

高等职业教育“十二五”规划教材
21世纪高等职业教育汽车类规划教材

DONGLI DIANCHI JISHU
DIANDONG QICHE HEXIN JISHU

动力电池技术 ——电动汽车核心技术

曾新一 刘 军/主 编
品 玲 曾 勤 刘绍科 赖玲庆/副主编
赵德鹏/主 审



 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

高等职业教育“十二五”规划教材
21 世纪高等职业教育汽车类规划教材

动力电池技术 ——电动汽车核心技术

主 编 曾新一 刘 军
副主编 品 玲 曾 勤 刘绍科 赖玲庆
主 审 赵德鹏



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书共7章,主要介绍了动力电池的研发背景与特点、动力铅酸蓄电池、动力碱性蓄电池、动力锂离子蓄电池、超级电容器、动力锌-空气电池、燃料电池的工作原理、电池燃料、制造工艺技术和应用领域等。本书具有较强的理论知识,又配有一些有价值的制备工艺参数和图表可供参考,是一本综合性很强的教材。

本书可以作为大专院校,特别是高职高专院校电动车、新能源、化工、冶金工程、应用化学、材料学等专业学生的教材或参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

动力电池技术:电动汽车核心技术/曾新一,刘军主编. —
天津:天津大学出版社,2013. 1

高等职业教育“十二五”规划教材 21世纪高等职业教育
汽车类规划教材

ISBN 978-7-5618-4604-9

I. ①动… II. ①曾… ②刘… III. ①电动汽车-蓄电
池-高等职业教育-教材 IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第021430号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 11.25
字 数 281千
版 次 2013年3月第1版
印 次 2013年3月第1次
定 价 28.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

能源关系着国家安危与兴衰,也影响着社会的进步与发展。世界各国都相继制定了至关重要的能源战略,特别是以美国为首的发达国家,更是把能源作为核心问题,予以高度重视,随着能源危机的深化,能源争夺战争也愈演愈烈,伊拉克战争就是最充分的证明。

随着社会的进步与生产力的发展,能源的需求量与日俱增,对石化能源的开发几近疯狂,特别是发达国家对能源的消耗量十分巨大,其人均消费量是发展中国家的数十倍,造成了许多灾难性后果:北极冰盖融化,北冰洋解冻,大量的动植物灭绝,号称北极动物之王的北极熊也难逃厄运;南极臭氧层出现空洞致使该区域的大量动植物直接处于宇宙射线的辐射之下,使生存条件严重恶化,连生存能力很强的企鹅也大量死亡,生态环境遭到严重破坏,同时南极冰川不断融化,造成的后果与影响不容忽视。

进入 21 世纪以来,能源危机和环境污染两大问题一直困扰着人类并且制约着经济的发展。而我们一直赖以生存的石油和煤炭等燃料能源,在过去的 100 年左右的时间里,却消耗了差不多所有矿物能源储量的一半。

2005 年,中国的石油对外依存度达到 43%,有关部门预计,到 2020 年中国石油需求量将高达 4.5 亿吨,其中 2 亿吨自产,2.5 亿吨来自进口。尤其是近年国际油价大幅飙升,对中国经济的影响越来越大。面对日益突出的石油安全问题,发展石油替代战略对解决中国社会经济的薄弱环节、消除不安全因素具有重要意义。煤炭 1 000 米以浅保有储量约 1 万亿吨,其中探明可采储量 1 145 亿吨。按目前的生产和消费水平,可以开采使用 100 年以上。天然气总资源量为 38 万亿立方米。

可以说,我们今天的文明多半是建立在能源消耗的基础之上的。石油资源将面临枯竭,而石油消耗最大的工业部门是交通运输,越是发达的国家,各种车辆所需的石油消耗总量就越大。大量燃油车辆排放的汽车尾气碳氧化物、氮氧化物等严重污染了大气环境,地球的温室效应正在使人类生活的环境恶化。为此,世界各国共同承诺了“节能减排”,并将目光投向了可替代能源,这意味着全球新能源改革的浪潮即将到来。新能源包括太阳能、风能、生物质能、地热能、水能和海洋能以及由可再生能源衍生出来的生物燃料和氢能等。新能源产业作为很有前途的朝阳产业,已经在发展上迈出了较快的步伐,而开发新能源电动汽车,包括电动车(EV)、油电混合动力的混合动力车(HEV)、太阳能为动力的汽车、生物化学燃料(如甲醇、乙醇等)替代汽油的汽车等成为世界各国青睐的研究项目。

