

铅酸蓄电池 工艺学概论

An Introduction to technology of lead-acid battery

刘广林 著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



铅酸蓄电池工 艺学概论

An Introduction to
technology of
lead-acid battery

刘广林 (LIU) 主编

刘广林 著



机械工业出版社

本书从铅酸蓄电池的生产实践出发,深入浅出而又清晰严谨地叙述了铅酸蓄电池的基础理论和工艺技术原理。

本书对铅酸蓄电池的产品设计和工艺质量控制作出了定量的、数学解析的讲述,避免泛泛地空洞叙述。

本书根据电化学原理,定量地导出了铅酸蓄电池生产过程中的工艺参数之间的函数关系以及它们和蓄电池电性能之间的定量关系,力求做到理论与生产实践紧密结合。

本书详细叙述了铅酸蓄电池生产的工艺流程,有关的技术要点,汇集了必要的数表,讨论了铅酸蓄电池运行与生产过程中的重要问题。

本书是从事铅酸蓄电池开发研究、设计生产和使用的工程技术人员、相关企业事业领导人和高等院校有关专业师生的真挚朋友。

图书在版编目 (CIP) 数据

铅酸蓄电池工艺学概论/刘广林著. —北京:机械工业出版社, 2008. 10

ISBN 978 - 7 - 111 - 24939 - 9

I. 铅… II. 刘… III. 铅蓄电池 - 生产工艺 - 概论
IV. TM912. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 127317 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:张世琴 责任校对:程俊巧

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

三河市宏达印刷有限公司印刷

2009 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

140mm × 203mm · 12.5 印张 · 333 千字

0001 - 4000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 24939 - 9

定价: 29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面防伪标均为盗版

前 言

铅酸蓄电池是法国人普朗特 (G. Planté) 于 1859 年发明的。历经 140 余年的发展, 铅酸蓄电池无论是产量 (按电量计算) 或产值, 在世界范围内多年来都居各种化学与物理电源的首位, 形成了较完整的工业部门和相对独立完整的科学技术体系。20 世纪后期发展起来的免维护铅酸蓄电池, 使其应用不再局限于传统的领域——车辆发动机起动、电力牵引和通信等设备的应急备用电源, 现已逐步扩大至电厂负荷均衡的贮能装置, 计算机不间断电源的重要组成部分以及仪器、电动工具、玩具的工作电源等。到 20 世纪 90 年代中期, 它仍然是电动汽车的重要候选甚至是首选动力电源。至今电动助力车的动力电源几乎全部都是铅酸蓄电池。

有关铅酸蓄电池的基础理论和研究课题不仅属于经典的化学热力学、电化学、电极过程动力学, 而且涉及结构化学、表面化学、分析化学以及金相学、冶金学、材料学等多门学科。实验研究所采用的手段和仪器, 更离不开现代化学、现代电子学和计算机等学科的成就。铅酸蓄电池工业的生产发展, 则有赖于工业自动化、计算机辅助设计与制造、网络化管理以及环境科学等技术学科的介绍与推动。

近年来, 我国的铅酸蓄电池工业迅速发展。到 21 世纪初, 铅酸蓄电池生产厂家和公司已超过 3000 家, 相关的原材料、零部件、生产与测试设备、仪器及环境保护设备的厂家

与公司也数以千计，工程技术人员和管理人员数以万计。诸多高等院校设置了化学电源专业。2005年还首次开设了以铅酸蓄电池为主要课题的化学电源专业工程硕士研究生班。

与迅速发展的铅酸蓄电池工业生产相比较，我国出版的有关技术专著不多，专为工厂或公司的工程技术人员和管理人员所写的著作尤其少。本书从铅酸蓄电池的生产实践出发，融入作者已发表的论文的部分内容，从理论与实践相一致的角度阐述有关工艺技术原理。

