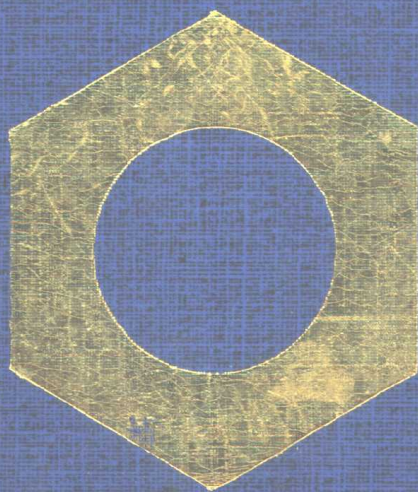


机 械 零 件 工 艺 性 手 册

蔡 兰 主 编



机 械 工 业 出 版 社

机械零件工艺性手册

主 编 蔡 兰

副主编 戴起勋 刘延山 火树鹏



机械工业出版社

(京) 新登字054号

内 容 简 介

本手册全面阐述了机械零件设计和制造的工艺性问题,其特点是介绍了产品和零部件的结构工艺性,还介绍了其他各种因素对工艺性的影响,强调工艺性的整体性、相对性和灵活性。内容包括铸造、粉末冶金、锻造、冲压、焊接、切削加工、热处理和表面处理、装配等的工艺性。

本手册内容丰富、概念清楚、结合生产实际、举例精当。可供机械设计工作者和工艺工作者在产品、零部件设计和工艺工作中使用,也可作为大专院校机电类专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械零件工艺性手册/蔡兰主编. —北京:机械工业出版社, 1994
ISBN 7-111-04296-4

I. 机…
II. 蔡…
III. 机械零件-工艺性能-手册
IV. TH13-62

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第04881号

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)
责任编辑: 王兴垣 张秀恩 李骏带 版式设计: 霍永明 责任校对: 肖新民
封面设计: 肖 晴 责任印制: 卢子祥

三河市宏达印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1995年5月第1版·1995年5月第1次印刷
787mm×1092mm^{1/16}·43.75印张·2插页·1083千字
0 001—5 000 册
定价: 62.00 元

序 言

现代化工业生产和科学技术的发展,要求机械产品和零部件具有良好的工艺性,即零部件的结构设计,必须满足其在制造、维修全过程中各相关条件均符合科学性、可行性和经济性的要求。机械制造工艺性问题是现代化工业生产中提高经济效益、确保产品质量的关键。

《机械零件工艺性手册》应用系统工程的思路和方法全面系统地介绍了机械零件设计、制造过程中的工艺性问题,注重科学性、先进性、实用性。内容包括零件结构与铸造、锻造、冲压、焊接、粉末冶金、热处理和表面处理、切削加工、装配维修等工艺的关系,突出结构设计、制造方法和材料选择三个方面,正确处理设计与工艺、各工艺之间的联系和矛盾。全书体现了工艺性的整体性、相对性、灵活性的特点。

本手册力求直观实用,对概念与基本原理一般不作详细介绍,所以篇幅不多,查阅方便,直观实用。

参加本书各章编写及主审人如下:

章	编写人			主审人
一	刘延山	火树鹏	戴起勋	金瑞琪
二	石庆生	徐 雍		钱天江
三	王华冠	刘忠德		皇甫骅
四	雷玉成			施克仁
五	余正国			陈 昶
六	戴起勋	黄根良		樊东黎
七	刘延山	张冰慰		李思久 郭维军
八	高传玉	张 强		郭维军 李思久

