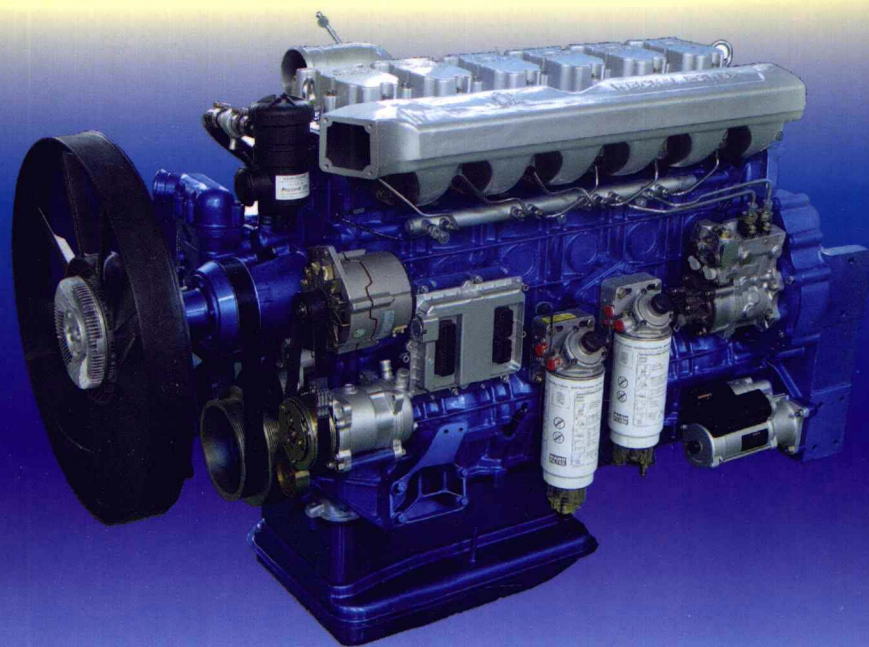


内燃机制造工艺学

Internal Combustion Engine Manufacturing Technology

张俊红 主编

赵昌普 王玉春 副主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内燃机制造工艺学

Internal Combustion Engine
Manufacturing Technology

张俊红 主 编
赵昌普 王玉春 副主编

江苏工业学院图书馆
藏书章

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍内燃机制造工艺的基本知识、基本理论和基本方法。内容共分为 11 章,包括:绪论、机械制造工艺基础、金属切削原理与设备、机床夹具设计、机械加工质量、尺寸链原理及其应用、典型表面的加工方法、机械加工工艺过程设计、内燃机典型零件制造工艺、装配工艺过程设计、先进制造技术等。本书加入了目前国际上先进的内燃机制造技术和方法,具有实用性强、涉及面广、图文并茂、深入浅出等特点。

本书主要作为高等学校热能与动力工程(内燃机)专业的本科生教材,也可作为车辆工程(汽车)、运载工具运用工程、农业机械化工程等相关专业的教材和教学参考书。由于本书内容较全面,还可供动力机械及工程、车辆工程类专业的研究生,特别是内燃机制造企业的设计及工艺部门、科研院所及维修使用等单位的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

内燃机制造工艺学/张俊红主编. —天津:天津大学出版社,2009.4

ISBN 978-7-5618-2950-9

I. 内… II. 张… III. 内燃机—制造—高等学校—教材 IV. TK406

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 040200 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
印 刷 昌黎太阳红彩色印刷有限责任公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 24
字 数 600 千
版 次 2009 年 4 月第 1 版
印 次 2009 年 4 月第 1 次
印 数 1—3 000
定 价 40.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前言

内燃机是各种机动车辆,农、林、牧、渔机械,工程建筑机械,船舶,石油、地质钻机,中小型发电机组的必备动力,在国民经济的各个领域都得到了广泛的应用。随着我国对机械设备在节能、环保等方面要求的不断提高及各种新技术、新工艺、新材料在机械制造业的广泛应用,内燃机制造技术及其工艺也得到了迅速发展。同时,对内燃机相关专业的教学、科研及从业人员也提出了更高的要求。为了适应科技的发展和进步,编者结合多年的教学科研经验编写了本书。

“内燃机制造工艺学”是热能与动力工程(内燃机)专业的必修课程,也是车辆工程(汽车)、运载工具运用工程等相关专业的选修课程,具有很强的专业性和实践性。本教材结合当前的行业动态,理论联系实际,系统地阐述了内燃机制造工艺的相关知识。通过本课程的学习,可以获得内燃机制造工艺的基本理论和基本知识,为后续专业课程的学习和相关实践教学环节及今后从事内燃机设计和制造工艺等工作奠定工艺基础。

与同类书籍相比,本教材主要有以下特点。

①结合内燃机制造中的生产实例,阐述内燃机制造工艺的基本理论和基础知识。

②结合专业培养目标和“内燃机制造工艺学”课程的教学任务,构思了相应的教材编写体系。本书内容与其他专业课紧密配合,承上启下,为学好其他专业课打下工艺基础;突出对结构设计中工艺能力的培养;加强了工件定位原理与定位方案分析、尺寸链原理及其应用、内燃机典型零件制造工艺等章节的内容。

③在金属切削原理与设备、典型表面的加工方法等章节中适量加入了目前国际上先进的内燃机制造技术及相关设备,反映了内燃机制造技术的发展方向。

④比较详细地介绍了快速成形、近净成形、绿色制造等先进制造工艺技术及敏捷制造、并行工程、准时生产、精益生产等先进制造生产模式。

⑤每章后面配有复习题,便于读者加深对基本概念的理解,提高运用所学知识去解决实际问题的能力。附录中收集了有关数据图表,供读者计算和编制工艺规程时参考。

本书由张俊红任主编,赵昌普、王玉春任副主编。参编人员有李艳丽、孙强、孙旭阳、陈乃转和汪晓伟。

本书在编写过程中主要参考了程熙主编的《热能与动力机械制造工艺学》等书籍,还引用了许多国内外专家学者的研究成果,并得到了潍柴动力股份有限公司的大力支持,在此一并致以衷心的感谢。