为涉及多门学科、内容博大精深又不断丰富着内涵的铅酸蓄电池写一本工艺学著作，是作者多年来的愿望，但又深感学识、能力和水平不足。对书中谬误不当之处，请读者不吝赐教。

借此机会对本书各章所引文献的著者谨致衷心的感谢。这些专家的研究成果为推动铅酸蓄电池的发展作出了重要贡献。

刘广林

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 铅酸蓄电池技术发展概况	1
第二节 铅酸蓄电池的特点	4
第三节 铅酸蓄电池的理论基础和有关电性能的几个术语	7
第四节 铅酸蓄电池生产工艺流程	9
参考文献	11
第二章 合金与板栅	12
第一节 铅、锑	12
第二节 Pb-Sb 合金性质与相图	15
第三节 Pb-Sb 合金中的其它元素	22
第四节 Pb-Ca 合金	27
第五节 合金配制	30
第六节 脱模剂和浇口涂剂	31
第七节 板栅铸造	33
第八节 板栅构型与板栅设计的几个问题	35
第九节 Pb-Sb 板栅合金的分析	38
第十节 Pb-Ca 板栅合金的分析	43
参考文献	46
第三章 铅粉	48
第一节 铅的氧化物	48
第二节 球磨铅粉与巴顿铅粉	51
第三节 球磨铅粉生产工艺	54
第四节 巴顿铅粉的生产	59

第五节 铅粉的特性	60
第六节 铅粉的电化学当量	65
参考文献	67
第四章 铅膏、涂填与固化干燥	68
第一节 铅的化学性质	68
第二节 含氧酸的铅(II)盐	69
第三节 和膏过程的化学反应	73
第四节 铅膏配方与和膏工艺	75
第五节 铅膏常数	82
第六节 铅膏方程	85
第七节 铅膏的表观密度与总水量	87
第八节 铅膏涂填与表面干燥	95
第九节 和膏过程中的热效应	97
第十节 铅膏中 $PbSO_4$ 含量与铅膏酸量的分析方法	105
第十一节 湿铅膏极板的固化	106
第十二节 铅粉与干铅膏质量的关系	111
第十三节 和膏工艺及铅膏配方的编制	112
第十四节 铅膏基本配方表	114
参考文献	115
第五章 化成	117
第一节 H_2SO_4 溶液的物理性质	117
第二节 化成概述	125
第三节 槽化成过程中的物理与化学变化	126
第四节 影响槽化成极板性能的参数	131
第五节 极板槽化成工艺要点	136
第六节 负极板的干燥	142
第七节 极板不焊接化成	145
第八节 蓄电池内化成工艺	146
第九节 正极板活性物质成分的分析	150
第十节 负极板活性物质成分的分析	152
第十一节 极板活性物质质量的变化	157

第十二节 关于 PbO_2 的结构	158
参考文献	162
第六章 铅酸蓄电池组装	164
第一节 铅酸蓄电池组装工艺流程	164
第二节 铅酸蓄电池组装涉及的几种材料	165
第三节 铅酸蓄电池组装手工操作要点	168
第四节 铅酸蓄电池槽、盖材料	172
第五节 铅酸蓄电池隔板	174
参考文献	176
第七章 铅酸蓄电池电化学	177
第一节 法拉第定律	177
第二节 铅酸蓄电池放电时的电迁移	179
第三节 $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{SO}_4$ 体系中 H_2SO_4 的活度系数 γ 与 H_2O 的活度	183
第四节 双电层和平衡电极电位、电动势	186
第五节 能斯特方程	190
第六节 电动势与温度的关系	196
第七节 氢标、参比电极	199
第八节 $\text{Pb}-\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{SO}_4$ 体系的 φ -pH 图	208
第九节 极化与过电位	215
第十节 浓差极化过电位	218
第十一节 电化学极化	222
第十二节 快速充电的电化学理论基础	225
第十三节 铅酸蓄电池电极过程动力学	232
第十四节 多孔电极理论	235
第十五节 铅和铅基合金的阳极腐蚀	238
参考文献	242
第八章 铅酸蓄电池性能	246
第一节 容量	246
第二节 荷电状态	264
第三节 能量与功率	278

