

機器製造革新者的 先進經驗

苏联科学院机器制造研究所
机器制造工艺委员会編

机械工业出版社

机 器 制 造 革 新 者 的 先 进 經 驗

苏联科学院机器制造研究所
机器制造工艺委员会編



机械工業出版社

1 9 5 7

出版者的話

本書包括十九篇有关机器制造革新者先进經驗的文章，它系苏联科学院机器制造研究所机器制造工艺委员会主編的。其中大多数文章都是苏联科学家和生产革新者在举行联席會議时的文献。同时又是科学家、工程师、生产革新者或斯大林獎金获得者所写。

本書主要的內容是叙述机器制造工艺方面的問題。它結合科学的原理闡明一些生产中的先进經驗和成就。例如高速加工方法、各种綜合工作組的工作、節約金屬、采用先进工艺、提高劳动生产率等各方面的經驗。全書分为兩部分，第一部分包括十四篇文章，是叙述金屬的高速机械加工方法，第二部分有五篇文章，是叙述鑄造、压力加工和焊接的先进工艺。这些对我国正在进行技术改造的机械工業，是有着很大的意义。

本書可作为机器制造方面的科学研究機構、机器制造厂的工程技术人员或高級工人参考之用。

苏联 Академия наук СССР институт машиноведения комиссия
по технологии машиностроения 編 'Передовой опыт новаторов
машиностроения' (АН СССР 1954 年第一版)

*

*

*

NO. 1498

1957 年 7 月第一版

1957 年 7 月第一版第一次印刷

787×1092¹/₁₈ 字数 229 千字 印張 10²/₉ 0,001—1,200 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号

定价(10) 1.60 元

目 录

序.....	(4)
--------	-----

金屬的高速机械加工方法

計算工艺規程精度的理論基础.....	索柯洛符斯基 (7)
在烏拉尔重型机器厂 (V3TM) 內学习、总结和推广生产革新者成就的經驗.....	薩莫洛夫 (21)
在基洛夫工厂內推行高速切削的綜合工作組的工作經驗.....	薩維奇 (28)
优等質量綜合工作組的工作.....	基斯里雅柯夫 (45)
在流水式大量生产中的高速切削.....	秋拉叶夫 (49)
高速切削法及其进一步的發展情况.....	庫茲聶卓夫 (61)
万能調整夾具系統和成批生产中的流水作業綫.....	波尔瓦托夫、斯坦凱維奇 (70)
应用放射性同位素来估計机器零件的磨損.....	德雅欽柯、斯林柯、叶密林 (79)
研究金屬切削过程用的新仪器.....	卡札柯夫 (93)
按照車工革新者科列索夫的方法进行新的金屬切削加工.....	格魯陀夫 (106)
高速車削鋼料的經驗.....	布舒叶夫 (113)
高速切削以及延長机床工作的檢修期.....	庫拉庚 (121)
高速加工方法.....	斯庫勃聶符斯基 (125)
划綫工为爭取技术进步而斗争.....	杜比宁 (129)

鑄造、压力加工和焊接的先进工艺

鑄工車間內節約金屬的綜合工作組經驗.....	古謝夫 (136)
降低每一道生产工序的劳动量.....	札郭尔內、巴磊金 (147)
冲压車間內節約板金屬的綜合工作組工作經驗.....	瓦恩施荐恩 (151)
小批生产中在曲柄压床上进行的联合鍛造.....	波荐兴 (161)
制訂和推行用焊接来修理犁头的新方法.....	尼洛夫斯基 (171)
中俄名詞对照表.....	(177)

序

苏联共产党第十九次代表大会，在其發展苏联国民經济的第五个五年計劃的具有历史意义的決議中，制訂了宏偉的增加生产的綱領，并且还制訂了急剧提高苏联人民的物質和文化福利的綱領。

在發揚代表大会的具有历史意义的決議中，党和政府采取了最重要的新决策，那就是在最近的二三年中，要大大地扩大国民必需品的生产。

这些国民經济任务的順利完成，是密切地联系到机器制造業的高速度發展，而机器制造業則为整个工業、运输業、邮电業和农業等部門的技术进步的基石。

以不断地增長的速度而發展着的苏联机器制造業，負有保証所有这些部門获得高生产率的机器、联合机器、万能和專用的设备、自动机器、自动生产綫和自动化工厂等的使命。

为了爭取胜利完成第五个五年計劃的全民社会主义竞赛，正在日益展开。在展开新型的社会主义竞赛的基础上（高速切削法、節約金屬的綜合組、爭取优等产品質量的綜合組等），苏联的机器制造工作者，密切地与先进的苏維埃科学家联系在一起，不断地發掘着新的生产潜力，以促进我国向共产主义迈进。

机器制造業中的社会主义竞赛，还伴随着采用和合理使用新的机床、各种的工作机器、以及自动化工艺規程所用的装备等，应用更完善的工艺規程、刀具、夾具等，以及不断地提高机器制造工作者的技艺和科学技术水平。

由于采用了最新的技术和先进的工艺，苏联的机器制造業，不仅在机器的生产数量方面得到了很大的成就，而且在改进机器質量及其使用性能上，在降低制造劳动量、縮短生产周期、和節約机器制造用的材料上，都得到了很大的成就。

所达到的成就，是对于苏联人民的創造積極性以及無穷智慧不断增長的一个显明的証据，而且他們对这点还具有充分的信心，那就是苏联的机器制造工作者將克服所产生的困难，消除工作中所存在的缺点，以达到超額完成党和政府所提出的第五个五年計劃的任务。

