示。

对电池筛选的条件如下：

1) 铅酸蓄电池的外观无变形、漏液、发热、漏电现象。内部无短路、开路。电解液无明显浑浊且发黑等不良现象。

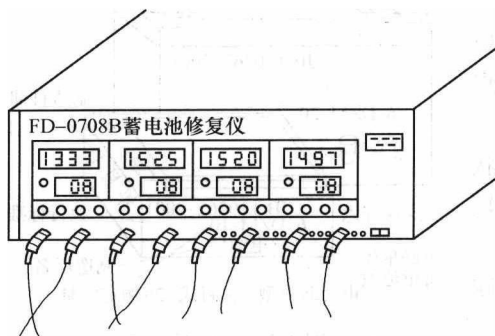


图 1-1 FD-0708B 蓄电池修复仪

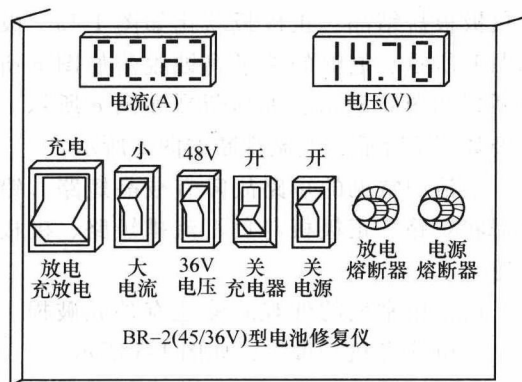


图 1-2 BR-2 (48/36V) 型铅酸蓄电池修复仪

- 2) 电池的使用时间一般不超过 1 年。
- 3) 端电压高于额定电压的 20% 以上。
- 4) 铅酸蓄电池的初始容量应该在 30% 以上。

能有满足上述条件的电池吗？1 年以内能够修复，而 1 年以外就无法修复，现在的电池很多商家都保用 1 年，1 年以后还是回到更换这条路上，修复就没有实际意义。

尤其有关这方面的资料，对电池理论分析原因的多，实际处理问题的少，就是激活除硫关键的步骤，也是大概地说一说，除硫完毕也无标准和一些特征的要求。

在修复激活这一技术中，还有一些充电伴侣、充电再生器等没有哪件产品能够真正发挥其效果。要真正有效修复，在激活理论方面论述，还只有“水疗法”，然而这一方法源自于防酸防爆式铅酸蓄电池，而对于阀控式铅酸蓄电池，未免有点张冠李戴，对于其他故障的修复只是从理论上分析原因的多，实际处理的少，这样就很不符合修复的含义。也就是说，在进入阀控式铅酸蓄电池时代，电池的修复率几乎是零，尤其是有关这方面的资料也很少论述。

修复的真正含义就是了解故障、修复故障，只要极板是未软化、完整的，就没有必要对它说不。至于软化的程度，也是根据电池的百分含量计算的。激活的含义则是活化除硫，恢复电池的活性达到原容量的 60% 以上便达到可使用标准，当然，一个电池的故障太多，修复的难度太大，那就选择放弃。但是对于一组电池来说，只有一个小故障，那就没有必要更换整组电池，这就是专业电池修复的原因所在。

第三节 电池修复的理论支持

虽然电池进入到千家万户，但如何正确地使用电池的一些常识仍然没有得到普及。在大部分人的观念中，电池一出现故障就更换，尤其是一些电池的供应商，出于经济利益的目的，变本加厉地推销自己的电池，这种做法是很不道德的。

我们从一组电池来分析，有故障的电池就是那么一两个，其他几个只要维护一下，修复

好有故障的电池后，就可以继续投入使用了。常用电池的外形如图 1-3 所示。

电池的故障有许多种，如图 1-4 所示。常见的有负极板盐结晶、正极板软化如图 1-4a、极板断裂如图 b 所示、电池的端子腐蚀脱落如图 c 所示、极柱断裂如图 d 所示、极耳断裂如图 e 所示、穿壁焊断裂如图 f 所示、汇流排断裂如图 g 所示。