本书涉及内容较多,编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2009年2月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 内燃机制造工艺学科的发展	(1)
1.2 本课程的主要内容、特点和学习方法	(5)
第2章 机械制造工艺基础	(7)
2.1 生产过程与工艺过程	(7)
2.2 机械加工工艺过程的组成	(8)
2.3 生产类型及其工艺特点	(12)
2.4 基准与装夹	(14)
2.5 生产系统与机械加工系统的概念	(18)
复习题	(20)
第3章 金属切削原理与设备	(21)
3.1 金属切削加工原理	(21)
3.2 金属切削基本理论的应用	(37)
3.3 金属切削加工设备	(45)
复习题	(61)
第4章 机床夹具设计	(62)
4.1 机床夹具的基本概念	(62)
4.2 工件的定位与定位误差	(72)
4.3 工件在夹具中的夹紧	(87)
4.4 机床夹具设计	(102)
复习题	(109)
第5章 机械加工质量	(112)
5.1 机械加工精度	(112)
5.2 表面质量	(137)
5.3 加工经济精度和表面粗糙度	(144)
复习题	(148)
第6章 尺寸链原理及其应用	(150)
6.1 尺寸链的基本概念	(150)
6.2 尺寸链的计算方法	(155)
6.3 工艺尺寸链的应用	(160)
6.4 装配尺寸链的应用	(170)
复习题	(182)
第7章 典型表面的加工方法	(185)
7.1 外圆面加工	(185)

7.2 孔加工	(198)
7.3 平面加工	(207)
7.4 特形表面加工	(213)
7.5 冷压加工与特种加工	(215)
复习题	(223)
第8章 机械加工工艺过程设计	(224)
8.1 机械加工工艺过程的基本知识	(224)
8.2 机械加工工艺路线的拟定方法	(234)
8.3 机械加工工序设计	(250)
8.4 工艺方案的经济评比	(257)
8.5 计算机辅助工艺过程设计	(259)
复习题	(267)
第9章 内燃机典型零件制造工艺	(269)
9.1 机体制造工艺	(269)
9.2 缸盖制造工艺	(276)
9.3 曲轴制造工艺	(278)
9.4 凸轮轴制造工艺	(285)
9.5 连杆制造工艺	(290)
9.6 活塞制造工艺	(300)
复习题	(307)
第10章 装配工艺过程设计	(308)
10.1 概述	(308)
10.2 装配工艺过程设计	(311)
10.3 内燃机装配与试验	(316)
复习题	(328)
第11章 先进制造技术	(329)
11.1 先进制造工艺技术	(329)
11.2 制造自动化技术	(347)
11.3 先进制造生产模式	(360)
复习题	(364)
附录	(366)
参考文献	(377)

第 1 章 绪 论

1.1 内燃机制造工艺学科的发展

1.1.1 内燃机制造业在国民经济中的地位

制造业在国民经济中的地位可以用以下几个简单的数字来说明:美国 68% 的财富来源于制造业;日本国民经济总产值的约 49% 由制造业提供。在先进的工业化国家中,约有 1/4 的人口从业于制造业,在非制造业部门中,又有约半数人员的工作性质与制造业密切相关。

在整个制造业中,机械制造业占有特别重要的地位。因为机械制造业是国民经济的装备部,国民经济各部门的生产技术水平和经济效益在很大程度上取决于机械制造业所能提供的装备的技术性能、质量和可靠性。因而,各发达国家都把发展机械制造业放在突出的位置上。

纵观世界各国,任何一个经济发达的国家,无不具有强大的机械制造业。其中,日本最具有代表性。二次世界大战后,日本先后提出“技术立国”和“新技术立国”的口号,对机械制造业的发展给予了全面的支持,并抓住机械制造的关键技术(精密工程、特种加工和制造系统自动化),在战后短短 30 年里一跃成为世界经济大国。

内燃机制造是机械制造业的重要组成部分,它在国民经济中起着十分重要的作用。

内燃机是目前世界上用途最广泛的动力装置,在各行各业中起着不可替代的重要作用,内燃机工业的水平已成为一个国家发达程度的重要标志。就其产品技术进步快慢而言,汽车内燃机发展最快,其次是机车、船舶、发电机组、工程机械、农业机械等的内燃机。

汽车工业可促进一个国家的工业化进程和产业结构升级。世界发达国家都把汽车工业作为重要的战略性新兴产业发展,它是国民经济的重要组成部分。汽车工业水平是一个国家现代化水平的重要标志,而内燃机是汽车的心脏,是汽车重要和关键的部件。内燃机的制造质量、制造工艺和装备直接影响着汽车的性能和可靠性。

随着改革开放和国民经济的快速增长,我国人均 GDP 与家庭收入大幅度提高,轿车已逐步进入普通家庭,这显示了内燃机制造的重要性,同时也给内燃机的快速发展带来了契机和动力。未来十几年,必将是中国汽车和内燃机产业快速发展的时期,无论是产量,还是销量,每年都会较大增长,汽车和内燃机工业必将成为我国国民经济的支柱产业,而作为汽车动力源泉的内燃机制造业必将成为重中之重。