在机器制造業的發展和成就方面，生产革新者起着巨大的作用，他們在应用生产率更高的，也就是先进的劳动方法上，以及在采用更完善的工艺和生产組織上的爱国創造精神，也起着很大的作用。

科学研究機構，其中包括苏联科学院的机器研究所在內，在加强科学家和生产的联系方面，以及对于革新者成就的科学总结方面，都还做得不够。

在克服这个缺点时，苏联科学院的机器研究所加强了自己对于总结革新者經驗方面的工作，并且集中力量来解决苏联机器制造業中最迫切的問題。因此，在最近的一段时期內，机器研究所曾經进行了一些巨大的科学技术措施，这些措施对于生产都具有实际的用途，并且还得出了丰富的科学总结資料。

例如，苏联科学院机器研究所的机器制造工艺委员会，最近曾经召开过许多研究会，以及关于机器制造工艺中的关键问题的扩大会议，这些关键问题包括有：机器制造工艺过程的自动化、机器零件的喷砂强化、金属切削加工方面的标准、金属高速切削刀具的采用、以及许多其他关于机器制造的理论和实际的问题。对于这些问题，曾经和工业界人士共同商讨和拟定了在1952~1955年的科学研究的基本方针，并且制订了解决这些问题的具体方法。

在总结科学家和生产革新者对于机器制造工艺方面的成就时，由于苏联科学院机器研究所和工业界工作者的共同努力，关于建立统一的科学研究合作计划、布置机器制造业在全国范围内的任务、以及在确定科学家和生产革新者之间的联络问题上，曾得到圆满的结果。

共产党和苏联政府大力支持先进革新者的创举，并鼓励他们的大胆勇敢精神以及创造性的工作，而且还关心到各种人材的培养，对于我国进一步的发展和巩固其威力、改善人民生活以及胜利地建设共产主义而言，这些人材是宝贵而必需的。

在苏联各个国民经济部门之内，工人、技术员、工程师等革新者的创造积极性，逐年在增长着。在他们的改进工艺和生产组织，创造新的机器、夹具和工具等的实际工作中，就显露出了许多科学成就的胚胎，在这些基础上，可以用理论的或试验研究的方法来进一步把它加以发展。

革新者的成就，愈益正确而坚定地证实了需要进一步加强科学工作者和生产者之间的密切联系。

科学家和生产者共同进行创造性的工作，应该成为我国技术进步的法则。

研究革新者的成就，把它与科学数据相比较，再将其在实践中的最新成果挑选出来，然后就能够把它奠定在新的理论基础之上，因而大大地发展我国科学与技术的效用，这就是苏联科学家最重要的任务。

将要举行的科学家和机器制造革新者的会议，是由苏联科学院机器研究所机器制造工艺委员会召开的，其目的是推广和加强生产革新者与科学家协同工作的基础。会议必须发动生产工作者和科学家来解决，党和政府交给科学机关和工业的关于发展机器和国民消费品生产的问题。

会议还有个目的，是向科学家和生产革新者介绍一些关于苏联科学院各个委员会、联邦共和国科学院、各部门的研究所以及各工厂企业实验室的，在机器制造工艺方面的成就。

现在这本文集所载的是先进的工人和工程技术人員，亦即生产革新者在机器制造工艺方面的报告，还有科学工作者，即著名的研究者在机器制造工艺方面的报告。

在报告中反映了许多实际的成果，这些成果都是各个生产革新者以及全体职工，在各种不同的机器制造工艺部门中所达到的。

在下列诸同志的文章中，反映了生产革新者的工作经验：車工庫拉庚(Б. И. Ку-

лагин), 斯庫勃聶符斯基(А. И. Скубневский), 布舒叶夫(С. М. Бушуев), 基斯里雅柯夫(К. С. Кисляков), 头等鍛工机郭尔內(А. П. Загорный)和工程师巴磊金(В. И. Барыкин), 电焊工尼洛符斯基(И. А. Ниловский), 技术科学碩士格魯陀夫(П. П. Грудов)等。在这些文章中指出了生产中的先进工作者是怎样依靠主动性, 而發掘出提高劳动生产率的新潜力、延長設備的使用寿命、改进产品质量和降低产品成本。

綜合組的組織, 这是科学工作者和生产者之間的一种新的联系方式, 在薩維奇(Е. Ф. Савич 在列宁格勒的基洛夫工厂)和薩莫洛夫(С. И. Самойлов 在烏拉尔机器制造厂)的文章內曾加以闡述。

关于節約金屬方面的工作經驗和科学問題, 是在下列諸同志的文章內叙述: 瓦恩施荐恩(Н. Г. Вайнштейн 在高尔基的莫洛托夫汽車制造厂), 古謝夫(А. В. Гусев 在莫斯科的斯大林汽車制造厂), [紅色选民]工厂的划綫工杜比宁(Г. М. Дубинин)。

某些報告中指出了, 在流水式大量生产的情况下推行金屬高速加工方法的經驗, 如秋拉叶夫(А. П. Чураев)的文章, 还有在工厂的實驗室內对这方面的問題进行研究的結果, 如庫茲聶卓夫(А. П. Кузнецов)的文章。在波荐兴(А. В. Потехин), 波尔瓦托夫(Н. А. Порватов)和斯坦凱維奇(В. Г. Станкевич)的文章內, 提到了机器制造先进工艺的原則性問題。

有些机械加工的理論問題, 以及金屬切削过程的試驗研究問題, 曾在技术科学博士索柯洛符斯基(А. П. Соколовский), 技术科学博士德雅欽柯(П. Е. Дьяченко), 技术科学碩士卡札柯夫(Н. Ф. Казаков)的文章內加以叙述。

