



电动模型飞机 动力系统配置

张宇雄 著



电动模型飞机 动力系统配置

张宇雄 著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书介绍了对电动模型飞机动力系统的初步认识、选配原则、安装入门和选购指南。相比传统的燃油动力,电动动力的优势在于:更加清洁、安静、安全;易于实现小型化,对飞行场地的要求较低;安装和调试更为简单,辅助设备更少,使用维护更为方便。新手可将本书作为一本入门指南,有多年飞行经验的“老鸟”也值得一读。

图书在版编目(CIP)数据

电动模型飞机动力系统配置 / 张宇雄著. — 北京:
北京航空航天大学出版社, 2015.12
ISBN 978 - 7 - 5124 - 1979 - 7

I. ①电… II. ①张… III. ①无线电遥控—模型飞机
(航空模型运动)—动力装置 IV. ①G875.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 300927 号

版权所有, 侵权必究。

电动模型飞机动力系统配置

张宇雄 著

策 划 航空知识杂志社

策划编辑 周好楠

责任编辑 杨 昕

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号 (邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话: (010) 82317024 传真: (010) 82328026

读者信箱: hkmxtg@sina.com 邮购电话: (010) 82316936

中国铁道出版社印刷厂印装 各地书店经销

*

开本: 700×1000 1/16 印张: 10 字数: 147 千字

2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷 印数: 5 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1979 - 7 定价: 45.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题, 请与本社发行部联系调换。联系电话: (010) 82317024

总 序

航空模型是在人类探索航空的过程中产生的。现代航空的先驱们几乎普遍采用了航空模型简易试验这一简便、安全、有效的方法，研究飞行理论，构思飞行器的方案。因此，航空模型可以看作是航空器的前身、雏形，是人类探索飞行的开路先锋。如今，航空模型已成为一项集科技、教育、体育、实践、科研、竞技等于一体的大众活动。

首先，航空模型活动是人们接触航空、学习研究航空的一个途径。特别是青少年学生，很容易在接触航空模型的过程中对航空产生兴趣，进而逐渐从兴趣和爱好上升到为航空事业献身的崇高理想和志愿。青少年参与航模活动，能亲身经历从构思、设计、制作到飞行的全过程，这种机会是通过其他活动难以获得的。

其次，通过开展航空模型活动，可以学习理论和实践相结合的工作方法。因为航模的设计、制作和放飞，必须应用航空各有关学科的理论知识来指导，才可能获得预期的飞行效果；而通过这些实践，又可以进一步加深对理论知识的理解。

再次，模型活动可以锻炼和提高手脑并用的能力。通过自己构思和设计出来的模型，必须亲自动手制作完成，并在放飞的过程中精心调整，才能实践飞行。

同时，航空模型还是一项竞技运动，有严格而完善的竞赛规则和创纪录条例。通过不断改进模型性能、提高飞行能力和技巧，有利于激发青少年的创新精神和进取精神以及为国争光的荣誉感和责任感。

这不仅对青少年学生的培养有着积极的作用，顺应了当前素质教育的要求，而且对航空专业的大专学生及专业人士，也大有裨益。许多优秀的飞行员、航空工程师、航空科学家就是从接触航空模型开始的。

长期以来，有关航空模型的相关图书非常稀缺，指导初学者的入门类图书更是凤毛麟角，其相对专业的知识领域成为阻挡各类出版机构涉足的一大障碍。

为此，航空知识杂志社旗下《航空模型》杂志利用 30 多年积累的大量作者及内容资源，将纷繁复杂的航空模型各领域按照不同项目、不同层次分门别类地梳理出几大方向，编纂出版了这套《模型入门丛书》，希望为不同知识与能力背景的中小學生、学校航模与科技辅导员、航模爱好者提供相应的指导与帮助。

本套图书共分 4 册，分别为《遥控模型滑翔机基础知识》、《电动模型飞机动力系统配置》、《模型窍门一点通》和《拼装飞机模型制作工艺》。其中前 3 本的内容为动态模型飞机，既有最流行的项目详解，又有电子动力设备的选型配置推荐，还有关于模型的经验技巧总结。最后一本的内容为静态飞机模型，是一本内容严谨详实的静态模型制作教程。