第四节	首次注液与干荷电性能	283
第五节	荷电保持能力	291
第六节	水损耗与析气	295
第七节	耐振动性能	300
	参考文献	305
第九章	阀控密封式铅酸蓄电池	308
第一节	阀控密封式铅酸蓄电池 (VRLA) 的应用领域	308
第二节	VRLA 的理论基础	310
第三节	VRLA 的容量设计	311
第四节	VRLA 的极板设计	314
第五节	VRLA 的注液量与注液浓度	316
第六节	VRLA 的放电充电特性	319
第七节	安全阀	323
第八节	VRLA 设计与生产过程中的几个问题	325
第九节	VRLA 的电池内化成制度	327
第十节	VRLA 的早期容量损失、热失控和负极汇流排腐蚀	330
第十一节	VRLA 的充电和维护	333
	参考文献	335
第十章	充电和维护	337
第一节	充电接受能力	337
第二节	充电方法	343
第三节	起动用铅酸蓄电池的充电和维护	347
第四节	工业铅酸蓄电池的充电	349
	参考文献	350
附录		352
附录 A	常数	352
附录 B	水的性质	352
附录 C	换算因式	353
附录 D	部分常用缩写词	354
附录 E	汉英词汇对照	365

第一章 绪 论

第一节 铅酸蓄电池技术发展概况

铅酸蓄电池 (lead-acid battery) 最早是由盖斯腾·普朗特 (Gaston Planté) 于 1859 年发明的, 至今已有 140 余年的历史^[1]。今天, 铅酸蓄电池在世界范围内的产值产量方面, 仍居各种化学电源与物理电源首位。由于产品不断更新换代和日臻完善, 其应用已不再局限于传统的领域——车辆、船舶和飞机的发动机启动, 电动车辆的动力能源和通信等设施的电源及应急备用电源。

铅酸蓄电池广泛应用于铁路系统, 不论是内燃机车、电力机车或铁路客车, 它都是必需的重要设备能源。近年来迅速发展起来的电动汽车 (electric vehicle; EV) 和电动助力车即电动自行车 (electric bike), 铅酸蓄电池是前者的重要候选电源, 几乎是后者的唯一的实际应用的电源。铅酸蓄电池作为电厂负荷均衡的储能电源和计算机的不间断电源 (UPS) 的组成部分, 军用设施、单兵携带的电子设备以至于海军潜艇的工作电源甚至唯一的供电能源及仪器、玩具等的工作电源, 不断扩大其应用领域。

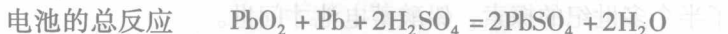
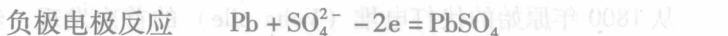
从 1800 年原始的伏打电堆 (Volta pile) 的首次发现, 经历了半个多世纪的探索, 铅酸蓄电池才问世。

1801 年, 戈泰罗特 (Gautherot) 已经观察到所谓“二次电流” (secondary current), 即在充电后可以得到和充电电流 (charge current) 方向相反的电流。两年之后, 李特尔 (Ritter) 提出大量不同的“二次电流”系统。德拉·里维 (Dela Rive) 从 1836 ~ 1843 年研究了 PbO_2 在硫酸溶液中作为正极 (positive

electrode) 的原电池 (primary cell)。1854 年, 辛斯泰登 (Sinstedeu) 系统地研究了硫酸溶液中的铅电极 (lead electrode) 并发现它能产生较大的“二次电流”。

