

机器及其零部件 结构工艺性

潘 筠 编

机械工业出版社

机器及其零部件 结构工艺性

潘 筠 编



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

内 容 简 介

结构工艺性是机械零部件设计的基本准则之一,它对于提高产品的经济效益有很重要的意义。本书理论联系实际介绍零部件结构工艺性的基本知识和大量的应用实例。本书共10章,主要介绍了产品设计标准化,零件结构的铸造、锻造、冲压、热处理、切削加工、装配工艺性和零部件结构的节料工艺性。本书最后通过综合实例和习题的解答,以提高设计人员综合分析零部件结构工艺性的能力。

本书主要供机械设计人员使用,也可供工艺人员参考。

机 器 及 零 部 件 结 构 工 艺 性

熊 万 武 编

责任编辑:熊万武 版式设计:霍永明

封面设计:方 芬 责任校对:肖新民

责任印制:卢子祥

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

铁道出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本787×1092¹/₃₂·印张9⁵/₈·字数212 千字

1993年12月北京第1版·1993年12月北京第1次印刷

印数 0 001—2 700·定价:11.80 元

ISBN 7-111-03711-1/TH·441

前 言

结构工艺性主要是研究提高经济效益方面的问题，也是生产中理论联系实际的一种具体体现。多年来，人们对于机器的使用研究较多。在学校专业教学中，多注重于技术理论，对于实际生产中的具体经济问题联系得不多；在企业生产活动中，多强调产量、质量和产值，而对于影响产品生产成本的结构工艺性则注意不够。由于传统上多方面的影响，使人们对于结构工艺性的观念比较淡薄。在评论机器及其零部件设计时，往往也很少把经济性作为评定设计优劣的原则之一。这种不正常的状况，已不能适应当前我国国民经济发展的形势。任何一个产品，它的技术和经济是有密切联系的。一项设计是否成功，要看它在技术上的可行性和经济上的合理性能否达到要求，才能作出评价。如果二者只达到了一方面，不能认为它是优良的设计。

在机械工业生产全过程中，设计工作是第一步，而这一步对于后继若干阶段的生产影响较大。从表面上看，成本费用主要是通过各个阶段生产消费的，实际上，各阶段的生产内容主要是根据设计阶段早已确定了的结构方案进行的，所以，在设计阶段能否用经济观点来考虑结构方案，为后继各阶段提出良好的结构工艺性乃是十分重要的。所以，设计机器及其零部件结构时，一定要强调设计应具有良好的结构工艺性，这对于提高产品的经济效益有很大的意义。

结构工艺性是机械零部件设计的基本准则之一，设计人

员除了具备设计基础理论之外，对于结构工艺性方面的知识也应当掌握。本书就是为提供学习结构工艺性方面的知识而编写的。想在提高设计人员的经济观念和促进理论联系实际方面做些尝试。提高结构工艺性的内容非常广泛，在当前新技术、新材料、新工艺不断发展的条件下，要作全面而又有一定深度的研究，这本书是不能完成这个任务的。由于笔者水平有限，深知自己实际生产知识不足，编写此书是力不从心。其中定有不少缺点，错误也在所难免。此书稿写于1984年，机械工业基础标准在1985年以后又陆续作了修订，后又按新国家标准对书稿内容作了修改，在修改过程中，遗漏之处，亦难避免，为此，希望读者不吝批评指正。同时，在编写过程中，引用了不少参考资料，在此，对这些参考文献的作者致以衷心的感谢。

编 者

一九九一年八月

目 录

第 1 章 工艺性概述	1
第 2 章 产品设计标准化	8
一、机器设计标准化的作用	8
二、优先数系	11
三、产品标准化	22
四、设计标准化	27
五、设计标准化中的一般技术问题	31
第 3 章 零件结构的铸造工艺性	57
一、铸件的外形	58
二、铸件的厚度	70
三、铸件壁的联接	74
四、铸件的內腔与孔	80
五、铸件的加强肋	87
六、铸件的截面	91
七、铸件的整铸与分铸	98
第 4 章 零件结构的锻造工艺性	102
一、锻造方法的选择	102
二、自由锻造零件结构的工艺性	104
三、模锻零件结构的工艺性	109
四、锻造的综合应用	115
第 5 章 零件结构的冲压工艺性	118
一、材料的选用	119
二、冲压件结构的形状	121