电池中常见的短路故障有枝晶短路、铅粉梳状和泥状短路、正极板与负汇流排短路、极板侧面短路等。

电池中常见的外观故障还有外壳破损、外壳膨胀、充电式发热严重等，如图 1-5 所示。

在电池的运行中，任何故障都可以造成电池中的一组落后，那么这组电池就会逐渐失去使用价值，此时就需要进行及时的修复。这里的修复不仅仅是局限于电池补水激活、再放电这种简单的操作，而是应该深入到电池的内部，分析问题、解决问题，把修复的意义拓展开来。用理论指导实践操作，并不断积累经验。掌握了这一技术，可以说就是占领了修复电池的市场。

分析一些出现故障的电池，并非是整个电池都是有故障的，而实质是电池中的一个单格电池出现故障，所以在解决故障单格电池的同时，也就解决了这个故障电池，经过简单的维护，肯定能够通过放电的检测，达到标称容量的 60% 以上。

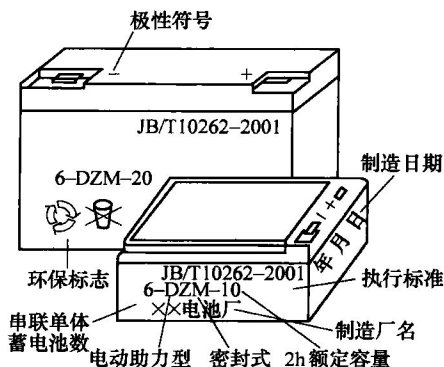
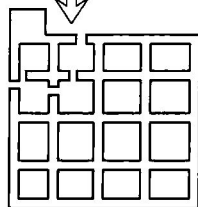


图 1-3 电池的外形

黑褐色	黑褐色	比铅灰色白,但不是全白	铅灰色
电解液中有游离铅粉,隔板黑	电解液中无游离铅粉,隔板白	结实:不能划出痕迹,压不能陷	松软:能划出痕迹,压能陷
松软:一划就有痕迹	结实:不能划出痕迹	不透水,不吸水	透水,吸水
揭开中间隔板,有大块铅粉粘在隔板上	揭开中间隔板,铅粉不粘隔板	硫酸盐化负极板	正常负极板
软化正极板	正常正极板		

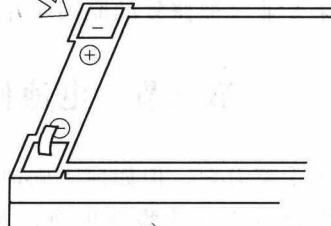
a)

极板断裂,主要是支撑极板的板栅断裂,断裂部分无法进行充放电



b)

真麻烦,端子头不见了,正极电不知怎样接?



c)

图 1-4 电池的故障

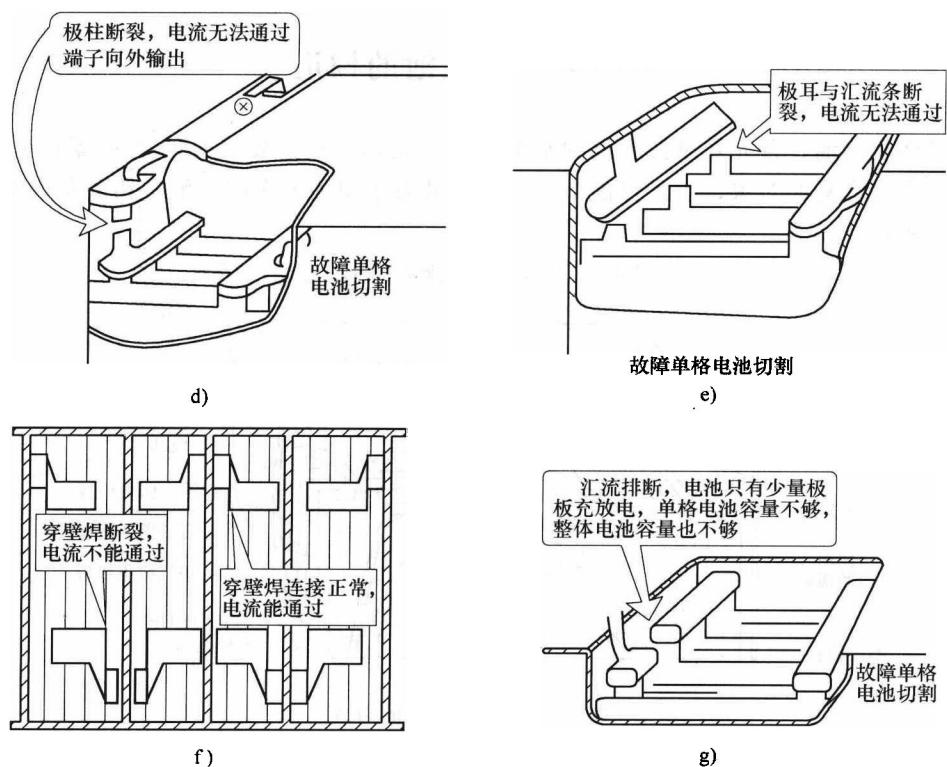


图 1-4 (续)