电动车和混合动力车发展的瓶颈就是蓄电池的开发,它要求既安全可靠又经济耐用,其行驶单位里程的费用能够和现在的燃油费用相当或者更低,这样石油的消耗量会有所下降,地球的环境也会有所改善。

本书共 7 章,主要介绍了动力电池的研发背景与特点、动力铅酸蓄电池、动力碱性蓄电池、动力锂离子蓄电池、超级电容器、动力锌-空气电池、燃料电池的工作原理、电池燃料、制造工艺技术和应用领域等。本书具有较强的理论知识,又配有一些有价值的制备工艺参数和图表可供参考,是一本综合性很强的教材。

本书的编者以高级工程师和相关科技人员为主,他们在动力电池技术——电动汽车核心技术方面具有丰富的实践经验和深厚的理论功底,并具有独到见解和作为。谨以此书献给电动汽车行业的广大同人,同时本书还可以作为大专院校,特别是高职高专院校电动车、新能源、化工、冶金工程、应用化学、材料学等专业学生的教材或参考用书。

本书由曾新一、刘军任主编,品玲、曾勤、刘绍科、赖玲庆任副主编,全勇、黄龙参编,赵德鹏主审。

动力电池的涉及面很广,而且处在蓬勃发展之中,由于编者水平有限,可能会出现一些疏漏和不妥之处,敬请专家和读者批评指正。

编者

2013年1月

目 录

第1章 动力电池概述	(1)
1.1 动力电池的发展史	(1)
1.2 动力电池的特点	(1)
1.3 动力电池的类型与分类	(1)
1.4 动力电池的市场	(2)
1.5 动力电池的要求	(3)
第2章 动力铅酸蓄电池	(5)
2.1 引言	(5)
2.2 铅酸蓄电池的结构和工作原理	(6)
2.3 充电时的管理	(11)
2.4 放电时的管理	(12)
2.5 铅酸蓄电池的充电	(12)
2.6 铅酸蓄电池的检查与使用	(15)
2.7 蓄电池的常见故障及排除	(19)
2.8 改进型铅酸蓄电池	(21)
2.9 铅酸蓄电池的技术性能参数	(22)
2.10 蓄电池自放电	(23)
2.11 蓄电池的深度放电	(24)
2.12 铅酸蓄电池的容量	(25)
2.13 动力铅酸蓄电池的制造工艺	(30)
2.14 动力铅酸蓄电池的应用	(35)
第3章 动力碱性蓄电池	(39)
3.1 概述	(39)
3.2 动力碱性蓄电池的类型	(39)
3.3 动力 Cd-Ni 蓄电池	(40)
3.4 动力 MH-Ni 蓄电池	(48)
3.5 动力 Zn-Ni 蓄电池	(58)
第4章 动力锂离子蓄电池	(61)
4.1 概述	(61)
4.2 锂离子电池的特点、构成和工作原理	(62)
4.3 锂离子电池的正极材料	(66)
4.4 锂离子电池的负极材料	(75)
4.5 锂离子电池的电解质	(76)
4.6 动力锂离子电池的组装过程	(77)

4.7	动力锂离子蓄电池电性能的分析测试	(79)
4.8	无机空心微球的制备及其在锂离子电池电极材料中的应用	(83)
4.9	掺杂技术的应用机理——降低晶格能	(86)
4.10	动力锂离子蓄电池的应用	(96)
第5章	超级电容器	(106)
5.1	引言	(106)
5.2	超级电容器简介及特点	(106)
5.3	超级电容器研究状况	(107)
5.4	超级电容器工作原理	(109)
5.5	超级电容器的关键材料	(111)
5.6	超级电容器电极材料的研究进展	(114)
5.7	实验测试方法	(131)
5.8	小容量电容器的组装及性能考查	(134)
5.9	大容量电容器的组装及性能考查	(139)
5.10	超级电容器的应用	(141)
第6章	动力锌-空气电池	(143)
6.1	概述	(143)
6.2	锌-空气电池工作原理	(144)
6.3	锌-空气电池的构造	(145)
6.4	锌-空气电极的空气电极	(148)
6.5	锌-空气电池的锌电极	(150)
6.6	锌-空气电池的应用	(151)
6.7	世界各国锌-空气电池开发情况	(152)
第7章	燃料电池	(153)
7.1	概述	(153)
7.2	燃料电池的能量转换	(155)
7.3	质子交换膜燃料电池	(156)
7.4	熔融碳酸盐燃料电池(MCFC)	(157)
7.5	固体氧化物燃料电池(SOFC)	(160)
7.6	磷酸燃料电池(PAFC)	(162)
7.7	燃料电池的发电系统	(163)
7.8	燃料电池的国际发展状况	(165)
7.9	燃料电池的展望	(168)
参考文献		(170)