本套图书自 2014 年启动以来，在创作、策划、编辑出版及制作团队共同努力以及航空知识杂志社、北京航空航天大学出版社、北京市科学技术委员会的大力支持下，终于按期出版上市。在此，要感谢北京市科学技术委员会，特别是项目主管肖健老师，全套图书正是在科委科普专项经费资助下才得以顺利出版。其次，感谢卢征、张宇雄、张进、江东等 4 位作者的辛勤创作以及对我们的信任，确保了全套图书得以高质量完成。再次，感谢航空知识杂志社科普期刊事业部领导、同事与北京航空航天大学出版社办公室、总编室、出版部、加工中心、营销中心、财务部、理工分社各位同仁，以及北京丰模世界模型店的大力支持与配合，使图书能如期上市。还要感谢俞敏、武瑾媛、邢强、张锦花、殷灿、张倩、谢步堃等人在项目申报、书稿整理等方面所做的繁杂工作。最后，感谢策划团队宁波、周好楠、李博翰及制作团队闫妍、罗星等人的辛勤付出。

《航空模型》编辑部
《模型入门丛书》策划团队

2015 年 12 月于 北京

前言

近年来，电机、电池、电调等航模器材的技术逐渐成熟、价格不断下降，电动动力系统的采购成本随之降低，且越来越多地装备在模型飞机上。从入门级的小练习机，到国际级的竞赛机，乃至技术密集型的小型无人机上，都能见到电动动力系统的身影。相比传统的燃油动力，电动动力的优势在于：更加清洁、安静、安全；易于实现小型化，对飞行场地的要求较低；安装和调试更为简单，辅助设备更少，使用维护更方便。鉴于这些优点，许多资深模友都给爱机换装了电动动力，刚开始接触航模的“菜鸟”模友也大多将电动模型飞机作为入门的首选。

为了方便模友更好地了解和使用电动模型飞机，本书对其动力系统的配置做一较全面的介绍。全书共分为 4 部分，分别介绍电动模型飞机动力系统的初步认识、选配原则、安装入门和选购指南。新手可将本书作为一本入门指南，有多年飞行经验的“老鸟”也值得一读，可结合自己的经验做一次系统的梳理和归纳。

CONTENTS 目录

1

初步认识

(一) 电动动力系统的基本组成	2
(二) 电动动力系统各部件的性能参数	5
1. 电 池	5
2. 电 调	9
3. 电 机	12
4. 螺旋桨	17
(三) 电动动力系统的安全须知	25
1. 选配的安全禁忌	25
2. 安装的安全要素	25
3. 使用的安全习惯	29
4. 储存的安全规则	30

2

..... 选配原则

（一）不同机型航模电动动力系统的配置.....	36
1. 推重比应满足飞行要求.....	36
2. 重量不应大大增加翼载荷.....	38
3. 安装不应妨碍模型配平.....	39
4. 配置不应影响气动特性.....	42
5. 最大工作电流不应超过部件限额.....	42
（二）动力系统基本参数的确定.....	46
1. 不同机型翼载荷的要求.....	46
2. 不同机型推重比的要求.....	52
（三）动力组的初步选配.....	56
（四）根据实际情况调整动力系统的配置.....	57
1. 螺旋桨尺寸的选择.....	58
2. 螺旋桨与电机的匹配.....	60
3. 电机与电池的搭配.....	61
4. 电池重量与功率、续航时间的权衡.....	62

3

安装入门

(一) 电动动力系统的安装原则	66
1. 保证使用安全	66
2. 保证推进效率	66
3. 保证可维护性	66
(二) 电机的安装方式	67
1. 正向直接安装	69
2. 反向直接安装	71
3. 正向转接板安装	72
4. 专用电机架安装	75
(三) 电机和螺旋桨的连接方式	77
1. 螺旋桨保护器	77
2. 桨 夹	79
3. 螺旋桨安装座	81
4. 电机和螺旋桨安装小结	83
(四) 电池的固定	84

(五) 电机、电调、电池的电路连接·····	89
1. “香蕉”插头·····	89
2. “T”形插头·····	91
3. 硅胶导线·····	92
4. “香蕉”插头的焊接·····	93
5. “T”形插头的焊接·····	103

