

第一章 基本概念

- 1 **生产过程**：是指从**原材料**变为**成品**的劳动过程的总和。
- 2 **工艺过程**：在生产过程中凡属直接改变生产对象的**形状、尺寸、性能**和**相对位置关系**的过程，称为工艺过程。
- 3 **机械加工工艺过程**：采用机械加工方法，直接改变原材料或毛坯的形状、尺寸、相对位置和性质等，是其成为合格的零件的过程。
- 4 **生产纲领**：生产纲领是指企业在计划期内应生产的**产品产量**和**进度计划**。
- 5 **生产类型**：生产类型是企业（或车间、工段、班组、工作地）生产专业化程度的分类。一般将其分为单件生产、成批生产和大量生产三种类型。
- 6 **生产纲领和生产类型两者关系**：生产纲领决定生产类型。生产类型不同可以推导出制造工艺不同。
- 7 **基准**：基准是指用以确定生产对象几何要素间的几何关系所依据的点、线、面。
- 8 **基准的分类**：根据功能和应用场合的不同，基准可分为设计基准、工艺基准两大类。

第二章 工件的装夹及夹具设计

- 1 **装夹**：将工件在机床上或夹具中定位、夹紧的过程 装夹=定位+夹紧
- 2 **夹紧**：夹紧是指将工件定位后的位置固定下来，使其在加工过程中保持定位位置不变的工艺过程。
- 3 **工件装夹方式及其特点和应用场合**：
 - ①直接找正装夹（效率低，找正精度较高；适用单件小批量中形状简单的工件）
 - ②划线找正装夹（通用性好，但效率低，精度不高；适用于单件小批量中形状复杂的铸件）
 - ③夹具装夹（操作简单，效率高，容易保证加工精度，适用于各种生产类型）
- 4 **定位**：定位是指确定公建在机床或夹具中占有正确位置的工艺过程。
- 5 **定位形式**：完全定位（加工是必须限制六个自由度）、不完全定位（没有限制 6 个自由度，也能满足加工需求）、欠定位（工件必须限制的自由度） 【过定位是一种现象，它能出现在各种定位方式中】
- 6 **常见的定位方式**：1 **工件以平面定位** 【支撑钉（1 个） 支撑板（短 1 长 2）】 2 **工件以外圆定位** 【V 型块（短 2 长 4） 定位套（短 2 长 4） 半圆套（短 2 长 4）】 3 **工件以圆孔定位** 【定位销（短 2 长 4） 圆柱心轴（短 2 长 4） 圆锥心轴（5）】 4 **工件以组合表面定位**。
- 7 **常见表面加工所需限制的自由度数目分析**：大平面 3、小平面 1、长销 4、短销 2、短切削销 1、锥面定位销 3。
- 8 **为了减小过定位（重复定位）带来的不良后果，可以采用的措施**
 - ①提高工件定位表面与定位原件之间的位置精度，以减少或消除过定位引起的干涉。
 - ②改变定位元件的结构，消除过定位。
 - ③撤销重复限制的定位元件
- 9 **定位误差的计算方法**：P139(V 型块)
- 10 **夹具的功用及分类**：①保证加工精度，降低工人等级。②提高劳动生产率，降低加工成本③扩大机床工艺范围，实现一机多能。④减轻工人劳动强度，保证安全生产。

按使用的机床分类：车窗夹具，铣床夹具，钻床夹具，镗床夹具，磨床夹具，齿轮机床夹具和其他机床夹具。

按夹紧动力源分类：手动家具，气动夹具，液压夹具，气压夹具，电动夹具，磁力夹具和真空夹具。

11 夹具的基本组成：定位元件、夹紧装置、对刀、引导元件、链接元件、夹具体、其他装置或元件。

12 对夹具夹紧机构的设计原则（基本要求）

- ①夹紧时不要破坏工件在夹具中占有的正确位置。
- ②夹紧力要适当，既要保证工件在加工过程中不移动、不转动、不振动、又不因夹紧力过大而使工件表面损伤、变形。
- ③夹紧机构的操作应安全、方便、迅速、省力。
- ④结构应尽量简单，制造，维修要方便。

13 夹紧力三要素机器确定原则

三要素：大小、方向、作用点

作用点确定原则：

- 1 夹紧力的作用点应正对支撑元件或位于支撑元件所形成的支撑平面内
- 2 夹紧力的作用点应位于刚性比较好的部位
- 3 夹紧力的作用点应尽量靠近加工面，以减少切削力对夹紧点的力，（防止）或（减少）工件的加工振动或弯曲变形。