第1章 动力电池概述

1.1 动力电池的发展史

动力电池就是为工具提供动力来源的电源,根据动力电池的使用特点、要求以及应用领域的不同,目前动力电池的发展大概经历了以下四个阶段。

(1)铅酸蓄电池,主要有开口式、富液免维护式、玻璃丝绵隔板吸附式阀控密封型(AGM)、阀控胶体型等几大类。其主要优点是资源丰富、价格低廉、电流的充放电性能良好、电池的回收率高,缺点是主要材料中含有对环境具有污染性的铅元素、质能比低。

(2)碱性电池,如Cd-Ni电池、MH-Ni电池。Cd-Ni电池由于镉是有毒的,不利于生态环境的保护,根据欧盟减少有害物质(ROHS)要求,欧盟已禁止用于动力电池。MH-Ni电池作为传统镍镉蓄电池的替代体系,由于其性能优良而成为世界各国二次电池发展的热点之一。

(3)锂离子电池(LIB)和聚合物锂离子电池(PLIB),其能量密度高,质能比达到 $200 \text{ W} \cdot \text{h/kg}$,单体电池电压达到 3.6 V ,没有记忆性,目前已成为人们研究的热点。

(4)质子交换膜燃料电池(PEMFC)和直接甲醇燃料电池(DMFC),由于放电产物是水,整个过程是无污染的,可以说是真正的电化学反应装置,以 H_2 或甲醇为燃料, O_2 为氧化剂,直接将其转化为电能,但目前还仍需消耗由矿物燃料提供的电能。

为了解决燃油作为汽车动力带给环境的污染问题,以电池作为动力的电动车和电油混合的电动车已成为世界各国的研究热点,而动力电池的开发和性能的改善是研究工作成败的关键。

1.2 动力电池的特点

动力电池具有较高的能量密度,美国先进电池联合会制定的电动汽车电池的目标是:中期目标是质能比达到 $80 \sim 100 \text{ W} \cdot \text{h/kg}$,而长期目标是 $200 \text{ W} \cdot \text{h/kg}$;高能量和高功率;在高倍率部分电荷状态下的循环使用;能够在 $-30 \sim 65 \text{ }^\circ\text{C}$ 的温度范围工作;使用寿命达到 $5 \sim 10$ 年;安全可靠性强。

1.3 动力电池的类型与分类

动力电池的类型很多,主要有铅酸蓄电池、Cd-Ni电池、MH-Ni电池、锂离子电池、聚合物锂离子电池、Zn-Ni电池、锌-空气电池、超级电容器、质子交换膜燃料电池、直接甲醇燃料电池、太阳能电池等。

各类动力电池的性能比较见表1-1。

表 1-1 各类动力电池的性能比较

电池类别	电压(V)	质量比能量 (W·h/kg)	体积比能量 (W·h/L)	记忆效应	循环寿命(次)	价格[美元/(kW·h)]
铅酸蓄电池	2.0	35	80	无	400	93~100
Cd-Ni 电池	1.2	45	160	有	500~1 000	1 000
MH-Ni 电池	1.2	70	240	有	500~800	1 250
锂离子电池	3.6	125	300	无	600~1 000	2 000
聚合物锂离子电池	3.6	200	300	无	600~1 000	2 500
Zn-Ni 电池	1.65	75	180	无	300~500	—
锌-空气电池	—	135	1 000	无	可再生	—
超级电容器	3	60	—	无	1~500 000	—

1.4 动力电池的市场

1.4.1 电动自行车

从 1997 年开始,世界许多国家政府都已适当限制汽车、摩托车、助力车,日本、美国、法国等国家通过法律明确电动自行车作为一种特殊的交通工具,鼓励人们积极使用。2004 年,中国生产的电动自行车占世界总产量的 60%,中国的电动自行车,无论是产量还是技术含量,都走在了世界前列,在未来的发展过程中如果能够有效地突破瓶颈,在巩固国内市场的同时,大力发展国际市场,前途将会一片光明。2004 年、2005 年不断高涨的石油价格使人们认识到汽车不是唯一的、最佳的交通工具。按照 2005 年 9 月香港的油价,一辆普通轿车月行驶 1 000 km,汽油费高达人民币 500 元以上。2005 年,中国生产的电动自行车,有 30% 出口到几十个国家和地区。中国电动自行车的产量、保有量和配套电池数量、容量见表 1-2。