4

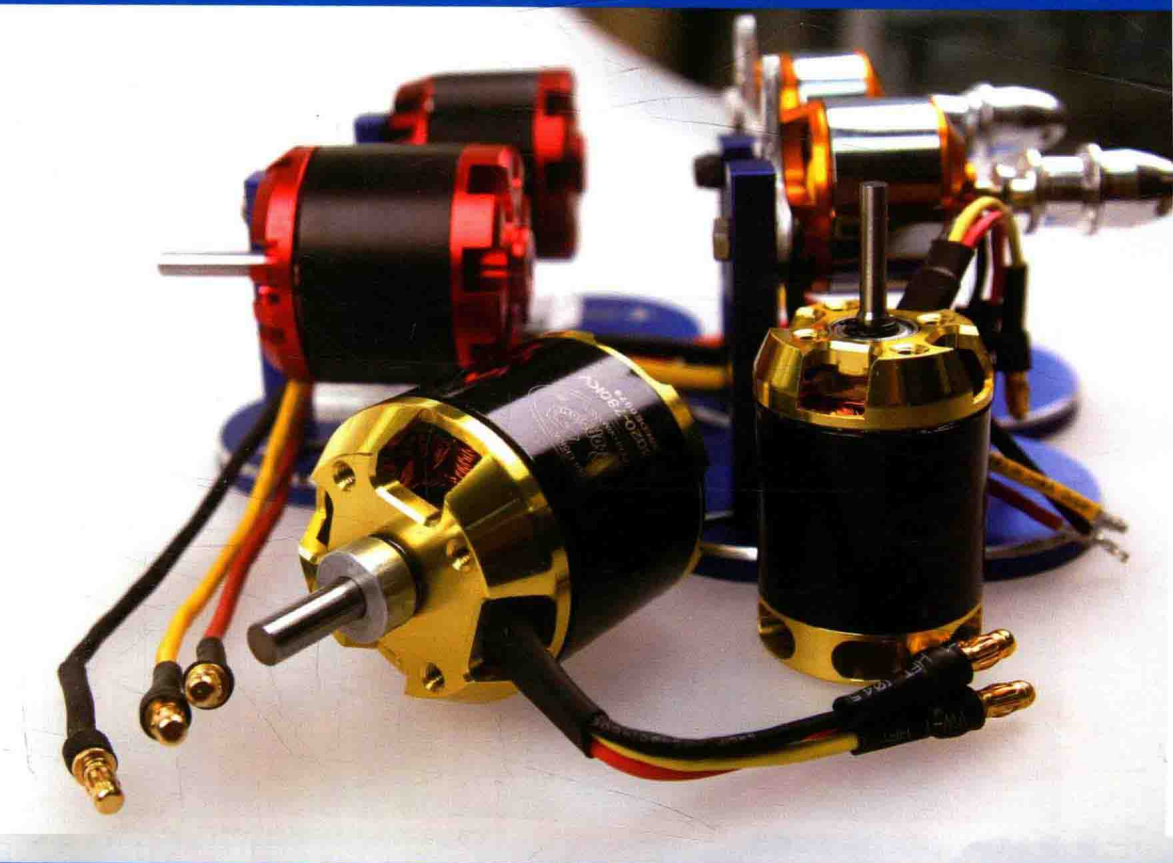
····· 选购指南 ·····

(一) 无刷电机·····	108
1. 品牌简介·····	108
2. 选购和使用·····	122

（二）无刷电调·····	126
1. 品牌简介·····	126
2. 选 购·····	132
3. 使用方法·····	132
（三）锂电池·····	136
（四）螺旋桨·····	141
1. 品牌简介·····	141
2. 选购和使用·····	146

..... 结 语

初步认识



第一部分主要围绕电动动力系统的基本组成、各部件的主要参数、一般配置原则、安装连接方法及安全准则等基本知识进行介绍。通过对这部分的学习，初学者可大概了解：配备一套电动动力系统需要哪些器材；它们各自起到了什么作用，具有哪些特性，应如何搭配；电动动力系统应如何安装；使用中有哪些要点需要注意。

（一）电动动力系统的基本组成

电动模型飞机的动力系统通常由电机、电调、电池和螺旋桨组成。浅显地讲，电动动力系统的运行过程很简单：首先依据控制信号，将电池中的电能转换为螺旋桨的机械能；然后利用螺旋桨旋转产生的空气动力为模型的飞行提供动力。

