



新世纪航空模型运动丛书

WUXIANDIAN YAKONG  
DIANDONG MOXING FEIJI

# 无线电遥控 电动模型飞机

中国航空运动协会组织编写  
陆耀华 著



航空工业出版社

新世纪航空模型运动丛书

# 无线电遥控电动模型飞机

陆耀华 著

航空工业出版社

北京

## 内 容 提 要

本书主要介绍了现代新兴的无线电遥控电动模型飞机的各方面基础知识。对从电池和电机及各种专用设备开始,到各类固定翼遥控电动模型飞机设计上方方面面的知识做了较广泛的探讨,同时粗略介绍了国内、国外遥控电动模型飞机的竞赛规则和技术状况以及初学者入门训练的方法。最后还具体介绍了作者在遥控电动模型滑翔机竞技比赛中的实践经验和一些具有参考价值的图样。

本书适合具有初中以上文化的社会各阶层航模爱好者作为遥控电动模型飞机的入门读物。尤其适合于大学生和学校与社会的航模辅导员作为参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

无线电遥控电动模型飞机/陆耀华著. —北京:航空工业出版社, 2008. 9

(新世纪航空模型运动丛书)

ISBN 978 - 7 - 80243 - 205 - 5

I. 无… II. 陆… III. 无线电遥控—模型飞机(航空模型运动) IV. G875. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 140601 号

## 无线电遥控电动模型飞机

Wuxiandian Yaokong Diandong Moxing Feiji

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64815615 010 - 64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2008 年 9 月第 1 版

2008 年 9 月第 1 次印刷

开本: 787 × 960 1/16

印张: 11.75

字数: 222 千字

印数: 1—3000

定价: 26.00 元

# 《新世纪航空模型运动丛书》

## 编 委 会

顾 问：顾诵芬  
主 任：赵明宇  
副 主 任：刘文章 毕东海  
委 员：（按姓氏笔画排列）

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 牛安林 | 甘彦龙 | 叶树钧 | 朱宝鏊 |
| 朱建成 | 刘 鑫 | 李仁达 | 肖治垣 |
| 吴大忠 | 陆钟毅 | 南 雍 | 顾 辰 |
| 高 歌 | 黄永良 | 程不时 | 谭楚雄 |

主 编：毕东海

副 主 编：谭楚雄

主要编写人员：（按姓氏笔画排列）

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 王维忠 | 朱宝鏊 | 朱建成 | 刘文章 |
| 寿尔康 | 李仁达 | 李育廉 | 李新庄 |
| 陆耀华 | 杨 煊 | 余 敏 | 张 炜 |
| 查保传 | 黄 云 | 阎天来 | 谭楚雄 |

# 序

19 世纪后期,人类探索航空的重点由气球转向重于空气的飞行器——飞机。由于试验飞机的复杂性和危险性,航空先驱们都是首先用不载人的模型飞机反复进行研究,摸索规律,有相当把握后才开始试制载人飞机。英国人凯利的滑翔机、美国人兰利和莱特兄弟等的飞机都是这样进行的。

1903 年动力飞机试飞成功,但初期飞机的性能极差,不但速度小(不如快速汽车),而且稳定性也很不好,飞到空中危机四伏,仍然需要通过模型飞机进行研究、试验、改进和完善。载人飞行器的初步成功,使从事学习和研究飞机的队伍迅速扩大,也引起了许多人对模型飞机的兴趣。20 世纪初,在发达国家开始了航空模型运动,为这些国家造就了许多航空人才和科技人才。

我国在 20 世纪 30 年代后期才出现小规模民间航空模型活动,比西方发达国家晚了 20 多年。当时没有常设的全国性航空模型运动机构,基层活动属自发性质,参与航空模型运动的人数不多,技术水平和模型器材都很落后,处于萌芽状态。

新中国成立以后,中央人民政府十分重视和提倡航空模型运动。1952 年成立了中央国防体育俱乐部,后更名为中国人民国防体育协会,其任务是在人民群众中普及军事技术知识,进行国防教育,储备军事人才,培养国防后备力量。航空模型运动被列为首批重点国防体育项目,有组织、有计划地开展起来,其发展势头超过许多发达国家。1956 年,新中国第一届航空模型竞赛在北京举行,此后,每年都举办全国性的航空模型比赛,“文革”期间中断了比赛,1978 年恢复了全国比赛。