表 1-2 中国电动自行车的产量、保有量和配套电池数量、容量

年份	产量(万辆)	保有量(万辆)	电池数量(万套)	电池容量($\times 10^4$ kW·h)
1998	5.8	6	6	2.592
1999	14.8	20.6	20.6	8.899 2
2000	29	49.6	49.6	21.427 2
2001	58	107.6	107.6	46.483 2
2002	165	272.6	272.6	117.763 2
2003	400	672.6	672.6	290.563 2
2004	675.7	1 348.3	1 348.3	582.465 6
2005	1 209	2 557.3	2 557.3	1 104.754
2006	1 950	4 507.3	4 507.3	1 947.154
2007	2 138.2	6 645.5	6 645.5	2 870.856

各种迹象表明,世界将成为中国的电动自行车生产的巨大市场,而中国将是世界电动自行车的最大工厂,这是一个巨大的电池市场。

1.4.2 混合动力车

所谓的混合动力车(HEV),就是包括一个内燃马达和一个电动马达作为驱动,依赖汽油或柴油和电力蓄电池作为电源来源的电动车。尽管 HEV 概念提出才六七年,但已很快为世人所瞩目,被认为是可望在近期实现产业化的新兴技术,并将对能源领域带来重大影响。各国汽车界与各国政府均极为重视,美国政府执行的“PNGV 新一代汽车伙伴计划”目标为每加仑行驶 80 英里(100 km/3 L),日本 NEDO 的“ACEVP 先进清洁能源车辆计划”和欧洲的“明天的汽车——100 km/3 L 计划”均以 HEV 为主攻方向。目前,丰田公司已开发出 PRIUS 混合动力电动原型汽车,批量生产成本据估计仅高于同档车 1 000 美元,远低于纯电动车,不仅能满足人们的正常出行需要,不需要对能源供应及分配系统等基础设施的建设做改动,还能提高效率 100% ~ 200%,降低排气污染 70% ~ 80%,属于节能、环保类型的交通工具。

中国也将发展 HEV 作为重要目标,2005 年 10 月中国颁布了混合动力电动车方面的 6 项标准,引发了中国 HEV 研发热潮,长春一汽、一汽大众、东风、上汽、长安、比亚迪、奇瑞、华普、沈阳金杯、厦门金龙等公司都投入了 HEV 的研发,2006 年有多款 HEV 下线。

混合动力车可分为微型混合、轻度混合、中等混合及全混合。混合动力车的市场情况如图 1-1 所示。

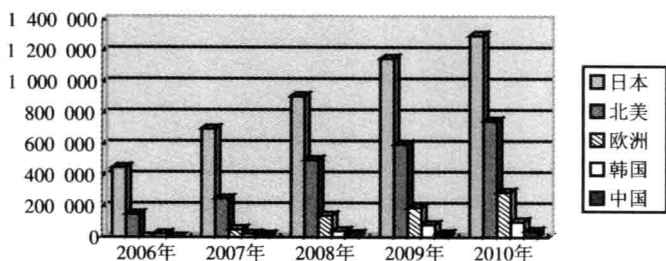


图 1-1 混合动力车的市场情况

1.5 动力电池的要求

用蓄电池作为电动车的驱动力,行驶过程中不会产生 CO、NO_x 等污染气体,能量转换率要比燃油汽车高,因此纯电动车对车载动力蓄电池的要求也比较高。目前制约电动车大范围商业化的主要因素是蓄电池的价格高、一次充电后的行驶里程短。根据电动车电池的工作状态,动力电池应该满足以下要求:

- (1) 高功率密度;
- (2) 高体积比能量和质量比能量;
- (3) 工作温度范围宽;
- (4) 高倍率放电电荷的循环使用;

- (5) 深度循环使用;
- (6) 使用寿命长;
- (7) 高安全性;
- (8) 高可靠性;
- (9) 价格比较低。



图 1-1 各种电池的比能量 (Wh/kg)

1.2 动力电池的主要性能指标

动力电池的主要性能指标包括容量、能量密度、功率密度、循环寿命、使用寿命、安全性、可靠性、成本等。其中，容量、能量密度、功率密度、循环寿命、使用寿命、安全性、可靠性、成本等是动力电池的主要性能指标。容量是指电池在规定的条件下，能够释放的电量。能量密度是指单位质量或体积的电池所能存储的能量。功率密度是指单位质量或体积的电池所能输出的功率。循环寿命是指电池在规定的条件下，能够进行充放电循环的次数。使用寿命是指电池在规定的条件下，能够使用的总时间。安全性是指电池在使用过程中，不会发生过热、起火、爆炸等事故。可靠性是指电池在使用过程中，不会出现故障。成本是指电池的制造成本。