1.1.2 内燃机制造技术的重要性

内燃机制造技术是一个从产品概念到最终产品的集成活动和系统,是一个功能体系和信息处理系统。内燃机的发展水平取决于其零部件的发展水平,而内燃机零部件的发展水平是由生产制造技术等因素决定的。也就是说,内燃机零部件的制造技术水平对主机的性能、寿命及可靠性有着决定性的影响。同样,制造技术与设备的关系也是密不可分的。每当新一代设备或工艺材料研制成功,都会给内燃机制造技术带来突破性的革新。进入新世纪后,科学技术

的发展异常迅猛,新设备的研制周期越来越短。因此,新世纪内燃机制造技术必将形成迅速发展的局面。

自 2005 年 2 月签署《日本京都议定书》以来,日本、美国和欧洲等国家越来越关注排放法规的执行情况,油耗和排放等指标日趋严格。随着 ITS(智能交通系统)和安全技术的不断发展,对汽车品质又有了新的要求。目前,制造全球化和柔性化是汽车及内燃机行业面临的最大难题,而解决这些难题,发展新的制造技术至关重要。因此,各国制造商纷纷把主要精力集中在改进汽车及内燃机的制造技术上,也使制造技术成为汽车及内燃机业界关注的焦点。国内外汽车及内燃机行业在铸造、锻造、机械加工、热处理、冲压、焊接、树脂加工、涂装和装配等方面进行了大量的改进和研究,对内燃机性能的提高发挥了重要作用。

1.1.3 内燃机制造科学的发展

进入 21 世纪以来,节能和环保成为现代内燃机产品技术动向的主旋律。内燃机制造业在产品、制造工艺、刀具、生产管理等方面都进行了一系列变化,与过去的内燃机制造企业有很大不同。在产品方面轻量化的趋势比较明显,缸体零件用铝合金替代铸铁。缸盖产品简单化,不采用以前的顶置凸轮轴的形式,使得缸盖加工更加容易。工艺不断优化,曲轴除了车—车拉技术以外,还开发了新的高速外铣工艺。凸轮轴采用套装式,而不是整体式,使得加工简单,柔性好。加工高速化在内燃机企业也表现得比较明显,大量采用涂层硬质合金刀具、PCD(Polycrystalline Diamond)和 CBN(Cubic Boron Nitride)刀具,使切削速度大大提高。HSK(Hole Schaft Kegel)夹头的使用也较普遍。由于 HSK 夹头采用了短锥面和端面与机床主轴同时定位和夹紧的先进结构形式,工具系统的刚度和重复安装精度高,能在高的机床主轴转速下具有极高的稳定性和高配合精度,使加工零件的尺寸精度高、表面粗糙度低。采用复合型加工工艺和刀具来节省设备投资和减少加工时间。

轻量化、高速化、精益化、柔性化已成为现代内燃机制造技术发展的主要趋势。

1. 轻量化

众所周知,车用燃油是全球石油消耗的重要方面,全球汽车的石油消耗量约占世界石油总产量的 40%。世界铝业协会提出的报告指出,汽车重量每减少 10%,可降低 6%~8% 的油耗。因此,为了应对可能的能源危机,在不降低汽车性能的情况下,减少汽车自身重量是降低油耗和减少排放的最有效措施之一。此外,减轻汽车自重还有利于改善汽车的转向、加速、制动等行驶性能,有利于减轻部件振动和降低噪声,同时还有利于降低元件疲劳,提高耐久性。因此对于现代汽车工业而言,汽车轻量化具有重要意义。

采用轻量化材料就能在汽车载荷不变的条件下尽可能减少空车重量,从而实现汽车总重量和油耗的下降,同时汽车的排放也会降低。

内燃机是汽车的重要部件,在其总重量中占有较大的份额。国内外的汽车制造厂家为了使内燃机轻量化、高速化、高功率化,并且有较高的耐久性,进行了大量的研究和试验工作。普遍认为,使用铝缸体、铝缸盖等是实现内燃机轻量化的最好办法。使用铝缸体的优点是:①铝的导热性好,能提高发动机的压缩比,对提高功率也十分有利;②缸体和缸盖的膨胀率相同,减少了热应力,同时提高了缸体和缸盖结合面的刚性;③重量轻。

缸盖一般是凸轮轴轴承孔一体的整体式铝缸盖,为了方便加工,将整体缸盖一分为二或分成三个部分。凸轮轴不放置在缸盖上,而装在罩壳内。

要使内燃机小型、轻量化,最重要的是减少内燃机的总长。可通过减小各缸间气缸中心距

的方法实现。在保证各缸冷却水腔空间、减小各种受力变形,以及在保持缸盖气密等条件下,减小气缸中心距。

内燃机的重量,除取决于基本尺寸外,还受材料的选择和制造技术的制约。由于铸造技术水平的提高,气冲造型、静压造型、树脂自硬砂造型及制芯,消失模铸造等,使内燃机铸造的主要零件(如机体、缸盖)可以制成形状复杂的曲面及箱形结构的薄壁铸件。使用薄壁铸造技术,用轻合金和塑料等所制造的气缸体和气缸套,铝合金制造的发动机机体和曲轴回转部分的中空结构,发动机凸轮轴和曲轴的以塑代钢、以陶代钢(耐磨又轻),以及采用陶瓷活塞销等,使零部件轻型化,从而实现提高功率、节能和降低燃料费的目标,使内燃机轻量化、高速化、高功率化,并且有较高的耐久性。

2. 高速化

高速加工可以提高生产率,缩短交货时间。要实现高速加工应做到:①机床要有能实现高速的主轴;②HSK 液压夹头的定位精度高,同时刚性也较好;③大量采用涂层硬质合金刀具,金属陶瓷、CBN、PCD 刀具。如缸盖线,大量采用高速加工中心。

