

基于知识管理的航空发动机设计知识分类与获取^{*}

Knowledge Classification and Acquisition for Aeroengine Design Based on Knowledge Management

西安工程大学机电工程学院 陈永当 任慧娟 王钰鑫 王杨
贵州大学管理学院 全鸿杰

[摘要] 现代航空发动机设计是基于知识的设计,知识分类与获取是航空发动机设计知识管理的起点,也是难点。实施知识获取技术能够使得设计知识有效积累,推动设计知识管理实施,从而真正实现基于知识的设计,提高航空发动机设计水平。分析了航空发动机设计过程、航空发动机结构,提出了航空发动机设计知识分类方法、知识获取策略与获取方法,进一步探讨了数据挖掘与知识发现技术。

关键词: 航空发动机 知识管理 知识分类 知识获取 数据挖掘

[ABSTRACT] Modern aeroengine design is one based on knowledge. Classification and acquisition of design knowledge is a key to successful implement of knowledge management for aeroengine design. It helps to accumulate design knowledge effectively, to push the plan of design knowledge management, to realize aeroengine design based on knowledge management to implement knowledge acquisition for aeroengine design. Consequently, this would advance the design capability for aeroengine. The knowledge of aeroengine design, which include the structure and design process of aeroengine, are analyzed. The classification method of aeroengine design knowledge, the strategy and method of design knowledge acquisition are drawn out. Data mining and knowledge discovery in database are discussed.

Keywords: Aeroengine Knowledge management Knowledge classification Knowledge acquisition Data mining

知识管理(Knowledge Management, KM)已经成为现代企业核心竞争力的源泉,通过调动企业环境中个人知识和组织知识,构建企业知识管理系统;通过对知识的捕获和共享,将恰当的知识传递给恰当的知识使用

者,是实现将知识转化成创造力的重要过程^[1]。

知识管理并不是直接管理人头脑中的“知识”,而是指利用信息技术来辅助知识处理流程中的某些环节,是对“知识”的载体或处理过程的管理,如对那些富含知识的文档、表格、网页、文章、手册,可以借助于计算机系统进行恰当组织和管理,提高知识传播和共享的效率;对那些隐含在人脑中,无法以文档等媒介形式表达出来的知识,则借助于知识获取方法,并通过促进人的交流来达到知识积累与共享的目的。

航空发动机设计是航空发动机制造的灵魂,甚至是飞机制造的基石。现代设计是基于知识的数字化设计,其本身是一种知识高度密集化的工作,可以说没有知识就不存在设计^[2]。要实现真正的数字化设计,传统地单纯依靠设计人员拥有的知识和文档记载的知识,显然无法满足设计需求,更不用说提高设计、制造的效率和缩短产品研制周期。所以,必须通过知识管理来实现将设计与制造过程中积累的知识按照数字化设计的要求进行收集、提取、整理和存储,并将其应用于产品的数字化设计之中。

在航空发动机设计院(所)中实施知识管理、实现知识管理集成,将从根本上改变现行发动机设计模式,简化设计作业流程,使发动机的研制技术得到明显的改善,进一步提高发动机产品开发能力,推动航空工业的发展。知识管理流程中,知识分类与获取是至关重要的环节,没有知识积累何谈知识管理。航空发动机设计院(所)实施知识管理,必然要首先研究发动机的设计知识分类以及设计知识获取的方法。

1 航空发动机设计过程分析

要研究航空发动机的设计知识,就必须对航空发动机的设计过程进行深入分析。航空发动机设计包括方案可行性研究、验证机研制和原型机研制。不同阶段的设计工作内容和程序不完全相同。对新机设计(包括改型机),整个设计过程分为3个阶段:初步设计阶段、技术设计阶段、工程图设计阶段^[3]。

1.1 初步设计阶段

初步设计阶段的主要任务是初步论证并确定总体

^{*} 陕西省教育厅科研计划项目(11JK1034);西安工程大学博士基金项目(BS0711)资助。

及各部件、各系统的性能和结构方案。此阶段需要研究、消化设计任务书的要求,详细了解国内先进机种、先进部件的预先研究、技术进展情况。即详细了解附件、成品件的预研情况、发展水平;国内新材料、新技术、新工艺发展水平及国外研制水平;飞机对发动机的要求;国外发动机发展动向等。收集、消化各部件、系统有关的气动、结构、试验技术等资料,确定设计总指导思想或原则。