本手册编写过程中还得到了杨继昌、钱龙珠、张洁等同志的帮助;南京汽车制造厂、上海柴油机厂等单位提供了宝贵的资料,在此一并表示感谢。

编 者

1994年1月

目 录

第1章 机械零件工艺性总论	1
1 工艺性的基本概念	1
2 设计注意事项	3
3 工艺性评价与审查	4
4 毛坯选择和工艺路线设计	10
5 改善机械零件工艺性的途径	18
参考文献	19
第2章 铸造工艺性	20
1 铸造工艺性及结构要素	20
1.1 铸造工艺性及评价指标	20
1.2 铸造结构要素	23
2 常用铸造合金及选用	23
2.1 合理选用合金	23
2.2 各类铸造合金	24
3 常用铸造方法及选用	49
3.1 选用依据	50
3.2 常用铸造方法的种类及应用	51
4 铸件结构设计要点	57
4.1 铸件外形设计	57
4.2 铸件内腔设计	57
4.3 常用特种铸造方法对结构设计的要求	63
4.4 铸件壁厚设计	69
4.5 铸件加强筋的设计	72
4.6 铸件壁的连接和过渡	74
4.7 铸造圆角及结构斜度的设计	80
4.8 铸件上凸台的设计	82
4.9 最小铸孔设计	83
4.10 防止产生铸造缺陷的设计示例	84
5 考虑铸件后续加工的铸件结构工艺性	85
5.1 切削加工工艺性与铸件结构	85
5.2 考虑热处理工艺性的结构	85
5.3 考虑电镀工艺性的结构形状	86
5.4 考虑装配、油漆、维修工艺性的结构形状	88
6 组合铸件结构	90
6.1 组合铸件选用依据	90
6.2 镶嵌结构	90
6.3 双金属铸件	92
6.4 铸焊结构的铸件	93
7 铸件设计举例	94
参考文献	96
第3章 压力加工工艺性	97
1 锻造工艺的分类、特点及其应用	97
1.1 锻造工艺的分类	97
1.2 锻造工序的分类	98
2 常用锻造材料	102
3 锻件的结构工艺性	110
3.1 自由锻件的结构工艺性	110
3.2 模锻件的结构工艺性	136
4 锻造节材方法与途径	172
4.1 合理地选用锻造方法	172
4.2 改进锻件结构	173
4.3 精化锻件加工	173
4.4 采用先进的成形方法	175
5 冷冲压工艺特点及其应用	177
5.1 冲压加工的特点	177
5.2 冷冲压的基本工序及应用范围	177
6 常用冲压材料	182
6.1 金属材料	182
6.2 非金属材料	186
6.3 精冲用材料	186
6.4 冷挤压用材料	187
7 冲压加工的经济性分析	188
7.1 冲压件的成本	188
7.2 降低成本提高经济性的途径	188
8 冲压件的结构要素	194
8.1 冲裁件结构设计的基本参数	194
8.2 弯曲件结构设计的基本参数	197
8.3 拉深件结构设计的基本参数	206
8.4 成形件结构设计的基本参数	210
8.5 冷挤压件结构设计的基本参数	215
9 扩大冲压加工的应用范围	221
10 冲压件的质量分析及控制	226

参考文献	238	参考文献	369
第4章 焊接工艺性	239	第6章 热处理和表面处理工艺性	370
1 常用焊接方法的特点及应用	240	1 材料的热处理工艺性	370
2 焊接结构用金属材料的选择	245	1.1 淬透性	370
2.1 选择金属材料的注意事项	245	1.2 淬硬性	379
2.2 焊接结构钢材质量等级选择规定的建议	248	1.3 回火稳定性	380
3 焊接材料的分类及选择	252	1.4 变形开裂倾向	383
3.1 焊接材料的分类	252	1.5 回火脆性和白点敏感性	384
3.2 焊条	252	1.6 过热敏感性和氧化脱碳倾向	387
3.3 焊丝	256	2 零件材料的选择	388
3.4 碳素钢埋弧焊用焊剂的型号及意义	257	2.1 选择材料的基本原则及合理性	388
4 同种材料的焊接	258	2.2 常用金属材料的特性及用途	400
5 异种金属材料的焊接	271	2.3 典型零件的材料选择	411
5.1 异种黑色金属材料的焊接	271	3 热处理技术要求及其标注和审查	426
5.2 异种有色金属材料的焊接	275	3.1 热处理技术要求的确定	426
5.3 黑色金属与有色金属的焊接	277	3.2 零件热处理技术要求的标注	426
6 焊接应力与变形	279	3.3 零件热处理工艺性的审查	433
6.1 焊接应力与变形产生的原因	279	4 零件的热处理结构工艺性	435
6.2 焊接残余应力与变形对结构性能的影响	279	4.1 零件的热处理结构工艺性因素	435
6.3 焊接应力的调节和消除	288	4.2 改善零件热处理工艺性的结构设计	436
6.4 焊接残余变形的预防和矫正	292	4.3 改善零件结构热处理工艺性的其它措施	436
7 焊接结构工艺性	296	4.4 热处理工艺性对齿轮结构设计的要求	452
7.1 焊缝符号表示法	296	5 热处理工艺设计和热处理工艺性	460
7.2 焊接接头型式	314	5.1 一般概念	460
7.3 焊接接头的设计	324	5.2 普通热处理工艺设计	461
7.4 焊接接头强度计算	324	5.3 热处理新工艺	468
7.5 机械焊接结构的特点	330	5.4 热处理工艺的优化设计	469
7.6 按铸件设计焊接结构的方法	331	6 热处理工序安排和工艺性	470
7.7 常用加强筋的设计	333	6.1 冷热加工过程中材料组织性能的变化和热处理之间的关系	471
7.8 机械结构焊接设计	336	6.2 热处理和切削加工的关系	471
7.9 机器大件焊接结构举例	339	6.3 热处理工序的合理安排	473
7.10 机器大件结构设计要点	343	7 金属零部件表面处理工艺性	478
7.11 一般零件的焊接结构设计	345	7.1 电镀	478
参考文献	354	7.2 电刷镀和脉冲电镀	485
第5章 粉末冶金零件的工艺性	355	7.3 塑料电镀	485
1 粉末冶金工艺特点和材料类别	355	7.4 化学镀	486
2 粉末冶金零件工艺性	359	7.5 化学转化膜	487
2.1 粉末冶金零件工艺性的影响因素	359	7.6 其它表面镀(涂)层技术	489
2.2 粉末冶金零件结构设计	363		