从日本汽车内燃机制造业的情况来看,平均每五年切削效率要提高 28%,其中切削速度平均提高 19%,进给量平均提高 8%,而最近几年切削效率提高的幅度在 30% 以上。目前制造内燃机主要零件的生产周期已缩短到 30~40 s,比十几年前缩短 50% 以上。

例如灰铸铁材料缸体的铣削加工,若用高速加工中心机床,切削速度可达到 $v = 700 \sim 1\,500 \text{ m/min}$,刀具采用 CBN 刀片。在铝合金缸体、缸盖铣削加工时,广泛采用 PCD 刀具,考虑到高速回转时将会产生很大的离心力,故刀体采用高强度铝合金材料制作。凸轮轴和曲轴用 CBN 砂轮进行高速磨削。

在加工曲轴和凸轮轴的孔时,为了提高效率,采用内冷却硬质合金钻头,代替过去的高速钢钻头。攻丝也采用硬质合金丝锥来提高速度,甚至曲轴攻丝也采用无切削丝锥。总之,在内燃机制造业有一个明显的走向——采用高速加工提高效率。

比如德国埃尔温勇克机器制造有限公司的高速曲轴磨削技术的理念是“一次装夹,全部加工”。其优点是:工艺可靠性高;工件搬运次数少;节拍缩短;无须多次装夹,因此可以获得更高的加工质量;停机时间短(如果某一单元出现故障,所有加工不会由此中断)。而传统曲轴轴颈的磨削往往是先磨削主轴颈(连杆颈),再磨削连杆颈(主轴颈),最后磨削大小头等。

勇克公司 JUCRANK 系列机型的摆动跟踪磨床为曲轴的整体加工提供了全面的解决方案。各种型号的磨床适用于从单缸内燃机到 12 缸内燃机的所有型号的曲轴加工。根据加工方式和要求的产量,每一种型号的 JUCRANK 磨床都设计并安装有各具特色的平台和砂轮架。JUCRANK 摆动跟踪磨床几乎可以完成曲轴加工过程中的所有磨削工序,主轴颈(圆柱形、凹面、凸面)和连杆轴颈(圆柱形、球面、凹面、凸面)只需一次装夹就可以磨削完毕。对硬化处理过的圆角也可以进行磨削加工。

勇克公司的曲轴磨床在技术上的主要优势是:在加工过程中检测并修正轴颈圆度和尺寸;带有“学习功能”的控制系统,附加对圆度偏差和干扰量的自动补偿,可进行补偿的干扰量是温度、机械及动力影响,磨削余量的变化,材料成分及金相结构的变化,砂轮的可切削性,机床的磨损状况;由于磨削主轴颈和连杆轴颈一次装夹,理论上的偏差为零;切入式磨削及摆动式磨削;对“敏感工件”的支撑,在主轴上采用自动对中心的三点式中心架;CNC(Computer Numerical Control)控制的冷却剂供给保障了磨削区域的持久用量;采用静压圆形导轨,无爬行效

应,确保持久的高精确度;减振抗扭转床身由铸铁浇注而成,具有良好的吸振抗弯功能;砂轮轴适用于速度高达 140 m/s 的磨削。

3. 精益化

产品的加工精度直接影响到其工作性能、寿命、能耗和噪声等,因此,数控机床的高精化是市场需求和技术发展的必然结果。

内燃机的某些关键件(如发动机的缸体、缸盖、曲轴、凸轮轴、连杆、化油器以及模具等)的精度在近十几年内有明显的提高,如表 1-1 所示。

表 1-1 内燃机零件关键配合部位的精度

时间 项目	20 世纪 70—80 年代	20 世纪 90 年代
尺寸精度	IT7 ~ 8	IT5 ~ 6
圆度 (mm)	0.015 ~ 0.020	0.005 ~ 0.010
同轴度 (mm)	0.020 ~ 0.030	0.015 ~ 0.020
孔距精度 (mm)	0.030 ~ 0.050	0.010 ~ 0.015
车铣加工表面粗糙度 R_a (μm)	1.6 ~ 3.2	0.8 ~ 1.2

统计自上世纪 80 年代至 2002 年国内外先进水平数控机床的工作精度提高的过程,可以发现,平均每年提升 10%,即每隔 8 年误差约减小一半。

如连杆的激光裂解工艺(连杆激光涨断工艺)的出现,使得精确吻合及螺栓拧紧两裂解面成为可能。德国克劳斯-毛瑟集团(KRAUSE & MAUSER)长期以来始终坚持不懈地研究裂解技术。1995 年,应用于连杆加工的革命性的激光涨断技术开始应用于欧洲市场。精确的激光刻痕及涨断力,使得精细的断裂面能够完美地组装到一起。涨断技术极大地降低了成本并减少了 50% 的加工工序。与传统方法相比,机床投资低,材料成本低(仅 1 个毛坯),整个工艺的加工准备时间短。激光最大的优点在于不需接触材料表面即可进行加工。与拉削相比,激光不必接触工件就能为涨断工艺刻出所需的断裂线,因此没有任何刀具的磨损,生产工艺的重复性和稳定性非常高。另外,激光非常灵活,使用同一个激光器即能对各种各样的连杆进行最佳的切口加工。拉刀的寿命大约为 400 件,而激光光学透镜的寿命可高达 100 万件。

再如缸孔的激光珩磨。近年来表面激光造型珩磨加工工艺正在逐渐被使用,为了同时达到缸孔表面的粗糙度和储油性能,需要通过特殊的加工技术,也就是用激光造型珩磨才能达到加工要求,同时还不会影响缸孔表面的加工质量。采用激光珩磨后,内燃机可以降低油耗量,延长三元催化器的寿命,降低排放,减少磨损。柴油机体积小,功率大,目前广泛用于轿车上。由于柴油机缸体铸造时加入了 TiC ,为了将缸孔表面的 TiC 冲掉,去除产生的毛刺,同时达到表面储油量,开发了高压液体珩磨工艺(粗珩 + 精珩 + 高压液体珩磨 + 抛光)。