初步设计阶段的主要内容包括:(1)各种不同类型发动机的比较;(2)主要热力循环参数选取对比;(3)选用先进部件,评定可行性和现实性,应有必要的可行性试验为依据;(4)各种总体结构方案的对比,如支点多少及支点布局的对比、传力方案及安装形式的对比、重量对比等;(5)调节计划及燃油调节系统的分析对比;(6)主轴承选择,主轴承腔结构,封严润滑方案的选择;(7)电气系统的选择;(8)空气冷却系统的分析对比;(9)转子动力学分析;(10)部件和系统的性能比较,结构、重量比较,工艺、材料比较;(11)方案的经济性及研制周期比较;(12)飞机设计师对发动机方案的意见。

1.2 技术设计阶段

技术设计阶段的主要任务是选择和确定总体、各部件和各系统的性能参数,并绘出总体协调图、部件和系统打样图或系统原理图,作为绘制工程图的依据。

总体技术设计包括:(1)参数选择论证;(2)详细热力计算和特性计算;(3)制定发动机调节计划;(4)附件传动系统设计;(5)主轴承设计;(6)总体方案图;(7)发动机内部空气冷却系统设计;(8)对部件、系统提设计的要求;(9)发动机总体协调图;(10)与飞机协调;(11)确定强度计算点;(12)确定系统计算点;(13)强度计算点、系统计算点参数计算;(14)主要受力件强度估算;(15)到使用单位征求意见;(16)总体技术设计的反复;(17)发动机重量、重心的估算;(18)确定设计用标准目录;(19)归档。

部件技术设计阶段是在总体对各部件、系统提出要求之后开始的,包括:(1)参数选择论证;(2)详细气动计算、特性计算;(3)强度计算点、系统计算点参数计算;(4)绘制部件方案图;(5)审议;(6)绘制部件(系统)打样图。

1.3 工程图设计阶段

工程图设计阶段的主要任务是绘制各种供生产用的工作图,编制生产用目录,详细计算部件(系统)以及全台发动机的重量、重心、转动惯量。

此阶段设计过程包括(1)绘制工程图;(2)校对原图;(3)图纸会签;(4)编制部件(系统)生产目录;(5)审批;(6)复制底图;(7)校对底图;(8)晒印蓝图;(9)编制生产用标准目录;(10)绘制发动机总图;(11)准确计算部件(系统)重量、重心、转动惯量;(12)准确计算全台发动机重量、重心、转动惯量;(13)准确计算机匣、轴的强度和转子的临界转速;(14)归档。

工程图设计阶段包含发动机试验过程,最终的发动机工程图纸是在“设计—试验—设计”的多次往返中完成的,见图1($i=1,2,3,\dots,n$)。

由上述可见,航空发动机的设计过程复杂,每个阶段、环节都涉及了大量的理论、技术、图纸、手册以及经

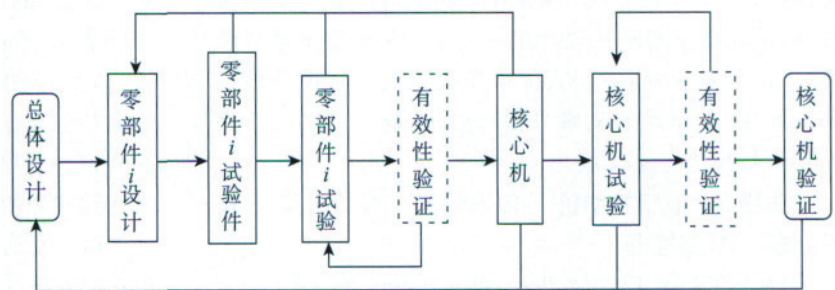


图1 航空发动机设计和试验过程

Fig.1 Design and experiment flow of aeroengine

验等信息与知识,其中面向设计全过程的知识获取与管理则尤为重要。

2 航空发动机设计知识分类

2.1 关于知识分类

弗里茨·马克卢普根据认识者的主观解释来分析知识的种类,把知识分为5种类型^[4]:(1)实用知识:对于人的工作、决策和行为有价值的知识;(2)学术知识:就是能满足人们在学术创造上的好奇心的那部分知识,学术知识总是在积极集中力量评价现有的问题和文化价值观之后得到的;(3)闲谈与消遣知识:就是满足人们在非学术的好奇心,或者满足人们对轻松娱乐和感受刺激方面的欲望的那部分知识,它们总是由于被动地放松“严肃的”事务而获得的知识,因而具有降低敏感性的倾向;(4)精神知识;(5)不需要的知识:这类知识不是人们有意识获取的知识,通常是偶然获得的,无意识地保留下来。

