

铅酸蓄电池 制造与过程控制

伊晓波 编著

BATTERY BATTERY
BATTERY BATTERY
BATTERY BATTERY
BATTERY BATTERY

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



铅酸蓄电池 制造与过程控制

伊晓波 编著



机械工业出版社

本书较详细地论述了铅酸蓄电池的制造技术和生产过程控制的基本要求以及工序质量控制的内容。

全书共分十章：第一章简要地介绍了铅酸蓄电池的发展史和铅酸蓄电池的基本结构、分类及基本的生产工艺流程图；第二章概述了铅酸蓄电池生产过程控制的基本要求，包括质量管理术语、生产特点、工序控制的概念及控制要点、方法等；第三章至第九章论述了板栅、铅粉、和膏、涂板、固化干燥、化成及装配的生产技术和过程控制的有关内容，同时对铅酸蓄电池电化反应的基础理论及有关的工艺配方也进行了基本的阐述；第十章主要介绍了铅酸蓄电池的一些基本特征。

本书以铅酸蓄电池实际生产的过程控制为主题，在质量控制的各个环节和生产过程具体的操作细节上予以展开，理论联系实际，具有很强的实用性，可供从事铅酸蓄电池制造的有关技术人员、管理人员和实际操作人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

铅酸蓄电池制造与过程控制/伊晓波编著. —北京：机械工业出版社，2004.5

ISBN 7-111-14415-5

I. 铅... II. 伊... III. ①铅蓄电池—制造②铅蓄电池—生产过程—质量控制 IV. TM912.15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 040358 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：李振标 版式设计：冉晓华

责任校对：李秋荣 责任印制：李 妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

850mm×1168mm $\frac{1}{32}$ ·11.75 印张·2 插页·311 千字

0 001—4 000 册

定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

铅酸蓄电池是将电能转换为化学能储存起来，又能将化学能转换为电能释放出去的一种电化学装置，其生产制造的专业化程度较高。在工序产品特性的形成过程中，有诸多的物理变化与化学变化，相互交织及电能、化学能、热能和机械能的相互转化，且有一些工序产品的特性无法通过生产后的检验或不能经济的检验来确定，从而使得产品质量在形成的过程中受人员、工装设备、作业方法、材料、环境等各种因素的约束，因而，在生产过程中，对这些因素采取科学有效的控制方法显得格外的重要。

作者从事质量工作多年，并现场观摩过上百家铅酸蓄电池生产厂的实际情况，认为目前国内许多企业普遍存在过程控制手段薄弱的现象，特别是在一些中小企业更为突出，由于没有科学有效的过程控制手段，使得生产的产品质量波动性较大。因此，根据铅酸蓄电池的制造工艺，结合铅酸蓄电池行业实际生产情况，作者在本书中着重阐述了铅酸蓄电池的制造及生产过程中质量控制的内容要求，目的是给从事铅酸蓄电池生产制造及生产管理人员提供一本关于过程控制方面的参考资料，同时提供部分铅酸蓄电池的工艺配方示例供参考。

目前，国家对铅酸蓄电池产品已经实施了生产许可证制度，企业必须是在生产条件及产品质量符合国家有关规定之后方可生产和销售铅酸蓄电池产品，因此，作者根据“铅酸蓄电池产品生产许可证企业生产条件审查办法”的内容，在本书中对质量管理和质量控制的基本要求进行了一些阐述，供申证企业予以参考。

