

铅蓄电池的 运行和维护

王者恭 著

QIAN XUDIANCHI
DE
YUNXING HE WEIHU

12.1

内 容 提 要

本书共分十三章，结合作者从事铅蓄电池运行和维护工作的实践经验，主要介绍：固定型铅蓄电池组新的运行方式；改进GGF型铅蓄电池的方法；不同类型充电设备输出波形的比较；脉动直流电对蓄电池的不良影响；蓄电池组的设计；充电机的选择和快速充电法的应用等。

本书可供各行业从事铅蓄电池运行、维护、安装等工作的专业人员参考。

铅蓄电池的运行和维护

王者恭 著

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 5.5印张 118千字

1985年11月第一版 1985年11月北京第一次印刷

印数00001—11340册 定价1.00元

书号 15143·5733

前 言

铅蓄电池作为一种可靠的能源已被越来越广泛地应用于各个领域之中。因此,如何提高铅蓄电池的安全运行和维护,如何延长其使用寿命,是本书所要探讨的主要内容。

为了保证安全发、供电,发电厂和变电所必须具有独立的、容量足够、并经常处在运行状态中的直流电源;在国防、科研、电讯、工矿企业和交通运输等部门也同样需要这样的直流电源。迄今为止,能满足以上这些要求的,就是蓄电池。在发、供电系统中,蓄电池主要做传动装置、自动控制装置、继电保护装置和事故照明等装置的直流电源;在发电厂中,蓄电池还是直流给粉机和直流油泵的备用电源。因此,曾有“蓄电池是发电厂的命脉”之称,可见它是何等的重要。

本书结合实践经验着重对铅蓄电池的运行、维护和安装等内容进行介绍。此外,还叙述固定型铅蓄电池组的运行方式及充、放电次数对安全运行和使用寿命的影响;明确应该推广的新的运行方式,并提出对GGF型铅蓄电池在安装及制造方面的改进方法。最后,对几种不同形式的充电设备所输出的波形及波纹系数进行了测试和比较,还阐述了脉动直流电对蓄电池所产生的不良影响等内容。

本书在写作过程中,曾得到IEC TC21中国委员会委员、原中国蓄电池联合公司总工程师吴寿松和工程师张纪元的热情支持;书稿完成后,又承二位审查指导。本人在此深表谢意。

由于作者水平所限,书中难免有错误及不当之处,恳请读者批评指正。

王者恭

1984年1月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 铅蓄电池的产生	1
第二节 铅蓄电池的发展和应用	1
第二章 铅蓄电池的基本知识	4
第一节 概述	4
第二节 一般原理	4
第三节 构造和类型	5
第四节 电动势	9
第五节 容量和效率	9
第六节 内电阻	12
第七节 容量与放电率的关系	13
第八节 决定容量的因素	15
第九节 使用寿命	16
第三章 铅蓄电池的运行	20
第一节 充电方法	20
第二节 初次充电	23
第三节 正常充电	26
第四节 铅蓄电池组的浮充电	28
第五节 均衡充电	31
第六节 快速充电法	32
第七节 放电	34
第八节 固定型铅蓄电池组及直流系统运行方式	36
第九节 定期放电的操作顺序	38

第十节 停止放电的操作顺序	39
第十一节 定期充电的操作顺序	40
第十二节 停止充电的操作顺序	40
第十三节 调压盘或切换器的应用	41
第四章 固定型铅蓄电池组运行方式的改进	44
第一节 蓄电池的运行方式及充、放电次数对安全运行 和寿命的影响	44
第二节 延长定期放电周期的试验	45
第三节 定期放电制度的形成	50
第四节 改进蓄电池组的运行方式	52
第五节 保证安全运行的技术措施	53
第五章 铅蓄电池的维护	55
第一节 技术保安	55
第二节 蓄电池的测量	63
第三节 领示电池的选择	66
第四节 测量仪表	68
第五节 蓄电池室应备有的仪表、用具、备品和资料	71
第六节 保持蓄电池清洁的重要性	72
第七节 防腐蚀工作	73
第八节 液体石蜡的应用	74
第九节 注意事项	75
第十节 镉电极测试	78
第十一节 蓄电池应设专人管理	81
第十二节 职业病的预防和治疗	82
第六章 铅蓄电池的故障及处理	85
第一节 新蓄电池容易发生的故障	85
第二节 蓄电池极板的硫酸化及其预防	86
第三节 极板的弯曲和处理	88
第四节 内部短路和处理	89