按知识的明晰表达程度,知识可分为未编码的隐形知识和可编码的显性知识。

经济合作与发展组织(OECD)在1996年发表的《以知识为基础的经济》报告中将知识按其性质分为4种类型:(1)知道是什么的知识(know-what,关于事实方面);(2)知道为什么的知识(know-why,事物的客观

原理和规律性方面的,属于科学方面);(3)知道怎样做的知识(know-how,技巧、技艺、能力方面的,属于技术方面);(4)知道是谁的知识(know-who,特定的社会关系、社会分工和知道者的特长与水平,属于经验与判断方面)。前2种类型的知识和第三种类型知识的一部分就属于可编码化的显性知识,一般较易获得;第三种知识的另一部分和第四种类型知识一般属于隐性知识,或称“意会知识”,一般难以获得和掌握。

另外,还有一些知识分类方法,如内部知识和外部知识、个人知识和组织知识、实体知识和过程知识、核心知识和非核心知识^[5]等。

2.2 航空发动机设计知识分类

知识的分类方法多种多样,结合航空发动机的设计过程及特点,其设计知识有以下几种分类方法。

(1) 按知识的明晰表达程度分类。

隐形设计知识和显性设计知识。前者主要包括存在于设计人员大脑中的工作诀窍、设计经验、观点、价值体系等;后者是指以专利、发明创造、设计规范、设计标准、设计手册、设计图、报告、规章制度等形式存在的知识。

(2) 按知识来源分类。

· 已有知识(经验知识)。以前设计、生产发动机时所积累的全部知识,包括在设计、制造、安装、运行、维修(包括升级改造),以至报废等每个阶段中的有关经验和知识。

· 市场知识。包括市场需求信息、成本信息、竞争信息等。

· 数字仿真。数字仿真是建立在一系列数学模型基础上,根据给定的系统结构和对系统的输入,预测系统的性能和行为。它是获取关于一种新构想或新设计的知识的有效工具。这种关于新设计或新构思的知识,与经验相比,就属于新知识。

· 试验知识。在航空发动机设计中试验是必不可少的环节,必须通过试验来验证发动机的总体设计、零部件设计是否达到性能要求。发动机试验知识包括试验方案设计、试验件设计、试验数据分析、试验设备操作等内容。

· 用户反馈。用户的意见以及对新机所抱有的期望是设计师必须考虑的。

(3) 按结构分类。

航空发动机有多种类型,如涡喷、涡扇、涡桨、涡轴等,其结构虽不尽相同,但基本结构相似^[6],比如加力型涡扇发动机,其基本结构如图2所示。根据航空发动机基本结构,其设计知识的结构分类法,如图3所示。

(4) 按设计过程分类。

初步设计知识、技术设计知识、工程图设计知识、总体设计知识、零部件设计知识、试验知识。各类知识包括各个设计阶段设计人员应遵循的规范、标准、手册等显性知识以及设计人员的工作经验等隐形知识。