动力电池的主要性能指标

动力电池的主要性能指标

第2章 动力铅酸蓄电池

2.1 引言

铅酸蓄电池是用铅和二氧化铅作为负极和正极的活性物质(即参加化学反应的物质),以浓度为 27% ~ 37% 的硫酸水溶液作为电解液的电池。它是由法国物理学家 Gaston Plante 于 1859 年发明的,是第一种商业化应用的可充电电池。铅酸蓄电池不仅具有化学能和电能转换效率较高、充放电循环次数多、端电压高、容量大(高达 3 000 A · h)的特点,而且还具有防酸、防爆、消氢、耐腐蚀的性能。同时随着工艺技术的提高,铅酸蓄电池的使用寿命也在不断提高。

近年来还开发了具有免维护特点的密封式铅酸蓄电池。密封式铅酸蓄电池维护简便、运输方便,但价格较高,一般是开口式铅酸蓄电池的 2 ~ 3 倍。密封式铅酸蓄电池在高温的气候条件下,容易因过充而损坏。目前,作为车载动力的铅酸蓄电池大部分是阀控式密封铅酸蓄电池。

阀控式铅酸蓄电池(Valve Regulated Lead Acid Battery,以下简称 VRLA 电池)诞生于 20 世纪 70 年代,到 1975 年时,在一些发达国家已经形成了相当的生产规模,很快就形成了产业化并大量投放市场。这种电池虽然也是铅酸蓄电池,但是它与原来的铅酸蓄电池相比具有很多优点,从而备受用户欢迎,特别受那些需要将电池配套设备安装在一起使用的用户的青睐,例如 UPS、电信设备、移动通信设备、计算机、摩托车等。这是因为 VRLA 电池是全密封的,不会漏酸,而且在充放电时不会像老式铅酸蓄电池那样会有酸雾放出而腐蚀设备、污染环境,所以从结构特性上人们把 VRLA 电池又叫做密闭(封)铅酸蓄电池。由于 VRLA 电池从结构上看,不但是全密封的,而且还有一个可以控制电池内部气体压力的阀,所以 VRLA 电池的全称便成了阀控式密封铅酸蓄电池。VRLA 电池的结构如图 2-1 所示。

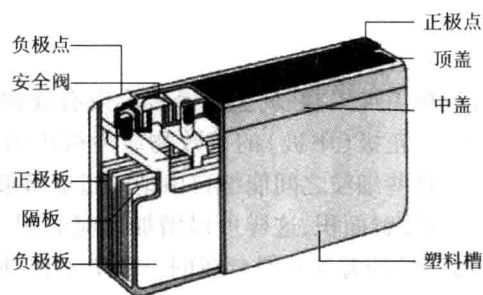


图 2-1 VRLA 电池结构

2.1.1 蓄电池的功用

汽车上装有蓄电池和发动机两个直流电源,二者并联连接,向全车用电设备供电。蓄电池的功用如下。

(1)在启动发动机时,向启动系统及相关用电设备供电,这是汽车上蓄电池的主要用途。

(2)当发动机不发电或输出电压低于蓄电池的输出电压时,由蓄电池向用电设备供电。

(3)当发电机输出电压高于蓄电池的输出电压时,蓄电池将发电机的剩余电能转化为化学能储存起来,即充电。

(4)当发电机过载时,蓄电池协助发电机向用电设备供电。

(5)蓄电池还相当于一个大电容器,能吸收电路中的瞬时过电压,保护电子元件,保持汽车电气系统电压的稳定,即稳压。

(6)当取下汽车钥匙时,蓄电池还可以向时钟、防盗报警系统以及电子控制装置的存储器等不间断地供电。

2.1.2 对蓄电池的要求

在启动发动机时,蓄电池必须能够在短时间(5~10 s)内向启动机连续大电流供电。对于汽油机而言,所需的启动机电流可达200~600 A;对于柴油机而言,所需的启动机电流可达1 000 A。根据这一工作特点,对汽车用蓄电池的要求是:容量大、内阻小,以保证蓄电池具有足够的启动能力。符合这个要求的蓄电池称为汽车启动型蓄电池。如果蓄电池容量不足或内阻过大,蓄电池就不能在启动发动机时向启动机供给足够大的电流,发动机就不能启动。