第五节	蓄电池的反极	91
第六节	极板的腐蚀和预防	92
第七节	极板上有效物质的脱落	93
第八节	落后电池的发生和处理	95
第七章	铅蓄电池的电解液	96
第一节	新浓硫酸和蒸馏水标准	96
第二节	电解液的配制	97
第三节	蓄电池加液和电解液比重的调整	98
第四节	电解液比重的选择	100
第五节	稀硫酸的凝结点	104
第八章	铅蓄电池的大修	106
第一节	极板	106
第二节	容器	107
第九章	铅蓄电池和充电机的选择	109
第一节	蓄电池的选择	109
第二节	充电机和浮充电机的选择	112
第十章	蓄电池的充电设备	115
第一节	充电设备输出的波形对蓄电池的影响	115
第二节	充电设备的比较	118
第三节	对充电设备输出波形的要求	125
第十一章	GGF型铅蓄电池的安装和改进	128
第一节	GGF型铅蓄电池的改进措施	129
第二节	电解液数量的计算	135
第三节	GGF型铅蓄电池的排列方向	135
第四节	改进方法及改进后的效果	136
第十二章	对蓄电池室的要求	139
第一节	一般要求	139
第二节	蓄电池室的照明	143
第三节	蓄电池组的防震加固措施	145

第十三章 附录	148
附录一 领示电池测量记录格式	148
附录二 蓄电池充、放电和浮充电测量记录格式	149
附录三 蓄电池充、放电记录格式	150
附录四 落后电池充电记录格式	151
附录五 K型电池每只所需电解液重量	152
附录六 K型电池充电电流和时间	153
附录七 K型电池各种放电率的放电电流和容量	155
附录八 GGF型铅蓄电池的规格	157
附录九 GGF型铅蓄电池的电气性能	158
附录十 移动型（起动用）铅蓄电池规格	160
附录十一 移动型（起动用）铅蓄电池的电气性能	161
附录十二 铁路客车用铅蓄电池规格	162
附录十三 铁路客车用铅蓄电池的电气性能	162
附录十四 内燃机车用铅蓄电池技术规范	163
附录十五 干荷电式蓄电池规格	163
附录十六 干荷电式蓄电池的电气性能	164
附录十七 蓄电池车用铅蓄电池技术规范	166
附录十八 摩托车用铅蓄电池技术规范	167
附录十九 矿灯用铅蓄电池技术规范	167

第一章 绪 论

第一节 铅蓄电池的产生

世界上第一只铅蓄电池的产生，要追溯到 1860 年。当时，法国物理学家普兰特采用铅板获得了极化电流。但由于普兰特铅蓄电池的特性欠佳和制造上（与极板表面电化加工有关）的困难，使其没有在工业上得到应用；然而它却为具有工业意义的铅蓄电池的产生奠定了基础。时至今日，国外还将化成式极板组装的蓄电池，称之为普兰特蓄电池。

铅蓄电池在十九世纪八十年代才开始大规模地发展起来。这时，发明了由铅的氧化物中获得有效物质的方法。H·H·贝纳尔多斯创造了焊接用的第一个短时间、大电流放电的蓄电池。这种蓄电池构造合理，能在较小的尺寸下得到较大的电流。

在 1881 年以后，蓄电池技术的发展有了一个飞跃，以致在本世纪初就已经创造出式样基本上与现在的固定型和移动型铅蓄电池相似的蓄电池。因此说，第一只具有工业意义的铅蓄电池的产生，是在 1881 年。

第二节 铅蓄电池的发展和应用

从 1881 年世界上产生第一只具有工业意义的铅蓄电池开始，到现在已经一百多年了。其间，电力工业和电子技术虽

然都得到了巨大的发展，但是，蓄电池作为一种唯一可靠的独立电源而仍然存在着。

蓄电池所固有的运行稳定、安全可靠的特点，是其它任何电源所不能比拟的。正是因为它具有这些特点，所以在工矿企业、交通运输、国防、通讯和人们的日常生活中得到越来越广泛的应用。迄今为止，作为发电厂和变电所的继电保护及自动控制等装置的直流电源，蓄电池仍然是不可缺少的设备之一。