三、采用复合工艺	144
四、冲压件的尺寸标注与精度	146
第6章 零件结构的热处理工艺性	151
一、影响零件热处理工艺性的因素	151
二、热处理对零件结构形状的要求	155
第7章 零件结构的切削加工工艺性	166
一、提高切削效率	168
二、便于加工	183
三、减少切削加工量	203
第8章 零部件结构的节料工艺性	216
一、节约材料的措施	216
二、节约材料应注意的问题	225
第9章 零部件结构的装配工艺性	229
一、保证装配质量	229
二、结构应便于装配	236
三、部件结构应拆卸方便	246
四、尽量减少装配时的切削加工和手工修配	251
五、螺纹联接的工艺性	254
第10章 综合实例及练习	265
一、综合实例	265
二、练习	274
参考文献	300

第1章 工艺性概述

(一) 工艺性的兴起

早在本世纪20年代以前，机器制造中所采用的各种加工工艺还比较简单，材料品种单纯，机器产量也低。因此，生产批量的大小对零部件结构的要求无太大差别。当时对工艺性只满足于能够制造、能够安装，而没有过高的要求。企业家力求使自己的机器有独特的设计，一方面可以获得专利权，另一方面还由于是独家经营的产品，使用户只能从他那里才能购买到该机器所需要的备品配件，从而可以垄断市场，因此他们对提高结构工艺性不十分关注。同行业之间，实行技术封锁，各搞一套，使得产品的品种、规格分散。随着工业技术不断地发展，机器在各工业系统的使用范围逐渐扩大，需要量日益增多，市场竞争激烈，用户要求零部件互换通用，因而，企业家在市场竞争的压力下，为提高产品质量，降低生产成本，不得不在提高结构工艺性方面寻找出路。标准化是提高结构工艺性的一个很重要的手段。产品系列化，零部件通用化对于提高生产率、保证产品质量，降低生产成本具有很大的意义。因此，各国企业家为产品标准化从设计到制造都做了大量的工作。从目前来看，在国外，工业愈发达的国家，他们的标准化程度愈高。我国在这方面起步较晚。解放初期，由于机器制造业基础十分薄弱，还没有力量设计新产品，当时只能测绘仿制进口的机器，对于结构工艺性也只是停留在能够制造和安装的水平上，随着我国国

民经济的不断发展，机器制造业的力量不断扩大，设计队伍的成长，很快掌握了自行设计产品的能力，加之制造工艺水平不断提高，产品需要量日益增加，因而在设计过程中，对工艺性必然有一定的要求。提高结构工艺性的措施之一就是广泛采用标准化，因此标准化设计也就成为工艺性的重要内容之一。同时，在考虑零部件结构方面也做了大量研究，并总结出一套提高结构工艺性的规律。

（二）工艺性的内容

结构工艺性是机器零部件设计的基本准则之一。在评价一台机器的设计质量时，往往可以根据其使用性能及其结构工艺性两个方面来评定。好的机器必须具有优良的使用性能和良好的结构工艺性。优良的使用性能主要包括效率高、寿命长、安全可靠、操作方便灵活以及维修方便等方面。良好的结构工艺性是指所设计的零部件在保证上述使用性能的前提下，根据已定的生产规模，采用生产率高，劳动量小，材料消耗少和生产成本低的方法制造出来。上述使用性能多属技术指标方面的内容，而结构工艺性很多体现在经济效益方面。

审议一个产品的结构工艺性，不仅从零部件的图纸上就某一点指出其结构上需要修改的部分，而且还应从如何组织产品设计和生产的整个过程来评价。采用标准化设计是能获得良好工艺性结构的重要条件，因为它能影响产品的全部生产过程，可以使设计和制造简化，提高效率，降低生产成本。因此，审议时除了检查零部件的结构而外，还应考虑其推行标准化程度来衡量它的工艺性。

（三）评价工艺性的意义

机器的使用性能不好，易于被人们发现，或则改进，或

则淘汰，而零部件结构的工艺性不良，标准化水平不高、产品落后，则往往被人们忽视。即使发觉，在改进方面一般都缺少迫切感，固然有些是由于客观因素造成的，但主要还是在于人们对产品工艺性认识不足，习惯于过去的只求能满足制造和使用的要求。生产实践表明，凡是具有良好的工艺性结构，都可以取得好的经济效益；不良的工艺性结构，一般都具有不经济的特点。设计标准化的推行，可以使后继生产、管理和使用等方面能取得一系列的很可观的经济效果。根据国外一些不完全的统计，说明其效果如下：德国1:7，法国1:20，前苏联1:4.6~7.7，美国1:50。这个比例是指人力、物力的投资与取得经济效益之比。就是说，在美国标准化投资1元的费用，可以获得50元的收益。我国在计算标准化效果的工作方面刚刚开始。以沈阳某厂贯彻标准零部件和标准工艺装备两个工厂标准为例，据不完全的分析计算（未列入节约材料费），其经济效益是1:7.23，如果将标准化带来的材料节约计算进去，其效果还会更高。推行设计标准化，搞好结构工艺性，并不需要增加设备等方面的投资，但在提高经济效益方面确实具有很大的潜力。