参考文献	492	1.3 成组技术在装配工作中的应用	629
第7章 切削加工工艺性	494	2 装配工作法	632
1 切削加工工艺性的概念	494	2.1 清洗	632
1.1 切削加工工艺性的含义	494	2.2 平衡	637
1.2 切削加工工艺性的特性	494	2.3 刮削	641
1.3 切削加工工艺性的评价	495	2.4 螺纹联接	645
2 切削加工工艺性的影响因素	496	2.5 过盈联接	648
2.1 零件材料	496	2.6 校正	651
2.2 零件毛坯	501	3 一般装配对零部件装配工艺性的要求	660
2.3 零件热处理	502	3.1 适应装配的设计过程	660
2.4 零件结构	503	3.2 产品设计中的标准化、通用化	660
3 提高切削加工工艺性的措施	508	3.3 一般装配对零部件装配工艺性 的要求	662
3.1 贯彻标准化	508	3.4 有关装配工艺性的实例分析	680
3.2 提高产品继承性	530	4 自动装配对零部件装配工艺性的要求	682
3.3 应用成组技术	530	4.1 自动装配的设计要点	683
3.4 优化结构设计	530	4.2 自动装配对零部件装配工艺性 的要求	684
4 典型零件工艺性分析	605	4.3 提高装配自动化水平的主要途径	688
4.1 齿轮	605	5 维修对零部件工艺性的要求	692
4.2 曲轴	613	5.1 减少机器的停工修理时间	692
4.3 箱体	619	5.2 考虑零件磨损后修复的可能性 和方便性	693
参考文献	624	5.3 保证拆卸的方便性	694
第8章 零部件的装配和维修工艺性	625	参考文献	694
1 概述	625		
1.1 装配工艺方案的选择	625		
1.2 装配工艺规程的制订	628		

第1章 机械零件工艺性总论

1 工艺性的基本概念

机械制造工艺是各种机械制造方法和过程的总称。就是机电产品或零部件在制造过程中,从原材料或毛坯通过各种加工工艺(如铸造、锻压、冲压、焊接或钎接、切削加工、热处理和表面处理、粉末冶金、装配等)一直到成品,然后装配成产品的制造技术的总称。所谓产品或零件的工艺性,通俗而言是指机电产品的制造和零件加工的难易程度或加工性能的优劣。但是这样来评价工艺性就难以量化或不可量化。为此,用生产的可行性和经济性来衡量。国家标准 GB4863—85《机械制造工艺基本术语》中,对产品结构工艺性和零件结构工艺性所作定义如下:

产品结构工艺性——所设计的产品在能满足使用要求的前提下,制造和维修的可行性和经济性。

零件结构工艺性——所设计的零件在能满足使用要求的前提下,制造和维修的可行性和经济性。

虽然国家标准对工艺性术语作了统一规定并给出了定义。但在目前我国几本权威性的手册、专著或文献资料中对工艺性或结构工艺性所作的解释不尽相同。有的定义为:“结构工艺性是指所设计的产品和零部件的结构,在一定的条件下制造、维修的可行性和经济性”。有的释义为:“结构工艺性良好,是指所设计的零部件,在保证产品使用性能(如效率高、寿命长、安全可靠、保养容易,操纵灵活等)的前提下,根据已定的生产规模,能用生产率高,劳动量小,材料消耗小和生产成本低的方法制造出来。又如:“机械设计中综合考虑制造、装配工艺及维修方面各种技术问题,称为机械设计工艺性。机器及其零部件的工艺性,体现于结构设计当中,所以又称为结构工艺性”。

把结构工艺性和工艺性两个概念比较,后者的内容远比前者丰富,所以工艺性也称作“生产性”。美国军用标准 MIL-STD-1528对生产性所作的定义是:“生产性是一个综合特性,当对装备进行设计和生产规划时,生产性使装备的制造、装配、检查、试验、校核和验收具有最高的效率和最经济的费用”。其他的定义还有几种,都大同小异。由此可见工艺性这一概念至今未能统一或者说标准所规定的定义未被一致接受。这也说明了工艺性问题的复杂和对工艺性概念理解的难度。

根据本书的目的,我们讨论的工艺性是广义的,即工艺性除了与产品或零部件的结构有关外,还与其它多种因素有关。如:

(1) 原材料 材料的使用性能,即材料的力学性能,物理化学性能,它影响产品或零件的使用性能和质量。材料的工艺性能包括成形性、可加工性(含磨削性和研磨性)、连接性能(焊接、钎接、粘结)、热处理和表面处理的工艺性能等。它们对制造方法的选用和制造成本的影响很大。理想的材料是能适合于多种制造方法。还有材料的供应(可得性)和价格问题。