2.2 铅酸蓄电池的结构和工作原理

2.2.1 铅酸蓄电池的结构

铅酸蓄电池主要由正极板组、负极板组、隔板、容器和电解液等构成,其结构如图2-2所示。

1. 极板

铅酸蓄电池的正、负极极板由纯铅制成,上面直接形成有效物质,有些极板用铅镍合金制成栅架,上面涂以有效物质。正极(阳极)的有效物质为褐色的二氧化铅,这层二氧化铅由结合氧化的铅细粒构成,在这些细粒之间能够自由地通过电解液,将正极材料磨成细粒的原因是可以增大其与电解液的接触面积,这样可以增加反应面积,从而减小蓄电池的内阻。负极(阴极)的有效物质为深灰色的海绵状铅。在同一个电池内,同极性的极板片数超过两片者,用金属条连接起来,称为极板组或极板群。至于极板组内的极板数的多少,随其容量(蓄电能力)的大小而异。

为了获得较大的蓄电池容量,常将多片正、负极板分别并联,组成正、负极板组,如图2-3所示。安装时,将正、负极板组相互嵌合,中间插入隔板,就形成了单格电池。在每个单

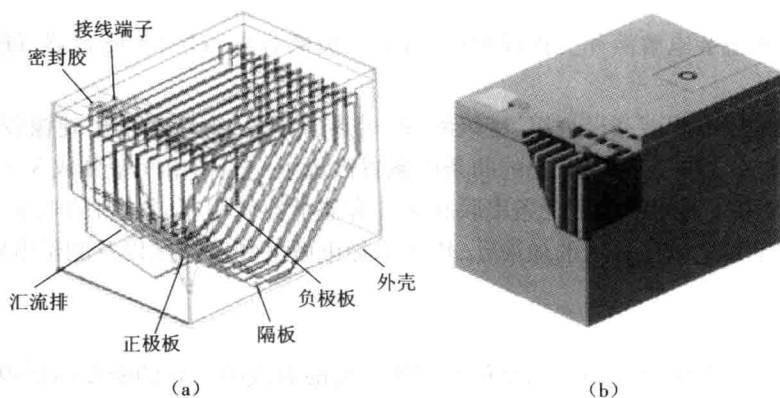


图 2-2 铅酸蓄电池的结构

(a) 内部结构; (b) 外形

格电池中,负极板的片数总要比正极板的片数多一片,从而使每片正极板都处于两片负极板之间,使正极板两侧放电均匀,避免因放电不均匀造成极板拱曲。

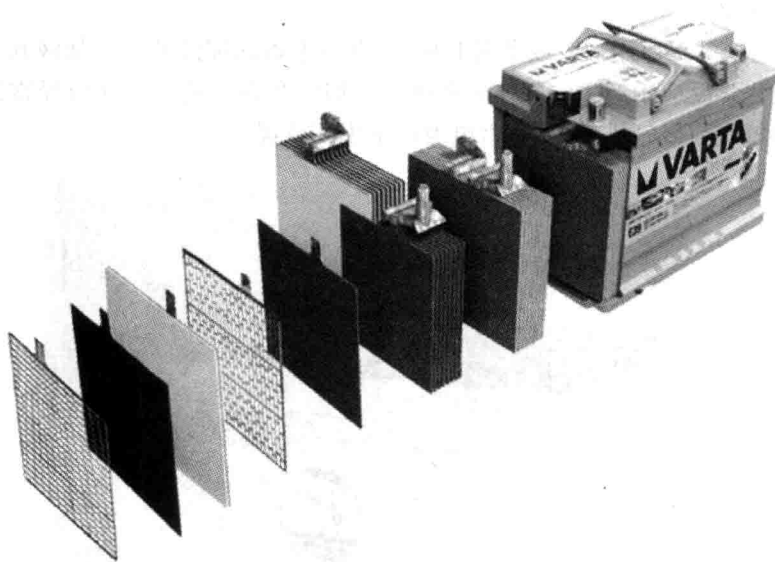


图 2-3 电池极板组成结构图

2. 隔板

在各种类型的铅酸蓄电池中,除少数特殊组合的极板间留有宽大的空隙外,在两极板间均需插入隔板,以防止正、负极板相互接触而发生短路。这种隔板上密布着细小的孔,既可以保证电解液的通过,又可以阻隔正、负极板之间的接触,控制反应速度,保护电池。隔板有木质、橡胶、微孔橡胶、微孔塑料、玻璃等数种,可根据蓄电池的类型适当选定。吸附式密封蓄电池的隔板是由超细玻璃丝绵制作的,这种隔板可以把电解液吸附在隔板内,吸附式密封蓄电池的名称也是由此而来的。