在本文集中, 对于科学家和工業中的工作者协同研究苏联机器制造中的科学問題这一点, 还反映得不够。在文集中仅仅只提到, 在將要举行的會議中所必須討論的問題, 以及更进一步来解决科学家和生产革新者之間的联系問題。會議的結果, 必須在科学家和生产革新者之間, 把緊密的联系和个人之間的聯絡問題安排好, 并且決定出科学院、各部門研究所和高等学校的科学工作者与工業中的工作者协同工作的方式和方法。

馬林科夫同志在苏联共产党(布)第十九次代表大会上, 向苏联的科学家提出了一项具有战斗性的任务: [……进一步發展先进的苏維埃科学, 使它在世界上居第一位。使科学家集中力量更加迅速地解决有关利用我国丰富天然資源的各种科学問題。加强科学和生产之間的創造性的合作, 因为这种合作可以用實踐的經驗来丰富科学, 同时可以帮助实际工作人員更快地解决他們所碰到的問題]●。

为苏联共产党第十九次代表大会的历史性指示所鼓舞的苏維埃机器制造工作者, 光荣地担負起了委托給他們的任务。

● 馬林科夫: [在第十九次党代表大会上关于联共(布)中央工作的总结报告], 人民出版社, 第77页, 1952年。

金屬的高速机械加工方法

79077

計算工艺規程精度的理論基础

技术科学博士,教授 索柯洛符斯基(А. П. Соколовский)

1 研究机械加工精度的几个不同方法

研究机器制造工艺的原理是当代最重要的任务之一。由苏維埃科学家建立起来的工艺科学,在很大程度上促进了生产技术有計劃的进步。改进产品质量、提高劳动生产率、生产过程的机械化和自动化、生产的节奏性以及其它一些工艺問題都应该加以研究,在研究时,必須利用現代科学的全部成就,并把理論与实际密切地联系起来。

机器制造的产品质量,在很大程度上决定于所能达到的精度。机构精度的一般原理,作为科学問題而論,曾为院士勃魯叶維奇(Н. Г. Бруевич)所提出;接着这个原理又为其后继者加以發揮和改进。研究机器制造的精度具有很重大的意义。树立起机器制造精度的学說是属于苏維埃科学家的功績,这些科学家是巴拉克辛(В. С. Балакшин),鮑罗达切夫(Н. А. Бородачев),沃季諾夫(К. В. Вотнинов),卡希林(А. И. Каширин),柯万(В. М. Кован),烈歇托夫(Д. Н. Решетов),索柯洛符斯基(А. П. Соколовский),雅兴(А. Б. Яхин)和其他科学家等。

关于机械加工精度的学說,是工艺科学的一个主要部分。如果机器零件最初的成形問題,愈来愈多地由毛坯車間用提高其产品精度的方法来解决,那末保証零件最終精度的問題,基本上就要依靠在金屬切削机床上用加工方法来解决。同时要指出,許多关于机械加工精度的学說,同样适用于来解决关于鑄件、鍛压件以及电加工等的精度問題。

机械加工的精度决定于許多的因素,这些因素会同时对于精度都产生作用,而最終的精度則决定于它們共同的影响。

一般,我們只注意到許多因素所起影响的总結果,即仅仅把加工中的总誤差确定下来,例如,在使用極限卡規时,我們甚至于完全不知道这个誤差的数值有多大,而仅仅只能决定,零件的尺寸是否符合于公差帶所規定的界限而已。

在完成各种不同的工序时,根据这种总的观察,可以得到一种概念,这种概念就

是在一定的生产条件下所能达到的精度。把类似的資料加以系統化和总结起来，結果可以制訂出一張各种机械加工方法[經濟精度]的表格，而載于各种手冊內。

但是，显然可以看出，这种表格只能給出一种一般化的、并且近似的关于制造精度的概念。工序的完成情况(工序特点，設備狀況等)是各种各样的，以致于只能根据一二个变数(直徑和長度等)来編訂这种表格，甚至于把發生影响的各种因素近似地考虑进去都还不可能。然而，我們應該更詳細地来計算加工精度，并且要把某种生产中的各种情况都考虑进去，这样一个意圖就使我們有从事專門研究的必要。

这种研究可以按照两种不同的方法来进行，那就是用統計法或者用計算工序精度的研究方法。

研究加工誤差用的統計法，是建立在这样的基础上，那就是首先利用車間內按專門方法所进行的观察結果，再用或然率原理的方法，对这些观察結果加以数学运算。用这种方法所得到的数值是加工中的总誤差。

只要繪制分布曲綫，并对它进行分析，就可以把恒常的規律性誤差，从变动的規律性誤差和偶然性誤差中划分出来。采用这种方法来研究工序时，就可以得到該工序准确的基本特性，并且能够自动地把影响該工序的全部因素(規律性的或偶然性的)都包括在內。当运用正常分布曲綫时，加工精度只由两个参数来表示：誤差积聚的中心位置，以及均方偏差的数值。但是，無法用分布曲綫来研究加工过程的發展情况。所以，在利用分布曲綫时，仅仅只能在研究的一批零件的範圍內，确定尺寸的整个分散情况。

当我们采用統計法来檢查产品质量时，便可按照小的区間而制訂出点圖，用这种方法可使我們对于加工精度得到更深一步的观念。这时，还能够把变动的規律性誤差的影响，从偶然性誤差的影响中划分出来。这一点，如果單純依靠分布曲綫的分析，是無法达到的。