铅酸蓄电池的几种电极的形式和主要工序的制造工艺是在 1860 ~ 1910 年的半个世纪中逐步确定下来的。最早出现的形成式极板 (formed plate; Planté plate) 目前只有少数厂家采用了。今天普遍采用的涂膏式极板 (pasted plate; grid type plate) 是福尔 (Faure) 在 1881 年首次提出的。稍晚, 福尔克马 (Volckmar) 发明了用多孔铅板支撑氧化物的袋式极板 (pocket type plate)。这可以看作是 20 世纪初发展起来的管式极板 (tubular plate) 的雏形。谢朗 (Sellon) 在 1881 年最先提出用 Pb-Sb 合金铸造板栅 (grid) 以提高液态合金的流动性和固态时的硬度。经过不断改进, 特别是加入锡、砷、银等成分, 这种以铅、锑分别为第一、二组分的合金 100 多年来在铅酸蓄电池板栅材料中长期占据主导地位。1935 年首次出现的无锑的铅钙 (Pb-Ca) 合金板栅, 直到 20 世纪 70 年代才迅速发展起来^[2]。密封蓄电池 (sealed battery) 和免维护蓄电池 (maintenance-free battery) 的进展, 要求把板栅合金中的锑含量降下来。

1880 年, 格莱斯顿 (Gladstone) 和特里波 (Tribe) 提出关于铅酸蓄电池反应的“双极硫酸盐理论” (double-sulfate theory), 认为铅酸蓄电池在放电时正极和负极 (negative electrode) 都生成硫酸铅^[3]:



关于这一理论争议了许多年, 到 20 世纪初从实验上证实了其正确性^[4]; 又经过 30 多年, 从热力学的角度再次证实其正确性^[5]。这一理论进一步得到确认。

1910 ~ 1950 年的 40 年间, 铅酸蓄电池在生产工艺和基础理论方面得到长足的进展。这期间普遍采用了日本人岛津 (Shi-

madzu) 在 1924 年发明的球磨机, 用球磨铅粉代替红丹 (red lead; lead tetraoxide) 和黄丹 (litharge; lead monoxide) 作为蓄电池的活性物质 (active material)。板栅铸造 (grid casting) 和涂填 (pasting) 等工序实现了机械化生产。用木素 (lignin) 作为负极活性物质添加剂 (additive) 有效地防止了 PbSO_4 结晶变粗, 延长了蓄电池的寿命^[6]。20 世纪 20 年代出现了微孔橡胶隔板 (separator), 40 年代有了树脂-纸隔板, 它们逐步代替了木隔板^[7]。 Pb-Sb-As 合金提高了板栅的耐腐蚀性能^[8]。 Pb 和 PbO_2 电极在硫酸溶液中的精确热力学数据的测定, 进一步确认了双极硫酸盐理论的正确性。

1955 年, 维纳尔 (G. Vinal) 的著作《Storage Batteries》(蓄电池) 在纽约再版, 概括总结了铅酸蓄电池在此之前的进展。

20 世纪 50 年代和 60 年代的 20 年中, 铅酸蓄电池在制造工艺方面的重大进展有几个方面: 用塑料 (主要是聚丙烯) 代替硬质橡胶 (hard rubber) 制造蓄电池槽 (container) 和盖 (cover; lid), 采用薄型极板并改进板栅设计; 应用于起动用蓄电池 (starter battery) 的穿壁焊 (welding through the partition) 技术; 普遍采用低锑、或无锑合金铸造板栅; 提高高放电率下活性物质利用率 (utilization of active material); 干式荷电蓄电池 (dry charged battery) 制造工艺。

在基础理论方面, 物理学特别是电子学的成就和手段被普遍采用: 稳恒电位仪、扫描检测仪、扫描电子显微镜、X-射线与中子衍射、核磁共振与电子光谱等加上旋转圆盘电极和计算机技术。研究重点从热力学转移到了电极过程动力学^[9]。

