

机械制造工艺 的 科学基础

(苏) 彼·尼·别梁宁 著

航空工业出版社

机械制造工艺的科学基础

(苏)彼·尼·别梁宁 著

朱	英	发	
穆	世	荣	译
李	珍	贵	
关		桥	校

航空工业出版社

1991

内 容 提 要

本书集众多论述机械制造工艺的观点与知识并加以系统化,既考虑到工艺方法、机械结构、生产组织和使用要求的关系,又考虑到它对工艺方法的影响。论述了工艺技术装备的分类、工艺过程的典型化和统一化;方案对比评审的理论方法和最佳工艺的选择,人工智能方法在工艺中的应用等。

该书对从事机械制造工艺设计和生产技术人员有重要指导作用。

机械制造工艺的科学基础

(苏)彼·尼·别梁宁 著

朱 英 发

穆 世 荣 译

李 珍 贵

关 桥 校

航空工业出版社出版发行

(北京市和平里小关东里14号)

一邮政编码: 100029—

全国各地新华书店经销

通县向阳印刷厂印刷

1991年8月第1版

1991年8月第1次印刷

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 5.8

印数: 1—2000

字数: 130千字

ISBN 7-80046-361-3/TH·017

定价: 5.20元

本书作者简介

彼得·尼古拉耶维奇·别梁宁(生于1926年)是苏联著名的机械制造工艺和自动化学者、技术科学博士、教授、苏联科学院通讯院士(1984年当选)。



彼·尼·别梁宁

彼·尼·别梁宁教授著有15本专业书籍,并在科学技术文献期刊上发表了大量的科学著作和专题论文。别梁宁教授的大多数著作专门

阐述机器和设备的生产工艺,包括飞机制造工艺等科学技术问题。

彼·尼·别梁宁教授著名的著作有保证机器的工业清洁问题等。在工业机器人技术、各类机械制造工艺过程自动化设计以及生产柔性自动化等方面,他作为知名的学者和专家,均做出了巨大的贡献。

在彼·尼·别梁宁教授的领导和参与下,建造了苏联第一台工业机器人YM-1和第一套柔性生产系统АЛПЗ-1。

在近20年期间,彼·尼·别梁宁教授一直领导着苏联最大的和最著名的科学技术研究机构之一——苏联航空工艺与生产组织研究院(НИАТ)。

彼·尼·别梁宁教授由于创造性的劳动而荣膺了一系列有声望的奖励,并被选为苏联机械制造工艺师协会的主席。

目 录

前言	(1)
第一章 机械制造工艺及其基本理论基础	(12)
第二章 机械制造工艺的基本术语	(22)
第三章 零件和机器的分类、编码及分组	(30)
第四章 工艺过程分类法	(49)
第五章 工艺过程的典型化和统一化	(65)
第六章 工艺技术装备手段的分类、典型化和统一化	(74)
第七章 机械产品的生产工艺性基础	(77)
第八章 零件、组合件及机器的精度和互换性	(92)
第九章 方案对比评审的理论方法和最佳工艺的选择	(101)
第十章 各类工艺方法的数学描述及工艺知识的程式化	(129)
第十一章 工艺过程自动化设计和程序编制的理论基础	(137)
第十二章 人工智能方法在工艺中的应用	(151)
第十三章 机械制造业的发展及机械制造生产的综合自动化	(156)

作者为中文版所写的前言

近15~20年来,在世界各工业发达国家,制造工艺引起了人们极大的兴趣和关注。

对于任何一个企业来说,而首先是对企业的领导来说,不但要回答:如何去制造自己的产品?用什么方法制造自己的产品?而且还要回答生产什么产品?这三个问题同等重要。企业在市场竞争中的成功,取决于这三个重要问题的正确解决与最优选择。而这也正是企业的前途与繁荣兴旺之所在。如果第三个问题是由市场学来回答的话,那么前两个问题则应由工艺科学和工艺实践来回答。

工艺水平,特别是机械制造(任何一个国家的关键部门)的工艺水平,以及每个工厂的工艺技术装备的水平和质量,直接地、最大程度地决定着产品的使用性能和成本,也就是说,最终体现在企业的利润和效率上。