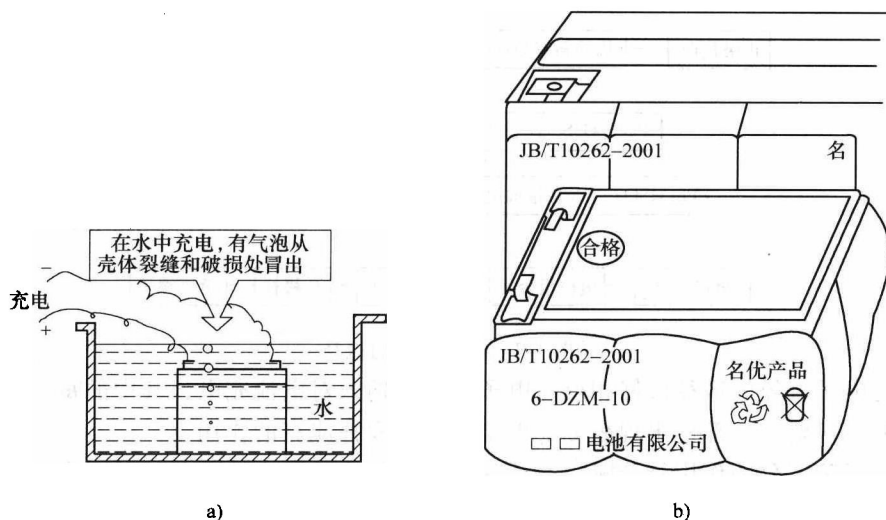


图 1-5 电池外观故障

我们分析了上述激活的过程，电池的硫化有其内在的原因。在没有找出电池的故障之前，所有的激活操作都是无效的，只有找出电池失效的根本原因所在，才能够把修复的电池放心地交付用户使用。

第四节 蓄电池的构造

学习修复电池，首先要掌握电池的基本构造，尤其是我们要针对的铅酸蓄电池的结构，这是我们主要修复的对象，也是目前市场上电动助力车使用最多的电池。铅酸蓄电池的构造如图 1-6 所示。