1978年,中国加入国际航空联合会,我国航空模型运动有些项目跃居世界领先地位,截至目前共有58人59次打破31项世界纪录,夺取世界冠军28个。

目前,航空模型运动是我国正式开展的99个体育运动项目之一,作为科技体育运动项目,航空模型运动具有竞技、教育、娱乐和应用等功能。

竞技功能是航空模型运动的基本功能。通过各种比赛,展现选手的竞技水平,体现“更高、更快、更强”的体育精神,向观众奉献最精彩的场面。在激烈抗争的世界赛场上,中国选手通过顽强拼搏,夺取冠军,为国争光。

对人进行全面素质的培养,是航空模型运动的教育功能。由于这项运动内涵的特殊性,即运动的参与者要自己设计和制作模型飞机;参与者的运动成绩由他操纵放飞的模型飞机的飞行表现来确定,因此决定了这项运动所独具的动手与动脑相结合、脑力与体力相结合的特点。

航空模型运动同时也是一项形象健康、积极向上的娱乐运动项目。它以其模型种类繁多、技术难度跨度大而吸引社会上不同层次、职业、年龄的爱好者参与其中。

航空模型应用于科研、生产和国防是这项运动的另一大功能。航空模型是飞机的先驱,在飞机研制中,航空模型一直是一种不可缺少的研制手段,它在航空产业的各个环节中起着重要作用。

为了贯彻中共中央、国务院《关于进一步加强和改进未成年人思想道德建设的若干意见》的精神,培养青少年科技素质和创新精神,培养热爱航空事业的后备人才,中国航空运动协会组织编撰这套《新世纪航空模型运动丛书》,丛书本身是半个世纪我国开展航空模型运动经验的积累,涵盖了航空模型运动的各个方面,既有航空模型运动的基础知识,又有帮助从事航空模型运动提高知识水平和技巧的专业读物,既介绍适合在小学生中开展活动的《纸模型飞机》,也介绍制作高级航空模型必备的《模型飞机的翼型与机翼》。丛书的作者都是多年从事航空模型运动的专家,具有丰富的教学和航空模型制作、放飞经验。本套丛书面向读者为初中以上的高级航空模型爱好者、全

国中小学航空模型课程的教学人员，从事航空模型运动的运动员、航空模型的设计人员和制造人员，以及各相关人员。

我们希望，丛书的出版，能为促进我国航空模型运动更上一层楼，帮助更多的航模爱好者步入航空科技殿堂，建设中国现代化的和谐社会发挥更大作用。

《新世纪航空模型运动丛书》编委会

2007年8月

## 前言

采用电动机和电池使飞机飞起来，这在 50 多年前笔者投入航模活动时曾被视为是难以实现之事。然而自从强而有力并可充电的镍镉电池问世并推广开来之后，在 20 世纪 70 年代，欧洲人不仅把电动模型飞机飞了起来，而且开始推出了遥控电动模型飞机的商品。在此基础上，国际航空联合会于 1984 年正式把遥控电动模型飞机纳入了竞赛规则，并在 1986 年举办了首届遥控电动模型飞机的世界锦标赛。自那以后的 20 多年来，人们在电池以及电动机的技术上又取得了几项革命性的突破，大大促进了遥控电动模型飞机的发展。

1998~1999 年，我国首创了全塑料化遥控电动模型飞机生产工艺，并配以比例遥控设备同模型一起合成低价位的套材推向国内与国际市场，大大推动了无线电遥控电动模型飞机在全世界的普及推广。市场的需求又反过来有力地刺激了人们对电池、电机、遥控设备、舵机、调速器、充电器等器材以及模型制造工艺等全方位模型制造技术的深入开发。目前，无论在国内还是国外，都已经开始有民间爱好者在试制开发可以载人的电动飞机。

现在，如果您踏进航模展览会的大厅，无论是纽伦堡、芝加哥、托莱多，还是北京、上海或深圳的展览馆，一个强烈感觉便是“电动飞机铺天盖地”，而且都是遥控的。可以说从 21 世纪一开始，全世界的航空模型便都在进行着一场“电动化”的变革。让我们从几个不同角度、不同层面来看看：从高端来看，以往以大功率内燃机一统天下的国际级无线电遥控特技模型飞机（F3A）在 2005 年与 2007 年的世界锦标赛上，其垄断地位已被打破，采用电动模型飞机上场的人数大幅度增加并且进入了优胜者行列，在 2007