在本书的编写过程中敬请了铅酸蓄电池行业的前辈吴寿松老先生，为本书撰写了第一章绪论；同时，沈阳蓄电池研究所所长于同双先生对本书进行了最后审定，对此，深表谢意。

由于作者水平有限，书中所阐述的内容可能会存在一些错误和不足之处，恳请广大读者赐教，以便本书再版时予以完善。

伊晓波

2004年3月3日于沈阳

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 铅酸蓄电池发展简史	1
第二节 中国铅酸蓄电池发展史	3
第三节 铅酸蓄电池的基本结构与分类	8
一、铅酸蓄电池的主要品种	8
二、铅酸蓄电池的分类	10
第四节 铅酸蓄电池存在的问题及改进方向	11
第二章 铅酸蓄电池生产过程控制的基本要求	17
第一节 过程控制涉及的有关质量和管理术语	17
第二节 铅酸蓄电池生产的特点	26
第三节 工序质量的波动	28
第四节 工序质量控制	30
一、工序质量控制的概念	30
二、工序质量控制的要点	30
1. 人的因素的控制	30
2. 设备因素的控制	33
3. 工装因素的控制	35
4. 计量器具因素的控制	36
5. 物料因素的控制	39
6. 方法因素的控制	40
7. 环境因素的控制	43
8. 检验因素的控制	43
9. 记录因素的控制	45

10. 不合格品的控制	46
11. 定置管理因素的控制	48
第五节 产品质量特性的重要度分级	51
一、产品质量重要度分级的概念	51
二、质量特性重要度分级的意义和作用	52
三、分级的方法和原则	53
1. 分级	53
2. 分级的依据	53
3. 分级的标记与标注	53
四、质量特性重要度分级的传递	57
五、质量特性重要度分级管理中要注意的几个问题	57
第六节 工序质量控制图	57
一、数据的基本常识	57
1. 数据的分类	58
2. 数据的特征数	59
二、质量特性值的分布	61
1. 质量特性的差异性	61
2. 正态分布的性质	62
3. 母体与试样的关系	64
三、控制图	65
1. 控制图的概念	65
2. 控制图的基本形式	66
3. 界限的计算	66
4. 控制图的种类	67
5. 控制图的观察分析	75
6. 控制图法在应用中常见的问题	77
第三章 板栅制造过程及质量控制	79
第一节 板栅制造所用的材料	79
一、铅的性质和技术标准	79
1. 铅的性质	79
2. 铅的技术标准	80

二、铅基合金	81
1. 铅锑合金 (Pb-Sb)	81
2. 铅锑砷合金 (Pb-Sb-As)	83
3. 铅锑砷锡合金 (Pb-Sb-As-Sn)	84
4. 铅锑砷锡铜合金 (Pb-Sb-As-Sn-Cu)	85
5. 铅锑砷锡铜硒(硫)合金 [Pb-Sb-As-Sn-Cu-Se (S)]	85
6. 铅锑砷镉合金 (Pb-Sb-As-Cd)	86
7. 铅钙合金 (Pb-Ca)	87
8. 铅钙锡合金 (Pb-Ca-Sn)	88
9. 铅钙锡铝合金 (Pb-Ca-Sn-Al)	89
第二节 板栅制造工艺流程	90
一、板栅制造工艺流程图	90
二、合金的配制	90
1. 铅锑合金的配制	90
2. 铅锑砷合金的配制	93
3. 低锑六元(铅锑砷锡铜硒)合金的配制	93
4. 铅钙锡铝合金的配制	94
三、合金的熔化	94
四、浇铸模具的温度调整	94
五、喷模、刮模	94
1. 脱模剂的配制	95
2. 喷模、刮模使用的工具	95
3. 喷模、刮模程序	95
4. 浇铸、修剪平整	96
5. 检查、贮存	96
第三节 板栅的质量标准	96
第四节 板栅制造过程的质量控制	97
一、板栅设计的影响	97
二、合金材料质量与配比的控制	98
1. 合金的质量	98
2. 合金的蒸发与烧损	99
三、合金在浇铸过程中的冷却速度	100
四、合金温度的控制	101

五、模具温度的控制	102
六、喷模、刮模的控制	103
七、浇铸方法的控制	105
八、板栅剪切、平整及贮存的控制	109
1. 剪切、平整的质量控制	109
2. 板栅贮存的质量控制	110
九、板栅检验的质量控制	111
1. 合金材料质量配比的检验	111
2. 模具的检验	112
3. 脱模剂的检查	112
4. 板栅表观质量、厚度、重量及酥脆程度的检查	112
5. 板栅“冷裂”的检查	113
6. 贮存条件的检查	114
十、过程控制文件及记录表格	114