完全可以把物质生产(以及非物质生产)的工艺看作是技术进步的关键,是提高生活水准的关键。然而,尽管人们普遍认识到了这一事实,但是在某些国民经济领域中的制造工艺理论的发展仍然很慢,这与生产实践的发展不相适应。

首先是机械制造工艺的科学基础理论发展缓慢,主要原因是工艺难以程式化(即数学描述):工艺不仅是一门技术科学,而且也是一门规律性难以模型化的社会科学。

应当指出,各国都出版了相当数量的关于各种机械制造工艺理论,如金属切削、零件压力成形、焊接等方面理论的书

籍。而适用于所有各类工艺的具有共性的理论问题的书籍却出版得太少。因此，研究机械制造工艺的普遍理论基础，建立起统一的工艺理论，显然是最近将来的一项重要任务。

向中国的学者们和有实践经验的专家们推荐的这本书，是作者对上述棘手问题的一个微薄奉献。

这本篇幅不大的书，是对苏联学者把机械制造工艺的普遍基础作为一门科学的观点的简要评述，这些观点得到了许多有实践经验的工艺师的赞同。书中录有大量的苏联学者这方面著作的索引。作者有意在文献索引中只选用了苏联学者的著作，是因为俄语在世界上的传播较弱，各国学者通晓俄语的也不多，因而作者的同事们的许多著作在国外鲜为人知，但无疑它们应受到专家们的广泛注意。

这些文献在中华人民共和国这样伟大的国家出版，将会使这种情况得到改观。

十分高兴的是中华人民共和国是第一个翻译出版这本书的国家；因为中国的机械制造业发展很快，如果这本书能对这个发展起到小小的促进作用的话，作者当然会感到欣慰。

此书能在中华人民共和国出版，是中苏学者的合作日益发展的结果，也有赖于中国知名的工艺学者尊敬的吴复兴教授和关桥教授的友好参与及对作者友好的关注。

作者深切地感谢在翻译过程中花费了许多专门技能劳动的北京航空工艺研究所的朱英发、穆世荣、李珍贵等同志，同时也感谢中国的出版工作者。

书中述及的机械制造工艺科学基础，对所有机械制造部门都是共同的，无论是传统的部门(农机制造及纺织、筑路、运输等机械制造)，还是新兴的部门(航空航天器制造、部分电子机械制造等)。因此，这种科学基础包括范围很广，从

工艺的定义和分类到人工智能的应用，其理论问题彼此差异很大。其中有些问题的处理极为复杂，也难以掌握。

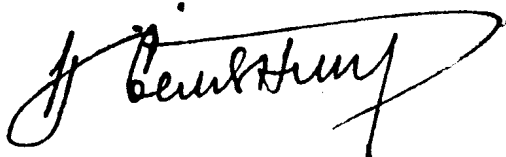
为了便于使生产实践人员更容易理解这些问题的解决方法，作者尽可能少采用难懂的数学公式以及复杂的数学模型方法。

从书目中可以看出，机械制造(确切说是金属加工部门)的工艺理论的全部组成部分(至少也是大部分)，在本书中均可找到，尽管有的是简要的叙述。工艺理论课题的范围将不断扩大，同时将会有越来越多的机械制造方面的学者和专家来参加这些理论课题的研究。