3 航空发动机设计知识获取

知识获取不等于简单地把所有信息叠加起来,而是

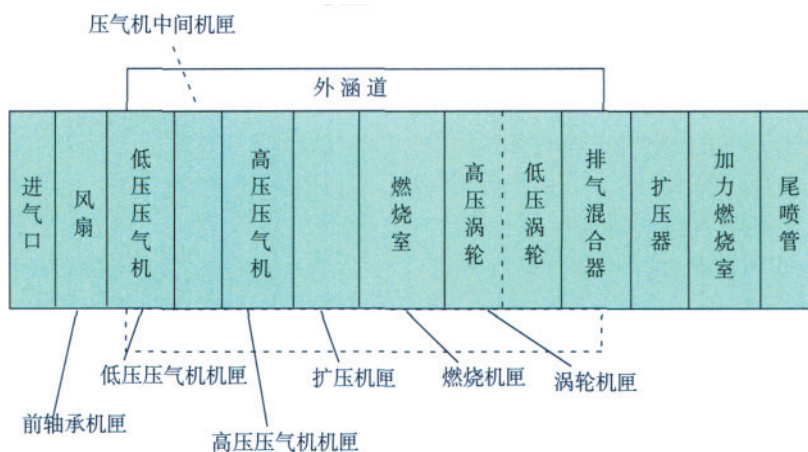


图2 加力型涡扇发动机结构框图

Fig.2 Structure of augmented turbofan engine

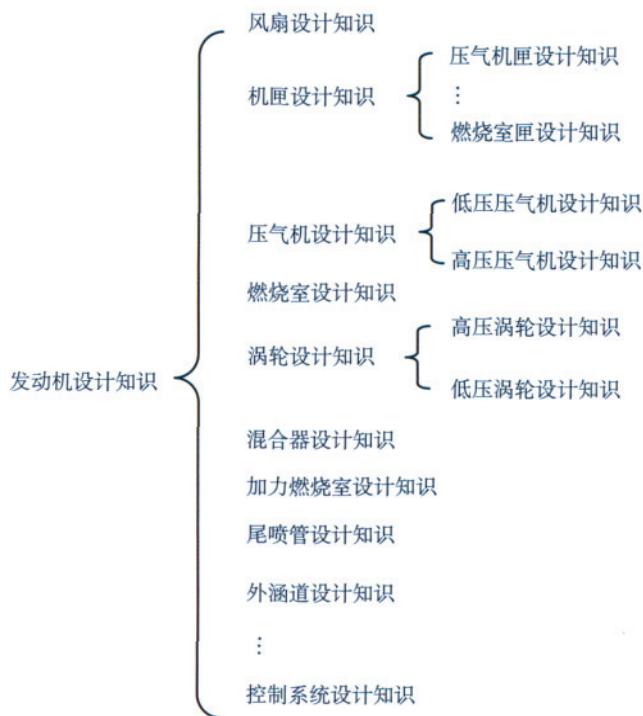


图3 发动机设计知识的结构分类法

Fig.3 Structure classification method for design knowledge of aeroengine

在知识分类基础之上的一个综合和提取的过程。过去要由设计人员靠人的思考、分析、加工、处理、存贮来完成这项工作,就是说知识获取的效果取决于设计人员的素质,也必然会影响其工作成果和贡献。所以,对航空发动机设计单位的技术主管的要求是,如何运用组织行为,采取尽可能好的办法,在现有环境下抓好知识管理和服务,为设计师的知识获取提供有利条件。而知识获取的关键就是知识获取策略与技术。

3.1 知识获取策略

在航空发动机设计院(所)实施知识管理过程中,应遵循以下策略来促进知识的获取。

(1) 知识工程师。知识获取一般应由一个具有计算机知识的工作者(称为知识工程师)来完成。在这个过程中,知识工程师负责显性知识的归纳、总结、数字化,同时作为一个中介者,促进隐性知识从有经验的设计专家的头脑中转移到知识库中。

(2) 技术交流。在组织(设计所)内部或组织之间应经常开展技术交流,以促进知识的流动、共享,从而实现知识的获取。

(3) 激励制度。隐性知识是知识管理的重点,隐性知识则是知识获取的重点目标。隐性知识是存在于设计人员的大脑中的,而人对知识的控制是自私的,所以组织需要采取相应的激励制度来激励有经验的人员贡献其知识。

(4) 信息技术。知识获取工作必须结合现代信息技术进行。知识工程师需要使用先进的信息技术来实现知识的获取,而不是过去的传统方式。

3.2 知识获取技术

目前,航空发动机行业信息技术应用已经有了很好的基础,多数企业正在或已经实施了一些先进制造技术,如 CAD/CAM、PLM、PDM、ERP 等,金航网已贯通全行业。数字化设计、数字化制造、数字化管理技术正在行业普及。现在,发动机设计知识的获取不能只是采用传统的人工采集方式,而要辅以先进的信息技术,形成数字化、网络化的知识获取技术。

(1) 搜索引擎。

互联网上的搜索引擎能使人们十分方便地获取各种知识。最近的技术发展还使搜索引擎具有初级智能,它能够根据用户输入的关键词,实现模糊搜索,并且能够根据用户对各条搜索结果的使用频率,自动更新搜索结果。发动机设计人员可以利用基于金航网(或院所园区网)的搜索引擎实现行业(或内部)相关知识的获取。

