

电气设备与修理

陈六海 主编

DIANQI SHEBEI YU XIULI



国防工业出版社

National Defense Industry Press

工程机械系列教材

电气设备与修理

陈六海 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

电气设备与修理/陈六海主编. —北京:国防工业出版社, 2008.3

工程机械系列教材

ISBN 978-7-118-04970-1

I. 电... II. 陈... III. 电气设备—维修—高等学校—教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 012572 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17¼ 字数 406 千字

2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 36.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

《工程机械系列教材》 编写委员会成员

主任委员 王耀华 龚烈航

副主任委员 高亚明 苏凡圉 周建钊

委 员 (按姓氏笔画为序)

王 强 王占录 王新晴 李 均

陈六海 陈明宏 宋胜利 张梅军

赵建民 姬慧勇 鲁冬林 储伟俊

程建辉

前 言

本教材是根据解放军理工大学教材建设计划和工程机械专业课程教学大纲的具体要求编写的。

本教材从机械装备的实际情况以及毕业学员的任职要求出发,在编写过程中注重对学员分析问题、解决问题的能力以及实际技能的培养。在教材的内容上,本着循序渐进的原则,突出科学性和系统性,做到理论联系实际,实用性强。教材内容力求做到新、系统和详尽,原理介绍深入浅出,图文并茂,难易适度,通俗易懂,便于自学。

本教材以机械装备典型电气设备与系统为基础,除对机械装备电气设备的基本结构、原理和工作特性作了详细叙述外,着重论述了机械装备电气设备的拆装、检查、调试、试验、维护、修理和使用注意事项等,还编入了一些机械装备电气设备与系统的典型实例,同时还有选择地介绍了一些电气设备的新结构和新技术。对近年来广泛使用的发动机电子控制系统也作了基本介绍。

本教材共分九章,主要包括:蓄电池、交流发电机及其调节器、照明与信号系统、起动机、点火系统、仪表与报警系统、辅助电气设备、发动机电子控制系统和全车电路。

本教材可作为工程机械类各专业本科生、大专生的学习教材,也可作为从事工程机械管理、使用和维修人员的培训教材或参考书。

本教材由解放军理工大学工程兵工程学院陈六海副教授主编,袁建虎副教授、王新晴教授、唐建讲师和李生义高工参编。

由于编者水平所限,加之时间仓促和缺乏经验,书中缺点和错误在所难免,敬请批评指正。

编 者

目 录

概述	1
第1章 蓄电池	4
1.1 概述	4
1.1.1 蓄电池的类型及特点	4
1.1.2 起动型铅蓄电池的功用	4
1.2 起动型蓄电池的结构与型号	5
1.2.1 起动型蓄电池的结构	5
1.2.2 铅蓄电池的型号	8
1.3 蓄电池的工作原理和特性	9
1.3.1 蓄电池的工作原理	9
1.3.2 蓄电池的工作特性	10
1.3.3 蓄电池的充放电特性	11
1.4 蓄电池的容量及其影响因素	14
1.4.1 蓄电池的容量	14
1.4.2 影响容量的因素	15
1.5 铅蓄电池的充电	17
1.5.1 铅蓄电池的充电方法	17
1.5.2 电解液的选择和配制	18
1.5.3 蓄电池组的连接	19
1.5.4 蓄电池的充电	20
1.6 铅蓄电池的使用与维护	22
1.6.1 铅蓄电池的拆卸与安装	22
1.6.2 蓄电池正、负极柱的识别	23
1.6.3 蓄电池技术状况的检查	23
1.6.4 铅蓄电池的正确使用	26
1.6.5 铅蓄电池的保养	26
1.6.6 蓄电池的储存	27
1.7 铅蓄电池的常见故障与排除	27
1.7.1 外壳破裂	27
1.7.2 极板硫化	28
1.7.3 极板活性物质大量脱落	29
1.7.4 自行放电	29