很明显，在这些学者中将会有越来越多的中国学者。只有共同努力，才能把机械制造各种问题的理论认识推向前进。

此书用中文出版也正是为了这一目的。

期望此书不仅对中国的科学研究所和实验设计单位的专家们有所裨益，而且对机械制造各企业的实际工作者也有所帮助。



彼得·尼古拉耶维奇·别梁宁
Петр Николаевич Белянин

1990年3月30日

北京航空工艺研究所所长

为中文版写的前言

我高兴地向我国机械制造业的同行们推荐苏联科学院通讯院士、苏联机械制造工艺师协会副主席、技术科学博士、教授彼得·尼古拉耶维奇·别梁宁的这本专著。

在我国，由于世俗偏见和各种原因，制造技术往往被人们认为是“工匠”的“手艺”，是不能登大雅之堂的，更谈不上是一门科学技术了。因此发生了一系列奇怪的事：例如，中国的学者有不少在数学、物理、理论研究、原理设计方面卓有成就，甚至名列世界前茅，但是我们能够拿得出的名列世界前茅的、稳定可靠优质的产品却不多；我们热衷于引进世界的新产品，我们的赶超也瞄准着世界水平，但世界水平的产品不断地被引进了中国，多少年过去了，我们却往往还拿不出同样水平的自己的产品，又落后了，又要再次引进；中国的工程技术人员到西方企业去参观，主人热情地将自己的新的产品向你介绍，推销，而很不情愿让你看他的制造过程，而我们在接待西方参观者时则往往愿意让他们看制造过程，却不太想让他们看最终产品（军工行业更是如此）；……。

为什么会这样？一句话，我们对制造技术的认识还跟不上科学技术的发展，还没有真正认识到科学技术的竞争实际上是制造技术的竞争；没有真正认识到，我们的工业产品的落后归根到底是制造技术的落后；我们的产品之所以不能保证

长期稳定优质，实际上也是制造技术落后所致。

但是今天，经过10多年的改革开放，我国的工程技术人员，以及他们的领导都不同程度地悟出了这个道理：制造技术的发展对我国实现四化确实有至关重要的作用。因此，某些制造技术作为关键技术被有些高层部门立了项，某些制造技术也被列入了国家重大攻关项目。因而我们完全有理由期待着我国制造技术的迅速发展，并由此带动整个科学技术的迅速发展。

在这样的背景下，彼·尼·别梁宁教授的论述机械制造各类工艺的具有共性理论问题的专著在我国翻译出版，一定会有助于我们对机械制造技术作用的认识，会有助于我们了解苏联学者在这方面的观点和研究进展；同时，对照我们所了解的西方科技界的观点，对我们的决策将是很有益处的。

彼·尼·别梁宁教授于1990年4月访问了我们研究所，并热情地作了三个技术报告，他热心地推进中苏人民之间的友谊，推进中苏两国科技工作者之间的友谊与合作，热切盼望迅速恢复苏联航空工艺与生产组织研究院同北京航空工艺研究所之间的科技合作与人员交往。我想他的这本专著在中国的出版将是这一切良好愿望得以实现的最好象征。

吴 复 兴

原书前言

科学与技术(首先是基础科学)的成就构成了提高社会劳动生产率的主要基础,从而为改善人民的物质福利和促进精神文明创造了条件。这些成就在物质生产领域里,特别是在其最重要的部门——机械制造业中引起了急剧的变迁。当今,新机器建造、生产及应用的周期和规模决定着商品生产与服务设施发展的成效。难怪,人们把机械制造业称之为国民经济中关键而有决定意义的部门已是习以为常。

分析世界机械制造业的发展过程可以发现如下几个方面的重大变化,这些变化反映了发展过程的规律性。

1. 机器在功能和结构上的多样性有了很大的发展,并且还在继续发展(建造并生产了运输机械、农业机械、采掘机械、动力机械、加工机械、精制机械、检测试验机械、计算机及许多其他机器、装置和仪器,包括科学研究实验装置),各类机器的产量和品种也大大增加;

2. 机器的功能进一步完善,随之,机器的结构也进一步复杂化。(机器愈新式,就愈能更多更好地完成所赋予的功能);

3. 机器的效率不断提高。与此同时,单台机器的设计制造劳动量及价值与价格也在相应地提高;

4. 机器的质量(包括寿命、可靠性、耐用性和其他使用特性)不断提高;

5. 技术工艺准备及机器本身的生产不断地完善,其基

基础是：

- 专业化和协作化；
- 所有零部件生产的统一化和标准化；
- 尽力节省一切资源(劳力、物资、财力)；
- 采用先进的劳动生产组织形式及管理方法；
- 借助于自动化来完善生产基地，扩大所采用的工艺方法种类和工艺装备的品种；
- 提高生产的柔性；
- 系统地提高生产者的技术水平。