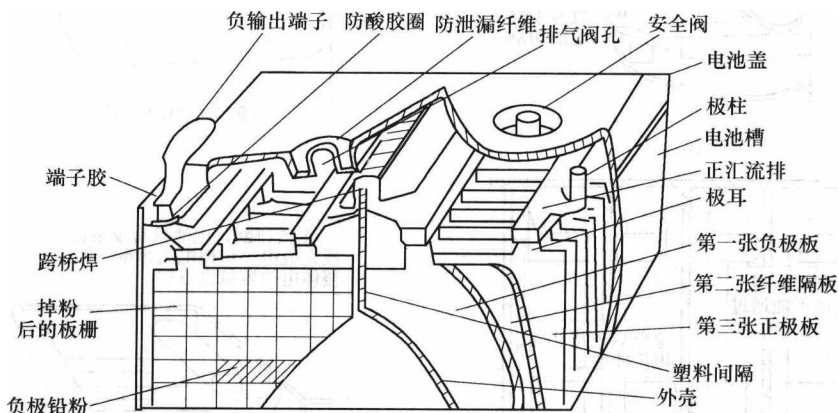


图 1-6 铅酸蓄电池的构造

密封铅酸蓄电池内部电子通道部分的电子流通的途径如图 1-7 所示。

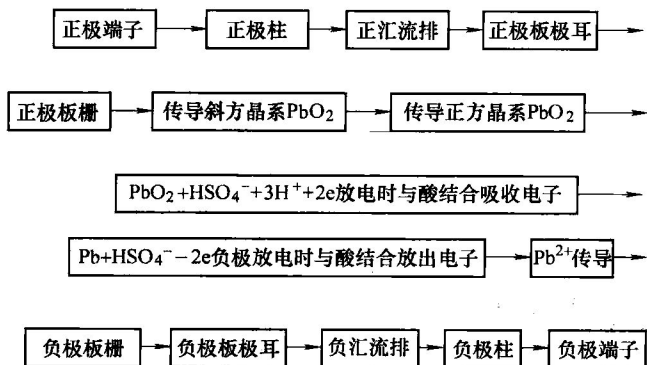


图 1-7 电子流通的途径

充电时电子流经的途径恰好相反，电子从负极输入对电池充电，其中的每一个部件都是紧密相连的，只要一个部件出现故障，电池就不会发挥应有的作用。

电池的保障部分的作用是分隔、密封保持电池的完整，支持各部件的正常运行。

它们是一个封闭的整体，由安全阀盖、安全阀、排气阀孔、电池盖端子胶、环氧树脂封口、分格电池槽等组成一个密封的空间，当内部气压达到 $1 \sim 3.5 \text{ kg/cm}^2$ 时为开阀压力，闭阀压力为 $0.3 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$ 。电池槽的各部件同样都要经受这一压力。

电池槽的标准还具有耐酸、耐冲击、耐高低温等性能要求。电池内部还有保持供酸、防短路的超细玻璃纤维、隔板和电解阀，组成一个完整且封闭的电池。

保障部分也同样重要，都要经过密闭性能测试，都要符合 JB/T 10262—2001。

第二章 多孔极板的构造与作用

第一节 极板的构造

极板是由铅膏涂在板栅上经过压实淋酸固化而成的，在制造极板时，分别制成的有正极板、负极板两种规格。

板栅合金配制：负极板板栅使用的配方（质量分数，下同）为铅 95% ~ 96.5%，锑 2% ~ 2.5%，砷 0.1% ~ 0.15%，锡 0.2%，铝 0.02%。正极板板栅使用的配方为铅 95% ~ 96.5%，锑 3.5% ~ 5%，锡 0.2%，铝 0.02%。

铅合金中加入锑，主要作用是使板栅对铅膏有较好的结合，而板栅加入其他的成分，则是防止板栅在使用时不被硫酸腐蚀，例如加入砷后，电池寿命能够延长 20% ~ 30%，在加入钙 0.09% ~ 0.1%、银 0.002% 后，会使板栅的抗腐蚀能力进一步加强，使用寿命更加延长，一般使用十几年都不会腐蚀。

板栅是支撑活性物质的有力支架，也是传递和汇集电流的导体，如果板栅一旦腐蚀断裂，就是电池失效的主要原因之一。

铅粉（ PbO ）利用球磨法制造，将铅球或者铅块装入滚筒内磨成粉，又称巴顿铅粉。第二种方法是气相氧气法，即将铅溶化后用喷雾的方法制成。所谓的铅粉，实际上是外表层包有氧化铅（ PbO ）的细粉粒，而废旧电池和硫酸溶液抽出的粉状物质，并非是铅粉 PbO ，而是 PbSO_4 和 PbO_2 等混合物，这种物质只有还原成电解铅后，才能够制成 PbO 。细粉的尺寸越小越好。在获得铅粉以后，还得按照不同成分调成铅膏，正、负极板的配方如下：

正极板铅膏配方：铅粉（ PbO ）、水、硫酸、涤纶纤维。

负极板铅膏配方：铅粉（ PbO ）99.5%、硫酸钡 0.3%、木素磺酸钠 0.2%、水、硫酸、涤纶纤维。

上述两种配方是不能够混合的，它们在按照各自的配方合成铅膏后，就可以涂在板栅上制成生极板，其操作流程如图 2-1 所示。

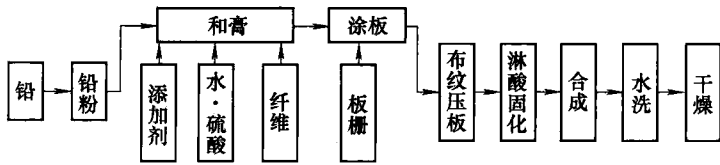


图 2-1 极板制作流程示意图

第二节 极板的多孔结构

制成的极板一般凭人的肉眼是看不见多孔结构的，但是可以感觉到是有孔的。例如，滴一滴水在平行放置的极板上，看到这一滴水就会很快被吸干。假如这块极板是没有孔的，我

们会看到这滴水是不会立即干的。这个试验证明,极板上是有微小的孔,同时这种孔也是利于 H_2SO_4 和水的通过。

极板上的这种孔分为三种形式,通孔、半通孔和闭孔,如图 2-2 所示。

这是从几何角度了解极板的三种形式的孔,然而把实际的极板进行放大,它就是由很多 PbSO_4 、 PbO 、 PbO_2 小颗粒分子和一些 $\text{PbO} \cdot \text{PbSO}_4 \cdot \text{PbO} \cdot \text{PbSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 大颗粒组合分子以及涤纶纤维组成。