20 世纪 50 年代初, 萨斯拉夫斯基 (Zaslavsky) 等人合成出 PbO_2 的另一种晶体, 即所谓的 $\alpha\text{-PbO}_2$ 。几年以后, 博德 (Bode) 与福斯 (Voss)^[10] 和鲁埃特斯奇 (Ruetschi) 与卡汉 (Cahan)^[11] 在铅酸蓄电池的正极板腐蚀膜中也观察到 $\alpha\text{-PbO}_2$, 推动了 PbO_2 两种晶体的研究和铅酸蓄电池基础理论的进展, 但

对生产工艺技术和铅酸蓄电池的实际应用的影响并不显著。

从 20 世纪 70 年代起, 各国都大力发展免维护与密封铅酸蓄电池。只有控制副反应特别是充电后期析出气体的副反应, 这种蓄电池才会在实际上成为可能。采用低锑和无锑的 Pb-Ca 合金板栅, 大大提高了氧在正极、氢在负极的析出过电位 (overpotential), 使得蓄电池在后期恒压 (例如单体蓄电池电压为 2.4V) 充电 (constant voltage charge) 时的电流 (用于析出氢气和氧气) 大为降低, 约为 Pb-Sb4.0% 合金板栅蓄电池的 20% 左右; 恒流充电 (constant current charge) 时, 提高了后期的充电电压 (charge voltage)^[12]。采用胶体电解液 (jelly electrolyte) 或吸附电解液 (absorpt electrolyte) 和排气阀 (vent valve) 的迷宫设计克服了电解液的渗漏。即使如此, 铅酸蓄电池至今也未做到完全密封, 但可以做到阀密封 (valve sealed) 即当蓄电池在规定的计压强范围内工作时保持密封状态, 但当内部压强超过预定值时, 允许气体通过一个可复位或不可复位的压力释放装置来实现密封。

第二节 铅酸蓄电池的特点

铅酸蓄电池是以二氧化铅和海绵状金属铅分别为正、负极活性物质, 硫酸溶液为电解质 (electrolyte) 的一种蓄电池。在世界范围内, 其产量 (按电能计算) 产值多年来居各种化学电源 (electrochemical power sources) 与物理电源 (physical power sources) 首位, 形成了较完整的工业部门。这是世界经济与工业发展形成的, 是和铅酸蓄电池本身的特点和优点紧密联系在一起。

首先是正、负电极的电极电位 (electrode potential) 之差较大, 电池的电动势 (electric kinetic potential; electromotive force; E. M. F) 较高。两极的电极反应 (electrode reaction) 分别是:



其标准电极电位 (standard electrode potential) 为 1.685V,

负极 $\text{Pb} + \text{HSO}_4^- - 2e = \text{PbSO}_4 + \text{H}^+$

其标准电极电位为 -0.126V 。

如果再考虑电解质的活度 (activity), 正、负电极组成的电池的电动势可以超过 2V , 除锂电池外, 比绝大多数电池的电动势都高。

铅酸蓄电池的另一特点是充放电时, 无论是电化学极化 (electrochemical polarization) 即活化极化 (activation polarization) 或者浓差极化 (concentration polarization) 引起的过电位 (overpotential) 数值较小, 正极电极电位的降低, 负极电极电位的升高都比较少, 放电时电池的工作电压 (operating voltage; working voltage) 略低于电动势, 充电时的充电电压略高于电动势。也就是说, 铅酸蓄电池可以在较高的工作电压下放电, 如果放电电流密度不是特别大, 其标称电压或额定电压 (nominal voltage) 很接近实际放电电压。