14 夹具定位误差的校核准则： $\delta_{装夹} + \delta_{对定} + \delta_{过程} \leq T$ (T 为零件的相应公差)

15 工件的六点定位原则：用六个支撑点来分别限制工件的六个自由度，从而使工件在空间得到确定位置的方法。

16 夹具上常用组合定位的分析（一面两销 一面一销 V 型块 双顶尖等）（教材 16~24）

17 工件夹紧的目的：工件定位之后必须通过夹具上的夹紧装夹将其可靠的固定在正确加工位置上。使其在承受工艺力和惯性力等情况下正确位置不发生变化，否则在加工过程中因切削力、惯性力的作用而发生位置的变化或引起的振动，原有正确工件遭破坏，就不能保证加工要求。

18 夹具定位误差的组成 基准不重合度误差 基准位移误差

19、夹具体设计的基本要求

- (1) 应有适当的精度和尺寸稳定性
- (2) 应有足够的强度和刚度
- (3) 应有良好的结构工艺性和使用性
- (4) 应便于排除切屑
- (5) 在机床上的安装应稳定可靠

20、对刀装置的组成：尺寸基准元件和对刀元件组成

第三章 机械加工工艺规程的制定

1 工艺的最高原则：优质、高产、低成本、即在保证产品质量的前提下，争取最好的经济效益。

2 工艺规程的概念：规定产品或零部件制造工艺过程和方法等的工艺文件。

3 工艺规程的作用：(1) 指导生产的主要技术文件。——一起生产的知道作用
(2) 是生产组织和生产管理的依据——即生产计划、调度、工人操作和质量检验等的依据。
(3) 是新建或扩建工厂或陈建的主要技术资料。

4 制定工艺规程的原始资料（工作对象 知己知彼 前人的经验）

- ①产品整套装备图、零件图②质量标准③生产纲领、生产类型④毛坯情况⑤本场现有生产条件⑥先进技术、工艺⑦有关手册、图册

5 制定工艺规程应研究的问题（如何加工？能否加工？花多大代价加工？）

①零件工艺性分析和毛坯选择②工艺过程设计③工序设计④提高劳动生产率的工艺措施⑤工艺方案的经济分析

6 对产品零件图纸进行工艺性分析的目的

熟悉该产品的用途、性能及工作条件，明确被加工零件在产品中的位置和作用，进而了解零件上各项技术要求制定的依据，找出只要技术要求和加工关键，以便在拟定工艺规程时采取适当的工艺措施加以保证。在此基础上，还可以对图纸的完整性，技术要求的合理性以及材料选择是否恰当等方面问题提出必要的改进意见。

7 零件的制造工艺性概念

零件结构的工艺性是指所设计的零件在满足要求的前提下，制造的可行性和经济性。

8 零件毛坯选择要考虑的主要因素

①产品规模大小②工件结构形状和尺寸的大小③零件机械性能④该厂设备及生产能力和经济能力。

9 工序的定义和组成

一个或一组工人在工作地对通过一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程。

10 划分工序的主要依据

工作点是否改变和加工是否连续完成，同一零件，同样的加工内容可以有不同的工序安排。

11 定位基准的种类以及作用（目的）

粗基准（初定位），精基准（用加工过的表面作为定位基准），辅助基准（满足工艺需要，在工件上设计的定位面）

12 定位基准选择原则与方法（应用） P88~89

13 加工经济精度与加工经济表面质量的概念

加工经济精度：是指在正常的工作条件下，（包括完好的机床设备、必要的工艺装备、标准的工人技术等级，标准的耗用时间和生产费用）所能达到的加工精度。

15. 选择表面加工方法应考虑的因素

答：1）根据加工表面的技术要求，确定加工方法和加工方案。

2）要考虑被加工材料的性质。

3）要考虑生产纲领，既考虑生产率和经济性问题。

4）应考虑本厂的现存设备和生产条件。

16. 加工阶段的划分及其作用

答：划分及作用：

精工阶段： 切除大量多余材料，主要提高生产率。

半精加工阶段：完成次要表面加工（钻、攻丝、铣键槽等）主要表面达到一定要求，为精加工做好余量准备，安排在最终热处理之前。

精加工阶段： 主要表面达到图纸要求。

光整加工阶段：进一步提高尺寸精度降低粗糙度，但不能提高形状、位置精度。

17. 工序集中与分散的特点及其应用场合

答：工序分散的特点：（1）所使用的机床设备和工艺装备都比较简单，容易调整，生产工人也便于掌握操作技术，容易适应更换产品。（2）有利于选用最合理的切削用量，减少机动工时。（3）机床设备数量多，生产面积大，工艺路线长。