(2) 毛坯选择 不同类型的毛坯在很大程度上决定了制造方法和工艺过程。精密铸造、精锻、精冲、拼焊结构等能少无切削的制造毛坯,对提高生产率,降低成本是有益的。

(3) 生产方法 制造方法的替换性和灵活性能极大地提高工艺性。因此,设计不宜在图样上直接规定制造方法。如要求零件达到某一表面粗糙度要求或精度,设计者毋需指定某种加工方法;又如要求表面淬硬的零件,只要注出准确合理的技术要求(表面硬度、有效硬化层深度等),工艺人员可以根据零件选用的材料和技术要求,结合具体生产条件,选择和制订最佳的制造工艺。硬性规定制造方法限制了工艺人员创造性的劳动,不利于最佳工艺方案的实施。

(4) 质量技术指标 应根据使用要求选择质量技术指标,若过高地不必要地提高产品或零件的技术要求即质量富余,为此可能需要特殊的加工设备,专用工装,增加劳动量,对操作工人的要求也相应提高,从而提高了制造和检验的难度和成本。

(5) 生产管理 企业应有良好的质量保证体系,此点对一项产品设计能否成功生产(即制造的可行性和经济性)是至关重要的。我国机械制造业的发展历史,最好不过地说明了这一点。

(6) 生产规模和批量 生产规模和批量决定了设备和工装的专用化程度,因而影响劳动生产率和成本。自动化生产和成组技术则能发挥最大作用和效益。

(7) 质量检验 考虑和生产率相适应的质量检查方法和装备对生产性也是重要的。

(8) 标准化 标准是以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,对重复性事物和概念所作的统一规定。标准化是在经济、技术、科学和管理等社会实践中,通过制定、发布和实施标准,达到统一,以获得最佳秩序和社会效益。可见贯彻标准化工作也是提高工艺性的有效手段。

本书的后面各章,将就各种工艺的特点,阐述其工艺性。机电产品或零部件是通过各种工艺制造而成的。在制造过程中的各个生产环节都有良好的工艺性是最理想的,但事实上难以有这样的条件,当各工艺之间在工艺性上发生矛盾时,应综合权衡。使产品或零件的整体工艺性最佳。不能改善了某一工序的工艺性而恶化了其他工序的工艺性。有时,从局部看工艺性是好的,但从总体看是不利的,有害的,局部应服从整体。因此,我们讨论的工艺性是整体工艺性或叫综合工艺性。

工艺性在某种意义上还有相对性。在某一生产条件下,产品或零件的工艺性是良好的,而在另一具体生产条件下,其工艺性未必是良好的。随着科学技术的发展和进步,昨日工艺性差的结构,于今可能变得并不差了。此点在考核和评价工艺性时应予注意。

为了强调整体工艺性这一概念。本书采用工艺性这一术语。结构工艺性仅为工艺性的内容之一。但其定义仍取GB463—85国家标准1.1.4和1.1.5的定义。即机电产品的工艺性,是指所设计的机电产品在能满足使用要求的前提下,制造、维修的可行性和经济性;零件的工艺性,是指所设计的零件在能满足使用要求的前提下,制造、维修的可行性和经济性。

目前用结构工艺性来泛指工艺性也是普遍现象。

用可行性和经济性来反映工艺性的特有性质是科学的、合理的,机电工业企业的一切技术经济活动,最终都落实在技术经济效益上。如果可行而无经济性,则可行性也无合理可言。可行性和经济性是密切相关的,时而统一,时而矛盾,但相辅相成。经过反复权衡,最终结果应该是在可行和经济上取得最佳平衡,并且还必须满足产品或零件的性能技术要求。

2 设计注意事项

为了提高产品及其零部件的工艺性，在设计中应注意以下几方面：

一、标准化

a. 标准 对重复性事物和概念所做的统一规定，它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础，经有关方面协商一致，由主管机关批准，以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据。

b. 标准化 在经济、技术、科学及管理等社会实践中，对重复性事物和概念，通过制定、发布和实施标准，达到统一，以获得最佳秩序和社会效益。

标准化是以制定和贯彻标准为主要内容的全部活动过程。这个过程并非一次即可结束，而应不断循环。每完成一个循环，标准化的水平就提高一步。比如对于某一产品，随着科学技术的发展和实践经验的积累，其标准将需要不断修改、完善和提高。另一方面，为了实施产品标准，还需要建立与之密切相关的原材料标准、零配件标准、工艺装备标准、配套产品标准、生产过程中的工艺标准以及大量的基础件标准等。其中每一项标准都不可能独立存在，都要向深度和广度扩展。这些标准之间便形成了纵横交错的网络，共同构成一个非常复杂的大型系统。产品标准化的过程就是这个系统建立和发展的过程。

二、保持产品继承性

产品继承性是将已经生产过的产品中先进、合理、成熟的技术和结构充分应用于新产品设计。

保持产品继承性能够充分利用以前的研究成果和正反两方面的经验，因此保持产品继承性是保证设计质量、减少生产技术准备时间、节约投资和加速新产品开发的重要途径。

三、应用成组技术

在机电产品生产中，多品种小批量生产占75%~80%，其劳动生产率远低于大批量生产。为了改变这种状况，一种卓有成效的新技术——成组技术应运而生。成组技术涉及产品设计、生产技术准备、制造装备、生产组织、作业计划、材料和刀具供应等企业生产活动的所有环节。推广应用成组技术的技术经济效益十分显著见图1-1。