第四章 铅粉制造过程及质量控制 116

第一节 铅粉的性质	116
一、铅粉的结构	116
二、铅粉的氧化度	116
三、铅粉的堆集密度（表观密度）	118
四、铅粉的孔隙率	119
五、铅粉的分散度	120
六、铅粉的吸水率	121
七、铅粉的吸酸值	121
第二节 铅粉制造工艺流程	122
一、铅粉制造工艺流程图	122
二、球磨法制铅粉	122
1. 铸球（铸块）	123
2. 制粉	123
3. 收粉	124
4. 铅粉的贮存	127
三、气相氧化法制铅粉	127
第三节 铅粉的质量指标	128

第四节 铅粉制造(球磨法)过程的质量控制	129
一、电解铅原料的质量控制	129
二、铅粉机(球磨机)最佳负荷量的控制	131
三、铅粉机(球磨机)筒体内温度的控制	133
四、铅粉机(风选式)鼓风、抽风的控制	136
五、环境温度、相对湿度的控制	138
六、铅粉贮存过程中的质量控制	138
七、铅粉机的自动控制	140
八、铅粉检验的质量控制	140
1. 电解铅的质量检验	141
2. 铅粉机及辅助系统的检验	141
3. 铅粉质量指标的检验	142
九、过程控制文件及记录表格	144
第五章 铅膏制造过程及质量控制	146
第一节 铅膏的性质	146
一、铅膏的类型	146
二、铅膏的视密度	146
三、铅膏的稠度	148
第二节 铅膏的和制过程	148
一、铅膏和制使用的设备——和膏机	149
二、铅膏形成的机理及纯水、硫酸的作用	150
1. 铅膏形成的机理	150
2. 水在和膏中的作用和技术指标	152
3. 硫酸在和膏中的作用和技术指标	152
三、铅膏用添加剂及作用	153
1. 正极铅膏用添加剂	154
2. 负极铅膏用添加剂	158
3. 铅酸蓄电池用添加剂的技术指标	162
第三节 铅酸蓄电池铅膏工艺配方示例	165
一、起动用铅酸蓄电池的(干式荷电)铅膏工艺配方	165
二、固定型阀控密封式铅酸蓄电池铅膏工艺配方	166

三、小型阀控密封式铅酸蓄电池铅膏工艺配方	167
四、摩托车用铅酸蓄电池铅膏工艺配方	168
五、牵引用铅酸蓄电池铅膏工艺配方	169
六、电动助力车用铅酸蓄电池铅膏工艺配方	169
第四节 铅膏制造过程的质量控制	170
一、铅膏制造所使用的物料数量及质量控制	170
1. 铅粉的数量和质量控制	170
2. 各类添加剂的质量控制	171
二、添加剂添加方式的控制	172
三、水的添加方式与添加量的控制	173
四、硫酸添加方式与添加量的控制	174
1. 硫酸用量的影响	176
2. 硫酸添加方式的影响	176
3. 搅拌时间的影响	177
五、和膏过程中铅膏温度的控制	178
六、铅膏出膏、存放及使用的质量控制	179
1. 铅膏的表现密度及稠度	179
2. 铅膏出膏时的温度控制	179
3. 铅膏存放期的质量控制	180
4. 铅膏使用的质量控制	180
七、和膏过程质量控制文件及记录表格	180
第六章 涂板、灌粉（或挤膏）过程及质量控制	182
第一节 涂板工艺流程	182
一、手工涂板	182
二、机械涂板	184
1. 带式涂板机的基本结构	184
2. 涂板机的运行程序	184
3. 极板表面干燥	185
第二节 管式极板的填注工艺流程	186
一、灌粉	186
二、挤膏	187