现在，国外正在进行大量的探索性研究，试图将铅蓄电池用于以下三个领域之中：

- (1) 新型电动汽车。
- (2) 负荷平衡用贮能系统。
- (3) 太阳能电池的贮能装置。

美国和日本等电力部门正在研究更有效的弥补发电设备所供负荷不平衡状态的方法，以克服其不能充分利用的缺点。即在低谷负荷时将多余的电量储存起来，而在高峰负荷时再将其输送到电力网中，从而达到负荷调整或均衡的目的(即 Load Leveling, 缩写为LL)。为此，美国能源部正在主持一个电池能量贮存试验计划(BEST)，预计这种电池的 efficiency 为70%，寿命可达10年。如果这项改革能被广泛采用，那么，在不增加发电设备的条件下，则将极大地改善社会的供电情况。

国外的电池工业已经制造出免维护“CAREC2000”型汽车电池，其有效寿命比普通型的高50%，荷电贮存可达15个月之久。目前，日本电动汽车工程研究协会(JEVERA)正在主持两种改进型铅蓄电池的研制；美国能源部(DOE)也正在积极组织和资助电动汽车及其他能源的开发，该部在

1978年财政年度拨款1700万美元，以研制电动汽车和负荷平衡用蓄电池。

铅蓄电池是目前电动汽车唯一的能源。电动汽车也和蓄电池搬运车一样，既能节省燃料，又无空气污染。因此，国外正在就其比能量、充电和维护方面的改进，作大量的研究。其中，以提高比能量及使用寿命为研究中心。

为适应社会主义建设的需要，我国蓄电池管理、研究和制造的专门机构已经相继建立起来，并初步具备现代规模。因此，近些年来移动型铅蓄电池无论在生产的数量还是质量上都有了很大的发展和提高；固定型铅蓄电池与十几年前相比较，在结构设计、制造工艺等方面也都有了很大的改进；原开口式玻璃容器(K型)蓄电池已被GGF型铅蓄电池所代替。

目前，对于蓄电池来说，主要存在以下两个问题：一是，铅蓄电池的研究和制造部门如何保证和提高产品质量、如何改进GGF型铅蓄电池的连接方法和排列方向；二是，如何提高蓄电池的运行和维护技术水平、如何延长其使用寿命。

第二章 铅蓄电池的基本知识

第一节 概 述

蓄电池是一种化学电源。它既能将电能转化为化学能储存起来，又能将储存起来的化学能转化为电能输送出去。这两个能量的转化过程，就叫做蓄电池的充电和放电。

蓄电池是一种独立电源，不会受电力网的影响。它具有电压稳定、使用方便和安全可靠等优点，并可以根据需要选择其容量或形式。所以，在国防、科研和国民经济各个部门中，特别是电力工业和通讯等部门都普遍采用蓄电池作为直流电源。

第二节 一 般 原 理

铅蓄电池主要由正极板、负极板、微孔隔板、隔棒、电解液和容器等部件组成。铅蓄电池所用的电解液，是由浓硫酸 H_2SO_4 和蒸馏水调制而成，所以称其为铅酸蓄电池，简称铅蓄电池。

当把蓄电池的电(容量)用完(放电)以后，经过重新充电，又能将容量恢复。这是原电池(干电池)所办不到的。铅蓄电池充、放电时的化学反应，由表2-1和下列方程式示出。

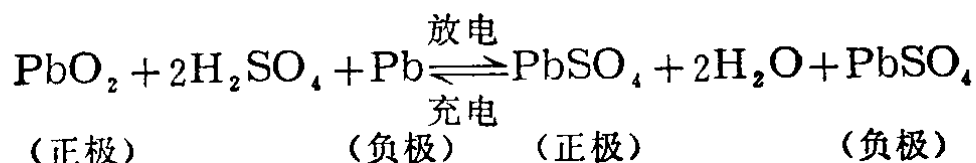
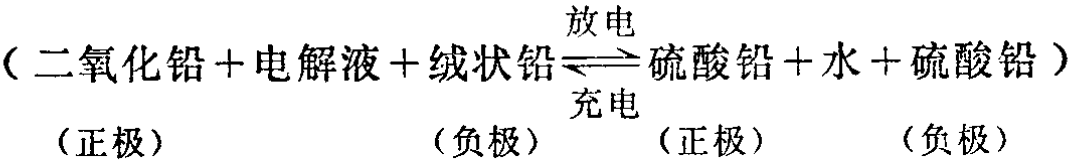