3. 容器

容器是用来盛装电解液和支撑极板的,通常有玻璃容器、衬铅木质容器、硬橡胶容器和塑料容器四种。

容器用于盛放电解液和极板组,应该耐酸、耐热、耐震。容器多采用硬橡胶或聚丙烯塑料制成,为整体式结构,底部有凸起的肋条以搁置极板组。壳内由间壁分成3个或6个互不相通的单格,各单格之间用铅质联条串联起来。容器上部使用相同材料的电池盖密封,电池盖上设有对应于每个单格电池的加液孔,用于添加电解液和蒸馏水以及测量电解液密度、温度和液面高度。

4. 电解液

铅酸蓄电池的电解液是用蒸馏水稀释高纯浓硫酸而成的。它的密度高低视铅蓄电池类型和所用极板而定,一般在 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为 $1.200\sim 1.300\text{ g/cm}^3$ 。蓄电池用的电解液(稀硫酸)必须保持纯净,不能含有危害铅酸蓄电池的任何杂质。电解液的作用是给正、负电极之间流动的离子创造一个液体环境,或者说充当离子流动的介质。

电解液的相对密度对蓄电池的工作有重要影响,相对密度大,可减少结冰的危险并提高蓄电池容量,但相对密度过大,则黏度增加,反而降低蓄电池容量,缩短使用寿命。应根据当地最低气温或制造厂家的要求选择电解液相对密度。

5. 加液孔盖

加液孔盖(图2-4)用橡胶或塑料制成,旋在电池盖的加液孔内。加液孔盖上有通气孔,可使蓄电池化学反应中产生的气体顺利排出。加液孔盖上的通气孔应经常保持畅通,使蓄电池内部的氢气与氧气排出,防止蓄电池过早损坏或爆炸。

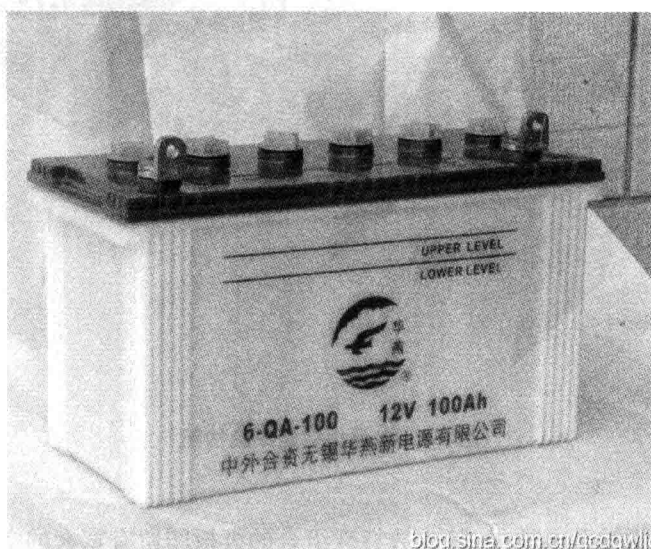


图2-4 蓄电池加液孔盖

6. 联条

由于蓄电池各单格为串联连接,因此不同极性的极柱要用联条连接起来。联条用铅锡合金铸成,有外露式、跨桥式和穿壁式三种,前者用在硬橡胶外壳和盖上,后两者用在塑料外

壳和盖上。外露式是指联条外露在蓄电池的上面;跨桥式是指联条下部在蓄电池的平面上或埋在盖下,连接部分跨接在各单格电池的中间壁上;穿壁式是指在中间壁上打孔,使极板组柄直接穿过中间隔壁将各单格电池连接起来。穿壁式联条的连接方式如图 2-5 所示。

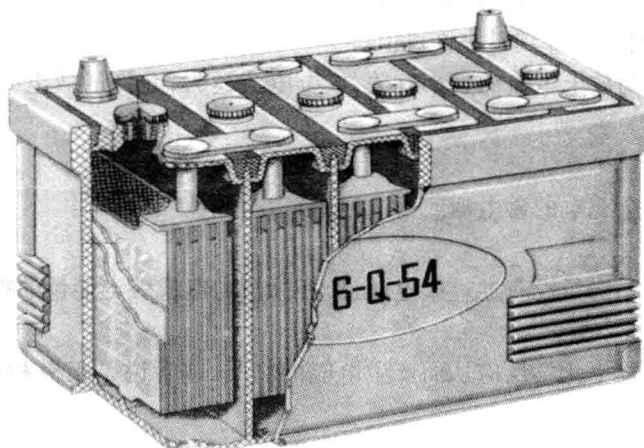


图 2-5 穿壁式联条的连接方式

2.2.2 铅酸蓄电池的基本概念

1. 充电

充电是外电路给蓄电池供电,使电池内发生化学反应,从而把电能转化为化学能储存起来的操作。

充电时,蓄电池的正、负极分别与直流电源的正、负极相连,当充电电源的端电压高于蓄电池的电动势时,在电场的作用下,电流从蓄电池的正极流入、负极流出,这一过程称为充电。蓄电池充电过程是将电能转换为化学能的过程。