设计零部件时，对技术和经济两个方面的指标都应全面考虑。不仅要确保良好的使用性能，而且还应考虑生产方面的要求，如形状简单、加工方便、节省工时等，使结构具有良好的工艺性。如果不从生产角度考虑，尽管设计的零部件从理论计算到使用功能都无懈可击，但由于脱离实际，那还不能认为是一个具有良好工艺性的设计，其后果有两个可能，一是根本无法实现生产；一是虽能生产但耗费材料和劳动量太多，在经济上会使产品的生产成本提高。标准化就是改善结构工艺性的有效方法之一。零部件的工艺性还具体体

现在零部件自身的结构中，因此，在具体设计每一个零部件时，必须采用标准化设计，根据已定的生产规模，所设计的结构应使其最佳化。从而达到最好的经济效果。

既然工艺性直接影响产品的经济效果，因而在产品设计时，大力推行标准化设计提高结构工艺性就不容忽视。不仅要很好地满足技术指标方面的要求，而且也应十分关注经济方面的效果，这对发展国民经济也有很大的意义。为此，设计人员应在提高产品工艺性方面作很大的努力，必须熟悉国家标准、部（专业）标准和企业标准，在保证所设计产品的主要技术性能的前提下，应最大限度地采用标准件，充分考虑零部件的继承性。对所设计产品标准化程度的高低，应作为考核设计人员设计质量的一个重要指标。

提高结构工艺性的内容较多，它涉及到零部件本身及其制造过程中的各个方面。各种不同的零件对结构设计又提出不同的要求，工种不同，要求不同。此外，零件结构的工艺性与毛坯的选择也有直接的关系，毛坯选择应根据生产条件而定，一般取决于零件的生产批量、材料性能、加工设备的能力等。在工种安排上，各个加工阶段对结构提出的要求也不相同，各阶段对结构要求产生矛盾的可能性是存在的，但在设计时要全面满足各方面的要求，几乎是不可能的。因此，在设计零部件结构时，必须全面考虑，统筹解决，原则上应以保证质量，降低劳动量为原则，根据情况安排结构。尽管工艺性涉及的范围较广，包含的内容很多，情况又比较复杂，但概括起来，工艺性主要包括三个方面的内容。

1) 保证并提高机器的制造质量和提高劳动生产率。包括设计标准化、产品系列化、零部件通用化以及零部件结构的工艺性。

2) 必须符合制造工艺的要求。包括各种毛坯的制造、零部件的加工和装配等方面的工艺性。

3) 节约材料。降低贵重材料及其它消耗, 提高经济效益。

(四) 工艺性的多变性

零部件结构的工艺性随时间、地点、条件的不同而变化。到目前为止, 还不能找出一个适合所有生产情况的工艺性的标准。具体到一个零件或一个部件, 生产批量的大小、生产厂的规模、工艺技术的发展水平是影响其结构工艺性变化的三个主要因素。

1) 生产批量的大小, 对选择制造方法有决定性的影响。以铸造零件为例, 在单件和小批生产时, 一般只能采用通用性较强的设备和工艺装备来进行砂型铸造, 虽然效率较低, 但它便于生产, 至今仍不失去它的使用价值。而在中批和大批生产时, 多强调效率, 因而多采用先进的铸造工艺, 如金属型铸造、压力铸造、离心铸造、及熔模铸造等工艺, 其效率较高。采用的工艺不同, 零部件的结构就要与工艺相适应。如砂型铸造和压力铸造的零件, 对其结构形状有不同的工艺要求, 因而其工艺性也不完全一样。所以零件的结构是随生产的批量而变化的。对于大批量生产, 零件的结构必须适应高生产率的工艺和工艺装备, 才能保证生产率提高, 成本降低。必须指出: 适合大批生产的工艺性良好的结构, 应用到单件和小批生产中去, 往往就不一定合适, 不一定取得好的经济效益。反之, 适合单件和小批生产的工艺性良好的结构, 往往在大批生产中就显得不够良好。