在分析点圖的基础上，不仅能够确定整批零件的分散值，而且可以确定各个時間片断內的分散值(或称为瞬时分散)。

我們还應該注意，在分布曲綫和点圖之間存在着一定的关系。但是这个关系是單方面的：那就是，每一个点圖都符合于一条完全肯定的分布曲綫(圖1)●，但是对于任何一条已知的分布曲綫，則可以組成無数的各种不同的点圖。

研究金屬切削机床加工誤差的計算分析法 这种方法的原理，是先确定每个分誤差的数值，然后再按照一定的方法求出这些分誤差的总和。恒常的和变动的規律性誤差是与偶然性誤差分开計算的。这样，就能够从一批零件的整个分散尺寸內，把具有偶然性質的各个因素划分出来，于是就可以更深入地来研究全部誤差的構成情况。根据各个因素来計算总誤差的方法，是和現代測定技术定額时所用的計算工时的方法差不多。

● 圖1是从科学技术碩士寿柯夫(А. А. Зыков)的文章[生产中工艺分析用的統計法]中节录的。載于1948年 МАТП 的技术通訊上。

对于规律性误差而言,其分误差的计算要根据事先进行过的实验和理论的研究工作,而对于偶然性误差,则应根据在车间内所进行的观察统计结果。

采用这一类的计算方法,可以暴露出各个因素对于加工精度的影响,而且还可以知道全部因素所起的总影响。

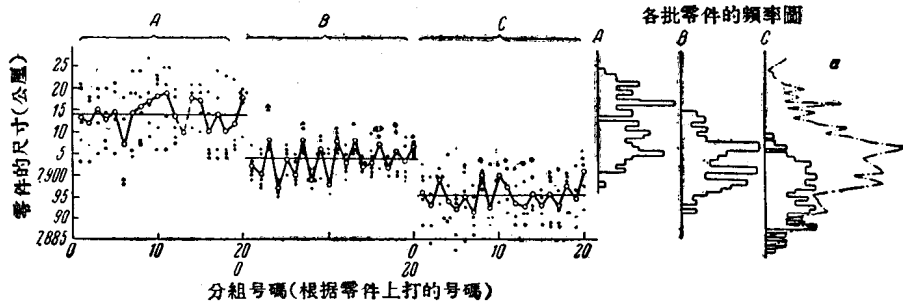


圖 1 在無心磨床上加工三批汽閥時,分布曲線(折線)
与点圖之間的关系: a—所有批数的总分布折線。

形状误差是和尺寸误差分开计算的,在确定尺寸的总误差时,应该把事先计算好的形状误差考虑在内。

为了进行精度的计算,需要了解机床、刀具、夹具和被加工零件的特性。这些特性,必须通过一定的试验方法,而以图表和表格的形式表示之。

在研究加工精度时,当采用了计算分析法后,并不是说完全不用统计法,因为还可以用统计法来核验计算的结果,在许多情况下可使计算的结果更为准确。所以,研究加工精度应该同时采用这两种研究方法。

在研究加工精度的过程中,必须使理论研究和试验相结合,并且所得到的结论,应该在实际的生产情况下再加以核验。

在这篇文章中,我们主要谈到的是,当零件只安装一次时在工作中所产生的问题。至于定位和基面的精度问题,这里几乎没有谈到。所以,对于这方面的問題,还必须进行专门的研究。

在以下列举的计算中,并不包括用研磨工具(磨削,研磨等)的加工方法。因为这种加工方法具有许多特点,而应该另作专门研究。

最后必须指出,我们在这里所谈到的,仅仅是从一方面来研究精度问题,这就是从工艺的角度来研究它。至于结构方面的精度(零件在使用过程中所需的精度),以及测量方面的精度(测量方法与检查精度的方法等),在这里没有把它们考虑在内。

2 误差的计算

机械加工的精度取决于许多因素所造成的影响,其中最主要的为:机床、刀具和夹具的精度, [机床-零件-刀具] 工艺系统内各环节处的间隙,这个系统的刚性,刀

具、机床、夹具和加工零件的受热变形，刀具刃口的磨损，毛坯材料中的内应力等。此外，还要考虑到直接由操作工人所造成的误差。在这种误差内，尤其重要的是把机床调整到一定尺寸时所产生的误差。

在研究机械加工精度的工作中，以及在订定计算误差的方法时，首先就应该研究各个分误差。现在我们仅仅只拥有一些关于高速车削的数据，还有一些则为铣削工序中的数据[●]。必须指出，这些数据都是基于一些比较狭隘的经验资料，因此不可以把它认作为标准的数值。只有经过更广泛和更系统的试验和计算后，才能够定出标准的数值。现在我们来研究几个关于计算分误差的问题。

会变形的工艺系统[机床-零件-刀具]的刚性，是影响加工精度和加工生产率的最重要因素之一。而且，这个因素在很大程度上还决定了该系统的耐震性。

工艺系统的变形是三个切削分力 P_x 、 P_y 、 P_z 等作用的结果，而且当这些分力之间的比值不同时，其变形也会不同。所以，在求取工艺系统的刚性值时，如果要它适合于用来计算加工精度，则必须在尽量接近于现场的情况下来进行试验。

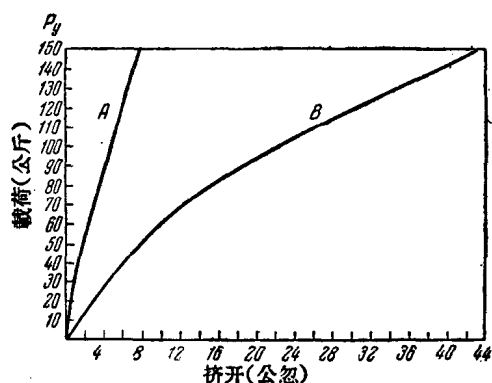


图 2 当只有载荷 P_y 分力时，车床刀架的刚性(曲线 B) 以及同时有载荷 P_y 和 P_z ，而 $P_y = 0.3P_z$ 时，车床刀架的刚性(曲线 A)。