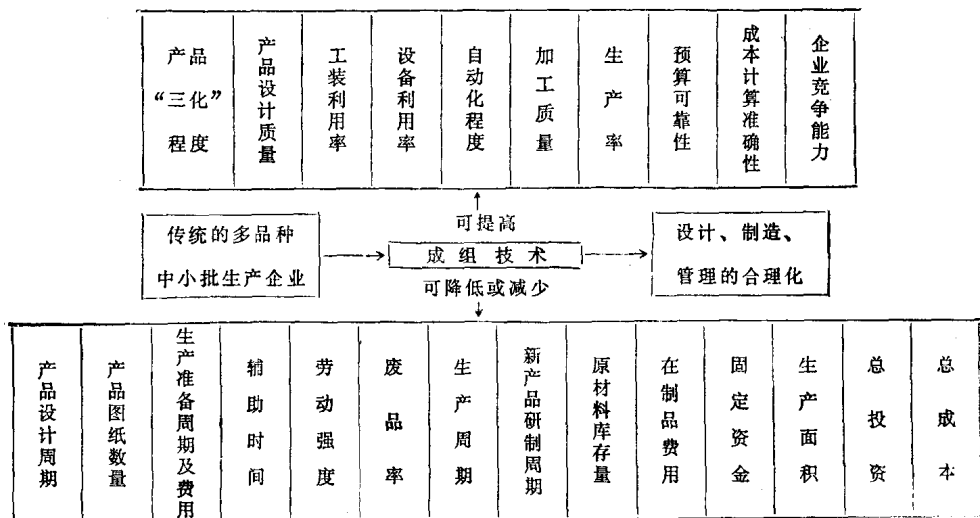


图1-1 成组技术的技术经济效益

四、优化设计原理

优化设计原理的出发点和宗旨是提高产品的技术经济效益和社会效益，增强市场竞争能力。因此不仅要提高产品的使用性能，而且要提高产品及其零部件的工艺性，即简化结构、减轻重量，降低成本，提高生产率，缩短生产周期。

五、优化结构设计

先进的设计原理必须通过合理的结构设计予以体现和实施，产品的使用性能和工艺性也与结构设计密切相关。因此在结构设计中主要考虑如何采用最优结构实现设计原理，比如：

- 合理选用动力机械；
- 缩短传动链；
- 合理选择联结方法；
- 化复杂结构为单独装配单元；
- 尽可能选用标准、通用和成熟的结构和零部件；
- 减少零件和联系尺寸，合理拆分零件；
- 设置必要的补偿环节；
- 合理标注装配精度；
- 合理选择零件材料；
- 合理标注零件的技术要求；
- 零件结构与生产环境相适应；
- 零件结构与生产规模相适应；
- 零件结构与先进的加工方法和设备相适应；
- 零件结构与先进的测量方法和量具量仪相适应；
- 零件结构应有利于减少生产准备工时；
- 零件结构应有利于减少辅助工时；
- 零件结构应有利于减少加工工时；
- 零件结构应有利于产品加工质量。

3 工艺性评价与审查

一、工艺性评价

工艺性评价是企业生产活动中不可缺少的环节。在工艺性评价过程中，通常要对原设计和工艺进行修改和完善，表1-1的评价指标和改进途径可供参考。

工艺性具有综合性和相对性，各评价指标相互关联相互制约，在评价时要抓住“最低生产成本”这个主要矛盾，才能作出正确的结论。工艺成本的计算方法见表1-2。

二、工艺性审查

在产品设计阶段应进行工艺性分析与审查，简称工艺性审查。其目的在于：

- 1) 早期发现产品设计中不必要或过高的技术要求，并予以修改。
- 2) 使得产品设计尽可能与本企业的生产环境相适应。
- 3) 早期发现产品制造工艺难点，以便提前进行工艺试验和技术攻关。
- 4) 早期发现产品制造所需的关键设备、工艺装备、试验仪器以及原材料、元器件等，

