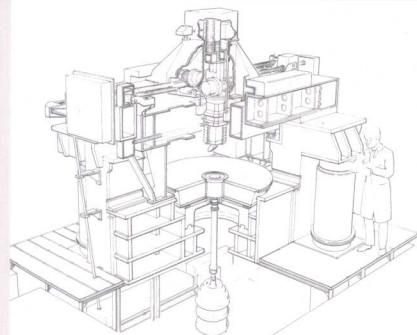
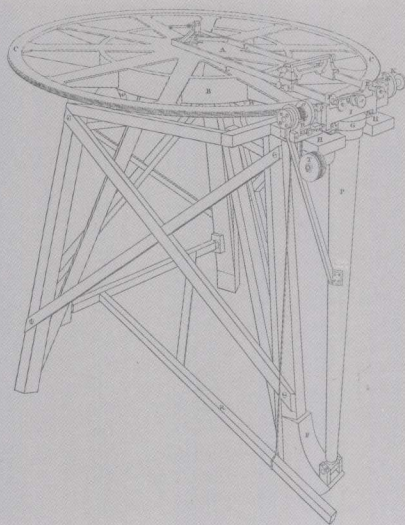


克里斯·埃文斯 (Chris Evans) 著
蒋向前 (Xiangqian Jane Jiang) 译

Precision
Engineering:
an Evolutionary View

双语版

精密工程发展论



 高等教育出版社

克里斯·埃文斯 (Chris Evans) 著
蒋向前 (Xiangqian Jane Jiang) 译

Precision

Engineering:

an Evolutionary View

双语版

精密工程发展论

图字:01-2009-2826号

Originally published in English under the title

Precision Engineering: an Evolutionary View by Chris Evans

Copyright © Chris Evans

All Rights Reserved

图书在版编目(CIP)数据

精密工程发展论/(美)埃文斯(Evans, C.)著:蒋向前
译. —北京:高等教育出版社, 2009. 7

书名原文: Precision Engineering: an Evolutionary View

ISBN 978-7-04-026545-3

I. 精… II. ①埃…②蒋… III. 工程技术-研究 IV. TB

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 096119 号

策划编辑	刘占伟	责任编辑	刘占伟	封面设计	刘晓翔
版式设计	王莹	责任校对	王超	责任印制	韩刚

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 中原出版传媒投资控股集团
北京汇林印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 23.75
字 数 530 000

购书热线 010-58581118
咨询热线 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009年7月第1版
印 次 2009年7月第1次印刷
定 价 56.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26545-00

内 容 简 介

《精密工程发展论》分为三部分。第一部分首先对精密工程进行定义,然后阐述了一系列精密机械和仪器的设计思想、基本原理与工程要素。第二部分则通过对分度机、比较仪、刻线机以及金刚石切削等的演化的论述,来展现精密工程发展史。最后对精密工程发展历史中的重要机构和人物作了简单的介绍。本书可供年轻科学工作者和工程师参考,也可作为研究生、大学生的专业英语教材。

作 者 序

本书的原稿完成于20年前,当时写这本书有其特定的动机,而今天再次出版本书的双语版还有外加的因素。在此有必要回顾一下。

如第一章所述,精密工程很难给出一个准确的定义。精密工程它的实践者来自于不同的学科。因此,精密工程不像诸如天文学或者物理学那样有一种共同的文化。本书的初衷在于尝试记录精密工程的历史:

1. 使我们可以节约时间、精力和资源,以避免浪费在对一些已知的或者可能已被遗忘的方法或技术的重复发明上;
2. 帮助今天的精密工程师们记住早期实践者所做出的贡献。

本书主要是从西方的角度来阐述的,这代表了当时先进技术的起源。时至今日,全球化已经成为科学、技术和商业发展的主要推动力,因此有必要再次展现当今精密技术的深远的根基。我希望本书的双语版能够有助于大家(东西方)在此领域的讨论。

自从此书第一版出版后,我有机会从事了大量的精密工程领域的前沿项目。其中,我发现大量的进展是源于对一些著名精密工程基本思想和原理的简单应用。回顾历史是学习那些基本原理的一个好方法,同时也是预见未来精密工程发展的一面镜子。