化学添加剂的混合物体并非如化学方程式一样,是很简单的单一物质,尤其是正极板,从单一的 PbO_2 结构来分析,还分有 $\alpha\text{-PbO}_2$ (斜方晶系) 和 $\beta\text{-PbO}_2$ (正方晶系),这些孔就好像是打石场上堆放的大块石头一样,石头与石头之间是有通道的。然而同样是极板,正极板与负极板又有不同。

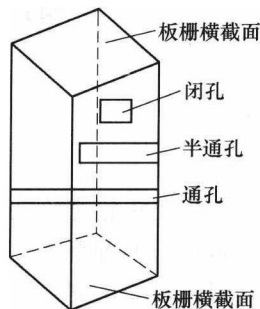


图 2-2 极板上孔道示意图

1. 正极板活性物质

正极板的主要活性物质是 PbO_2 , 而 PbO_2 又分为 $\alpha\text{-PbO}_2$ (斜方晶系) 和 $\beta\text{-PbO}_2$ (正方晶系), 在这两种 PbO_2 中, 斜方晶系 $\alpha\text{-PbO}_2$ 的密度要比正方晶系 $\beta\text{-PbO}_2$ 高。也就是说, 斜方晶系 $\alpha\text{-PbO}_2$ 比正方晶体 $\beta\text{-PbO}_2$ 连接要紧密, 电化当量分析表明, $\beta\text{-PbO}_2$ 的比 $\alpha\text{-PbO}_2$ 高 2 倍以上。

在导电方面, 通过实验测得 $\alpha\text{-PbO}_2$ 的电阻率为 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$, $\beta\text{-PbO}_2$ 的电阻率为 $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$, 由此可见, $\alpha\text{-PbO}_2$ 的电导率稍差。

在正极板中, 由于 $\alpha\text{-PbO}_2$ 机械强度大一些, 它的主要作用是作为极板的支撑骨架与板栅结合, 而电化当量大的 $\beta\text{-PbO}_2$ 则主要与 H_2SO_4 作用进行充放电。当然, 由 $\alpha\text{-PbO}_2$ 和 $\beta\text{-PbO}_2$ 组成的正极板中, 是有很多通孔的, 作为 H_2O 和 H_2SO_4 通道, 如图 2-3 所示。

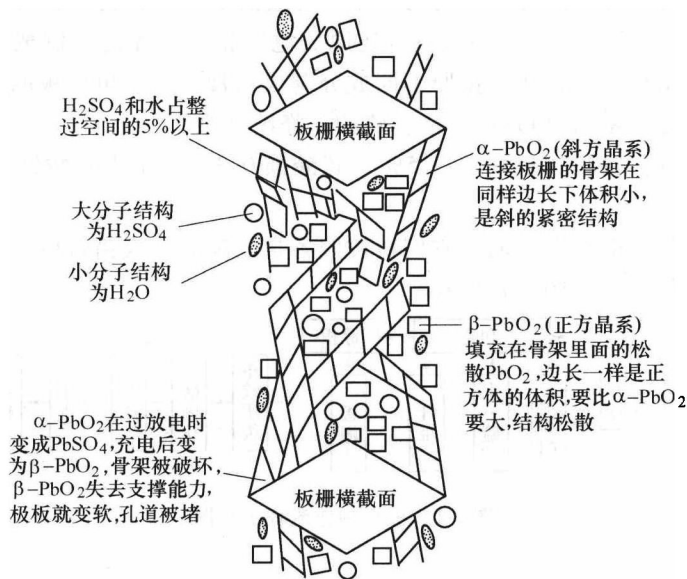


图 2-3 正极板截面示意图

在拆卸失效单格电池的正极板时, 我们发现在正极板表面用牙签轻轻一划, 它就会深到里面去, 这就是正极板软化了, 而防酸隔爆式铅酸蓄电池在失去 $\alpha\text{-PbO}_2$ 的支撑下, 也会纷