年的国际级无线电遥控模型直升机 (F3C) 世界锦标赛上, 也已有不少人使用电动模型参赛并进入前三名; 从发展趋势来看, 在这两个航模界的顶级项目上, “电动化” 的程度必将进一步扩大; 再从大众层面来看, 不仅各式各样的电动特技机、电动直升机、电动仿真机、电动 3D 花式飞行机、电动超小型机的广告在书刊上漫天飞舞, 而且不少航模界长期未能解决的难题现在也已经依靠 “电动” 技术得以安然解决, 例如仿鸟类飞行的遥控扑翼机, 现在已经有了基本成熟的产品, 再如原本单纯依靠地形性上升气流飞行的无线电遥控山坡模型滑翔机 (F3F), 一旦失去上升气流的支持便有掉入山谷的危险, 如今已被人们装上隐蔽式的电动装置, 在遭遇危险时可以迅速把电动装置架设起来, 转动螺旋桨摆脱困境。再看室内模型飞机, 以前历来是橡筋动力自由飞模型飞机的一家之地, 现在全国性的室内遥控模型飞机公开赛已在深圳举办过两次, 参赛的飞机无论是固定翼模型飞机还是模型直升机, 全是 “电动” 的。不仅如此, 微型的玩具化遥控电动直升机已经可以在十几平方米的居室里玩耍。航空模型 “电动化” 的大潮方兴未艾。

笔者自幼酷爱航空模型, 从上海北郊中学、育才中学直到浙江大学, 一直是学校里的航模骨干。1964 年毕业到上海嘉定参加工作后继续从事业余航模活动。1981 年创建嘉定县航空模型研究会, 1983 年底开始从事无线电遥控电动模型飞机的研究活动, 设计制作过不少固定翼的遥控电动模型飞机, 发表过一些文章, 也搞过一些产品, 并带领上海嘉定的业余运动员参加了近十年来的多次全国性航模比赛, 积累了一定的知识和经验, 值此中国航空运动协会组织编写《新世纪航空模型运动丛书》之际, 欣然命笔, 乐而为之。但愿自己这点经验与知识能够对他人有所启示, 以促进无线电遥控电动模型飞机项目在我国进一步的发展。

本书在编写出版过程中, 得到汪耆年老师的大力举荐和黄永良、谭楚雄老师的殷切鼓励, 并得到李青桥、罗新耀、王根华、伍利平等诸位先生的不少帮助, 女儿沈琍也帮我做了大量整理打印工作, 特在此深表感谢。

回想当初在浙江大学航模队时, 学校领导期望本人能将航空模型与无线

电相结合而有更良好的发展，特地将我从机械系调至无线电系深造。44年过去了，人生道路坎坷，未有甚建树，现谨以此书献给我的母校浙江大学，以答谢培育之恩。

陆耀华

2008年5月1日

# 目 录

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| 第一章 动力电池 .....                  | ( 1 )   |
| 第一节 概述 .....                    | ( 1 )   |
| 第二节 动力电池的性能指标与使用要求 .....        | ( 3 )   |
| 第三节 镍系列电池 .....                 | ( 7 )   |
| 第四节 锂电池 .....                   | ( 14 )  |
| 第二章 动力电机 .....                  | ( 28 )  |
| 第一节 直流永磁电机的特性及其使用 .....         | ( 28 )  |
| 第二节 无刷电机 .....                  | ( 39 )  |
| 第三章 遥控电动模型飞机的器材设备 .....         | ( 49 )  |
| 第一节 遥控电动模型飞机的专用设备与器材 .....      | ( 49 )  |
| 第二节 无线电遥控收发设备 .....             | ( 60 )  |
| 第三节 其他通用设备 .....                | ( 67 )  |
| 第四章 遥控电动模型飞机的竞赛规则 .....         | ( 72 )  |
| 第一节 国际航联的 F5 类竞赛规则及技术状况 .....   | ( 73 )  |
| 第二节 我国的 P5 类遥控电动模型飞机竞赛规则 .....  | ( 81 )  |
| 第三节 国际国内其他有关遥控电动模型飞机的竞赛规则 ..... | ( 87 )  |
| 第五章 各类遥控电动模型飞机设计纵横谈 .....       | ( 92 )  |
| 第一节 电动 F3A 及其他特技类模型的动力装置 .....  | ( 92 )  |
| 第二节 遥控电动模型滑翔机设计 .....           | ( 96 )  |
| 第三节 遥控电动模型飞机的螺旋桨 .....          | ( 104 ) |
| 第四节 其他几种遥控电动模型飞机漫谈 .....        | ( 114 ) |