4. 柔性化

为了解决内燃机产品的变型和便于更换品种,柔性生产技术被引进了内燃机生产。20 世纪 90 年代出现了高转速、高快移速度、高加速度、快速换刀的高速加工中心,由其组成的高速柔性生产线 FTL 的(Flexible Transfer Line)是内燃机制造技术的第二次革命。FTL 的突出特点是在一定程度上克服了高柔性和低效率的矛盾。这种生产线不仅可加工同样产品范围内的零

件,而且可加工变型产品、换代产品以及新产品。真正具备了柔性的意义。缺点是投资较大,效率受局限。

柔性制造技术的推广,使内燃机产品更新换代具有更大的灵活性和适应性。多品种小批量生产的柔性制造系统引起了内燃机制造商们的广泛认同,也顺应了生产技术发展及市场形势的变化。

内燃机制造业生产柔性化是发展方向之一,其实质是在传统的自动线局部工位用 CNC 或加工中心来实现柔性加工的生产线,日本工厂使用得较多,主要适合家族类的产品。

由专用加工中心构成的柔性制造系统主要用在缸盖和缸体上。

FTL 的新发展是敏捷高速柔性生产线 AFTL(Agile Flexible Transfer Line),目标是对变化的市场需求快速作出反应,满足现代轿车发动机“多品种、大中批量、高效率、低成本”的需要,符合“精益生产”原则,即用最小投资赢得最大经济效益。

AFTL 的主要特点如下。

①由通用高速加工中心和专用/组合机床组成的混合型柔性生产线。按照工序流程排列设备并由自动输送装置连接,全部生产线上机床、输送和工件识别均在一个控制系统中。

②采用敏捷夹具(柔性夹具——可控、可调夹具)。

③采用智能刀具,即为特定零件加工设计的一系列专用高效刀具。

这种生产线的优点是生产率高,同时又具有相当的柔性,能够适合大批量生产和变型产品,同时投资较少。缺点是柔性受局限,不能加工不可预见的任意品种零件。

目前,混合型柔性生产线是国内外内燃机制造中应用最广泛的生产线。特别是组合/专用机床的设计制造,我国具有较大优势。我国组合/专用机床价格低于高速加工中心,而国外恰恰相反。

比如在凸轮轴的柔性化生产中,装配式凸轮轴制造越来越广泛地应用在凸轮轴加工中,它的显著特点是凸轮轴总重量较轻、强度高、工艺流程短、工件报废率较低和柔性化生产。

装配式凸轮轴制造加工有以下工艺特点。①省略了毛坯件的粗加工,工艺流程简单。装配式凸轮轴的各个装配部件余量小、精度高,不必像传统凸轮轴那样要从毛坯件(铸件或锻件)开始进行大量的毛坯粗加工,只需在装配后进行半精加工和精加工,从而缩短了整个工艺流程。②加工余量小,便于高效率生产。各精铸部件使得加工余量小,设备加工单件时间短,产能大,有利于规模化生产。如凸轮按最终形状精铸,减少了磨削余量,从而缩短了磨削时间。③不同部件可以使用不同材料,以提高产品性能和加工性能。内燃机对于不同零件(轴套、凸轮、齿轮)有着不同的性能要求,装配式凸轮轴可以在不同部件上采用不同材料。如凸轮采用粉末冶金或铸钢,凸轮轴采用冷拔钢管。这不仅有利于优化产品性能,也有利于改善凸轮轴加工性能和优化成本。④适应产品多品种柔性化的要求。通过更换不同的轴颈和磨削不同的凸轮形线即可生产出多品种的凸轮轴。该系列产品的基本参数是一致的,包括轴颈、凸轮基圆半径、钢管直径、轴向间距等。生产线只需通过更换安装盒中的轴颈模具和切换磨床程序即可。

1.2 本课程的主要内容、特点和学习方法

1. 本课程的主要内容和任务

①讲授机械加工理论和零件加工工艺方法,使学生掌握机械加工工艺的基础理论知识,熟

悉制定工艺规程的原则。

②配合生产实习、课程设计等教学环节,使学生对零件和内燃机的制造工艺过程有较全面的了解,获得制定零件加工工艺规程和分析解决生产中一般工艺技术问题的能力。

2. 本课程的特点及学习方法

(1) 综合性

“内燃机制造工艺学”是一门综合性很强的课程,它要用到多种学科的理论和方法,包括物理学、化学的基本原理,数学、力学的基本方法,以及机械学、材料科学、电子学、控制论、管理科学等多方面的知识。而现代内燃机制造技术则更是有赖于计算机技术、信息技术和其他高新技术的发展。反过来,内燃机制造技术的发展又极大地促进了这些高新技术的发展。

针对本课程综合性强的特点,在学习时,要特别注意紧密联系和综合应用以往所学过的知识,注意应用多种学科的理论和方法来分析和解决学习过程中遇到的实际问题。

(2) 实践性

内燃机制造技术要求对生产实践活动不断地进行综合,并将实践经验条理化和系统化,使其逐渐上升为理论;同时又要及时地将其应用于生产实践中,用生产实践检验其正确性和可行性;并用经检验过的理论和方法对内燃机生产实践活动进行指导和约束。

针对本课程实践性强的特点,在学习时,要特别注意理论紧密联系生产实践。一方面,应看到生产实践中蕴藏着十分丰富的知识和经验,其中有很多知识和经验是书本中找不到的。对于这些知识和经验,不仅要虚心学习,更要注意总结和提高,使之上升到理论的高度。另一方面,也应看到生产实践中还存在着一些不正确和不合理的东西,需要不断地加以改进和完善,即使是技术先进的生产企业也是如此。这就要求要善于运用所学知识,分析和处理生产实践中存在的各种问题,即用理论去指导实践。