纷脱落掉粉。

二氧化铅是多晶型化合物, 所谓的 α - PbO_2 和 β - PbO_2 根据很多人的研究, 可以得出 α - PbO_2 是斜方晶系, 而 β - PbO_2 是正方晶系, 由它们的结构形状可以看出, 正方晶系的体积要大, 同样是一个 PbO_2 , 那么正方晶系的密度就没有斜方晶系的大, 也有很多的测定方法。 α - PbO_2 的表面积小于 β - PbO_2 , 在密度上, α - PbO_2 大过 β - PbO_2 , 它们的示意图如图 2-4 所示。

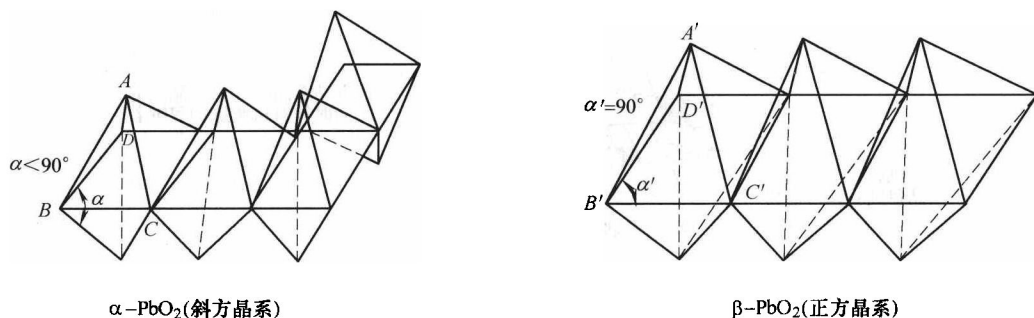


图 2-4 两种 PbO_2 结构示意图

在电子显微镜下观察, 斜方晶系 PbO_2 结晶粒的尺寸大, 晶粒面光滑, 它是几个分子紧密连接在一起的结晶。晶系的尺寸是 $AB = 0.5939\text{nm}$, $AC = 0.5486\text{nm}$, $BC = 0.4937\text{nm}$, $\angle DBC < 90^\circ$ ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$)。

正方晶系 PbO_2 即 β - PbO_2 在电子显微镜下观察, 结晶粒小、松散多、不坚固、看不到大块的晶体, 它的尺寸是 $A'B' = 0.3378\text{nm}$, $B'D' = B'C' = 0.4945\text{nm}$, $A'C' = 0.3378\text{nm}$, $\angle D'B'C' = 90^\circ$ 。

二氧化铅的结构就像水一样, 在温度 0° 时, 水的结构是 $(\text{H}_2\text{O})_3$ 较多, 而当大于 0° 时, 水的结构又是 $(\text{H}_2\text{O})_2$ 较多, 在水的溶液中有三分子体和二分子体, 同样是 PbO_2 中也有松散的正方晶系和密度相对较高的斜方晶系 PbO_2 , 它们都是铅粉 (PbO) 淋酸固化而得到的产物, 淋酸多, 则生成正方晶系的 PbO_2 多, 淋酸少, 则生成斜方晶系的 PbO_2 多。

2. 负极板活性物质

负极板与正极板大不一样, 它们在板栅的合金配方上都各自不同, 正因为如此, 负极板在运行时是不存在软化的, 也就是说负极板越软, 那么它的充放电的效果就越好。

事实上, 负极板在拆解时, 通过能够正常充放电的极板可以发现, 当用手指压下时, 极板会软下去, 这样的负极板才是好的, 也就是说, 这种活性物质具有海绵状结构金属结晶, 它是一种灰色而失去金属铅光泽的松散铅, 它的孔率达 60% 以上, 有丰富的表面积与硫酸接触, 接触多, 则活性大。

所谓电池的硫化, 只是针对负极板而言, 其孔道由于大颗粒硫酸铅结晶而堵塞, 从而减少了与硫酸的接触面积, 因而失去了活性。

在负极板中, 为了防止孔道堵塞, 一般在制作负极板时, 都加了有机膨胀剂 (木素磺酸钠), 用来防止 Pb 之间靠得太近, 加入无机膨胀剂硫酸钡, 作为 PbSO_4 的结晶核种。