表 2-1 铅蓄电池充、放电时的化学反应

工 作 状 态	正 极 板	负 极 板	电 解 液	备 注
完 全 充 电	二氧化铅	绒 状 铅	硫 酸	水在充电时分解
放 电 ↓ ↑ 充 电	↓ ↑	↓ ↑	↓ ↑	了一部份，平时
完 全 放 电	硫 酸 铅	硫 酸 铅	水	也有少量蒸发



在一般情况下，移动型铅蓄电池的使用寿命可经过几百次充、放电循环；而固定型电池的使用寿命可达几十年之久，当其极板上的有效物质耗尽或板栅腐烂才告终。

第三节 构造和类型

铅蓄电池的正极板一般分为涂浆式、化成式、半化成式以及管式几种；负极板普遍采用涂浆式。凡涂浆式极板都有极栅（亦称板基，以下同），有效物质就涂在板栅上。板栅上有效物质的成分主要是铅的氧化物。有效物质在与硫酸化合后就制成了极板；化成式的极板是用纯铅制成的，有效物质是在其表面上形成的。

正极板上的有效物质为二氧化铅 PbO_2 ，负极板上的有效物质为海绵状铅(绒状铅) Pb 。在充满电状态时，正极板呈深棕色；负极板呈深灰色，且颜色均匀。当放完电以后，正极板的颜色变浅；负极板变成暗灰色，其下部变为黑灰色。因此，可以根据极板颜色的不同区分正、负极和判定蓄

电池的充、放电程度。

蓄电池极板上有效物质的成分有四氧化三铅 Pb_3O_4 、一氧化铅 PbO 和铅粉等。以前，正极板主要是用 Pb_3O_4 并加许多孔性硫酸镁；现在，大部分生产厂均用铅粉。对于管式正极板，可加少量木炭粉或炭黑；对于负极板，主要是用铅粉与用硫酸调和后涂在板栅上。