为了配合本课程的学习,在本课程学习完后,安排两周的生产实习。

(3) 灵活性

生产活动是极其丰富的,同时又是各异和多变的。内燃机制造技术总结的是内燃机制造生产活动中的一般规律和原理,将其应用于生产实践要充分考虑企业的具体情况,如生产规模的大小,技术力量的强弱,设备、资金、人员的状况等。对于不同的生产条件,所采用的生产方法和生产模式可能完全不同。而在基本相同的生产条件下,针对不同的市场需求和产品结构以及生产进行的实际情况,也可以采用不同的工艺方法和工艺路线。这充分体现了内燃机制造技术的灵活性。

针对本课程灵活性强的特点,学习时要特别注意充分理解内燃机制造工艺的基本概念,牢固掌握内燃机制造工艺的基本理论和基本方法,以及这些理论和方法的灵活应用。要注意向生产实际学习,积累和丰富实际知识和经验,因为这些是掌握内燃机制造技术基本理论和方法的前提。

第2章 机械制造工艺基础

2.1 生产过程与工艺过程

各种内燃机(柴油机、汽油机、燃气发动机等)都是由许多零件、组件和部件装配而成的。它们的制造是一个比较复杂的过程。

为了满足社会进步和市场需要,设计、制造一个产销对路的机械产品,应当经过几个阶段或过程,如图2-1所示。由图2-1可知,机械产品生产的基本过程主要包括产品设计、工艺准备、毛坯制造、机械加工和装配调试等。

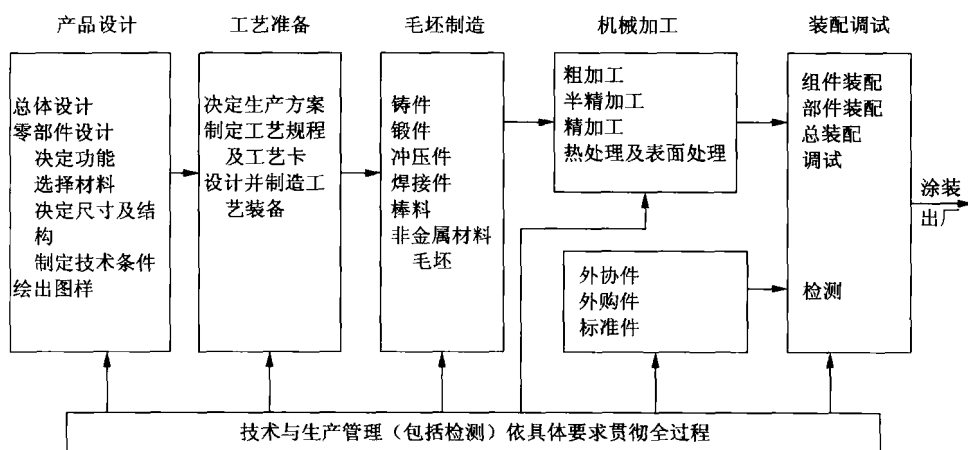


图2-1 机械产品生产基本过程

1. 生产过程

内燃机的生产过程是指由原材料或半成品制成产品的全部劳动过程。例如,生产一台内燃机,首先将各种原材料(如生铁或钢材等)在铸造、锻造车间等制成零件毛坯(铸件或锻件),在机械加工、热处理车间制成合格零件,再把加工好的零件(或半成品)送到装配车间装配成一台合格的内燃机。除上述直接生产部门外,工厂中还必须有生产准备和为生产服务的辅助部门,包括原材料及半成品的采购、供应,生产工具制造,设备维修,质量检测等部门。因此,生产过程是由原材料到成品之间的各个相互关联的劳动过程的总和。

此外,任何一台机械产品所需的零件,不可能也没必要由一个工厂全部自制,这样做,工厂将会很庞杂,生产效率和经济效益会低下。实际上,总有相当数量的零部件由其他工厂协作生产。这种生产上的分工和协作,可以使生产趋于专业化、标准化、通用化和系列化,有利于组织多品种生产、提高劳动生产率、保证产品质量、降低成本、缩短产品开发周期。这就意味着某工厂所用的半成品就是其他工厂(协作厂)的产品。像内燃机制造厂(主机厂)就要利用其他工厂的产品,如火花塞、化油器、燃油泵、轴瓦、活塞组以及各种附件等;而它所生产的内燃机又成为其他工厂(如造船厂、汽车厂、拖拉机厂等)的半成品。因此,一个机械产品的全部生产过程

又是其主机厂和外协件工厂的生产过程的总和。

2. 工艺过程

在生产过程中,凡属直接改变工件的形状、尺寸及其材料性能而最后成为零件,以及将零件、部件装配成机器的部分生产过程,称为工艺过程。在全部生产过程中,工艺过程占主导地位,是生产过程中的主体。它主要包括铸造、锻造、焊接、冲压、机械加工、特种加工、热处理、表面处理和装配等工艺过程。此外,还有辅助工艺过程,如毛坯清理、质量检测等。

机械加工工艺过程是指利用机械加工方法(如切削加工、磨削加工、电加工、超声加工等)逐步改变毛坯的形态(形状、尺寸和表面质量)的工艺过程。在产品生产中,该过程起着十分重要的作用,因为它是获得复杂构形和高精度零件的主要技术手段。