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| <b>第六章 初学者的入门训练</b> .....                    | (124) |
| 第一节 飞行前的准备工作 .....                           | (124) |
| 第二节 入门训练动作要领 .....                           | (126) |
| 第三节 几点补充提示 .....                             | (133) |
| <b>第七章 P5B-2 遥控电动模型滑翔机的竞技训练</b> .....        | (136) |
| 第一节 提高 P5B-2 模型比赛成绩的几个关键 .....               | (136) |
| 第二节 P5B 项目竞技训练纲要 .....                       | (137) |
| 第三节 对国内现行竞赛规则的质疑和修改意见 .....                  | (142) |
| <b>第八章 图样与模型介绍</b> .....                     | (144) |
| <b>附录 1 实达科技公司航模专用锂聚合物电池型号规格及技术数据表</b> ..... | (164) |
| <b>附录 2 华迈公司无刷电机型号规格与技术数据表</b> .....         | (167) |
| <b>附录 3 螺距规面板图</b> .....                     | (170) |

## 第一章

# 动力电池

电池的知识是各类电动模型的基础，对于模型飞机尤其如此。笔者刚入门时，就被镍镉电池与银锌电池强而有力且可充电的神秘魅力所吸引，一步步深入电动模型飞机的知识殿堂。24年过去了，动力电池已有了很大的发展，镍氢电池、锂离子电池、锂聚合物电池相继问世，并先后在航模舞台上闪亮登场。这些电池究竟是怎么一回事儿？孰优孰劣？该如何选用？又该如何保养？本章将就这方面的知识进行详细介绍。

### 第一节 概述

#### 一、什么叫动力电池

采用电动机作为发动机的模型称为电动模型，而用来推动这类电动机工作的电池便称为动力电池。由于它同其他用途的电池有着较大的差异，对模型飞机的性能至关重要，所以这里作为开场专门论述。

#### 二、动力电池的种类及其发展简况

可以用作电动模型飞机动力的电池种类很多，有太阳能电池、银锌电池、锂电池、镍镉电池、镍氢电池等。太阳能电池输出电流偏小，必须把面积做得很大才能使电动模型飞机飞起来，且造价很贵，因而很少有人问津。银锌电池的比能量（能量与重量<sup>①</sup>之比，单位：瓦时/千克）很高，大电流放电能力很强，但重复使用寿命较短，且价格贵、易漏液、不能倾倒，因而除了过去在创纪录飞行中被人们使用过之外，现已无人问津。目前，人们在航模上所用的主流品种是镍系

<sup>①</sup> 本书所提重量均指质量。

列（包括镍氢电池与镍镉电池两种）和新兴的锂电池（包括锂离子电池与锂聚合物电池两种）。

电动模型飞机 20 世纪 70 年代之所以能在欧美国家开始流行，主要是由于强有力且能够重复充放电的镍镉电池在当时已进入实用化推广并大量生产阶段。10 余年之后才问世的镍氢电池在比能量方面显示了比镍镉电池高出 50% ~ 100% 的优势。但在大电流放电能力方面，很长时期里一直明显落后于镍镉电池。然而到了 21 世纪初，镍氢电池已经做到不亚于镍镉电池甚至超过镍镉电池，加上它的记忆效应小，对环境污染小等优点，目前在航模动力上已被普遍采用，成为主流品种之一。而镍镉电池则由于会严重污染环境，在欧洲已被禁用，在我国也正被逐渐淘汰。

锂电池在早期只是作为一次性电池使用，不可充电，它的比能量极高，但内阻很大，因而无法提供较大的电流使电动模型飞机飞起来。但到了 1987 年，上海队搞创纪录飞行时，电子工业部天津十八所已经能够提供可重复充电的锂电池，并且为上海队创造当时新的世界纪录（混合电池：6 时 15 分 32 秒）发挥了重要作用。不过当时的锂电池价格很贵，而且放电能力也仅勉强能使飞机维持平飞而已（爬升靠银锌电池）。

早期，对锂电池的研究主要出于军事目的，后来在民用方面巨大经济利益的驱使下，人们对其给予了更大的关注与投入，因而在 20 世纪末与 21 世纪初取得了突破性进展。目前，锂电池已经在手机、摄像机、手提式电脑等领域淘汰了镍镉电池与镍氢电池。锂电池在遥控模型飞机上的推广还是最近五六年的事情。最初，由国外的爱好者试用手机上用的锂离子电池（Li-ion）把飞机飞起来，并取得了留空时间比镍镉电池长许多的优异成绩。接着，便吸引了电池与模型两个行业的制造商竞相介入，研究开发。然而，锂离子电池同航模结合起来不久，它的同胞兄弟锂聚合物电池（Li-polymer）就在大电流放电能力方面显示出了更强大、更适合于航空模型的实力，从而“六亲不认”地把锂离子电池挤到一边，迅速成长为目前航模动力电池的主流品种。经过大约两年的发展，锂聚合物电池目前在大电流放电能力方面已经优于镍镉电池和镍氢电池，只是由于受充电、保养、寿命、价格等各方面因素的限制，才使它的推广受到一定的制约。从长远发展来看，航模动力电池从现在起相当长的一段时期里将是锂电池的天下。