因此，电动动力系统的动力源是储有电能的电池（见图 1-1）。和大多数电池一样，航模动力电池也是借助化学



图 1-1 不同规格的航模锂电池

反应,将化学能转换为电能。

电子调速器通常简称电调(见图1-2),其作用是通过一系列电路,将电池的电能按照控制信号的要求,安全、可控地提供给电机,使电机运转并调节其转速。简单来说,电调是连接电源和电机的桥梁。

电动机的原理是,借助电磁效应,完成“电流—电磁力—扭转力矩”的转换。航模电机的原理与日常生活和工业生产中用到的电动机原理相同,但针对使用要求,具有体积小、重量轻等特点

(见图1-3)。

螺旋桨是由两片或多片具有特殊扭转外形的桨叶组成的气动部件(见图1-4)。桨叶在电机扭矩的驱动下高速旋转,使空气流过叶片表面,从而产生向前的拉力(或推力)。

总的来说,电动模型飞机动力系统的所有部件均源自成熟的工业技术。不同之处在于,由于航模产品要求重量轻、性能高,因此相比其他领域,其电动动力系统中用到的器材从设计、选材和制造等方面另有特点。



图 1-2 电调是连接电源和电机的桥梁



图 1-3 各种规格的航模电机



图 1-4 航模用木质三叶桨

（二）电动动力系统 各部件的性能参数

生产航模器材的厂家很多，产品更新也很快，目前并没有制定针对电动模型飞机动力系统的统一技术规范。但模友如果能明白这些器材各项性能参数的意义，会为今后选配和购买器材带来很大帮助。

1. 电 池

航模用电池的类型有：铅酸（Pb）电池、镍镉（Ni-Cd）电池、镍氢电池（Ni-MH）、锂离子（Li-ion）/ 锂聚合物（Li-polymer）电池、磷酸铁锂（Li-Fe）电池。与日常生活中用到的电池相比，航模用电池的最大特点是功率大。因为航模用电池对待机时间和使用寿命的要求不高，更注重重量轻、储能多、输出电流大等性能。

铅酸电池的整套装置非常重，但工作可靠，一般作为地面设备使用，如用作充电设备（见图 1-5）。镍镉电池和镍氢电池都是镍基电池，曾被广泛用作电动模型飞机动力系统的动力源（见图 1-6、图 1-7）。但因其存在记忆效应、重量大等缺陷，现已逐渐被

锂离子 / 锂聚合物电池所取代。目前，锂聚合物电池是电动航模上使用得最多的电池，不仅重量轻、容量大、无记忆效应，而且便于制成各种规格的电池组。由于篇幅所限，本书仅介绍锂聚合物电池的相关性能参数，对其他类型电池感兴趣的模友可查阅相关文章。

锂聚合物电池的相关性能参数很多，不过模友在选配和购买时只需了解几个常用参数即可。反映锂聚合物电池性能的关键参数包括：电池容量、串并联数、最大 / 持续放电倍率。

电池容量，指的是电池内可储存电能的量。锂聚合物电池的容量是按其在充满电后放电至最低安全电压过程中，电流或输出功率对时间积分结果标定的，对应的计量单位分为两种：毫安时（mAh）和瓦时（Wh）。前者与电压无关，只表征了放电电流和放电时间的关系；后者则考虑了电压的因素，表征了电池的能量。通常笔记本电脑等设备的电池是以瓦时标示，而航模用电池一般以毫安时标示。

在实际选配和购买过程中，一块标称容量 2 500 mAh 的电池（见图 1-8），表明其在标定实验中拥有以



图 1-5 铅酸电池

250 mA 大小的电流持续放电 10 h 的能力，或可理解为该电池能以 2.5 A 大小的电流持续放电 1 h。需要注意的是：在实际使用中，一般不会将电池放电至最低安全电压；同时大电流放电时，电池的放电深度要小一些；另外，在某些厂商中可能存在虚标容量的问题。也就是说，模友不能直接将锂聚合物电池的标称容量当作实际容量来用，而应乘以

0.7 ~ 0.8 的安全系数。

由于 mAh 用作标称容量的单位时，并不能反映电池的电压，因此选择时还需了解电池的串并联数。航模用电池一般用英文“series”的首字母“S”表示串联，“parallel”的首字母“P”表示并联。例如，一个标示为“3S1P/2 200 mAh”的电池组，表明它由 3 片 2 200 mAh 的锂聚合物电池单体串联而成；如果是