装配工艺过程则是把零件、组件及部件按一定的技术要求装配成合格产品的过程。

“内燃机制造工艺学”主要是研究内燃机零件的机械加工工艺过程和装配工艺过程的一门科学。

2.2 机械加工工艺过程的组成

用机械加工方法改变毛坯形态的机械加工工艺过程,是由若干个按一定顺序排列的工作次序(工序)组成,毛坯依次通过这些次序被加工成零件。为什么要划分成若干工序呢?一方面是由于零件具有不同形状和精度的表面,这些表面的加工往往不是一台机床所能完成的;另一方面是划分工序可以提高效率、降低生产成本。每道工序又可依次细分为安装、工位、工步和走刀。

1. 工序

工序是机械加工工艺过程的基本单元,是指一个或一组工人在同一台机床或同一个工作地点,对一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程。工作地点、工人、工件与连续作业构成了工序的四个要素,若其中任一要素发生变更,就构成了另一道工序。因此,同一个零件,同样的加工内容可以有不同的工序安排。如图 2-2 所示零件的加工内容是:①加工小端面;②对小端面钻中心孔;③加工大端面;④对大端面钻中心孔;⑤车大端外圆;⑥对大端倒角;⑦车小端外圆;⑧对小端倒角;⑨铣键槽;⑩去毛刺。这些加工内容可以安排在两个工序中

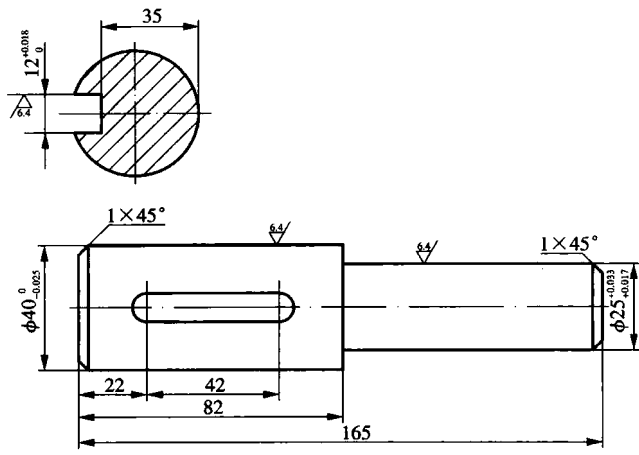


图 2-2 阶梯轴零件图

完成,如表 2-1 所示第一种工序安排方案,所有车削加工在同一台车床上完成,车削只有 1 道工序;也可以安排在四个工序中完成,如表 2-2 所示第二种工序安排方案,车削加工在不同的 3 台车床上完成,车削加工有 3 道工序;还可以有其他安排方案。工序安排和工序数目的确定与零件的结构复杂程度、技术要求、零件的数量和现有工艺条件等有关。

表 2-1 阶梯轴第一种工序安排方案

工序号	工序内容	设备
1	加工小端面,对小端面钻中心孔,粗车小端外圆,对小端倒角;加工大端面,对大端面钻中心孔,粗车大端外圆,对大端倒角;精车外圆	车床
2	铣键槽,手工去毛刺	铣床

表 2-2 阶梯轴第二种工序安排方案

工序号	工序内容	设备
1	加工小端面,对小端面钻中心孔,粗车小端外圆,对小端倒角	车床
2	加工大端面,对大端面钻中心孔,粗车大端外圆,对大端倒角	车床
3	精车外圆	车床
4	铣键槽,手工去毛刺	铣床

2. 安装

如果在一道工序中需要对工件进行几次装夹,则每次装夹后所完成的那部分工序内容称为安装。一个工序可能安装一次也可能需要安装几次。例如,在表 2-1 中工序 1,在一次装夹后尚需有三次调头装夹,才能完成全部工序内容,因此该工序共有 4 次安装;表 2-1 中工序 2 是在一次装夹下完成全部工序内容,故该工序只有 1 次安装,如表 2-3 所示。

表 2-3 工序和安装

工序号	安装号	工序内容	设备
1	1	车小端面,对小端面钻中心孔,粗车小端外圆,对小端倒角	车床
	2	车大端面,对大端面钻中心孔,粗车大端外圆,对大端倒角	
	3	精车大端外圆	
	4	精车小端外圆	
2	1	铣键槽,手工去毛刺	铣床

应尽可能减少安装次数,多一次装夹就多一次安装误差,又增加了装卸辅助时间。

3. 工位

工件在加工中,使工件在一次安装中先后处于几个不同位置进行加工,在每个加工位置上所完成的那部分工作就称为工位。为了减少安装次数,往往采用分度或移位装置。图 2-3 是通过立轴式回转工作台使工件变换加工位置。在该例中,共有四个工位,依次为装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔,在一次装夹中同时实现了钻孔、扩孔和铰孔加工。

图 2-4 是另一多工位加工的示例。该工件要铣阶梯面、钻孔、扩孔、铰孔和镗窝。按普通

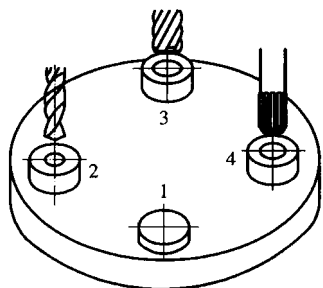


图 2-3 立轴式回转工作台
多工位加工

工位 1 为装卸工件;工位 2 为钻孔;
工位 3 为扩孔;工位 4 为铰孔

方法要经铣工、钳工分别加工。如用多工位方法,只需在第一工位安装工件,利用旋转工作台顺次转到其余各工位,进行铣、钻、扩、铰和镗窝。

如果一个工序只有一次安装,并且该安装中又只有一个工位,则工序内容就是安装内容,同时也就是工位内容。

4. 工步

在加工表面、切削刀具、切削速度和进给量都不变(可改变切削深度)的条件下完成的那部分工艺过程,称为工步。按照工步的定义,带回转刀架的机床(转塔车床、加工中心)其回转刀架的一次转位所完成的内容为一个工步。在一个工步内,若有几把刀具同时参与切削,则为复合工步。图 2-5 为立轴转塔车床回转刀架示意图,图 2-6 为用该