在机器设计和生产准备中乃至在生产过程本身，愈来愈广泛地运用电子计算机技术，机械制造业正在实现电子化。

6. 机器的运行和使用得到进一步改善，机器的用户(即买主)的部分职责(包括维护、修理和改造)转移给了机器的生产者或销售者；机器的使用效率得以提高(机器能得到专门的维护，可以更多更好地运转，其使用也更为合理)。

众所周知，任何机器的全寿命过程，包括其自身的建造(设计与研制)、制造和使用(运行)应视为一个整体，用系统工程方法加以研究。

新型高效机器的建造(在其科学研究与设计范畴内)和生产(在其生产工艺技术范畴内)正是现代机械制造业的主要职能，或者说是主要任务。

机械制造的生产工艺技术范畴，一般称为机械制造生产，包括生产的技术和工艺准备(ТПП)及机器生产(制成品)本身。它们之间密切关联的基础就是工艺技术和生产组织；而工艺技术本身则是借助相应的设备和装备(生产型机器)以及生产组织才得以实施的。

机械制造和机械制造生产各个方面的统一性和相互依赖

关系，在实现机器的最重要特性(如效率、可靠性及寿命)时表现得最为明显。这些特性在设计阶段由设计人员给定，在生产过程中由工艺人员、生产组织者和管理人员予以保证，并在使用过程中得到保养人员的维护。

机器生产的最重要阶段是生产工艺准备，而生产工艺准备的内容恰也证实了这种统一性。这是因为，机器制造的难易度、成本和质量取决于生产工艺准备的性质、水平、内容和方法(正如也取决于机器本身的结构一样)——须知，在生产工艺准备阶段，就应确定所采用的工艺方法(即毛坯的种类)，确定生产设备的规模及水平，并确定为鉴定机器产品性能而采用的检测和工艺实验的内容与规模等等。

本书的目的是集众多论述机械制造工艺(由繁多的各类工艺过程所组成)的观点与知识之大成并使之系统化。更确切地说，是对共同的(基础性的)知识加以系统化，既考虑到工艺方法与机器结构、生产组织和使用要求的关系，又考虑到它们反过来对工艺方法的影响。

在机械制造业中，“工艺过程”这一术语的概念有双重含义：一方面，这一术语指的是生产过程中与劳动对象(生产目标)——即毛坯、零件、组合件、部件或是整台机器的状态变化相关的那一部分过程；另一方面，可把这一术语理解为文字或图表形式的文件资料，用以描述操作员及其所操纵的机器的工作程序，以便取得对劳动对象所要求的状态。

下面我们将就工艺过程(简称过程或工艺)的主要含义，也就是把它作为整个生产过程的一部分来进行研究。除制造工艺工序(包括检测和试验)外，生产过程还包括物流工序)即生产中所需的材料、毛坯、零件、组合件、产品、工具、工装、文件等的转移)和组织工序(含管理、资料信息等)，而

这些组织工序是与生产信息的形成、处理及传递密切相关。

因为人始终是整个生产过程的必然参加者，所以关于工艺的科学(下称工艺科学)在很大程度上是社会科学。正如在实践中，任何社会过程，或工艺很难程式化一样，要把这些过程或工艺用数学方法，并以计算机可以处理的符号加以描述，也是十分困难的。

近来这些程式化难题虽已部分地得以克服，但到目前为止，在工艺科学中(特别是在其基础部分)广泛采用的并不是抽象数学分析，而是思维上的社会逻辑分析；越来越多地采用过程的计算机模型法，以期能揭示其发展趋势并评估其结果。

对机械制造工艺基础理论的程式化是重要的科学任务。况且，任何机器的设计、工艺和生产组织，都是众多相互矛盾要求之间折中的结果。因而，寻求一个能满足方方面面的要求，首先是机器用户要求(使用者的条件)的尽善尽美的方案是极其复杂的。因此不得不在下列几个方面寻求折中的方案：在机器结构工艺复杂性很大与尽可能减少其制造难度及工作量之间寻求折中；在新机器所具有的多功能特性与尽可能要求其操作简便之间寻求折中；在满足机器制造所必需的自动化程度(常常是高水平的自动化)与尽可能地降低掌握其生产所花费的资金之间寻求折中等等。