仅仅只把载荷 P_y 分力考虑在内而求出的刚性值，大大地不同于实际的刚性值(图 2)。

刀具的刃口，在切削时一般是从加工表面挤开，但是在某些情况下，也可能使刃口切进到金属内，不过这时的刚性值是取负值而已。

被加工零件的刚性，在很多情况下，可以采用材料力学中的公式来计算。但是，我们至今对于机床和夹具的刚性，仍然还没有一套可靠的计算方法。问题就在于，机床部件的刚性，在很大程度上取

决于零件之间连接处的刚性，因此，机床的刚性必须靠试验来确定，因为它不仅与整个机床的结构有关，而且还牵涉到装配和调整部件时的仔细程度。因此，无论是对于新机床或者修理好的机床，检查它们的刚性都很重要。而最重要的是要定期检查在用机床的刚性。

除掉弹性变形之外，还有不可回复的变形，并且刚性值不仅与机床有关，而且还与载荷的变动、载荷的大小和变形的速度等有关。没有载荷时的刚性值，一般地说，是和有载荷时的刚性值不同的。刚性还与部件内各个零件之间的摩擦力有关。

● 以下所列的结论和数值，都是列宁格勒加里宁工学院机器制造工艺教研室的工作结果。在进行研究时，还有下面一些同志参加：斯科拉岗(В. А. Скраган)，鲍格达诺夫(Б. М. Богданов)，勃柳姆别尔格(В. А. Блюмберг)，李本古(Ли Бен гу)，狄明斯基(Ю. Г. Тыминский)，杨格(С. Ю. Янг)以及其他一些教研室同志。

参看集体创作[机械加工的精度及其提高的方法]，苏联国立机器制造书籍出版社，1952年。

机床刚性的研究工作,最初是由沃季諾夫 (К. Б. Вотинов) ● 进行的,后来又为一些研究者所繼續下去●,他們認為,对于机床部件的刚性,完全可能訂定出許多規律,并且可以得出一些具体的数据。例如,在列宁格勒的一些工厂內,从許多机床的試驗中确定了这一点,即頂尖高度为 200 公厘的許多正在使用着的車床的刚性,当在頂尖間加工零件时,平均可以采取为 2000 公斤/公厘。

工艺系統的彈性变形,是引起誤差的一个主要原因。同时,毛坯的誤差也反映到零件的誤差上,不过所起的作用較小而已:也就是产生了所謂[誤差的仿形]。更詳細点說,仿形的大小是取决于工艺系統的刚性、走刀量、刀具的几何参数以及加工材料的机械性能。如果已經知道作用力的大小以及工艺系統的刚性,則由彈性变形所造成的誤差,可以用計算的方法来确定。这时还需要了解 $P_x:P_y:P_z$ 的比值(圖 3)。这些比值并不是永恒不变的,而是根据許多参数而变的:如走刀量、切削深度和主偏角(φ)。

由計算可知,粗加工时的誤差,大部分是由彈性挤开所造成的。

在精加工的情况下,其他的誤差是占主要的地位。

例如,在頂尖之間車削一批軸,其直徑为 70 公厘,所用鋼料的 $\sigma_b = 75$ 公斤/公厘²,走刀量为 $s = 0.5$ 公厘/轉,当工艺系統的刚性 $j = 1000$ 公斤/公厘时,毛圓鋼的毛坯直徑公差 $\Delta_{\text{毛坯}} = 2$ 公厘,而按第 4 級精度加工的公差 $\delta_{\text{零件}} = 0.2$ 公厘,則得:

毛坯誤差对于加工零件誤差的比值(准确性)

$$\varepsilon = \frac{\Delta_{\text{毛坯}}}{\Delta_{\text{零件}}} = \frac{j}{\lambda C_p} \cdot \frac{1}{s^{0.75}} = 17.7。$$

式中 $\lambda = \frac{P_y}{P_z} = 0.5$ 而 $C_p = 191$ 公斤/公厘²。

当已知[准确性]后,可求得加工誤差为:

$$\Delta_{\text{零件}} = \frac{\Delta_{\text{毛坯}}}{\varepsilon} = \frac{2}{17.7} = 0.11 \text{ 公厘。}$$

我們看到,由彈性挤开所引起的誤差,占公差的 50% 以上。

如果上面的毛坯先经过粗車,甚至于是按照 7 級精度(公差 0.74 公厘),而在精車时所用走刀量为 0.2 公厘/轉时,則得:

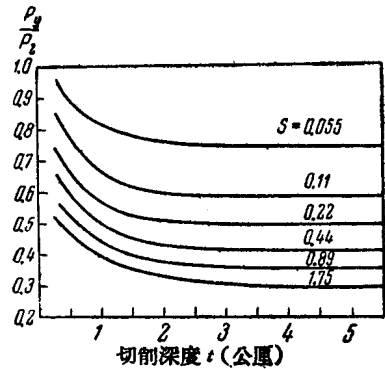


圖 3 在加工 5 号鋼时 ($v = 150$ 公尺/分, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 0^\circ$), $P_y:P_z$ 的比值和切削深度、走刀量之間的关系。