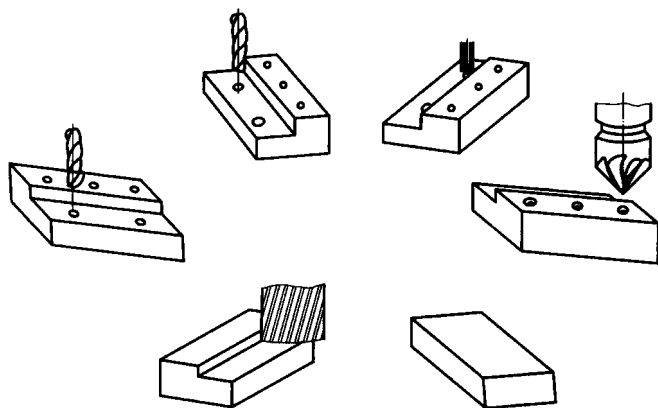


图 2-4 旋转工作台多工位加工示例

刀架加工齿轮内孔及外圆的一个复合工步。

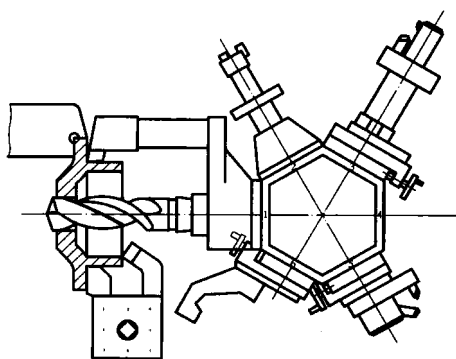


图 2-5 立轴转塔车床回转刀架

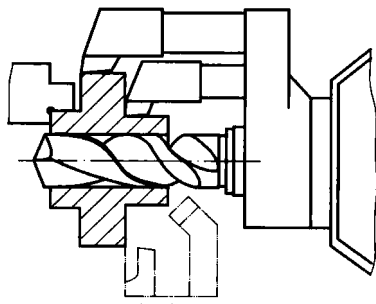


图 2-6 立轴转塔车床的一个复合工步

在工艺过程中,复合工步应用广泛。例如图 2-7 是在龙门刨床上,通过多刀刀架将四把刨刀安装在不同高度上进行刨削加工的复合工步;图 2-8 是在钻床上用复合钻头进行钻孔和扩孔加工的复合工步;图 2-9 是在铣床上通过铣刀的组

工步。可见,采用复合工步可以提高生产率。

多工位加工中的每一个工位,可能包括了普通加工方式中的一个工序,也可能只包括一个工步。但由于全部加工没有改变工作地点和操作人员,又是连续加工,所以整个加工称为一个工序,每个工位相当于一个工步。

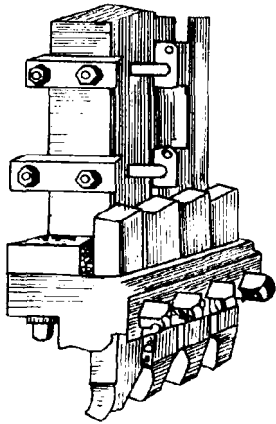


图 2-7 刨平面复合工步

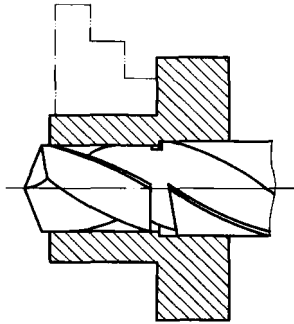


图 2-8 钻孔、扩孔复合工步

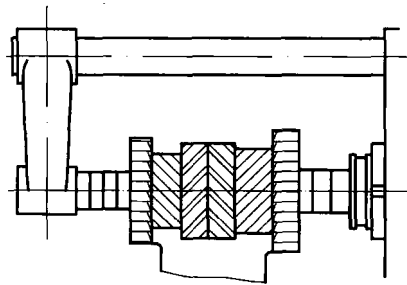


图 2-9 组合铣刀铣平面复合工步

5. 走刀

在一个工步中,当被加工表面的切削余量较大,需要分几次切削时,每进行一次切削,称为一次走刀。一个工步可包括一次或数次走刀。当需要切去的金属层很厚,不能在一次走刀下切完,则需分几次走刀,走刀次数又称行程次数。

图 2-10 为螺钉机械加工工艺,其中在工序 I 车中,车螺纹外径 D ,1 个工步需 3 次走刀;车螺纹,1 个工步需 6 次走刀。在工序 III 铣中,铣六方复合工步需 3 次走刀。

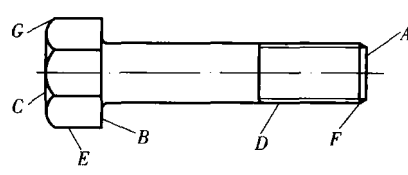
	工序	安 装	工 步	工 位	走 刀
	I 车	1 (三爪自定心卡盘)	1) 车端面 A	1	1
			2) 车外圆 E		1
			3) 车螺纹外径 D		3
			4) 车端面 B		1
			5) 倒角 F		1
			6) 车螺纹		6
			7) 切断		1
	II 车	1 (三爪自定心卡盘)	1) 车端面 C	1	1
			2) 倒角 G		1
	III 铣	1 (旋转夹具)	1) 铣六方 (复合工步)	3	3

图 2-10 螺钉机械加工工艺