表1-1 产品结构工艺性评价指标

主要评价指标	计算公式	符号说明	改进途径
单位劳动量	按产品的单位重量计算的总劳动量 $K_{TM} = \frac{T}{G_0}$	T —产品的总劳动量(工时)	1.简化传动系统,减少专用件的品种数量,并降低其复杂程度;提高通用化和标准化程度,以加大生产批量 2.简化零件的几何形状,按结构要素的通用化要求和经济加工程度要求选择尺寸 3.把产品分解为分别装配的部件和组件,降低装配、焊接等工种的劳动量 4.为各工种实现机械化和自动化创造条件
	扣除外购配套件后按产品的单位重量计算的总劳动量 $K'_{TM} = \frac{T}{G_0 - G_K}$	T_i —某一工种的劳动量(工时或台时)	
	各工种(铸锻、热处理、切削加工…)按产品的单位重量计算的劳动量 $K_{TMi} = \frac{T_i}{G_0}$	G_0 —产品的总重量(kg或g)	
	各工种扣除外购配套件后按产品的单位重量计算的劳动量 $K'_{TMi} = \frac{T_i}{G_0 - G_K}$	G_K —外购配套的零、部件重量(kg或g)	
	按单位可比参数(功率、载重能力、负载力矩…)计算的总劳动量 $K_{Tn_P} = \frac{T}{n_P}$	i —按其计算单位劳动量的工种 n_P —按其计算单位劳动量的可比参数的总值	
单位成本或单位工艺成本	按单位重量计算的成本 $K_{SM} = \frac{S}{G_0}$	S —产品成本(元)	减少劳动量和材料消耗量,提高通用化和标准化水平,以加大生产批量
	扣除外购配套零、部件后,按产品的单位重量计算的成本 $K'_S = \frac{S - C_K}{G_0 - G_K}$	G_0 —产品的总重量(kg或g)	
	按单位可比参数计算的成本 $K_{Sn_P} = \frac{S}{n_P}$	G_K —外购配套零部件的重量(kg或g)	
	扣除外购配套零、部件后,按产品的单位重量计算的工艺成本 $K_{STM} = \frac{S_T}{G_0 - G_K}$	C_K —外购配套零部件的售价(元)	
	按单位可比参数计算的工艺成本 $K_{STM_P} = \frac{S_T}{n_P}$	n_P —按其计算成本的可比参数的总值 S_T —产品的工艺成本(元)	
材料利用率	单个毛坯材料利用率,指标数值为0.5~0.7 $K_{Mi} = \frac{g_D}{g_Z}$	g_D —单个成品零件的重量(kg或g)	1.合理设计零件形状、尺寸、精度,减少余量 2.采用以焊或铸锻、焊联结构代替铸件或锻件 3.尽量采用少无切削加工 4.合理利用焊接方法,制出零件上挡块、凸起等结构要素 5.减少难以利用的废料
	分品种(型材、铸件、锻件)毛坯利用率 $K'_{Mi} = \frac{\sum_{i=1}^n g_{Di}}{\sum_{i=1}^n g_{Zi}}$	g_Z —与某单个零件对应的材料消耗工艺定额(kg或g)	
	材料的均方根利用率 $K_M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n K_{Mi}^2}{n}}$ $K'_M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n K_{Mi}'^2}{n}}$	i —所采用的毛坯品种 n —扣除外购配套零部件后余下的产品零件总数或毛坯品种数	

(续)

主要评价指标	计算公式	符号说明	改进途径
产品参数可比量	重量系数 $K_{MnD} = \frac{G_0}{n_p}$	G_0 —产品总重量(t、kg或g) n_p —用以评价产品工艺水平的可比参数的值或若干参数值的连乘积	
标准化通用化继承性	结构继承性系数, 指标数值为0.4~0.5(发动机制造)	$K_S = \frac{N_j + N_t}{N_Z}$	N_j —由其他产品继承并重复使用借用件总数 N_Z —产品中零件的总数, 但不包括紧固件和小五金 N_b —产品中标准化零件(符合国标、部标)总数。不包括紧固件、小五金 N_t —产品中通用零件的总数 H_{KE} —全部专用零件中同一结构要素的尺寸规格数 H_{KS} —全部专用零件中同一结构要素采用统一的尺寸规格数 K_{YE} —要按每一结构的要素分别规定: 内圆角螺纹、锥度、斜面、孔、槽等
	结构标准化系数, 指标数值为0.27~0.35	$K_{SI} = \frac{N_b}{N_Z}$	
	标准件、通用件和借用件的总采用率	$K_{Zi} = \frac{N_b + N_t + N_j}{N_Z}$	
	零件结构要素统一化系数(在标准化基础上统一尺寸规格)	$K_{YE} = \frac{H_{KS}}{H_{KE}}$	
装配和维修的难易程度	加入可独立和平行装配总成和组件中的零件数与产品零件总数之比。即为可装配性和组合化系数 K_{CB}	$K_{CB} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{N_u}$	N_i —加入组件、部件或装配总成中的零件数量 N_u —全套产品中的零件数量 n —可独立和平行装配的组件、部件和单个装配总成的数量 N_e —产品中独立装配总成(包括外购)的数量 N_0 —产品中各组成部分(不包括加入装配总成的零件和标准紧固件)的总数 T_{xp} —修配工作总劳动量 T_{zp} —装配工作总劳动量 T_{jj} —切削加工总劳动量
	产品单个独立装配总成的数量(包括外购)对于产品各组成部分(不包括加入装配总成的零件和标准紧固件)总数之比。即为可装配性和组合化系数 K'_{CB}	$K'_{CB} = \frac{N_e}{N_0}$	
	修配劳动率指标数值0.10~0.15	$K_{xp} = \frac{T_{xp}}{T_{zp}}$	
	装配劳动率指标数值0.5~1.0(重型机器制造业)	$K_{zp} = \frac{T_{zp}}{T_{jj}}$	