三、封底	187
第三节 涂板过程的质量控制	188
一、涂膏量及涂填均匀性的控制	188
二、极板涂填量及涂填均匀性检验的控制	193
三、极板涂填后压实及淋酸（浸酸）的控制	195
四、极板水分的控制	197
五、过程控制文件及记录表格	200
第七章 极板的固化干燥过程及质量控制	202
第一节 极板在固化干燥过程中的物化反应	202
一、铅膏中游离铅进一步氧化成氧化铅	202
二、极板板栅表面生成腐蚀层	203
三、碱式硫酸铅的再结晶	204
四、铅膏的脱水硬化及多孔电极的形成	205
第二节 极板固化干燥的工艺条件	208
一、影响极板固化干燥的因素	208
1. 空气中的氧气含量	208
2. 环境温度	209
3. 环境湿度	210
4. 固化干燥时间	211
二、极板固化干燥的工艺规程	212
1. 湿处理阶段	212
2. 铅氧化阶段	212
3. 干燥阶段	213
三、固化的工艺条件	214
四、固化干燥的环境设施	215
1. 自然环境固化干燥	215
2. 蒸汽加热加湿固化干燥	216
3. 电加热加湿固化干燥	216
4. 全自动控制系统固化干燥	217
第三节 生极板的质量标准	219
一、涂膏式生极板的质量指标	219

二、管式生极板的质量指标	219
第四节 极板固化干燥过程的质量控制	220
一、极板含水量的控制	220
二、极板存放架及极板放置方式的控制	222
1. 极板存放架材质的控制	222
2. 极板放置高度的控制	223
3. 极板在极板架上排列位置的控制	223
4. 固化室凝结水的控制	224
三、固化室内氧气量的控制	224
四、固化室温度、湿度及固化干燥时间的控制	224
1. 固化室温度的控制	224
2. 固化室湿度的控制	226
3. 固化干燥过程时间的控制	227
五、固化干燥过程质量控制文件及记录表格	228
第八章 极板化成过程及质量控制	229
第一节 极板化成机理	229
一、化学反应	230
二、电化学反应	230
1. 正极：化成初期的氧化反应	231
2. 负极：化成初期的还原反应	233
三、电解液的变化	234
四、析气	234
第二节 极板化成的条件	235
一、极板槽化成的条件	236
1. 制备电解液的要求	236
2. 化成槽及极板装槽方式	245
3. 极板的连接方法	246
4. 化成充电制式	248
5. 出槽、水洗、干燥及干荷电极板浸渍阻氧剂	258
二、电池化成的条件	262
1. 电解液的制备	262
2. 充电制式	262

3. 电池化成的温度	264
4. 电池化成的电解液密度变化	264
第三节 熟极板的外观、外形质量及活性物质组份的要求	265
一、熟极板活性物质主要成分含量的要求	265
二、涂膏式极板的外观及外形质量要求	265
三、管式极板的外观及外形质量要求	266
第四节 极板化成过程中的质量控制	266
一、化成电解液的控制	267
1. 化成电解液纯度的控制	267
2. 化成电解液密度的控制	271
3. 化成电解液数量的控制	272
4. 化成电解液温度的控制	273
二、装槽焊接的质量控制	274
三、不焊接化成的质量控制	275
四、化成电流的控制	277
五、通电操作与化成检查的控制	278
六、极板出槽水洗的质量控制	280
七、干荷电极板浸渍阻氧剂的控制	280
八、干荷电极板干燥的控制	281
九、化成、干燥后劣态极板的质量分析	281
1. 极板表面存有白色层状物质	281
2. 极板表面存有白斑白点	282
3. 极板活性物质松散、脱落	282
4. 极板弯曲	282
5. 极板活性物质裂纹（主要是负极板）	283
十、半化极板的处理	283
十一、化成过程质量控制文件及记录表格	284
第九章 铅酸蓄电池的装配过程及质量控制	286
第一节 铅酸蓄电池零部件及技术要求	286
一、极板	286
二、隔板	286
1. 微孔橡胶隔板	287