克里斯·埃文斯

Chris Evans

Higganum, CT

USA

2009年7月

译者序

精密工程是众多学科领域交叉而诞生的一门科学。它不仅是物理学、天文学、天体物理学、纳米等基础科学领域的主要支撑,也直接影响着下一代机械设计、制造和测量等技术的发展。近年来,纳米技术和空间学的迅速崛起大大推动了整个精密工程的进程。今天精密加工的精度已达到 $1/10^7$ 甚至 $1/10^8$ 。

《精密工程发展论》生动、详细地叙述了 13~20 世纪精密工程的科学历史;追溯其根源,研讨其发展过程,并彰显各个时期的里程碑。它探索了精密工程的发展规律,阐述了精密机械、机床和仪器的演变与发展过程、重要的设计思想和基本原理。本书注重精密工程的广度,突出其学科概念、特征,以及存在的问题。

本书中的很多内容取材于欧美的科学和历史博物馆、早期的国家物理实验室,以及作者自己长期从事精密工程的研究;另外也有一些内容与观点,是在与精密工程发展过程中做出巨大贡献的著名人物的交谈中形成的。其中有成功的经验,也有失败的教训,尽管带了很多作者本人的观点。本书不是一本纯粹的技术书籍,它是技术、历史与哲学的融合。

考虑到当今科学、技术和经济全球化的趋势,学科渊源对今后科学技术发展的重要性,于是就产生了将西方精密工程发展史介绍给中国相关学科的大学生、硕士生、博士生、青年科学家和工程师们的想法。希望本书可以帮助读者了解今天精密工程迅猛发展的背后根源,历史和方向,希望他们在今后的科学研究中有所启迪,少走一点弯路。另外,本书采用中英文对照的形式,可以作为工科学生的专业英语教材。

在过去的十年里,这本书是美国精密工程学会和国际生产工程研究院的推荐读物,也是许多欧美高等院校的通用教材与读物,广受工程领域技术人员的好评。本书于 2000 年被日本精密工程学会译为日文。

在此,特别感谢在本书的翻译过程中,英国哈德斯菲尔德大学精

密技术中心的研究人员：曾文涵、杨树明、朱翠华、张祥朝、王健、张洪玉、高烨、李涂鲲，对此工作的帮助和极大支持；中国华中科技大学的曹华民教授、李柱教授提出的宝贵意见。此外，还要特别感谢英国 Taylor Hobson Ltd 公司的 Paul Scott 和美国 Lawrence – Livermore 国家实验室的 Jim Bryan 的鼓励和支持。

蒋向前
Xiangqian Jane Jiang
Huddersfield, WY
United Kingdom
2009 年 7 月

序

精密工程已经成为广泛使用的术语。许多从事刀具制作、样件设计以及类似业务的金属加工公司经常使用‘精密工程’一词来表明其具有比传统大批量系列生产更为精细、优越的生产能力。然而,近30年来,各种证据表明精密工程所涵盖的远远不止这些范畴。精密工程可以看成是由多学科组成的科学工程技能和技术,这些技能和技术主要依赖于越来越多的测量技术在制造方面的应用。具体而言,精密工程可以定义为:制造的偏差与理想值之比应优于 $1/10^4$ 或者优于 $1/10^5$ 。

对精密工程新的认识和理解在国际上引起了普遍关注,精密制造业出现了史无前例的众多个人研究和合作研究的盛况。另外,有30多个国家代表出席的国际会议定期召开。精密工程中的一个重要分支——纳米技术的快速发展大大推动了精密工程的进程。为了加强该领域的科学基础,实施了许多国家级研发项目。许多重要的新兴加工技术方兴未艾,例如能量束技术以及旨在满足制造业对更高精度日益增长需求的复杂控制技术等,这又促使了在几乎所有领先工业国家进一步开展的精密工程研究和开发。

正如克里斯·埃文斯在他这本令人振奋的书中提到的,在过去的100多年间,精密工程有一个清晰的大致发展趋势,那就是测量精度和机械制造能力的不断提高。这种发展趋势并不总是一条平稳的曲线,而是具有非常明显的上升趋势,现在看来已接近于Taniguchi称之为‘原子级加工’的水平。当前最新的扫描隧道显微镜和原子力显微镜技术已完全有能力实现拾取并定位分子。我个人坚信,精密工程在很大程度上可以称作‘活跃于当今科技最前沿的技术’。