1.8 新型蓄电池介绍	30
1.8.1 新型铅蓄电池	30
1.8.2 碱性蓄电池	32
复习思考题	34
第2章 交流发电机及其调节器	34
2.1 交流发电机	34
2.1.1 交流发电机的分类	34
2.1.2 交流发电机的结构	35
2.1.3 交流发电机的型号	40
2.1.4 交流发电机的工作原理	41
2.1.5 交流发电机的工作特性	43
2.1.6 新型交流发电机	45
2.2 交流发电机的检查与修理	50
2.2.1 交流发电机在车上的检查	50
2.2.2 交流发电机的整体检查	51
2.2.3 交流发电机的分解与清洁	52
2.2.4 交流发电机的部件检修	53
2.2.5 交流发电机的装复与试验	56
2.2.6 交流发电机拆装注意事项	58
2.3 交流发电机调节器	59
2.3.1 交流发电机用电磁振动式调节器	59
2.3.2 晶体管调节器	64
2.3.3 集成电路调节器	68
2.3.4 电子计算机调节器简介	70
2.3.5 交流发电机调节器的型号	70
2.4 交流发电机调节器的检修与调试	71
2.4.1 电磁振动式电压调节器的检修与调试	71
2.4.2 晶体管调节器常见故障及其检修与试验	75
2.4.3 集成电路调节器的检查	78
2.5 交流发电机及其调节器的使用与充电系故障排除	80
2.5.1 交流发电机与调节器的使用	80
2.5.2 触点式调节器充电系的故障诊断与排除	80
2.5.3 晶体管调节器不充电故障的检查	83
2.5.4 充电指示灯故障检查与排除	83
复习思考题	84
第3章 起动机	86
3.1 起动机的组成和分类	86
3.1.1 起动机的起动方式	86
3.1.2 起动机的分类	86

3.1.3 起动机型号	86
3.2 电磁式起动机	87
3.2.1 直流电动机	87
3.2.2 传动机构	90
3.2.3 操纵装置	93
3.2.4 起动系控制电路	96
3.3 起动机的检查与修理	99
3.3.1 起动机的解体	99
3.3.2 磁场绕组的检查与修理	99
3.3.3 电枢绕组的检查与修理	101
3.3.4 换向器的检查与修理	103
3.3.5 电枢轴的检查与修理	103
3.3.6 电刷、电刷架和电刷弹簧的检查与修理	104
3.3.7 端盖的检查	105
3.3.8 传动机构的检查与修理	105
3.3.9 电磁开关的检查与修理	106
3.3.10 起动机继电器的检查与试验	107
3.4 起动机的装复、调整与试验	109
3.4.1 起动机的装复	109
3.4.2 起动机的调整	109
3.4.3 起动机的试验	110
3.5 起动系的正确使用与故障排除	112
3.5.1 起动机使用注意事项	112
3.5.2 起动系常见故障与排除	112
3.6 新型起动机介绍	115
3.6.1 永磁起动机	115
3.6.2 电枢移动式起动机	116
复习思考题	117
第4章 点火系统	119
4.1 概述	119
4.1.1 点火系统的作用	119
4.1.2 点火系统的类型	119
4.1.3 点火系统的基本要求	119
4.2 传统点火系统	120
4.2.1 传统点火系统的组成及工作原理	120
4.2.2 传统点火系统主要部件的结构与原理	122
4.2.3 传统点火系统的工作特性	133
4.2.4 传统点火系统主要元件的故障及检修	136
4.2.5 传统点火系统的使用与维护	145

4.2.6	传统点火系统主要故障及判断	146
4.3	电子点火系统	150
4.3.1	电子点火系统的优点与类型	150
4.3.2	有触点电子点火系统	151
4.3.3	电容储能式电子点火系统	152
4.3.4	电感储能式电子点火系统	152
4.3.5	电子点火系统的使用与部件检修	162
4.4	计算机控制点火系统	164
4.4.1	计算机控制点火系统的特点	164
4.4.2	有分电器计算机控制点火系统	165
4.4.3	无分电器点火系统	166
	复习思考题	169
第5章	照明与信号系统	170
5.1	照明系统	170
5.1.1	照明装置的种类和用途	170
5.1.2	前照灯	171
5.1.3	前照灯的保养和故障排除	176
5.1.4	灯光保护继电器	177
5.1.5	车灯开关	177
5.2	信号系统	179
5.2.1	灯光信号装置的种类和用途	179
5.2.2	转向灯闪光继电器	180
5.2.3	制动信号装置	185
5.2.4	倒车信号装置	185
5.2.5	电喇叭及喇叭继电器	187
	复习思考题	192
第6章	仪表与报警系统	193
6.1	仪表系统	193
6.1.1	电流表	193
6.1.2	燃油表	195
6.1.3	油压表	197
6.1.4	水温表	200
6.1.5	转速表	203
6.1.6	气压表	206
6.1.7	车速里程表	206
6.1.8	仪表电源稳压器	208
6.2	报警系统	209
6.2.1	机油压力报警装置	209
6.2.2	燃油不足报警装置	210