(续)

主要评价指标		计算公式	符号说明	改进途径
加工面的精度与粗糙度	加工精度系数	$K_g = \frac{C_g}{C_z}$	C_g —产品(或零件)中有公差要求的尺寸数 C_z —产品(或零件)中的尺寸总数	1.合理标注精度和粗糙度 2.努力采用精化毛坯工艺 3.合理利用强化工艺
	表面粗糙度系数	$K_r = \frac{B_r}{B_z}$	B_r —产品(或零件)中有粗糙度要求的表面数 B_z —产品(或零件)中的表面总数	

表1-2 工艺成本计算公式

项	目	计 算 公 式
与年产量有关的可变费用	材料费 S_1	$S_1 = C_m W_m - C_n W_n \quad \text{元/件}$ 式中 C_m —材料每千克价格 元/kg W_m —毛坯重量 kg C_n —切屑每千克价格 元/kg W_n —切屑重量
	机床工人工资 S_2	$S_2 = \frac{t_m z}{60} \left(1 + \frac{a}{100} \right) \quad \text{元/件}$ 式中 t_m —单件时间 min z —机床工人每小时工资 元/h a —与工资有关的杂费, 常取 $a = 12 \sim 14$
	机床电费 S_3	$S_3 = \frac{t_m N_e \eta_e z_e}{60} \quad \text{元/件}$ 式中 t_m —基本时间 min N_e —机床电动机额定功率 kW η_e —机床电动机平均负荷率, 一般为50%~60% z_e —每千瓦小时的电费 元/(kW·h)
	万能机床折旧费 S_4	$S_4 = \frac{C_m P_r t_m}{F \times 60 \eta_m} \quad \text{元/件}$ 式中 F —每年工作总时数 h η_m —机床利用率, 一般为80%~95%
	万能夹具维护折旧费 S_5	$S_5 = \frac{C_j (P_{j1} + P_{j2})}{F \times 60 \times \eta_j} \times t_m \quad \text{元/件}$ 式中 η_j —夹具利用率 C_j —夹具成本 元 P_{j1} —夹具折旧率, 每年约33% P_{j2} —维护费折合百分数, 约25%~27%

项	目	计 算 公 式
与年产量有关费用	刀具维护及折旧费 S_6	$S_6 = \frac{C_P + KC_w}{T(K+1)} \times t_m \quad \text{元/件}$ 式中 C_P—刀具价格 元 T—刀具耐用度 min K—可重磨次数 C_w—每磨一次刀所花费用 元 $C_w = \frac{t_l z_l}{60} \left(1 + \frac{\beta}{100} \right)$ 式中 t_l—磨刀时间 min z_l—磨刀工人每小时工资 元/h β—考虑工人劳保待遇及砂轮折旧等费用系数
与年产量无关的不变费用	专用夹具维护及折旧费 S_7	$S_7 = C_j(P_{j1} + P_{j2}) \quad \text{元}$
	专用机床维护折旧费 S_8	$S_8 = C_m P_m \quad \text{元}$ 式中 C_m—机床价格(包括运输、安装费,约占机床价格的15%) 元 P_m—机床折旧率, $P_m = P_{m1} + P_{m2}$ P_{m1}—机床本身折旧率, 每年约16%~25% P_{m2}—机床修理费所占百分数, 每年约10%~15%
	调整工人工资与调整杂费 S_9	$S_9 = \frac{t_a z_a}{60} \left(1 + \frac{a}{100} \right) \quad \text{元}$ 式中 t_a—每调整一次所需时间 min z_a—调整工人每小时工资 元/h a—杂费系数

以便提前进行生产准备。

5) 为设计工艺方案做好准备, 以便缩短工艺设计周期。

在进行工艺性审查时应考虑:

- 1) 产品种类、结构特点和复杂程度。
 - 2) 生产纲领、批量和类型。
 - 3) 本企业生产环境, 如现有仪器设备型号、性能和数量, 工艺装备及其设计制造水平, 人员素质, 外协外购条件等。
 - 4) 工艺原则和方案。
 - 5) 目标成本和技术经济指标。
 - 6) 产品的发展前景、市场预测和竞争能力。
- 产品设计各阶段的工艺性审查内容见表1-3。
 零件结构工艺性审查内容见表1-4。