铅酸蓄电池的第三个特点是内阻小。电池内阻 (internal resistance of a cell) 包括电池的金属 (或非金属) 固相物与电解质组成的欧姆电阻和电化学反应过程中电化极化与浓差极化电阻。前面已提到极化问题, 这里只说欧姆电阻。铅酸蓄电池的电解质一般是密度为 $1.27 \sim 1.29\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ (质量百分含量 $37 \sim 39$) 的硫酸溶液。其电导率较高, 如 H_2SO_4 含量 39% 的溶液在 25°C 的电导率约为 $78\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$ 。实际应用的 6 只单体蓄电池 (cell) 串联成的蓄电池组 (battery) 的内阻约为 $10^{-3}\Omega$ 的数量级, 容量大的内阻小, 反之内阻大。蓄电池以工作电流 I 放电时, 工作电压 U 与电动势 E 的关系应服从全电路欧姆定律

$$U = E - Ir$$

这里 r 表示蓄电池的内阻。如果 r 值小, U 与 E 的值的差别就小, 蓄电池的工作电压 U 的值就会高些。

铅酸蓄电池的这三个特点在实际应用上表现出的一大优点就是放电电压较高而且平稳。在放出实际容量 80% 甚至更多电量的过程中, 工作电压可以平稳保持在 2V (单体蓄电池) 或 12V

(6只单体蓄电池串联成的蓄电池组)上下,只是在放电深度(depth of discharge; DOD)接近90%时工作电压才会较快地下降。铅酸蓄电池是较理想的实际稳恒电源。

铅酸蓄电池的第四个特点是放电电流密度大。放电电流值(A)通常可以达到蓄电池额定容量值(A·h)的10~15倍,甚至更大。铅电极、二氧化铅电极在硫酸溶液中都是可逆性好的电极,其交换电流密度(exchange current density)远大于其极限扩散电流密度(limiting diffusion current density),铅酸蓄电池内阻很小,所以放电电流密度大。有些化学电源例如锌/空气(氧)电池[zinc/air (oxygen) battery]虽然比能量可达 $150 \sim 350 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$,成本也低,但其放电电流密度仅能达到约 $0.3 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$,放电功率小,在很大程度上限制了其应用。铅酸蓄电池的放电电流密度可达 $0.5 \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ 以上,超过锌/空气(氧)电池的千倍,因而可以制成高功率大能量的蓄电池,甚至可以作为潜艇、电动汽车的动力电源和电站、公用设施的备用电源。

铅酸蓄电池的另一特点是自放电缓慢。正极活性物质 PbO_2 在 H_2SO_4 溶液中虽然电极电位较高,从热力学角度看是不稳定的,但实际上 PbO_2 析出氧,还原为二价铅的化合物的反应,从动力学角度看,是缓慢的;负极活性物质金属铅在 H_2SO_4 溶液中溶解而析出氢的反应也是缓慢的。由于各种原材料中的有害杂质形成局部微电池而导致的自放电是可以控制的。

再有,就是铅酸蓄电池能够适用于不同环境条件,特别是能在低温 $-40^\circ\text{C} \sim +55^\circ\text{C}$ 的环境中工作。虽然在低温环境中容量降低,但仍然可以大电流放电,甚至在 -40°C 以5倍率或更大的电流放电,铅酸蓄电池都能正常工作。

随着工艺技术、制造设备的不断进步与日臻完善,从精致的 $1 \text{ A} \cdot \text{h}$ 或者更小到 $10^4 \text{ A} \cdot \text{h}$ 的庞然大物的铅酸蓄电池都可以批量生产,以适应不同应用领域的需要。

铅酸蓄电池的性能价格比在不同类型的化学电源中有很大优

势。按输出能量计, $1\text{kW} \cdot \text{h}$ 的成本仅是镉镍蓄电池 (nickel/cadmium battery)、氢镍蓄电池 (nickel/hydrogen battery) 的几分之一。如果考虑到其寿命长, 免维护铅酸蓄电池几乎无需维护费用, 我们就能理解为什么铅酸蓄电池在许多应用领域都居首选地位, 并在世界范围内产值产量都稳居各类化学电源首位了。