为了表达清楚, 我们把负极板裁去一部分, 可以看出各物质的结构状态, 如图 2-5 所示。

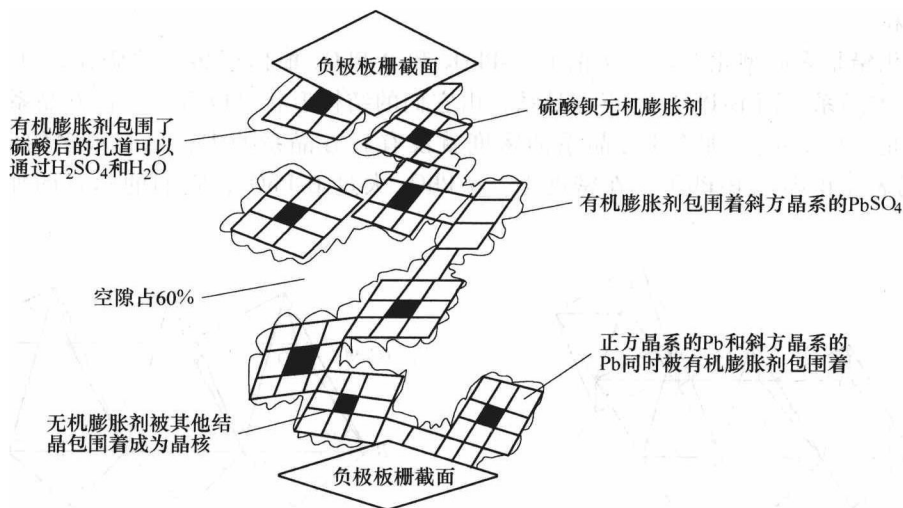


图 2-5 负极板示意图

由于有机膨胀剂吸附， Pb 就无法向外生长，负极板的孔道就无法堵塞。无机膨胀剂成为晶核，其他 PbSO_4 都向晶核 BaSO_4 靠拢结晶。孔道的形成占整个极板的 60% 以上，由负极板的充放电机理可见：任何一个游离的 PbSO_4 分子，先溶解成 Pb^{2+} 和 SO_4^{2-} 。 Pb^{2+} 接受 Pb 由电路传来的电子 $2e$ ，进行阳极还原成 Pb 和 H_2SO_4 ，那么 Pb 就会堆积得越来越多，它不但堵塞孔道，还可以生长，到达正极板时会形成电池的短路。

由于有机膨胀剂的吸附作用，能阻止铅绒的生长，保持孔道，使负极板具有海绵状的大面积活性 Pb 。

负极板盐结晶，也就是人们常说的电池的硫化 and 钝化。负极板是否具有活性，主要是极板的孔道所占的空间和孔道是否流畅。如果是大颗粒硫酸铅重结晶，孔道基本上都没有了。负极板盐结晶示意图如图 2-6 所示。

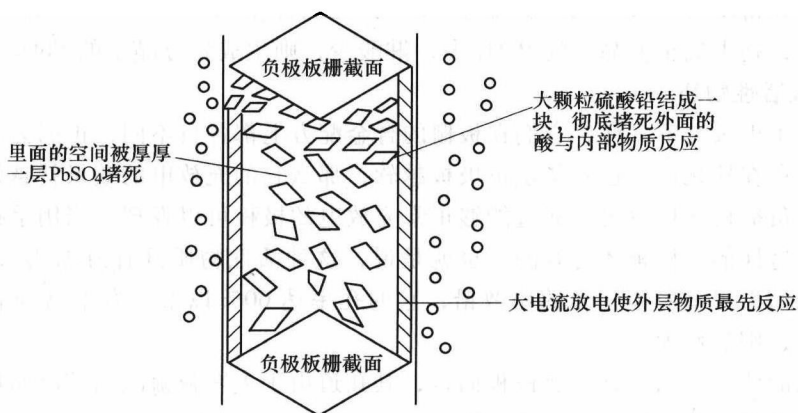


图 2-6 负极板盐结晶示意图

虽然负极板有有机膨胀剂吸附的保护， Pb 就无法向外生长，只在极板内部溶解、沉淀，但是一切弥散在电池内的 PbSO_4 游离到隔板中，一旦碰上负极板，这种物质很快还原成铅，经过多次还原后，在负极板的绒状铅很快到达正极板而形成短路，称之为枝晶短路。绒状铅