若有可能对所有的方案定量地进行综合评估、进行分析计算，并采用各种复杂的生产过程的数学模型，才能使所选用的结构工艺和生产方案的优化大大简化。而这些只有在对所有生产过程以及生产对象结构的描述都程式化后，才有可能。显而易见，程式化，作为机械制造工艺理论的基石，具有极其重要的意义。

现今已积累了许多有关机械制造生产和论述工艺过程的知识。把这些知识系统化并加以运用是很复杂的，但却是必由之路；它有助于现今在各种不同机械制造部门中参差不齐的科技水平向高水平看齐。在某些科学密集部门——航空航天工业，船舶、电子计算机、仪器、专用动力机械、机床等生产部门，科学技术水平是最高的。在苏联所有机械制造工业中大力推广上述各部门的成就，是国民经济发展中的迫切任务。

在本书中，沿用了先进机械制造部门的科学技术和工艺生产经验。在撰写过程中，作者得到了许多专家的帮助，包括与作者一起工作的同事们的支持，他们是И.В.Боброва、А.В.Коробейников、Е.М.Эйфир、В.П.Тимофеев、В.Л.Пустырев、В.Ф.Соколов、В.П.Грибков等。在此，作者向他们表示衷心的感谢。

苏联学者在创立机械制造工艺理论基础和在实际应用方面作出了许多卓越的贡献。他们之中有Б.С.Балакшин、А.П.Белоусов、Б.М.Бозров、В.В.Бойцов、Н.А.Бородачев、苏联科学院院士Н.Г.Бруевич、К.В.Вотиннов、Г.И.Грановский、М.Н.Горбунов、В.П.Григорьев、А.Н.Громова、П.Е.Дьяченко、И.А.Зернов、А.И.Исаев、К.С.Касаев、А.И.Каширин、В.М.Кован、В.Г.Кононенко、Л.А.Коноров、В.С.Корсаков、苏联格鲁吉亚科学院院士Т.Н.Лоладзе、А.А.Маталин、С.П.Митрофанов、М.П.Моисеев、В.В.Павлов、Д.Н.Решетов、Г.Н.Рапопорта、О.С.Сироткин、А.П.Соколовский、苏联科学院通讯院士Ю.М.Соломенцев、В.М.Фераго、В.Д.

Цветков, Д.М. Чарнко, Д.Е. Челищев, В.В.
Швец, А.И. Якушев, А.Б. Яхин 等。

第一章 机械制造工艺及其 基本理论基础

各种用途的机器和仪器其结构的多样性是机械制造中采用多种工艺的产物。在有些场合,结构的多样性则是工艺多样性的原因。在当代机械制造中采用了4500多种工艺过程(手工的、机械化的和自动化的),从简单的毛坯车削到电子束焊和激光焊、零件表面层注入新材料、最复杂机器的自动化装配和自动测试等。Т.Н. Лоладзе提出的机加零件制造过程的分类,清楚地说明了这种工艺过程的多样性。据此分类(远非完全的、十分笼统的分类),所有工艺过程可分为六大组。

第一组—材料分割和定量—包括用塑性变形方法分割(砍、折、扭、剪),用切削方法分割(用刀具或磨具),用熔解、汽化和燃烧方法分割(磨擦、电弧、光束、等离子、电子束、热丝、气割、氧熔剂、空气电弧、等离子电弧、氧激光切割法等),用物理化学方法切割(电火花、阳极机械、超声、爆炸、电解、酸腐蚀、热冲击),以及材料的定量(称量、按标准量器测体积、注入型腔、挤制)。

第二组—毛坯的不可拆卸连接—包括机械连接(用锁扣、铆钉、螺栓和其他紧固件,用过盈配合、压配合),焊接(用电弧焊、电渣焊、电子束焊、等离子弧焊、离子束焊、辉光放电焊、光束焊、感应焊、气焊、热熔剂焊、反应烧结焊、铸焊、接触焊、热压焊、摩擦焊、在恒压下施焊、脉冲焊、