铅酸蓄电池作为一项传统而古老的产品, 其缺点是不言而喻的。它的比能量较低。起动用铅酸蓄电池一般为 $35 \sim 40\text{W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$, 牵引用的更低些, 个别应用条件下 (如小电流放电) 可达 $50\text{W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。这是由几种因素决定的:

(1) 铅的摩尔质量较大, $207.19\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$;

(2) 电极活性物质利用率 (utilization factor of active materials) 较低, 正极 50% 上下, 负极可以高些, 进一步提高尚需做深入研究;

(3) 活性物质之外, 实际的蓄电池必须有蓄电池槽 (container)、蓄电池盖 (cover ; lid)、隔板 (separator)、板栅 (grid) 等, 也占有不少的质量组分。

第三节 铅酸蓄电池的理论基础和

有关电性能的几个术语

法拉第定律 (Faraday's law)、化学热力学 (chemical thermodynamics) 与电化学动力学 (electrochemical kinetics) 的定律与法则构成了铅酸蓄电池的理论基础。它们决定了铅酸蓄电池的电量 (容量)、电动势和充放电的电流强度或电流密度。我们不可能背离上述理论去提高铅酸蓄电池的电性能。

电动势 E 铅酸蓄电池的电动势是硫酸溶液中的正极平衡电位 $\varphi_{e,+}$ 与负极平衡电位 $\varphi_{e,-}$ 之差, 即

$$E = \varphi_{e,+} - \varphi_{e,-}$$

开路电压 (open circuit voltage, OCV; off-load voltage) 没有电流在外电路通过时, 蓄电池正、负极的电位降。铅酸蓄电池的可逆性好, 开路电压很接近电动势。

工作电压 (operating voltage; working voltage) 蓄电池放电时的电压。如果用 E 表示蓄电池的电动势, I 表示放电电流, r 表示蓄电池内阻, 工作电压 U 服从全电路欧姆定律。

$$U = E - Ir$$

工作电压有时指蓄电池放电过程中相对平稳的放电电压或电压范围。

容量 (capacity) 一定条件下蓄电池实际所能输出的电量, 通常以安·时 ($A \cdot h$) 为单位, 符号为 C 。如果放电电流为 I (A), 放电时间为 t (h), 则容量 $C = \int_0^t Idt$ 。蓄电池的容量不是定值, 除温度等因素外, 容量取决于放电电流的大小。

放电率 (discharge rate; rate of discharge) 以恒定电流大小表示的蓄电池放电速率, 常用两种方法表示。

(1) 小时 (h) 率 用放电时间的小时数标明的放电电流值, 如一只蓄电池的 $20h$ 率放电电流 $I_{20} = 3A$, 即这只蓄电池在 $20h$ 率放电的条件下, 其容量 $C = 3A \cdot 20h = 60A \cdot h$ 。 $60A \cdot h$ 这一特定值不能用来换算另外小时率的放电电流值。例如得出 $10h$ 率的放电电流为 $6A$ 是不对的。

(2) C 放电率或蓄电池额定容量 C 的倍率 用放电电流 (A) 的数值与蓄电池额定容量 ($A \cdot h$) 数值的比值 (倍率) 来标明的放电电流的大小。如 1 只蓄电池的额定容量为 $60A \cdot h$, 放电电流为 $3A$ 、 $60A$ 或 $600A$, 则放电倍率分别为 $0.05C$ (0.05 倍率), $1C$ (1 倍率) 或 $10C$ (10 倍率)。

放电深度 (depth of discharge; DOD) 蓄电池放出电量与其实际容量的比值, 通常用百分数表示。

活性物质 蓄电池中参加电极反应的物质。就铅酸蓄电池而言, 负极的海绵状金属铅、硫酸铅, 正极的二氧化铅、硫酸铅, 电解液中的硫酸和水都是活性物质。在工业生产中, 活性物质也指生成正、负极活性物质的原材料铅粉 (铅和氧化铅的混合物)。

活性物质利用率 蓄电池的实际容量与电极上活性物质理论