● 沃季諾夫[机床的刚性]苏联机器制造科学技术工程学会列宁格勒分会, 1940 年。

● 参看 苏联机器制造科学技术工程学会列宁格勒分会的文集[金屬切削机床的刚性及其测量], 苏联国立机器制造書籍出版社, 1952 年。

$$\varepsilon = \frac{\Delta_{\text{毛坯}}}{\Delta_{\text{零件}}} = \frac{1000}{0.5 \times 191} \frac{1}{0.2^{0.75}} = 35;$$

$$\Delta_{\text{零件}} = \frac{0.74}{35} = 0.02 \text{ 公厘。}$$

如果所定的公差仍然按照 4 級精度 (0.2 公厘), 那么在这个情况下, 由挤开所引起的誤差仅占全部公差的 $\frac{0.02}{0.2} 100 = 10\%$ 。而公差的其余部分就可用来抵补其他的誤差 (切刀的磨損, 調整的不精确等)。

但是, 如果剛性很低, 例如, 在卡盤中加工細長的零件时, 而 $j = 200$ 公斤/公厘, 則我們得到 $\varepsilon = 7$, 而 $\Delta_{\text{零件}} = \frac{0.74}{7} = 0.1$ 公厘。这时, 誤差已經占到全部公差的 50%。

进行同样的計算, 可以在各种情况下, 計算出彈性挤开对于加工精度的影响。

刀具的受热变形 这种变形, 对于加工精度的影响很厉害。切刀或者銑刀的刀齿, 在开始加工时, 其温度升高得很快, 而使其長度增加。随着加工过程的进行, 受热情况逐渐地稳定下来, 由于受热而發生的長度增加, 也慢慢地趋近于一个常数, 如圖 4 所示 (曲綫 A)。

長度增加的規律, 可以近似地用指数函数来表示。但是, 由更仔細的分析可知,

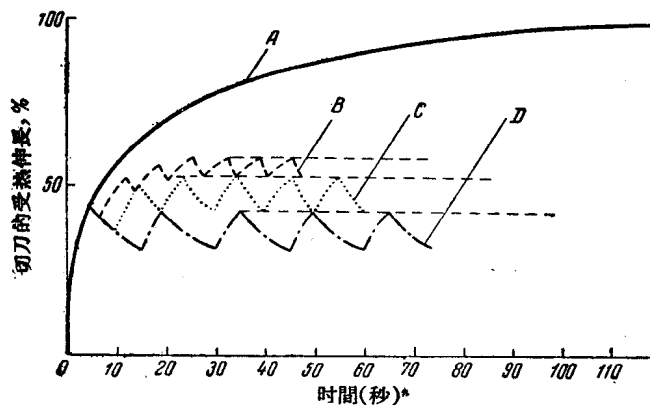


圖 4 在斷續切削时, 切刀的受热伸長 (以連續切削时伸長的百分数表示):

A—連續加工 $T_{\text{斷續}} = 0$; B— $T_{\text{加工}} = 5$ 秒, $T_{\text{斷續}} = 2$ 秒;
C— $T_{\text{加工}} = 5$ 秒, $T_{\text{斷續}} = 5$ 秒; D— $T_{\text{加工}} = 5$ 秒, $T_{\text{斷續}} = 10$ 秒。

在斷續切削的情况下, 切刀的受热情况, 比連續切削时为低 (曲綫 B, C 和 D, 圖 4)。所以, 当其余的条件都相同时, 銑刀刀齿的受热程度低于車刀的受热程度。刀具进行冷却时的規律, 与受热的規律很相像, 但是并不完全符合于受热的規律。例如, 旋轉着的銑刀的冷却比不旋轉的要进行得快。

机床的受热变形, 也是按照指数函数的規律进行的。車床的主軸, 在受热时便向上移动。主軸在水平方向的位移, 取决于机床头座的結構。

机床的受热变形也是逐渐增加的, 要經過数小时的工作才会达到最大的数值。

長度的增加是遵照另一个更复杂的規律, 并且在开始加工的一段时间內, 長度的增加比按照指数函数所算出的要进行得快一些。在一定的受热情况下, 其最大的長度增加, 是取决于切削用量、切刀的伸距和刀杆的截面、加工材料的机械性能、以及其他一些因素的影响。鈍的切刀, 在受热后的温度, 比鋒銳的切刀为高。

在間斷的工作中，必須考慮到機床在受熱情況下的變化，因此，也就要考慮到受熱誤差值的變化。

例如，銑床的受熱變形會達到很大的數值。如同在立式銑床上进行端面銑削時，由於主軸的受熱和伸長，銑刀刀齒會下降 0.1 公厘多，這樣當然就在尺寸上反映出了這個誤差。

當用位於水平面內的切刀進行普通的加工時，僅僅只有切刀在水平方向的位移，才影響到加工的精度。當用位於零件上部的切刀時，如同有時在六角車床上所用的那樣，主軸在垂直方向的移動，也造成了很大的誤差。

加工零件的受熱變形，也影響到加工的精度；當加工零件的壁很薄，而切去的余量又很多時，則其受熱變形可能會達到很大的數值。當增加切削深度時，零件的受熱變形也增加，可是當增加切削速度和走刀量時，則反而減少。因為當增加每分鐘的走刀量時，在切刀下面的金屬透熱層也減少了。

刀具尺寸的磨損 在計算精度時，我們特別重視刀具對於加工零件表面的法向磨損。由試驗可知，這種「尺寸磨損」和「切削路程」（亦即刀口在金屬上所走過的路程）的關係，具有圖 5 所示的特性。在大部分的路程內，磨損的強烈程度接近於一個常數（具有直線的特性）。這種強烈程度，可以用切削路程為 1000 公尺時所產生的磨損值來表示（相對磨損）。