精密工程的发展速度如此引人注目,其原因很简单,即当前国际市场上许多具有战略重要性的高科技产品都严格依赖于高精密制作加工与控制技术,其中很多属于纳米科技领域。

对于从事这一领域的研发人员而言,重要的是不仅要了解精密工程的发展史以避免如Robert Hocken所说的‘重复发明’,而且要理解精密工程进一步发展的根源所在。

本书的可贵之处在于建立了这些根基,必将被全球越来越多的精密工程技术人员广泛阅读。我强烈建议,不仅是那些在这一领域的有建树的工作人员,还有那些热衷于高精度制造并将致力于高质量产品研发的年轻科学家和工程师们,都应该好好地读读本书,我相信一定大有裨益。

Pat McKeon 教授
精密工程学教授
原克兰菲尔德精密工程学院院长
克兰菲尔德大学
贝德福德
英国
1989 年

致 谢

在本书的编写过程中,很多朋友都提出了宝贵的意见、鼓励以及建设性的评论。在此特别感谢 Bob Hocken(北卡罗莱纳大学,沙罗特),感谢他在《精密工程》期刊上发表的独树一帜的评论文章,启发了我编写这本书,同时感谢他在美国国家标准与技术研究院(前国家标准局)工作期间为本书编写提供的诸多便利和支持。史密森学会下属的美国历史国家博物馆的工作人员 Uta Merzbach, Debby Warner, Peggy Kidwell, Elizabeth Harris, David Shayt 和 Robert Vogel 提供了大量的宝贵信息,包括档案文件和陈列品等。在本书编写的初期, Ken Poulter 还提供了英国特丁顿国家物理实验室的设备。

同时还要感谢 Tyler Estler, Clayton Teague (NIST); Tom Charlton (Brown & Sharpe 公司); Erwin Loewen (Milton Roy 公司); Alex Slocum (MIT); Gordon Watt (Kollmorgen 公司); H. Arneson (Professional Instruments 公司); Larry Barr (Kitt Peak 国家天文台); M. Hutley, Jim Burch 和 Andy Pearce (NPL); John Loxham, Pat McKeown 和 Jack Dinsdale (克兰菲尔德理工学院); Horst Kunzmann, W. Hauser (PTB, 西德); Peter Speer (Carl Mahr, 西德); Dick Hook, Warren Grant (Brown & Sharpe 公司); W. Biemann (Carl Zeiss Jena, 东德); U. Kern (斯图加特大学, BDR); F. Heilbronner, K. Allwang (德国博物馆, BDR); Eric Thwaite (CSIRO, 澳大利亚); J. Pettavel (SIP, 瑞士); John Darius (科学博物馆, 伦敦); K. furrer (Dixi SA, 瑞士); Tony Gee (萨里大学, 英国); Ed Battison (美国精密仪器博物馆); H. J. Renker (Fritz Stuter AG, 瑞士); Warren Ogden; Francis Everitt 和 Dan De Bra (斯坦福大学); R. Baldwin (Hewlett Packard); Frank Cooke; Jim Bryan, Dan Thompson, Ted Saito 和 Bob Donaldson (Lawrence Livermore 国家实验室); E. Ray McClure (Moore Special Tool 公司); Dick Rhorer, H. Fraga 和 E. Colson (Los Alamos 国家实验室); Phil Steger (Y-12); Phil Hannah; Doug Porter (L. S. Starrett 公司); John Brunning (GCA Tropel); Graham Siddall (Tencor Instruments 公司); A. Kobayashi, S. Kasai (Saitama 大学, 日本); S. Miyazaki; P. A. W. Lenk (Colby 学院); Stephen Snook (Butterworth & Co); Alan Stimpson (国家海事学院)。