充电时,正、负极板上的 PbSO_4 还原为 PbO_2 和 Pb ,电解液中的 H_2SO_4 不断增多,电解液密度不断上升。当充电接近终了时, PbSO_4 已基本还原成 Pb 。过剩的充电电流将电解水,使正极板附近产生 O_2 从电解液中逸出,负极板附近产生 H_2 从电解液中逸出,电解液液面高度降低。因此,铅酸蓄电池需要定期加蒸馏水。

蓄电池充足电的标志是:

- (1) 电解液中有大量气泡冒出,呈沸腾状态;
- (2) 电解液的相对密度和蓄电池的端电压上升到规定值,且在 2~3 h 内保持不变。

2. 放电

放电是在规定的条件下,电池向外电路输出电能的过程。当铅酸蓄电池接上负载后,在电动势的作用下,电流就会从蓄电池的正极经外电路的用电设备流向蓄电池的负极,这一过程称为放电,蓄电池的放电过程是将化学能转化为电能的过程。放电时,正极板上的 PbO_2 和负极板上的 Pb 都与电解液中的 H_2SO_4 反应生成硫酸铅 (PbSO_4),沉附在正、负极板上。在这个过程中,电解液中的 H_2SO_4 不断减少,电解液密度不断下降。

理论上,放电过程可以进行到极板上的活性物质被耗尽为止,但由于生成的 PbSO_4 沉附于极板表面,阻碍电解液向活性物质内层渗透,使得内层活性物质因缺少电解液而不能参

加反应,因此在使用中放完电时蓄电池活性物质的利用率也只有 20% ~ 30%。因此,采用薄型极板,增加极板的多孔性,可以提高活性物质的利用率,增大蓄电池的容量。

蓄电池放电终止的特征是:

(1)单格电池电压降到放电终止电压;

(2)电解液相对密度降到最小许可值。

放电终止电压与放电电流的大小有关,放电电流越大,允许的放电时间就越短,放电终止电压也越低。

3. 过充电

过充电是对完全充电的蓄电池或蓄电池组继续充电。

4. 自放电

自放电是电池的能量没有通过放电就进入外电路,造成一定能量的损失。

5. 活性物质

在电池放电时发生化学反应从而产生电能的物质,或者说是正极和负极储存电能的物质的统称。

6. 放电深度

放电深度是指蓄电池使用过程中放电到什么程度才停止放电。

7. 板极硫化

在使用铅酸蓄电池时要特别注意的是:电池放电后要及时充电,如果长时间处于半放电或充电不足甚至过充的情况,或长时间充电和放电都会形成 PbSO_4 晶体。这种大块晶体很难溶解,无法恢复原来的状态,导致板极硫化后充电就会变得困难。

8. 容量

容量是在规定的放电条件下电流输出的电荷,其单位常用安时($\text{A} \cdot \text{h}$)表示。

9. 相对密度

相对密度是指电解液与水的密度比值,用来检验电解液的强度。相对密度与温度变化有关。25℃时充满的电池电解液相对密度值为 1.265。密封式电池,相对密度值无法测量。纯酸溶液的密度为 1.835 g/cm^3 ,完全放电后降至 1.120 g/cm^3 。电解液注入水后,只有待水完全融合电解液后才能准确测量密度,融入过程大约需要数小时或者数天,但是可以通过充电来缩短时间。每个电池的电解液密度均不相同,即使是同一个电池在不同的季节,电解液的密度也会不一样。大部分铅酸蓄电池的电解液密度在 $1.1 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$ 范围内,充满电之后一般为 $1.23 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$ 。

10. 运行温度

电池在使用一段时间后,会感觉烫手,这是因为铅酸蓄电池具有很强的发热性。当运行温度超过 25℃,每升高 10℃,铅酸电池的使用寿命就减少 50%,所以电池的最高运行温度应比外界低,在温度变化超过 $\pm 5^\circ\text{C}$ 的情况下最好。

2.2.3 铅酸蓄电池充、放电基本原理

在铅酸蓄电池中,正极板为 PbO_2 ,负极板为 Pb ,电解液为 H_2SO_4 。将其正、负极板插入电解液中,正、负极板与电解液相互作用,在正、负极板间就会产生约 2.1 V 的电势。电池在完成充电后,正极板为二氧化铅,负极板为海绵状铅。放电后,在两极板上都产生细小而松