工序集中的特点：（1）有利于采用高效的专用设备和工艺设备，显著提高生产效率。（2）减少工序数目，缩短了工艺过程，简化了生产计划和生产组织工作。（3）减少了设备的数量，相应的减少了操作工人人数和生产面积，工艺路线短。（4）减少了工件装夹次数，不仅缩短了辅助时间，而且由于一次装夹加工较多的表面，就容易保证它们之间的位置精度。（5）装用机床设备、工艺装备的投资大、调整和维修费事，生产准备工作量大，转为新产品的生产

业比较困难。

应用场合：传统流水线、自动线生产多采用工序分散的形式组织形式。采用高效自动化机床，以工序集中的形式组织生产。

18. 机床及其工装的选择原则

答：选择机床设备的基本原则：

- (1) 机床的精度应与要求的加工精度相适应
- (2) 机床的生产率与生产类型相适应
- (3) 机床的规格与加工工件的尺寸相适应
- (4) 机床的选择应结合现场实际情况。
- (5) 合理选用数控机床。

19. 加工余量的确定方法

答：计算法，查表法，经验估算法

20. 最小加工余量的组成（影响加工余量的因素）

答： $Z_{bmin} = A_{min} - A_{bmin}$

它由四部分组成：(1) 上工序加工表面的表面粗糙度 R_{za} ，应在本工序切去。(2) 上工序加工后产生的表面缺陷层 $T_{缺a}$ ，亦应在本工序切去。(3) 上工序加工后形成的表面形状及空间位置误差，它包括弯曲度、平面度、同轴度、平行度和垂直度等应在本工序予以修正的各种形位误差，其向量以 P_a 表示。(4) 本工序工件的装夹误差

21. 加工余量的计算（仅对统一表面的加工余量计算）

22. 工序尺寸标注时采用的“入体原则”

答：对于外表面的工序尺寸取上偏差为 0，而对于内表面的工序尺寸取下偏差为 0。

23. 时间定额的构成

答： $T_{单} = t_{基} + t_{辅} + t_{服} + t_{休} + t_{准终}$

T 基：基本事件是指直接改变生产对象的尺寸、形状、相对位置、表面状态或材料性质等工艺过程所消耗的时间。

T 辅：辅助时间是指为实现工艺过程所必须进行的各种辅助动作所消耗的时间。如装卸工件。操作机床、改变切削用量、试切和测量工件、引进及退回刀具等动作所需时间都是辅助时间。