我非常感谢伦敦科学博物馆信托部允许复制图 3.7(a), 以及史密森学会允许复制图 4.7、图 4.11、图 4.13、图 4.14、图 5.4、图 5.5、图 5.9 和图 8.1。我还要感谢 Phil Hannah 提供的图 7.8, Kurt Furrer 提供的图 8.2, 同时感谢众多的研究机构允许我拍摄他们的陈列品。

我衷心地感谢那些耐心地看完本专著部分或全部书稿和清样并提出意见的人们, 特别感谢克兰菲尔德出版社的 Carolyn Medd 对我这位公认的“顽固不化”的作者的迁就。

我接受了朋友们和同行们关于现在出版这本还欠完备的涉及精密工程发展历史著作的意见和鼓励。这种鼓励或许也反映出大家对迟迟未能出版一本更全面的论作隐含的不满情绪吧。由于精密工程的内容广泛, 我希望未来能有机会将本书中出现的谬误、遗漏得以更好地完善。

缩略词表

本书中的缩略词第一次出现时都给出了全称。不过,经过特意安排,每个章节也可以分开阅读。因此为了帮助读者阅读,书中所用的缩略词罗列如下:

ASME	美国机械工程师学会,纽约,美国
BIPM	度量衡标准局,塞夫勒,法国
B&S	布朗 & 夏普公司,普罗维登斯,罗德艾兰州,美国
CIRP	国际生产工程研究院,巴黎,法国
CNAM	巴黎国立工艺美术学院,巴黎,法国
CNC	计算机数字控制
CSIRO	澳大利亚联邦科学与工业研究组织,CSIRO 在澳大利亚的许多城市设有机构
CUPE	克兰菲尔德精密工程研究所,克兰菲尔德,英国
DNC	直接数字控制
DTM#1	劳伦斯·利弗莫尔国家实验室的金刚石车削机床系列
DTM#2	
DTM#3	
ECM	电化学加工
EDM	电火花加工
IC	集成电路
LASL	洛斯阿拉莫斯科学实验室,洛斯阿拉莫斯,新墨西哥州,美国,即现在著名的洛斯阿拉莫斯国家实验室(LANL)
LANL	洛斯阿拉莫斯国家实验室
LLNL	劳伦斯·利弗莫尔国家实验室,利弗莫尔,加利福尼亚州,美国
LODTM	劳伦斯·利弗莫尔国家实验室的大型光学金刚石车削加工
MIT	麻省理工学院,坎布里奇,马萨诸塞州,美国

NBS	国家标准局,盖瑟斯堡,马里兰州,美国。以前位于华盛顿特区,现称国家标准和技术研究院(NIST)
NC	数字控制
NIST	美国国家标准技术研究院
NPL	英国国家物理实验室,特丁顿,米德尔塞克斯郡,英国
PTB	德国物理技术研究院,不伦瑞克,联邦德国
PTR	德国物理技术研究院,柏林,德国,现在的 PTB 迁至不伦瑞克
QC	质量控制
SIP	日内瓦物理仪器学会,日内瓦,瑞士
SERC	科学与工程研究理事会,史云顿,英国
Y-12	Y-12 橡树岭工厂,从 20 世纪 40 年代早期开始,由很多企业代理能源部经营(最近由马丁·玛丽埃塔公司经营)

引言

精密工程在发展过程中不断地经受着重复过去的发明和失败的波折。对此,Hocken¹认为这是由这一学科自身的特点导致:从事精密工程的技术人员有着不同的教育背景和经历,而其学科本身却没有实际意义上的‘群体’和一段连贯的历史。

Hocken曾对物理学家和精密工程技术人员的教育背景做过比较²,发现物理学界对其‘文化’和学科的历史根源有着非常深刻的认识^③。Weart和Phillips⁴评论说:

“我们从对物理学家进行的历史和社会学研究中得到的一点启示是,大多数物理学家努力工作并不是为了获得物质报偿,这是很多别的科学家难以理解的,物理学家们的目标是在日益发展并将永世长存的物理学长河中留下几滴汗水。因此,物理学家对他们自己、同事以及前辈的发现能否公正地被后人记住格外关注……。历史的一个目的就是证实在该群体内的这种认同感。”