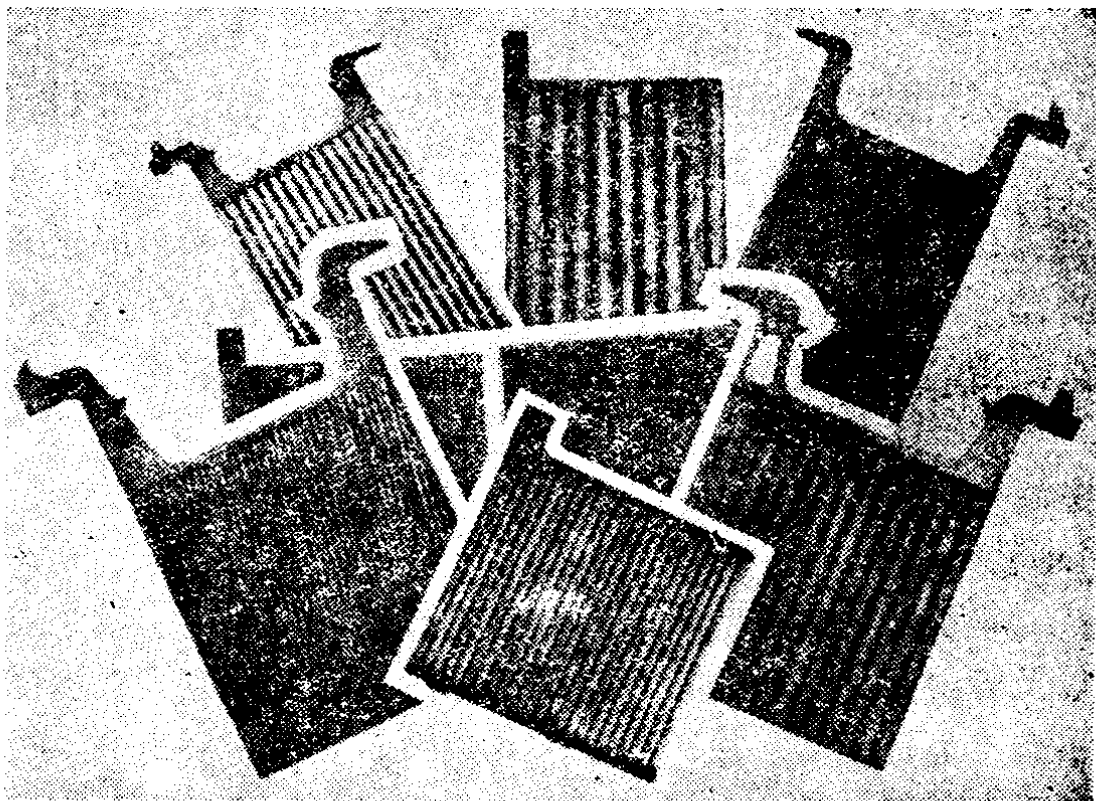


图 2-1 各种类型的极板

目前，国产铅蓄电池的极板，主要是玻璃丝管式正极板和涂浆式负极板，见图2-1。虽然化成式极板的运行寿命长，但在过充和过放电的情况下易于弯曲变形，另外，又因其工艺复杂、成本较高，现已不再生产了。

蓄电池容器所用的材料：对于固定型蓄电池，绝大多数都采用透明塑料，而原玻璃和铅衬木槽容器已被基本淘汰；

对于移动型电池，大都采用硬橡胶或不透明塑料制成。这两种蓄电池的外形分别见图2-2和图2-3。

铅蓄电池大致可分为固定型和移动型两大类。固定型又分为开口式和密闭式两种。但无论是哪一种类型的铅蓄电池，其主要技术规范都包括：电动势，内电阻，容量以及充、放电允许电流值等项目；另外，蓄电池的容量不论多大，其标称电压均为两伏。

在一般情况下，每只电池的正、负极板总数均为奇数，负极板总是比正极板多一片，其中有两片是边负极板。但也有些小型蓄电池，它的正、负极板各为一片，总数为偶数。

国产的移动型(起动用)铅蓄电池是根据电工专业标准的规定设计制造的。此型蓄电池分为6伏和12伏两大类、20种规格。蓄电池的型号从3-Q-75至3-Q-195和6-Q-60至6-Q-195。

型号前面的“3”或“6”，表示蓄电池串联的个数；“Q”表示起动用；最后面的数字，表示蓄电池的标称容量。

以往，国产固定型铅蓄电池型号的标法虽已在国家标准中统一了，但一般叫法还不一致。例如，原K型电池：2K-21型，又称2K-10型。前者是每只电池的正、负极板总数，后者是正极板数。此型电池又称2K-20型，这是以倍数命名的，即用蓄电池的标称容量（安培小时）除以每片极板36安培小