## 第二节 动力电池的性能指标与使用要求

### 一、电池的内阻、最大放电倍率与比功率

对动力电池最重要的要求便是能提供尽可能大的功率（即：既能提供尽可能大的电流，又能保持高的输出电压），在物理学上这个指标叫做“比功率”（单位：千瓦/千克），然而在电池行业里通常又用“最大放电倍率”来衡量这方面的性能，它是指其允许的最大持续放电电流对于其标称容量  $C$  的倍数，电池使用时若超过这一界限，便会自己烧坏。优质的镍镉电池的最大放电倍率可以达到  $70C$  以上（短时间甚至可达  $100C$  以上），而某些劣质的镍镉电池只有  $10C$  左右，为什么差异如此之大呢？这里引入电池内阻的概念加以详细论述。

众所周知，任何导体都有一定的电阻，当电流流过导体时，会因电阻而产生一定的电压降，消耗掉部分能量。电池也不例外，当电流在电池内部流过时，也会遇到一定的阻抗，这便是电池的内阻。它除了会引起电池两端输出电压下降之外，还会使电机工作电流受到限制以及造成电池内部发热。

因此任何一种电池，都可以等效地看作为一个单纯的电动势电压源  $E$  与一个内阻  $R_i$  的串联（如果是一组多节串联的电池，则  $E$  代表多节电池的电动势之和，而  $R_i$  则除了代表多节电池内阻之和以外，还应加上连接每节电池的焊点、焊片或导线、插头的电阻之和）。图 1-1 为电池组接上电机之后的等效电路图，图中  $A$ 、 $B$  两端为电池的输出端， $U_{AB}$  是电池的输出电压；图中  $M$  代表电动机， $Z_m$  为电动机的阻抗， $R_x$  为外回路的引线、插头与开关电阻的总和。

当开关断开时，电流  $I=0$ 、 $U_{AB}=E$ ；

而当开关接通时，回路电流  $I=E/(R_i+R_x+Z_m)$ ；

电池两端输出电压  $U_{AB}=E-IR_i$ 。

由此可见，电机的工作电流不仅受到电机本身阻抗的限制，而且还受到电池内阻以及整个回路电阻的限制，一部分电功率将被电池内阻所消耗，其数值为  $IR_i$ ，这部分损耗将引起电池内部发热。

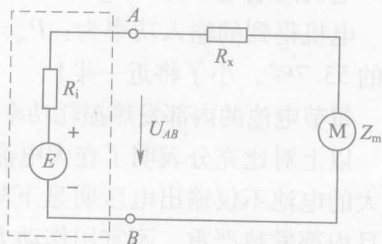


图 1-1 电池接上电机后的等效电路图

对于镍系列电池而言,每个单体电池的内阻通常为几到几十毫欧( $\text{m}\Omega$ ),甚至近百毫欧。不同品牌、不同品种规格的电池往往有相当大的差异,通常以电池充饱电时的内阻值为准,在电池行业里用专门的电池内阻测量仪来测量。

动力电池通常都做成一个个专用模块使用,具体包装可以有多种形式。在多节串联的电池块内部、镍系列电池的金属外壳之间连接通常都采用金属片,使用点焊机将其与正负极多点焊接以减少整块电池的内阻。在锂聚合物电池块内部、多节之间的串联也是使电极片尽量大面积焊合以减小内阻。

在充当普通设备电源使用的场合下,由于工作电流很小,电池内阻无关紧要。而一旦作为模型动力之用时,电池内阻的大小就至关重要了。下面我们举一个简单的例子来说明这个道理。

假定用 A、B 两种镍氢电池分别做成两块 7 节的电池块,其标称电压应为 8.4 伏,充饱电之后每节的电动势都是 1.4 伏,整块电池的空载电压都是  $7 \times 1.4 = 9.8$  (伏),电池块内部的焊点、引线及插头的接触电阻之和都是 40 毫欧,但每种电池的单体内阻分别为: A 种 9 毫欧、B 种 30 毫欧,两块电池的总内阻分别为  $R_{iA} = 7 \times 9 + 40 = 103$  (毫欧),  $R_{iB} = 7 \times 30 + 40 = 250$  (毫欧)。