尽管精密工程通常被认为是一门新兴的技术,然而它和物理学一样,有着悠久的历史。精密工程存在大量不同的历史根源,最晚也可以追溯到13世纪的机械钟表制造业。历史上长期以来存在着精密工程技术人员这样一个‘群体’,但是他们的活动缺乏正式的组织 and 共同的关注点,至少在西半球是这样。在美国,随着美国精密工程学会和其他专业学会的成立,这种不足正在逐渐引起人们的注意。国际生产工程研究院(CIRP)以及许多国家的天文学和仪器学会,实际上都是这个群体的一部分,但是Hocken指出的空白依然未全部填补。

① Brush赞成物理课应增加更多历史性的内容。他指出,虽然现在课堂上会讲一些‘伪历史’的内容来‘提高’学生的兴趣,但这是不利的,会给学生在科学研究上带来唯心主义的观点。一个‘合乎逻辑’的历史演变过程(代表事物演变的必经历程),往往是以历史的准确性为代价给学生讲授的。一个关于Roemer的案例可参见Wroblewski A. “de Mora Lumis;a spectacle in two acts with a prologue and an epilogue” American Journal of Physics, Vol 53 (July 1985), pp620-30。

编写本书的初衷⁵就是想弥补这种不足。然而,这需要长期的研究工作。因此,从严格意义上讲,这本书也必然是不完整的。在本书的后面将谈到,此书并不是首本探讨精密工程发展史的书籍,原因是,精密工程涉及很多学科领域,在各领域都散落着与庞杂的技术文献一样多的历史文献。

下面是一个长期争论的话题⁶,如果‘数学物理学’领域每一个重要的概念变化都需要重新改写科学发展史的话,那么:

(i) 科学史学家的任务是追踪这条不连续的路径,因为这条路径导致了当代新观念的‘产生’。

(ii) 科学的定义是由现代学科范围和准则确定的。

Maurice Dauma 指出科技历史学家的主要目标应该是揭示科技演化的内在逻辑,这种观点被称为‘内因主义’。广义上讲,这也是本书所采用的方法。但是,本书的目的并非为了记载过去流传下来的‘古文物’的历史⁷,真正的目的在于‘通过揭示起源展现现在’。

关于精密工程的历史的一些综述可以参考 Moore、Hume 和 Ashburn 等人的相关书籍。Moore 在介绍他的机械‘工艺’^{①⑧}时列举了一些历史数据。已故的 Hume 教授在关于工程测量学历史的论文中提供了大量有价值的信息⁹,特别是关于早期的英国国家物理实验室。然而,Moore 的书,无论是从技术上还是地域上其涵盖都有限,并且还存在着一些较大的错误。同样,Ashburn 等人¹⁰的论述主要集中在金属加工方面,而且着意赋予浓郁的美国风格。这三位作者都对精密工程有不同的界定,分别是:某一商业公司的产品;工程计量学;美国金属加工。每位作者都采用了内因论的方法。另外,其他一些同时代的作者在研究精密工程具体应用领域时也蒐入了一些历史数据。

本书分为两大部分。第一部分在探索精密工程发展演化的一般规律之前,试图对精密工程进行定义,强调该领域的特性,并阐述了一系列普通或重要的精密仪器设计原理和技术,以及它们的演化过程。这一部分把重点放在精密仪器系统的机械方面,而把光电子与控制等重要部分留待后面介绍。可以说,第一部分强调了精密工程的广度、多学科性以及使得精密工程成为一门独立学科的概念、特征和问题。

通常来说,介绍这门学科历史和演化过程,比较便利的方法是对某些特别重要人物的工作进行回顾,或者追溯某一特定应用领域的发展过程,并且在此过程中尽可能地交叉对照,强调其中的‘技术交换’^{②⑪}。本书的第二部分包含了一系列关于精密工程发展史的论述,包括圆盘和直线分度机、比较仪、衍射光栅刻线机以及单点金刚石车床。精密工程的历史都是通过个人或机构来展现的;多年来已经陆续出版了许多重要人物的传记。尽管如此,在这方面我们还有很多要做的工作。本书第八章有一些简短的介绍。

上述结构安排的目的是使读者能够单独阅读书中的具体章节。这样做不可避免地会造成重复,希望读者多多见谅。

现在许多科技史学家,特别是在美国,严厉抨击‘内因论’的观点。他们支持‘外因论’