T 服：布置工作地点和时间是为了使加工正常进行，人工照管工作地（如换刀、润滑机床、清理切削、收拾刀具等）所消耗的时间。一般按作业时间的 2%~7% 估算。

T 休：休息和生理所需要时间是指工人在工作班内恢复体力和满足生理上的需要所消耗的时间。一般按作业时间的 2% 估算。

24. 提高生产效率的措施（具体）

答：(1) 缩短基本时间 (2) 缩短辅助时间、工作地点服务时间、准备终结时间 (3) 实行多台机床看管 (4) 新工艺、特种工艺 (5) 应用成组技术

第四章 工艺尺寸链专题

1、尺寸链的定义和特点

答：尺寸链就是在零件加工或机器装配过程中，由相互联系且按一定顺序连接的封闭尺寸组合。特征：封闭性、关联性。

2、尺寸链中封闭环、组成环的特点和判别

封闭环——在零件加工或装配过程中间接获得或最后形成的环。

组成环——尺寸链中对封闭环有影响的全部环。

组成环又可分为增环和减环。增环：若该环的变动引起封闭环的同向变动，则该环为增环。

减环：若该环的变动引起封闭环的反向变动，则该环为减环。

3、尺寸链的计算类型与公式计算（以极值法为主） 书 P40 及书后习题

4、各种情况下的尺寸链计算 书 P40 及书后习题

5、工艺中的“废假品”现象及其解决的根本途径

答：只要不是直接测量就有可能出现废假品。

措施：为此应对该零件各有关尺寸进行复检和验算，以免将实际合格的零件报废而导致浪费。

第五章 机械加工精度

1、加工精度与加工误差的概念

答：加工精度（设计出来）加工误差（制造和测量出来）

加工精度：指零件加工后的实际几何参数与理想几何参数的符合程度。符合程度越高，加工精度就越高。反之、越低。

加工误差：指零件加工后的实际几何参数对理想几何参数的偏离程度，所以，加工误差的大小反映了加工精度的高低。

2、加工中的原始误差构成

加工原理误差、机床误差、夹具和刀具误差、工件误差、测量误差、以及定位和安装调整误差

3、误差敏感方法的概念

对加工误差影响最大的方向

4、加工误差的性质分类

1. 系统误差

（1）常值误差

在顺序加工一批工件时，误差和方向保持不变者，成为常值系统性误差。如原理误差和机床、刀具、夹具的制造误差，一次调整以及工艺系统因受力点位置的变化引起的误差等都属于常值系统误差。

（2）变量误差

在顺序加工一批工件时，误差的大小和方向是有规律变化者，称为常值系统性误差。如由于刀具磨损引起的加工误差，机床、刀具、工件受热变形引起的加工误差等都属于变质系统性误差。

2. 随机误差

在顺序加工一批工件时，误差的大小和方向呈无规律变化者，称为随机性误差。如加工余量不均匀或材料硬度不均匀引起的毛坯误差复映，定位误差及夹紧力大小不一引起的夹紧误差，多次调整误差，残余应力引起的变形误差等都属于随机性误差。

5. 尺寸精度的获得方法

试切法、定尺寸刀具法、调整法、自动控制法

6. 尺寸测量方法的种类和特点

（1）绝对测量和直接测量：测量示值直接表示被测尺寸的实际值

（2）相对测量：测量示值只反映被测尺寸相对某个定值基准的偏差值，而被测尺寸的实际值等于基准与偏差值的代数和。

（3）间接测量：测量示值只是与被测尺寸有关的一些尺寸或几何参数，测出后还必须再按它们之间的函数关系计算出被测零件的尺寸。

7. 影响尺寸测量精度的主要原因

（1）量具、量仪和测量方法本身的误差 （2）环境条件的影响（温度、震动等）

（3）测量人员主观因素的影响（视力、测量力大小等）

（4）正确选择和使用量具，以保证测量精度

8. 保证尺寸测量精度的主要措施

（1）选择的测量工具或测量方法应尽可能符合“阿贝原则”

(2) 合理选择测量工具及测量方法

(3) 合理使用测量工具 ①使用量具或量仪量程中测量误差最小的标准段进行测量

②采用具有示值误差校正值的量具或量仪进行测量

(3) 采用多次重复测量

9. 机床主轴回转精度的概念与主轴回转误差的分类

是指主轴实际回转线相对其理想回转轴线的漂移。实际上，理想回转轴线虽客观存在，但却无法确定其位置，因此通常以平均回转轴线（各瞬时回转轴线的平均位置）来替代。

分类：纯径向跳动、纯轴向跳动、纯角度摆动

10. 车床导轨误差种类和对加工面形状精度的影响

种类：**水平面内的直线度**：床身导轨在水平面内如果有直线度误差，使工件在纵向截面和横向截面内分别产生形状误差和尺寸误差。——（加工误差的敏感方向）（当导轨向后凸出时，工件上产生鞍形加工误差；当导轨向前凸出时，工件上产生鼓形加工误差。

垂直面内的直线度：原始误差引起工件相对于刀具产生相对位移，若产生在加工表面法向方向（误差敏感方向），对加工精度有直接影响；产生在加工表面切向方向（误差非敏感方向）可忽略不计。对平面磨床，龙门刨床及铣床等，导轨在垂直面内的直线度误差会引起工件相对于砂轮（刀具）产生法向位移，其误差将直接反映到被加工工件上，造成形状误差（图）。

前后导轨的平行度（扭曲）：

床身前后导轨有平行度误差时（扭曲），会使车床溜板在沿床身移动时发生偏斜，从而使刀尖相对工件产生偏移，使工件产生形状误差（鼓形、鞍形、锥度）。

11、传动精度的概念

答：传动精度的概念（运动之间要有严格的速比要求）：床身前后导轨有平行度误差（扭曲）时，会使车床溜板在沿床身移动时发生偏斜，从而使刀尖相对工件产生偏移，使工件产生形状误差（鼓形、鞍形、锥度）。