(2) 知识门户。

知识门户是访问组织的知识资源的统一入口,是信息门户的延伸与发展。可以这样说,知识门户是一个平

台,该平台是知识加工平台、决策平台、知识发布与获取平台的集成,它使组织内各部门职员之间的信息共享和交流更加流畅。这里的“知识”不仅包括数据库、文档、政策方针和过程手续等,甚至包括存在于设计师头脑中的工作经验与专业技能等非具体化的信息资源。通过知识门户,设计人员可以方便地了解今天的最新消息、当天的工作内容、完成这些工作所需的知识等,可以实时地与工作团队中的其他成员取得联系、寻找到能够提供帮助的专家或者快速连接到相关的知识。

(3) 知识地图。

知识地图实质上是利用现代化信息技术制作的知识资源的总目录及各知识款目之间关系的综合体^[7]。知识地图的作用在于帮助设计人员在短时间内找到所需的知识资源。它显示整个组织知识资源的分布状况,不管是分类还是查找,知识地图都可以为用户提供满意的结果。它能够为用户提供知识库浏览方式,其结构与用户所想要的信息检索方式基本一致。知识地图是通往知识库的向导,这是形成知识管理氛围的关键因素。一份完整的知识地图包括的内容十分丰富,它能提供知识资源的存贮地点、所有权人、有效性、及时性、主题范围、检索权利、存贮媒介及使用渠道等,并能揭示所有的知识资源如设计文档、文件、系统、政策、名录、能力、关系、权威及专利、事件、实践经验等。它允许设计人员在浏览知识地图各个节点和节点的指向的同时发表有关的评论。

(4) E-learning。

E-learning 就是在线学习或网络化学习,即设计人员通过网络进行学习的一种全新学习方式。在网络学习环境中,汇集了设计数据、资料、程序、教学软件等各种资源,形成了一个高度综合集成的设计知识资源库。这些资源可以对内开放,每个人员可以根据需要使用这些资料,可以发表自己的意见与建议,也可以将自己的知识加入到资源库中供他人使用。

(5) 设计专家系统。

发动机设计专家系统就是对发动机设计相关专业中专家的知识、设计的经验以某种表示方法模型化,形成知识库,同时利用一定的推理方法(演示、规划、归纳等)形成类似于专家解决实际问题的推理机制。通过它,设计人员可以快速地找到所需要的专家知识。同时,知识工程师可以及时将更多的专家知识录入专家系统,成为组织的知识。

4 数据挖掘与知识发现

随着信息技术的迅速发展,航空发动机设计院(所)都部署了 UG、PDM 等设计软件,以及试验数据采集系

统,数据库的规模不断扩大,从而产生了大量的数据。为给决策者及设计人员提供一个统一的全局视角,建立了数据仓库。但大量的数据往往使人们无法辨别隐藏在其中的能对决策及设计提供支持的信息,传统的查询、报表工具无法满足挖掘这些信息的需求。因此,需要一种新的数据分析技术处理大量数据,并从中抽取有价值的潜在知识,数据挖掘(Data Mining)技术由此应运而生。数据挖掘技术也正是伴随着数据仓库技术的发展而逐步完善起来的。

数据挖掘是指从数据集中自动抽取隐藏在数据中的那些有用信息的过程^[8]。其目标是从数据库中发现隐含的、有意义的知识。它可以帮助决策者及设计者分析历史数据及当前数据,并从中发现隐藏的关系和模式,进而为设计工作提供参考。它是一种新的信息处理技术,其主要特点是对数据库中的大量数据进行抽取、转换、分析和其他模型化处理,并从中提取辅助决策的关键性数据。它涉及很多交叉性新兴学科,如数据库、人工智能、数理统计、可视化、并行计算等领域。

数据挖掘的过程也叫知识发现的过程。数据挖掘是知识发现(Knowledge Discovery in Database, KDD)中的重要技术,它并不是用规范的数据库查询语言(如SQL)进行查询,而是对查询的内容进行模式的总结和内在规律的搜索。传统的查询和报表处理只是得到事件发生的结果,并没有深入研究发生的原因,而数据挖掘则主要了解发生的原因,并且以一定的置信度对未来进行预测,用来为决策行为提供有利的支持。