相對磨損決定於許多因素：如加工材料的性質、刀具種類和切削用量等。當用 T30K4 和 T15K6 切刀加工鋼料時，其磨損遠遠低於（時常相差兩倍）用 T15K6 切刀加工時的磨損。

相對磨損對於切削速度的關係也很重要。當速度很低時，磨損會很大。只有在相當大的速度下，這個磨損才會最小，對於軟的結構鋼而言，這個速度是在 150~250 公尺/分的範圍內，而對於較硬的鋼料，最適宜的切屑速度比較低一些，約為 60~150 公尺/分。

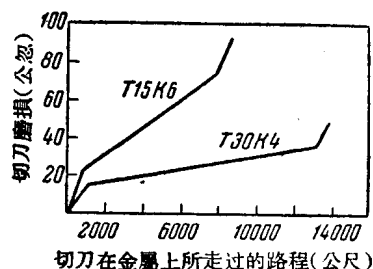


圖 5 當用 T15K6 和 T30K4 的切刀精車鉗銑鋼時，刀具尺寸的磨損。

當知道相對磨損的數值後，就能够在任何的切削路程時，確定刀具尺寸的磨損。例如，用走刀量 0.3 公厘/轉來車削一段直徑為 400 公厘、長度為 2000 公厘的軸時，如果需要求出由於切刀磨損而引起的錐度。那末我們採用相對磨損為 8 公忽（用 T15K6 硬質合金的切刀）。求得切削路程

$$l = \frac{\pi 400}{1000} \frac{2000}{0.3} \text{ 公尺} = 8400 \text{ 公尺。}$$

如果不考慮原來的磨損，則其磨損為

$$U = \frac{8400 \cdot 8}{1000} \mu = 67 \mu。$$

如果我們再把原來的磨損 8μ 加進去。

則全部的磨損等於 $(67+8)\mu = 75\mu$ 。這樣大的磨損，在走刀完了後，相當於直徑要增加 $2 \times 75\mu = 150\mu = 0.15$ 公厘。

再考慮到，在光車走刀時的相對磨損，對於切屑的寬度和厚度的關係很小，但是可以看到，當增加走刀量後便能夠大大地減少磨損。如果改用寬刃切刀，採用走刀量為 10 公厘/轉，則我們把切削路程減少至

$$l = \frac{\pi 400}{1000} \frac{2000}{10} \text{ 公尺} = 250 \text{ 公尺。}$$

仍然按照上面的方法計算，則得全部磨損為

$$U' = \left(\frac{250 \cdot 8}{1000} + 8 \right) \mu = 10 \mu。$$

這樣大的切刀磨損，相當於使軸的直徑增加 $2 \times 10 = 20\mu = 0.02$ 公厘。

改用寬刃切刀來車削，就可以把刀具磨損的影響，減少至最低的數值。

實際上所得到的錐度還要小一些，因為我們尚未考慮在內的切刀受熱變形，會產生與刀具磨損相反的影響。

以上所列的簡單計算，可在各種極不相同的情況下，來計算刀具磨損對於加工精度的影響。

3 尺寸的分散與調整的誤差

如果把研究的範圍擴大一下，便可能研究各種因素的影響。但是，許多誤差與各種不同因素之間的關係，至今還無法肯定。時常對於產生誤差的原因，甚至於都還不知道（所謂偶然性誤差就是這樣的）。

在這種情況下，一般僅僅只能夠確定出一個尺寸的范围，這個范围就表示那些無法估計的因素所造成的影響程度，這就是所謂「分散帶」。分散帶是這樣確定的，即它是根據某工序所能達到精度的觀察結果而訂定的。

在許多情況中，如果已經知道造成該誤差的各因素的分散組，並且還知道誤差與這些因素之間的函數關係，那麼這個誤差的分散值也可以用計算的方法來確定。例如，像這樣可以確定出，前階段加工中所定的公差對於後階段加工精度的影響。

同時還應該把「瞬時分散」從一批加工零件的尺寸分散中區分出來，這種瞬時分散是由於某一段時間內所發生的偶然因素而造成的。尺寸分散的數值比瞬時分散大，因為它還包括變動的規律性誤差的影響在內（刀具的磨損，刀具的受熱等）。把變動的規律性誤差與偶然性誤差分開，較之在一批零件內同時考慮所有這些因素的影響，可以更深入地來研究加工的精度（圖 6）。

規律性誤差是和偶然性誤差不一樣的，它在很大程度上是由工藝師來具體掌握。當知道了一定的關係後，他可以事先確定規律性誤差的數值，並指出減少這些誤差的方法（例如縮短機床的調整期，改用耐用性更高的刀具等）。

當把規律性的和偶然性的誤差都混合在一起時，對於許多因素所造成的影響可

能会曲解。例如,在測量 100 件零件的基础上,而确定这批零件的分散值时,我們把刀具的磨損也包括在分散值內。如果就采用这个分散值来确定五件零件的加工誤差,那么,这样計算出来的誤差,可能会大大地高于实际的誤差,因为在加工少数零件时,刀具的磨損,显然是比加工大批零件时要小得多。