6.2.3	水温报警装置	210
6.2.4	制动液面过低报警装置	211
6.2.5	制动系统低气压报警装置	211
6.2.6	驻车制动报警装置	212
复习思考题		212
第7章	辅助电气设备	213
7.1	电动雨刮器	213
7.1.1	永磁电动机	213
7.1.2	雨刮器自动复位装置	214
7.2	风窗清洗装置	215
7.3	风窗除霜装置	216
7.4	柴油机辅助起动装置	216
7.4.1	电热式预热器	217
7.4.2	热胀式电火焰预热器	217
7.4.3	电磁式火焰预热器	217
7.4.4	电网式预热器	218
7.5	电气设备的防干扰系统	218
7.6	空调系统	219
7.6.1	空调系统的作用、组成和基本原理	219
7.6.2	制冷系统主要组成部件	221
7.6.3	空调控制部分主要组成部件	224
7.6.4	空调系统常见故障诊断与排除	227
复习思考题		229
第8章	发动机电子控制系统	230
8.1	汽油发动机电子控制系统	230
8.1.1	汽油发动机控制系统的控制内容及功能	230
8.1.2	发动机电子控制系统的分类	232
8.1.3	电喷发动机的优点	235
8.1.4	电控汽油喷射系统的基本组成和原理	236
8.1.5	典型汽油发动机电子控制燃油喷射系统	238
8.1.6	燃油喷射系统的主要部件	241
8.2	柴油发动机的电子控制系统	250
8.2.1	柴油发动机电子控制的内容及功能	251
8.2.2	柴油发动机电子控制系统的组成	251
8.2.3	柴油发动机电子控制系统的类型	254
复习思考题		255
第9章	全车电路	256
9.1	全车电路的组成	256
9.1.1	连接导线	256

9.1.2 插接器	257
9.1.3 开关	258
9.1.5 保险装置	261
9.1.6 中央接线盘	262
9.2 全车电路的布线原则	262
9.3 机械装备电路图的种类	263
9.4 全车电路的识别	268
9.5 全车电路实例分析	268
9.5.1 电源系电路	268
9.5.2 起动系电路	269
9.5.3 点火系电路	269
9.5.4 照明系电路	270
9.5.5 信号系电路	270
9.5.6 仪表和报警系电路	271
9.5.7 辅助电器电路	272
复习思考题	272
参考文献	273

概 述

机械装备电气设备是机械装备的重要组成部分,其性能的好坏将直接影响到机械装备的动力性、经济性、可靠性、安全性、舒适性、操纵稳定性及排气净化。统计数据显示,机械装备电气设备的故障率约占整车故障的 20%~30%,因此掌握机械装备电气系统的组成、功用、工作原理和使用维修方法,对于提高机械装备的使用效率和完好率、降低机械装备的故障率都十分必要。

最早的机械装备上,除了汽油机的点火装置外,几乎没有什么电气设备。随着人们对机械装备动力性、经济性和操纵性、安全性、舒适性要求的提高,电气设备在机械装备上的应用日益增多和广泛。如起动、点火、照明、仪表、信号、暖风及刮水、空调等,都离不开电气设备。

随着机械工业、电子工业的发展,电子技术在机械装备上的应用也日益增多,车用电子装置的新产品不断涌现,传统电气设备面临着巨大的冲击。如交流发电机已经取代了直流发电机,晶体管调节器取代了触点式调节器,无触点电子点火系正在取代传统的点火装置,各种信号、空调电控设备也大量应用了电子器件。特别是大规模集成电路及微型处理机的应用,以计算机技术为主要特征的电子控制装置(如汽油喷射系统、柴油喷射系统、防抱死制动系统、自动变速器等)已在机械装备上得到逐步普及。可以预见,随着机械工业和电子工业的发展,机械装备上所装用的电气与电子设备的数量将会与日俱增,所起的作用也将越来越重要。

机械装备电子技术的发展大致可分为以下 3 个阶段。

1965 年—1975 年,机械装备电子产品主要是由分立电子元件组成电子控制器,并由分立电子元件向集成电路(IC)过渡。主要产品有晶体管硅整流发电机、电子式电压调节器、电子点火控制器、电子式闪光器、电子式间歇刮水控制器等。

1975 年—1985 年,主要发展专用的独立控制系统。主要产品有电子控制汽油喷射系统、空燃比反馈控制系统、电子控制自动变速系统、防抱死制动系统、座椅安全带收紧系统、车辆防盗系统、安全气囊系统等。