当它们分别用于阻抗为 100 欧的小型音响设备时,可以算出:

A 组工作电流为:  $I_A = 97.9$  (毫安),输出电压为:  $U_{AB} = 9.79$  (伏)

B 组工作电流为:  $I_B = 97.75$  (毫安),输出电压为:  $U_{AB} = 9.789$  (伏)

可见两者几乎没有差别,可是当它们分别用于阻抗为 0.3 欧的 380 级钴稀土电机时,情况就截然不同了。这时,

A 组电池的工作电流为:  $I_A = 9.8 \div (0.3 + 0.103) = 24.3$  (安)

电机两端得到的电压为:  $U_m = 24.3 \times 0.3 = 7.29$  (伏)

电机得到的输入功率仅仅为:  $P_m = 24.3 \times 7.29 = 177.14$  (瓦)

这时每节电池的内部发热损耗功率为:  $P_i = 24.3^2 \times 9 = 5.31$  (瓦) (尚可)

B 组电池的工作电流为:  $I_A = 9.8 \div (0.3 + 0.25) = 17.8$  (安) (明显小于 A 组)

电机两端电压为:  $U_m = 17.8 \times 0.3 = 5.34$  (伏) (大大低了)

电机得到的输入功率为:  $P_m = 17.8 \times 5.34 = 95$  (瓦),只有用 A 组电池情况下的 53.7%,小了将近一半!

每节电池的内部发热损耗功率为:  $P_i = 17.8^2 \times 30 = 9.5$  (瓦),很易造成损坏。

以上对比充分表明了在大电流使用情况下电池内阻大小的重要性。显然,内阻大的电池不仅输出电压明显下降,输出电流被内阻限制得很小,输出功率低,而且内部发热严重,不宜用作动力电池。

通过上例,进一步分析还可以观察到:外回路的引线、插头与开关电阻同电池内阻一样,对电机的工作电流、电压和功率起着限制与削弱作用,因而在模型

装配时应越小越好。

然而,制约电池大电流放电能力的不仅仅是内阻,还同电池本身的品种结构有关。目前国内外高质量的锂聚合物电池(Li-polymer),其内阻已经可以做得比同样容量、同样电压情况下的镍系列电池更小,但它的最大允许放电倍率却明显小于镍系列电池,因为限于电池内部的结构、配方的关系,电流太大,它就会自己烧坏。

我们要追求的并不单纯是大电流,还有大的输出功率,即电流与输出电压的乘积,而且还应当同电池重量相比较(比功率)。从这个目标来讲,还是锂电池占优势,具体将在后面分析。

## 二、电池的容量与比能量

电池的容量是以放电电流与时间的乘积来衡量的。例如:800毫安时(mAh)的电池表示能以800毫安的电流放电1时。

若把电池的容量乘以其电压值(单位:伏),便成为其能量值,单位为毫瓦时(mWh)。若再除以其重量(单位:克),便可得出其每克重量所含的能量数(单位:mWh/g),这便是物理学上所指的比能量数值。

对动力电池另一个突出要求便是比能量要高,也就是说,在同样重量的情况下,希望电池容量越大越好。在这方面,镍氢电池要比镍镉电池高出50%~100%,具有显著优势;而锂电池则又大大高于镍氢电池。

举例来说,一节三洋3300镍氢电池,充足电之后所含电能为 $1.2 \times 3300 = 3960$ (毫瓦时),它的重量为57克,因而可算出比能量为 $3960 \div 57 = 69.5$ (毫瓦时/克)。

而一块重量相近的锂聚合物电池容量为2700毫安时,标称电压3.7伏,重量56克,它的比能量为 $2700 \times 3.7 \div 56 = 178$ (毫瓦时/克),是上述镍氢电池2.5倍以上,可见锂电池在这方面是相当优越的。

## 三、充电方便程度

从实用角度出发,对动力电池普遍希望它充电方便,设备简单化,尤其是希望它能快速充电,在这一点上镍系列电池已经可以做到用5~10C的电流倍率来快速充电,即6~12分把电充饱,甚至更快。而目前的锂电池还远远达不到这个速度,眼下基本上还是提倡以1C倍率充电(即1时充足),但有些品种已可用2C倍率充电。