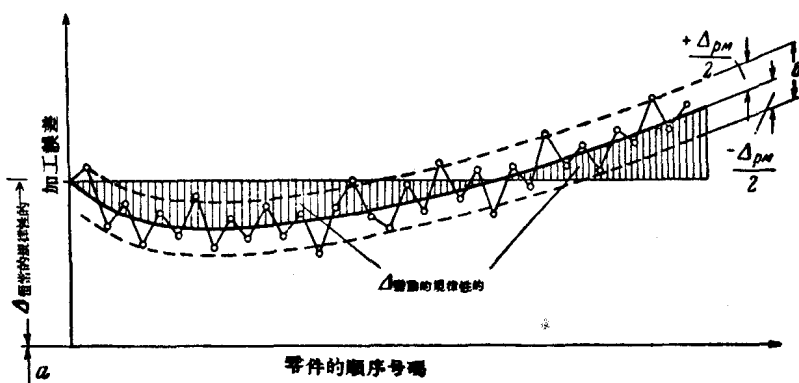


圖 6 規律性的和偶然性的誤差:
a—所要的調整尺寸; b—瞬時分散。

机床的調整 它決定刀具的刀口与加工表面之間的相互位置。不正确的調整会导致恒常的規律性誤差。

当用加工試驗零件的方法来調整机床时,調整誤差是根据开始加工的一批零件的分散值(瞬时的分散)而确定的。加工的試驗零件愈多,則調整得愈精确。当分散值很大时,要达到精确的調整是相当困难。調整时的分散值,在很大程度上取决于余量的变动和毛坯材料的机械性能。

在決定調整工必須按照它进行調整的尺寸时(称为調整尺寸),必須考虑到刀具的磨損,以及其他一些变动的規律性誤差。如果忽視了这个情况,那就会使調整周期縮短●,而且还可能是造成廢品的原因。

在加工單件零件时(用試量●的方法工作),尺寸的分散,主要是由于刀具安裝得不够精确(根据刻度盤等)和試量的誤差,而毛坯性質的变化(余量、硬度)只影响到几何形狀的精度。

利用停車对刀調整法,可以加速和簡化把机床調整到一定尺寸的工作;在最高的程度上,它可以用来同时調整几个尺寸,尤其可以在各种多刀加工的情况中来采用它。

对于机床的調整,我們應該規定出如下的正确步驟:最初先进行停車对刀調整,然后根据測量被試驗零件的結果,把尺寸加以修正,接下去再用統計檢查法,对加工过程进行有系統的观察。

● 这意思是指在比較短的时期后又要調整。——譯者

● 这就是加工一刀,量一量,再加工的方法。——譯者

在机床上,有些装置和机构是用来紧固刀具,使它不能发生移动用的,或者有些是作为计算尺寸用的,它们的结构对于调整的精度具有很大的影响。因此,像刀架、头座、尾座、台面等,当它们在安装的过程中需要移动时,除去所要调整的方向之外,在其他的方向都不得有任何松动或者自发的移动。

4 误差的总和以及加工精度的理论图

当知道规律性误差(变动的和恒常的)以及尺寸的分散后,就能够按照一定的方法,把各个分误差加起来,而计算出总误差的数值。如果把变动的规律性误差以及尺寸分散的变化考虑在内时,那就应该注意到,一般地说,加工一件零件的误差,和加工一批零件时各个零件的误差是不同的。

在这种计算中所发生的各种情况,可以用图表很好地表示出来,这种图就称为[加工精度的理论图]。图7a所示,就是在一次调整中加工一批零件的理论图。

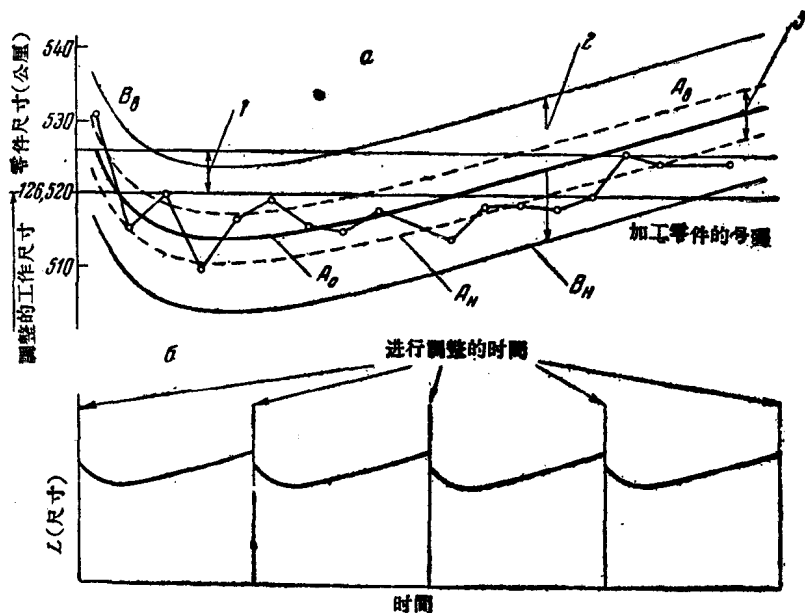


图7 加工精度的理论图:

1—停車对刀调整的误差; 2—瞬时分散带; 3—实际分布范围。

图上的横坐标代表零件的顺序号码,而纵坐标则表示我们所注意的尺寸(直径,长度及其他等)或者比值(平行度偏差,摆动量等)。

曲线 A_0 是根据全部规律性误差的总和而绘制的(挤开,受热变形,切刀的磨损等),这时并且把误差的正负符号都考虑在内。这条[尺寸变化曲线]表示了整个(总的)规律性误差的变化。在这条曲线的两边,各划出瞬时分散带的一半 $\pm \frac{\Delta_{DN}}{2}$,于是我们便得到两条限止尺寸分散范围的曲线,即下面的 B_H 和上面的 B_0 。如果绘制曲