1985 年后,主要开发和完成各种功能的综合系统及各种车辆整体系统的微机控制,控制技术向智能化方向发展,这个阶段成为机械装备的电子时代。微机控制系统可以实现对发动机的点火时刻、空燃比、怠速转速、废气再循环、自动变速器、制动防抱死、仪表、信号等多项控制。为了提高工作的可靠性,控制系统还具有故障自诊断和保护功能。

现代机械装备上所装用的电气与电子设备的数量很多,在工业发达国家,电子装置的成本已占整车成本的 30%~35%。

机械装备电气系统按其用途可大致划分为以下五大部分。

1. 电源系统

电源系统由蓄电池、发电机及其调节器组成,两者并联工作。发电机是主电源,蓄电池是辅助电源。其标称电压多为 12V、24V 制两种,大功率柴油机因为起动机功率大,多采用标称电压 24V 制。发电机配有调节器,其主要作用是在发电机转速随发动机转速变化时,自动调节发电机的电压使之保持稳定。

2. 用电设备系统

机械装备上的用电设备种类和数量很多,大致分为以下几种。

(1) 起动系统:用于起动发动机。

(2) 点火系统:作用是产生高压电火花,点燃汽油发动机气缸内的可燃混合气。有传统点火系统、电子点火系统和计算机点火系统之分。

(3) 照明系统:包括车内外各种照明灯,以保证夜间安全行车所必要的灯光,其中以前照灯最为重要。

(4) 信号系统:主要有灯光信号装置和喇叭,包括电喇叭、闪光器、蜂鸣器及各种信号灯,主要用来提供安全行车所必要的信号。

(5) 辅助电器系统:包括电动刮水器、风窗洗涤器、空调器、低温起动预热装置、收录机、点烟器、玻璃升降器、座椅调节器等。辅助电器有日益增多的趋势,主要向舒适、娱乐、保障安全等方面发展。

3. 检测仪表与报警装置

监测仪表包括用于监视发动机及控制系统工作情况的各种检测仪表,如电流表、电压表、机油压力表、温度表、燃油表、车速里程表、发动机转速表等。报警装置包括防盗报警装置、警告报警装置以及各种报警灯,如蓄电池充放电指示灯、紧急情况报警灯、油压过低报警灯、温度过高报警灯、制动气压过低报警灯、各种电子控制的故障报警灯等。

4. 配电装置

配电装置包括各种开关、中央接线盒、保险装置、插接件和导线等。

5. 电子控制系统

机械装备电子控制系统主要指由微机控制的装置,如电子控制点火装置、电子控制燃油喷射装置、电子控制防抱死装置、驱动防滑装置、电子控制自动变速器、电子控制悬挂系统、电子控制动力转向等。

机械装备电气系统分布于机械车辆全身,线路错综复杂,其共同的特点如下:

(1) 直流。机械装备发动机是靠串励直流电动机来起动的,它必须由蓄电池供给强大的直流电流,蓄电池放电后又必须由直流电源给予充电。所以机械装备上的电源都采用方向和大小不随时间变化的直流电。这样,车上的其他电器也都选用了直流电器。

(2) 低压。机械装备电路普遍采用直流 12V 制,大功率柴油机采用直流 24V 制,低电压情况下布线、查线较为安全,这已是国际通用标准。

(3) 单线制。机械装备的金属机体就是良好的导体,可以作为一根公共导线。从电源到用电设备之间只用一根导线(包括开关)连接,另一根导线用金属机体来代替以构成回路的连接方法,称为“单线制”。单线制节省导线,线路清晰,安装和检修方便,且电器也不需与车体绝缘。

(4) 负极搭铁。在单线制接法中,电源和用电设备都必须有一个部位与机械装备的

金属机体相接,这个部位称为“搭铁”或“接地”。电气设备负极与机体相接,称为“负极搭铁”。

为减少蓄电池电缆铜端子在车架连接处的化学腐蚀、提高搭铁可靠性,ZBT35-001-87《汽车电子设备基本技术条件》规定:汽车电气系统采用单线制时,必须统一电源负极搭铁。