2. 烧结聚氯乙烯隔板	288
3. 熔喷聚丙烯隔板	289
4. 微孔聚乙烯隔板	290
5. 超细玻璃纤维隔板	291
三、槽、盖	292
四、电解液	293
五、铅零件	294
六、工作栓	294
七、胶零件	294
第二节 装配工艺流程	295
一、分板刷耳	295
二、配组	296
三、极群组焊	296
1. 气焊	296
2. 铸焊	297
四、装槽	298
五、外连接及单体电池装、封盖及连接焊、端子焊	299
1. 沥青封口剂封合法	299
2. 环氧树脂粘合剂封合法	300
3. 热熔封合法	301
六、内连接焊	303
1. 穿壁焊	303
2. 跨桥焊	305
七、气密性检查	305
八、密封蓄电池的灌酸及干荷电蓄电池的封口	305
第三节 装配过程的质量控制	306
一、焊接的质量控制	307
1. 极群组焊的质量控制	307
2. 插(包)隔板的质量控制	311
3. 穿壁焊过程的质量控制	312
4. 端子焊接的质量控制	316
二、槽、盖封合过程的质量控制	317
1. 沥青封口剂封合法的质量控制	317
2. 环氧树脂封合法的质量控制	318

3. 热封合法的质量控制	319
三、过程控制文件及记录表格	320
第十章 铅酸蓄电池的特征	321
第一节 铅酸蓄电池的电动势	321
第二节 铅酸蓄电池的内阻	323
第三节 铅酸蓄电池的端电压	324
一、充电过程中端电压的变化	324
二、放电过程中端电压的变化	325
第四节 铅酸蓄电池的容量	327
1. 活性物质的影响	329
2. 极板厚度的影响	329
3. 极板面积的影响	329
4. 活性物质孔隙率的影响	330
5. 极板中心距的影响	330
6. 活性物质组成的影响	331
7. 电解液密度及纯度的影响	331
8. 电解液温度的影响	331
9. 放电电流的影响	332
10. 放电终止电压的影响	332
第五节 铅酸蓄电池的荷电状态	332
第六节 铅酸蓄电池的自放电	334
一、负极产生的自放电	334
二、正极产生的自放电	334
第七节 铅酸蓄电池的能量	335
第八节 铅酸蓄电池的功率	336
第九节 铅酸蓄电池的效率	337
附录	339
附录 A 蓄电池名词术语	339
附录 B 铅酸蓄电池部分配套企业名录	353
参考文献	357

第一章 绪 论

第一节 铅酸蓄电池发展简史

公认铅酸蓄电池由法国人普兰特 (G.Plante) 创制, 他于 1860 年向法国科学院送交样品, 时年方 26 岁。其蓄电池构造是用两块铅皮, 中间用橡胶条隔开, 浸在 10% 的稀硫酸中, 经过正向充电、停止、反向充电。如此反复进行, 所得产品能以比当时任何一次电池更大的电流放电。但当时发电机尚未问世, 他只能用一次电池作为充电电源, 耗费自然很大, 他的蓄电池仅成为实验室的一种新事物, 直到 13 年后即 1873 年, 直流发电机问世, 铅酸蓄电池才逐步走向实用化。

虽然有了直流发电机, 但是反复充电以形成极板的活性物质仍嫌太麻烦, 1881 年法国人富尔 (Faure) 发明以铅化合物涂在铅片上, 可以很快形成活性物质, 差不多同时, 英国人色隆 (Sellon) 发明了铅锑合金板栅, 这种板栅与富尔涂粉方法结合, 出现了所谓涂膏式极板。这种生产方法简易可行, 大大便于生产。稍后, 普兰特式制造极板的方法也有了改进, 即在稀硫酸中加腐蚀剂如过氯酸钾等, 则活性物质可以较快生成, 这种由铅基板的电化学方法生成活性物质而构成的正极板称为形成式极板。虽然生产仍比涂膏式复杂, 耗铅也多, 但寿命特长, 直到上世纪末, 仍有少量生产。

1910 年起, 铅酸蓄电池生产受到两项大的推动力: 一是汽车开始用它来做起动、照明、点火三项任务, 这就需要较轻, 能发出很大电流的产品, 并由于汽车数量增加之快, 促进了铅酸蓄电池的工业化生产; 二是电话业采用铅酸蓄电池作为备用电源, 要求安全可靠并能使用多年的蓄电池。从此以后铅酸蓄