① 机械工艺被定义为几何、长度标准、圆分度和圆度。

② 在 20 世纪 80 年代初期,另一个精确的词语‘技术转让’,被误用为操作者应该谦恭地向学术界‘专家’请教和学习。而词语‘技术交换’则强调工业界和学术界应该平等地分享、交换彼此的信息。

的观点,这种观点集中讨论不断进步的技术与社会是如何互相影响的。本书中也包含了基于此种观点的一些内容,主要是为了达到更高加工精度。然而,本书中的具体讨论是很有限的。

本书中所涉及的内容以及讨论的详细程度不但反映了我个人的兴趣所在,同时也反映了我对哪些文献‘容易查到’的个人的感觉。如果我认为在别的作者的书中对某些领域已有很好的交代,或者在一些期刊中都有论述;这些书和期刊在一般技术图书馆都有收藏,而且熟练的图书管理人员能很容易找到这些书或者期刊,论述便很简略。我主要偏重于那些与其他作者有不同看法,或者资料来源不容易找到的地方。尽管如此,我希望对上述两种情况所提供的参考书目是详尽充实的,可供感兴趣的读者获取更多的信息。

我希望本书还能再版。希望本书能抛砖引玉,为整合其他方面的内容提供一个可行的框架,例如光学加工、磨削、抛光、干涉仪、传感器、控制系统、平板印刷术等。最好由具有相关经历的作者对这些领域进行论述。但愿本书再版时能为读者提供一部适度完整的论著。我希望本书的出版能够激发有新的见解的有志之士加入第二版的编写工作中来。

克里斯·埃文斯

Chris Evans

1988 年 12 月

FOREWORD

The use of the term precision engineering has become commonplace. Many metal working companies engaged in tool-making, prototype work and similar activities, often use 'precision engineering' to indicate that they are able to work at finer tolerances than has traditionally been expected in series manufacture. But over the last 30 years it is clear that precision engineering has come to mean much more than this. It can be said to be a grouping of multi-disciplinary scientific engineering skills and techniques based heavily on the increasing application of metrology to manufacturing. To be more specific precision engineering can be defined as 'manufacturing to tolerances better than one part in 10^4 (or one part in 10^5)'.

The new attitude to and understanding of precision engineering has formed a focus internationally for individual and collaborative research unparalleled previously in precision manufacturing. In addition, regular international conferences are held at which more than 30 nations are represented. A great new impetus has been given by the rapid development of an important subset of precision engineering, namely nanotechnology. Many national programmes of research and development have been implemented to advance the scientific base. Important new processes have emerged, such as energy beam techniques and sophisticated control technology aimed at satisfying the ever increasing demand for higher and higher precision in manufacture. This in turn has led to intensive research and development programmes in almost all leading industrial countries.

As Chris Evans points out in his stimulating book, there has been a clear general trend in increasing accuracy of measurement and machining capability over the last 100 years or more — not always a smooth curve, but nevertheless a clear distinctive trend which can now be seen to be asymptotic to what Taniguchi has called 'atomic bit machining'. Evidence now exists of the ability to pick and place molecules through the latest developments in scanning tunnelling engineering and atomic force microscopy. My own view certainly is that precision engineering may be broadly claimed to be 'work at the forefront of current technology'.

The reason for this impressive development is simply that many of today's advanced technology products of strategic importance in the international market place, are critically dependent on high precision manufacturing processes, machines and control technologies, many of them in the nanotechnology regime.

It is important that research and development workers in the field have an historical reference not only, as Robert Hocken argues, to avoid unnecessary 're-invention of the wheel', but also to understand the roots from which they are trying to further develop the technology.

This book is an invaluable contribution to establishing those roots and will be widely read by the rapidly growing world community of precision engineers. I strongly commend it not only to the established workers in the field but also to the large number of young scientists and engineers who are enthused by the challenge of higher precision and who strive to develop new high quality products that depend on it.

Professor Pat McKeown
Professor of Precision Engineering & Director
of Cranfield Unit for Precision Engineering
Cranfield Institute of Technology
Bedford
United Kingdom