表1-3 产品设计各阶段的工艺性审查内容

设计阶段	主要内容
方案设计阶段	1. 从制造观点分析产品（零件）结构设计方案的合理性 2. 分析产品（零件）结构的继承性 3. 分析产品（零件）结构的标准化与系列化程度 4. 分析产品主要组成部分是否便于装配、调整、维修 5. 分析主要材料选用是否合理 6. 分析零件加工的可行性
技术设计阶段	1. 分析产品各组成部件进行平行装配检查的可行性 2. 分析总装配的可行性 3. 分析装配时避免或减少切削加工的可行性 4. 分析工艺关键零件在本厂制造的可行性 5. 分析产品主要参数的可检查性和主要配合精度的合理性 6. 特殊零件外协加工的可行性 7. 零件的结构要素应尽可能统一，并使其能使用通用设备和标准刀具加工 8. 零件结构应尽量便于多件同时加工 9. 零件结构应利于先进工艺方法的采用

表1-4 零件结构工艺性审查的基本内容

工艺性类型	基本内容
零件结构的铸造工艺性	1. 铸件壁厚应合适，均匀，不得有突然变化 2. 不同尺寸截面的过渡应采用合理的过渡连接，铸件壁间不能锐角连接 3. 铸件圆角要合理，不得有尖角。铸造最小孔径应合理 4. 铸件结构应尽量简化。有合理的起模斜度、减少分型面、型芯 5. 加强筋的厚度和分布要合理；突耳、凸台、悬臂支架和其他带有凸出部分的铸件应设计成从铸型中自由取出模型，其厚度也应合理
零件结构的压力加工工艺性	锻压件 1. 分模线的确定应合理 2. 模锻件应有合理的锻造斜度和圆角半径 3. 结构应力求简单、对称 4. 截面、筋、凸部设计合理，如相邻截面形状，尺寸不宜突然变化，毛坯上不应有过薄的截面，不宜有过高、很窄的筋、凸部 5. 复杂锻件应考虑分拆与合成
	冲裁件 1. 形状结构应简单对称，并应考虑节约材料 2. 结构上不能有过窄的部分 3. 孔径与孔的位置设计合理 4. 外形和内孔应尽量避免尖角，圆角半径大小应有利于成形
	弯曲件 1. 合理确定弯曲圆角半径 2. 形状要求对称，弯曲的两边弯曲数尽量相等 3. 工艺孔、工艺槽和缺口的增加应合理
	拉深件 1. 形状应简单、对称 2. 拉深件各部分尺寸比例应恰当 3. 矩形工件的圆角半径、法兰宽度、工件高度应合理 4. 内壁应有适当的斜度 5. 孔的位置不能离拉深件底边太近 6. 拉深件圆角半径设计合理

工 艺 性 类 型		基 本 内 容
零件结构的压力加工工艺性	精冲件	1. 棱角处一定要有圆角过渡, 圆角半径合理 2. 孔径和槽宽设计正确 3. 孔口倒角和沉孔设计合理 4. 壁厚设计合理
	冷挤压件	1. 避免挤压内锥体 2. 冷挤压件应避免设计辐板、十字筋 3. 应避免锐角、零件壁上的环形槽 4. 应避免挤小的深孔、侧壁有径向孔 5. 尽量采用轴对称形状
零件结构的焊接工艺性		1. 焊缝的位置应便于操作, 有利于减小焊接应力和变形、应避开最大应力和应力集中处, 避开加工表面 2. 焊接接头的形式、位置和尺寸应能满足焊接质量的要求
粉末冶金件的结构工艺性		1. 避免模具出现脆弱的尖角 2. 避免模具和压坯出现局部薄壁 3. 需要有脱模锥角和圆角 4. 结构设计应有利于成型和脱模
零件结构的热处理工艺性		1. 热处理件的结构应尽量避免尖角、锐边、盲孔 2. 热处理件形状力求简单、对称 3. 尽量使截面均匀、质量均衡、避免结构尺寸厚薄悬殊、断面突变 4. 热处理件应有足够的刚性 5. 轴类零件的细长比不可太大 6. 对大件、长件, 设计时应考虑便于热处理的装卡、吊挂 7. 技术要求应合理、明确、完整
零件结构的切削加工工艺性		1. 精度、表面粗糙度的要求应经济合理 2. 加工面的形状应尽量简单, 便于加工 3. 零件结构应便于装夹、加工和检查 4. 有相互位置要求的表面, 最好能在一次装夹中加工 5. 零件应有合理的工艺基准, 并尽量与设计基准一致

4 毛坯选择和工艺路线设计

一、合理选择零件毛坯

毛坯直接影响零件的重量、材料用量、加工余量、工艺路线、加工工序和生产成本, 设计时应予高度重视。

(一) 常用毛坯类型及特点

a. 铸件 形状复杂的毛坯宜采用铸造方法制造。铸造方法中又有砂型铸造、金属型铸造、离心铸造、压力铸造等。生产中大多数铸件是用砂型铸造的。各类铸造毛坯的特点见表1-5。

b. 锻件 锻件毛坯有自由锻件和模锻件等。自由锻精度低、加工余量大、生产率不高, 结构要求简单, 适用于单件、小批量生产及大型锻件。模锻件精度较高, 加工余量较大, 锻件形状可以较复杂些, 锻造后材料纤维组织分布比较有利, 力学性能高, 生产率高,