附录 1.1

附录 1.1 汽车电气设备基本技术条件 ZBT35-001-87

附录 1.1.1 汽车电气设备基本技术条件

附录 1.1.1 汽车电气设备基本技术条件 ZBT35-001-87

附录 1.1.2 汽车电气设备基本技术条件

附录 1.1.2 汽车电气设备基本技术条件 ZBT35-001-87

第1章 蓄电池

1.1 概述

化学电源可分为原电池和蓄电池。原电池是一种利用化学能转变为电能的不可逆电池,在使用时只能放电,不能充电,也称为一次性电池,如手电筒用的干电池就属于原电池。

铅蓄电池是一种可逆的低压直流电源。它既能将化学能转换为电能,也能将电能转换为化学能。

1.1.1 蓄电池的类型及特点

蓄电池主要分酸性蓄电池和碱性蓄电池两种类型。碱性蓄电池的电解液为氢氧化钠溶液或氢氧化钾溶液。酸性蓄电池的电解液为硫酸溶液。因为酸性蓄电池极板上活性物质的主要成分是铅,所以也称之为铅酸蓄电池。

起动型铅酸蓄电池的突出特点是内阻小、起动性能好、电压稳定,此外还有成本低、原材料丰富等优点,因此机械装备上普遍采用。

随着科学技术的不断进步和发展,蓄电池也在不断地研制和发展中。目前机械装备所用的铅蓄电池主要有普通型铅蓄电池、改进型铅蓄电池及免维护铅蓄电池3种。

改进型铅蓄电池是在普通型铅蓄电池的基础上开发了诸如穿壁式联条、玻璃纤维隔板及热封塑料外壳等技术后形成的;免维护铅蓄电池可大大减少日常保养和维护工作,极大地方便了使用者。

1.1.2 起动型铅蓄电池的功用

蓄电池是机械装备上的起动电源,它与发电机并联,为机械装备上的用电设备供电。铅蓄电池的主要功用如下。

1. 供电

(1) 起动发动机时,向起动机及有关电气设备供电。给起动机提供起动电流是蓄电池的主要作用,因此将其称为起动型铅蓄电池,汽油发动机起动电流一般为200A~600A,柴油发动机一般为600A~1000A,甚至更大。

(2) 发电机正常发电时,当用电设备用电量过大、发电机的电量不够时,铅蓄电池可协助发电机向用电设备供电。

(3) 当发动机低速运转,发电机不发电或电压较低时,向交流发电机磁场绕组及其它用电设备供电。

2. 充电

当发动机处于中高速运转,发电机的端电压高于铅蓄电池的电压时,铅蓄电池便将一

部分电能转化为化学能储存起来。

3. 保护

蓄电池相当于一只大容量电容器,不仅能够保持电压稳定,而且还能吸收电路中出现的瞬时过电压,防止损坏电路中的晶体管元件,保护电子设备。

1.2 起动型蓄电池的结构与型号

1.2.1 起动型蓄电池的结构

图 1-1 所示为机械装备用 12V 蓄电池的解剖图。它由 6 个单格电池组成,每个单格电池的额定电压为 2V,单格间串联连接。起动型蓄电池由极板、隔板、电解液、外壳、联条和极柱等组成。

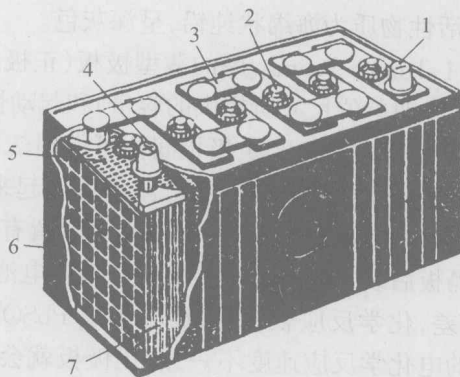


图 1-1 铅蓄电池的结构

1—负极柱; 2—加液孔盖; 3—联条; 4—正极柱; 5—防护片; 6—外壳; 7—极板组。

1. 极板

极板是蓄电池的主要部件,由栅架和活性物质(铅膏)组成,如图 1-2 所示。在蓄电池充放电过程中,电能与化学能的相互转换就是依靠极板上的活性物质与电解液中的硫酸产生化学反应来实现的。