图 2-2 GGF-800
型铅蓄电池

时($720 \div 36 = 20$)而来。

目前，各制造厂普遍生产的固定型防酸隔爆式铅蓄电池的型号有两种：即GGF和GGM型。后者较前者要求高，应能消除氢气转化为水，以作到可密闭使用。

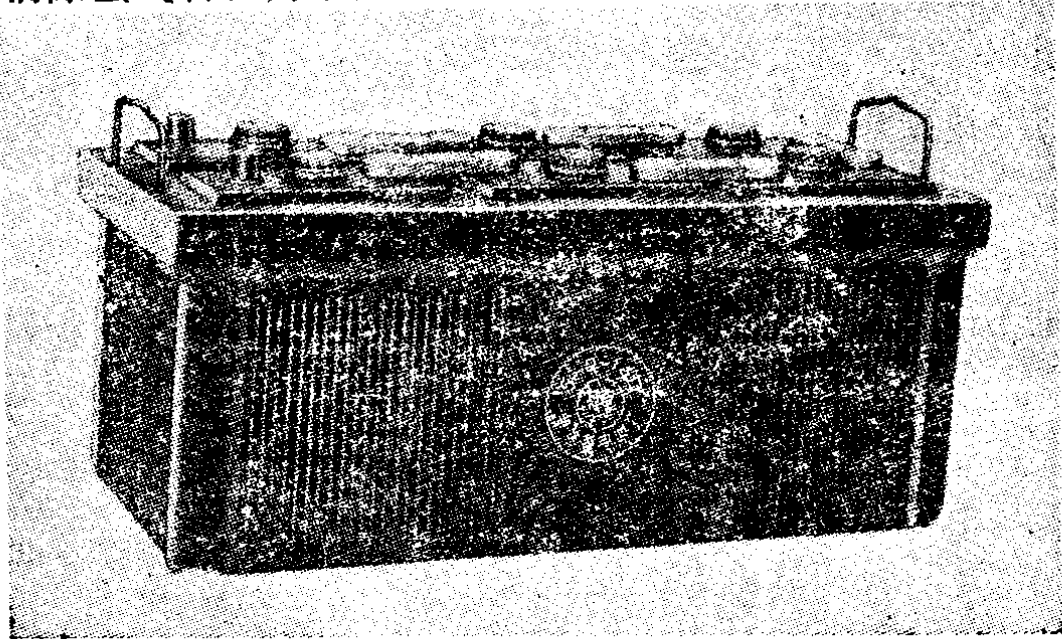


图 2-3 6-Q-150型铅蓄电池

GGF型铅蓄电池的型号，是根据汉语拼音字母第一个字头编排的，即：

第一个G字——代表蓄电池的类型，表示固定型的“固”字；

第二个G字——代表正极板的结构，表示管式的“管”字；

第三个字母F——代表蓄电池的特性，表示防酸隔爆式的“防”字；

型号后面的数字，是蓄电池的标称容量。

铅蓄电池的种类很多，诸如铁路客车用的T型、内燃机车用的N型、蓄电池车用的D型和摩托车用的3-M型等等。因为铅蓄电池的构造原理基本上是相同的，所以这里就不一一介绍了（各种不同用途蓄电池的技术规范，详见附录）。

第四节 电 动 势

什么叫电动势呢？简而言之，就是当蓄电池不输出电流时，正、负极板间的电压（俗称开路电压）。蓄电池的电动势是电解液比重的函数。如果电解液的比重增加，电动势也就随之增大，但不是无限的；反之亦然。电动势的大小与极板的大小无关，而与正、负极板及电解质（硫酸）所用的材料有关。故材料相同时，无论是多大容量的蓄电池，其标称电压均为两伏。由于电动势的大小主要是由电解液的比重决定的，因此，它可由下列经验公式表示，即

$$E = 0.85 + d$$

式中 d ——电解液的比重；

0.85 ——经验常数。

上式适用于在25℃时电解液比重为1.050~1.300的范围内。

另外，电动势与蓄电池的内电阻也有密切的关系。对充电满足的蓄电池而言，其内阻是相当小的，尤其是大型（容量大的）蓄电池的内阻那就更小了。但在放电过程中，由于电解液的比重下降而在极板表面产生的硫酸盐层使内阻增大了；在充电过程中，由于电解液比重逐渐还原，内阻也就随着电解液比重的上升而逐渐减少。所以说，蓄电池的内阻在充、放电过程中是变化的。

第五节 容 量 和 效 率

铅蓄电池的容量是蓄电池蓄电能力的重要标志。蓄电池

的容量是放电电流的安培数与放电时间小时数的乘积，一般用 C_n 来表示（ n 是放电率的小时数），其单位用安培小时 $A \cdot h$ 表示。因此，蓄电池的容量可用下式表示为

$$C_n = It$$

式中 I —— 放电电流（A）；

t —— 放电时间（h）。

理论上认为，如要获得 1 安培小时的容量，则需要 3.86 克 Pb 和 4.46 克 PbO_2 或者共用 8.32 克有效物质，同时还需要纯硫酸 H_2SO_4 3.66 克。通常，由每公斤有效物质约可获得 120 安培小时；但实际上，新投入运行的蓄电池，当采用不同的放电率时，每公斤有效物质仅可获得 24~48 安培小时。这就是说，一般有效物质的利用率为 20~40%。

铅蓄电池的标称容量，一般是指蓄电池在充足电时以 10 小时放电率放电的容量。但移动型蓄电池的标称容量，除以 10 小时放电率外，还有以 20 小时或 5 小时放电率为准的。

衡量蓄电池运行情况好坏的标准，是以能否放出其标称容量为依据的。能否放出其标称容量，虽然是由多方面因素决定的，但对运行部门来说（抛开极板质量不谈），往往取决于初次充电、日常维护和此次放电前的充电程度。

蓄电池的标称容量是蓄电池最主要的技术数据。但这并不是说其它的技术数据不重要，而是因蓄电池的特性决定了其它技术数据的一般规律。例如：标称电压、各种放电率的终了电压和各种放电率下保证的容量等等。

蓄电池的容量能否达到其标准，这主要取决于以下几个方面：

- （1）极板质量。
- （2）初次充电。