在发动机设计知识管理中使用数据挖掘工具,可以在凌乱的设计、试验数据中,找到有用的设计知识,不断充实、更新设计知识库。

5 结束语

在航空发动机设计院(所)实施知识管理并非一朝一夕之事,应该依据本院(所)实际情况选择适当的策略,分步实施。首先,制定发动机设计知识分类规则,然后利用基于信息技术的知识获取工具收集有用的设计、试验等相关知识,并形成设计知识库,实现知识资源共享。目前,设计院(所)基本上都建成了园区局域网,提供了大范围数据通道,并且能在电子内容创造方面改善和监视内部控制。在此基础上,应该集成搜索引擎、智能代理、文档管理、数据挖掘、设计知识库、知识门户、知识地图、设计知识专家系统等知识工具,最终形成知识获取、共享平台。

有效的知识获取是实现知识共享的前提,也是实现知识管理的基础。基于知识的航空发动机设计是发动机设计的重大创新,可以从根本上改变现行设计模式,

提高发动机的现代设计水平,大幅度地提高设计效率和质量,从而缩短研制周期、降低研制成本、减少投资风险,可带来显著的效益。

参考文献

- [1] 王众托. 知识管理. 北京: 科学出版社, 2009.
- [2] 马雪芬, 戴旭东. 支持产品现代设计的六维度设计知识分类体系与知识建模研究. 机械设计与制造, 2010(9):36-42.
- [3] 陈光. 航空发动机结构设计分析. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.
- [4] 弗里茨·马克卢普. 美国的知识生产与分配. 北京: 中国人民大学出版社, 2007.
- [5] 弗莱保罗. 知识管理. 北京: 华夏出版社, 2004.
- [6] 刘长福. 航空发动机构造. 北京: 国防工业出版社, 1989.
- [7] 唐钦能, 高峰, 王金平. 知识地图相关概念辨析及其研究进展[J]. 情报理论与实践, 2011(1):21-26.
- [8] 邱晓辉. 知识发现与数据挖掘分析. 情报探索, 2011(1):47-52.

(责编 良辰)

(上接第 80 页)

- [3] 刘洵, 王国华, 毛大鹏, 等. 军用飞机光电平台的研发趋势与技术剖析. 中国光学与应用光学, 2009, 2(4):269-288.
- [4] 李文魁, 王俊璞, 金志华, 等. 直升机机载光电吊舱的发展现状及对策. 中国惯性技术学报, 2004, 12(5):75-80.
- [5] 雷金利. 大负载光电稳定平台技术研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2009.
- [6] 张葆, 贾平, 黄猛. 动载体成像模糊的振动被动控制技术. 光学技术, 2003, 29(3):281-283.
- [7] 张葆, 贾平, 黄猛, 等. 动载体成像系统底座无角位移减振器的设计. 光学技术, 2003, 29(4): 464-466, 472.
- [8] 安源, 张雷, 金光, 等. 光电平台无角位移减振装置设计研究. 计算机仿真, 2008, 25(7): 298-301.
- [9] 许晖, 安源, 金光, 等. 光电平台无角位移减振机构运动分析, 半导体光电, 2006, 27(5): 611-613, 627.
- [10] 舒陶, 任宏光, 陈祖金. 机载光电设备减振机构的振动分析及实现. 航空兵器, 2007(4): 45-48.
- [11] 李伟, 舒陶, 陈祖金. 新型无角位移减振机构设计, 航空兵器, 2009(4):45-47.
- [12] 钱义, 梁伟, 高晓东. 航空稳像光电平台设计. 光子学报, 2009, 38(8):2108-2111.
- [13] Khorramif. A three degree-of 3/freedom adaptive passive isolator for launch vehicle payloads. Proceedings of SPIE, 2000, 3991:164-175.
- [14] 安源, 许晖, 金光, 等. 动载体光电平台角振动隔振设计, 半导体光电, 2006, 27(5):614-617.
- [15] 许晖, 安源, 金光, 等. 光电平台无角位移减振机构运动分析, 半导体光电, 2006, 27(5):611-613, 627.
- [16] 梁爽, 安志勇, 于秋水. 两自由度无角位移减振机构运动学建模和分析. 光电工程, 2009, 36(5):6-10.
- [17] 贾平, 张葆. 航空光电侦察平台关键技术及其发展. 光学精密工程, 2003, 11(1):82-88.
- [18] 田素林, 白鸿柏, 张葆, 等. 机载多框架光电吊舱无转角隔振方式设计. 长春理工大学学报(自然科学版), 2009, 32(4):538-541.

(责编 小城)