栅架由铅锑合金或铅钙锡合金浇铸或滚压而成,形状如图 1-3 所示。在栅架中加锑的目的是改善浇铸性能并提高机械强度。但锑有副作用,会加速氢离子的析出从而加速

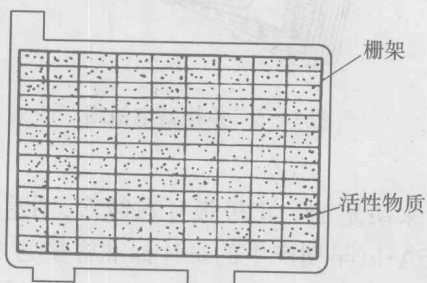


图 1-2 极板

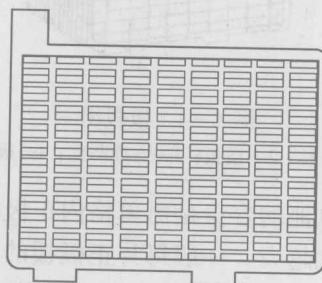


图 1-3 栅架

电解液中蒸馏水的消耗,还易从正极板栅架中解析出来而引起蓄电池自放电和栅架的膨胀、溃烂,缩短蓄电池的使用寿命。目前国内外车用蓄电池普遍采用干荷电与免维护蓄电池,前者的栅架通常采用铅低锑(含锑2%~2.3%)合金浇铸,后者的栅架通常采用铅钙锡合金浇铸,从而大大减少了电解液中蒸馏水的消耗。

活性物质(铅膏)是指极板上参与化学反应的工作物质,主要由铅粉、蒸馏水和密度为 $1.12\text{g}/\text{cm}^3$ 的稀硫酸按一定比例混合而成,再加入少量的添加剂调和成膏状。涂在正极板栅架上的铅膏叫阳铅膏,涂在负极板栅架上的铅膏叫阴铅膏。阴铅膏除上述铅膏的成分外,还要加入少量硫酸钡、腐植酸、松香等材料,以减少负极板的收缩和钝化,降低自放电,提高蓄电池的大电流放电特性。

极板分为正极板和负极板两种。将铅膏涂在栅架上即可得到生极板,生极板经热风干燥,再放入稀硫酸中进行化成(在蓄电池生产工艺中,对极板进行充电的过程称为“化成”,一般充电18h~20h)处理便可得到正极板和负极板。正极板上的活性物质为二氧化铅,呈深棕色;负极板上的活性物质为海绵状纯铅,呈深灰色。

目前国内外大都采用1.1mm~1.5mm厚的薄型极板(正极板比负极板稍厚)。薄型极板对提高蓄电池的比容量(即单位尺寸所提供的容量)和起动性能都十分有利。将一片正极板和一片负极板浸入电解液中,在正、负极板间便可得到2.1V左右的电压。为了增大蓄电池的容量,将多片正、负极板分别并联,用汇流条焊接起来分别组成正、负极板组,结构如图1-4所示。汇流条上浇铸有极柱,各片极板之间留有空隙。安装时,各片正负极板相互嵌合,中间插入隔板后装入电池槽内便形成了单格电池。

正极板的机械强度较差,化学反应较强烈,反应生成 PbSO_4 后体积会增大。如果正极板在工作中,两个面上的电化学反应速度不一致,正极板就会拱曲造成活性物质脱落。所以在焊装极板组时,一般负极板组要比正极板组的极板片数多一片,安装时将正极板夹在两片负极板之间,如图1-5所示,这样可防止拱曲和减少活性物质脱落,提高极板的使用寿命。

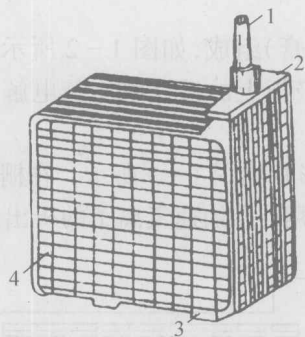


图1-4 极板组

1—桩柱; 2—横板; 3—支撑凸起; 4—极板。

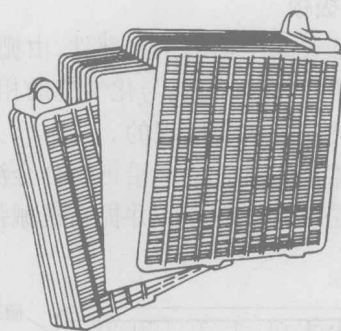


图1-5 单格蓄电池组

蓄电池的容量是由单格内正极板片数的多少来决定的。正极板片数越多,则蓄电池的容量就越大。一般每片正极板的额定容量为 $15\text{A}\cdot\text{h}$ (早期产生的每片标准容量为 $14\text{A}\cdot\text{h}$)。EQ1090用蓄电池为15片,其中正极板为7片,故蓄电池容量为 $15\times 7=105\text{A}\cdot\text{h}$ 。因为单格间是串联的,单格电池的容量也就是整个蓄电池的容量。