12、提高各形成运动之间速度关系精度（即传动精度）的主要措施

答：（1）提高机床内传动链各传动元件的加工和装配措施

（2）采用传动链极短的内传动链

（3）采用补偿传动误差的办法

13、工艺系统刚度的概念

答：工艺系统整体抵抗其变形的能力，其大小为：背向力 F

k （刚度） $=F/y$ （ F ： x 方向 y ：变形）

14、工艺系统刚度对零件加工精度的影响

答：（1）在加工过程中，由于工艺系统在工件加工部位的刚度不等产生的加工误差

（2）在加工过程中，由于切削力变化而产生的加工误差

（3）磨削加工时，“过裕量磨削”对工件加工精度的影响

15、保证和提高加工精度的主要途径

答：减少与消除 补偿与抵消 回避与转移 [(1)减少误差法 (2)误差补偿法 (3)误差分组法]

第六章 机械加工表面质量

1、机械加工表面含义

答：零件的机械加工质量不仅指加工精度，而且包括加工后的表面质量。

2、表面几何形状误差的内涵

答：形状误差、表面波度和表面粗糙度

3、机械零件的使用性能

答：(1) 零件的工作精度及其保持性 (2) 抗腐蚀性 (3) 零件的疲劳强度 (4) 零件与零件之间的配

合性质

4、机械加工表面质量对机器使用性能的影响

答：（1）对耐磨性的影响

粗糙度太大、太小都不耐磨，适度冷硬能提高耐磨度

（2）对疲劳强度的影响

粗糙度越大，疲劳强度越差，适度冷硬、残余应力能提高疲劳强度

（3）对工作精度的影响

粗糙度越大，工作精度越低，残余应力越大，粗糙度越低

（4）对耐腐蚀性的影响

粗糙度越大，耐腐蚀性越差。压应力提高耐腐蚀性，拉应力反之则降低耐腐蚀性

第七章 机器的装配工艺

1、装配精度的概念

答：装配精度主要包括：各部件的相互位置精度、各运动部件之间的相互运动精度、配合表面间的配合精度和接触质量。

2、机器装配精度与零件制造精度有何区别

3、机器装配精度与零件制造精度的关系

答：（1）机器和部件是由许多零件装配而成的，所以，零件的精度特别是关键零件的精度影响相应的装配精度。（2）当装配精度要求较高时，采用适当的工艺措施（零件按经济精度加工）保证装配精度。

4、保证机器装配精度的装配方法类型（装配工艺）特点和应用场合

答：（1）互换装配法：根据零件的互换程度不同，互换法可分为完全互换法和不完全互换法
完全互换法：特点：装配工作简单生产率高，有利于组成流水生产、协作生产，同时也有利于维修和配件制造，生产成本低。当装配精度要求较高，组成环较多时，零件难以按经济精度制造。应用：用于少环尺寸链或精度不高的多尺寸链中，适用于任何生产类型。

不完全互换法：特点：扩大了组成环的制造公差，零件制造成本低，装配过程简单，生产效率高。但会有少数产品达不到规定的装配精度要求，要采取另外的返修措施。应用：用于大批大量生产中装配精度要求高、组成环较多的尺寸链中。

（2）选配法：①直接选配法：简单，不需要将零件分组，但是挑选零件时间长，劳动量大，装配质量取决于工人的技术水平，不宜于节拍要求较严的大批大量生产。这种装配法没有互换性。②分组选配法：特点：扩大了组成环的制造公差，零件制造不高，但可获得高的装配精度。但是增加了零件测量、分组、存储、运输的工作量应用：用于大批大量生产中装配精度要求高、组成环少的装配尺寸链中。③复合选配法：特点：配合件公差可以不等，装配质量高，且装配速度较快，能满足一定的生产节拍要求。

（3）修配法：特点：组成环可按经济精度制造，但可获得较高的装配精度。但增加了修配工作，生产效率低，对装配工人技术要求高。应用：用于产品结构比较复杂、尺寸链环数较多、产品精度要求高的单件小批生产的场合。

（4）调整法：可动调整法、固定调整法、误差抵消调整法

特点：组成环可按经济精度制造，但可获得高的装配精度。但增加了调整装置。

应用：（1）可动调整法和误差抵消调整法应用于小批生产；（2）固定调整法应用于大批大量生产的场合。