2) 生产厂的规模不同, 对零部件结构也有不同的工艺要求。结构工艺性必须与制造单位的生产规模和技术力量相

适应。即使是同一种产品，两个生产厂的规模不一样，其结构工艺性也不能完全一致，例如甲厂有某种定型产品并经过长期生产考验，认为其结构工艺性是良好的，如果这个产品转产到乙厂，但对于乙厂来说，其工艺性未必适合。因为乙厂加工设备的能力、技术人员的水平、检测技术及材料供应等情况，不一定完全适应甲厂定型产品的结构工艺要求，因此，要因地制宜的作相应的变动。复制外厂的产品，调入的原图纸必须经过工艺审查，包括标准化审查，凡有与本厂不相适应的工艺，都要采取相应的措施，使之与具体生产条件相适应。例如有大型铸件，首先要看本厂熔化炉的生产率、起重设备及其它工艺装备是否具备生产大型铸件的条件，如果达不到，则需在铸件结构设计上考虑分铸结构；再如大型锻件要看有无适应大锻件的重型锻压设备等，否则必须考虑采用组合锻件的结构设计，当然，加工设备也是必须考虑的。所以说，结构工艺性须要因地制宜。

3) 先进工艺的发展也是促进结构变化的另一个因素。随着新工艺、新技术的发展，新的加工设备不断涌现，这对促进结构设计的改进以适应新的形势有很大的影响。如精密铸造、精密锻造、粉末冶金等工艺的出现，使毛坯接近于成品，因而使切削加工大大减少；电火花、激光等工艺的出现，使高硬度的、精密微孔的加工，变得较为方便。由于先进工艺的发展，旧设备、旧工艺逐渐被淘汰。过去认为很难加工的结构，即所谓不良的工艺性结构，如滚珠丝杠，今天有可能实现加工，而成了良好的工艺性结构；过去认为是最佳的工艺性结构，今天却成了不先进的工艺性结构，这样的例子是屡见不鲜的。所以说，结构工艺性是随科学技术的发展而不断变化的。

根据上述结构工艺性灵活多变的特点，要求设计人员在考虑机器零部件结构时，除了要有经济观点而外，还应不断关注新工艺、新技术的发展，及时地因地制宜地采用新工艺、新技术，设计出具有良好工艺性的结构。

第2章 产品设计标准化

产品设计标准化主要指机器零部件及零部件的组 合 体——整体机器的标准化、系列化、通用化，又称为“三化”。产品系列化、零部件通用化在机器产品中有着十分重要的位置。实现产品设计“三化”不仅有利于充分组织设计力量，缩短设计周期，提高产品结构的工艺性，而且也有利于减少零部件的品种，扩大专业化生产，提高质量和劳动生产率，降低成本。同时也便于推广采用新技术、新工艺和新材料，不断提高企业的生产技术和管理水平。

一、机器设计标准化的作用

机器产品设计标准化正在生产、使用、管理和人类社会等方面日益发挥着各种重要的作用。它对降低生产成本，提高竞争能力，维护用户利益，方便使用维修，简化管理方法，提高管理效率以及保障人类生存安全，文化科技交流，物资贸易往来等产生很大的影响，在机器制造业中，突出的作用表现在如下几个方面：

(1) 节约设计工时，缩短设计和生产周期，加速品种的发展 产品设计过程中，运用标准化的各种形式，充分推行现行各级标准，广泛采用标准件、通用件、借用件和外购件，尽量减少专用件的种类，以简化设计。推行标准化，一方面，使生产这个产品的单位能够从专业化生产厂中很快地获得他所需要的零部件，并能尽快地生产出新产品，它不仅

缩短了设计和生产周期，而且还节约了设计劳动量；此外，通过产品系列化制订的系列型谱，还可以精简一些重复的，近似的或落后的品种，从而为发展新品种指明了方向，避免盲目设计试制，作重复的无效劳动，可以用有限的时间设计出更多的项目，以加快新品种的发展。另一方面，由于专用件数量的减少，意味着所需的工艺装备也相应地减少。工装的设计与制造需要时间和资金，减少工装不仅能节约设计时间，而且也能减少制造工装的投资。例如，在具有自动化生产线的汽车制造厂里，每增加一种规格的花键就需要50种左右一级和二级专用工具，生产一种螺栓就要十几种专用工具。可见零部件标准化以后，对节约设计工时，减少工艺装备的投资具有很大的意义。

(2) 促进专业化生产，提高经济效益 标准化在统一和简化产品结构的基础上，将同类零件的各种不同型式和不同尺寸合理地分档，归纳为有限的几种，并使其形成系列，以便于用最先进的工艺和专用设备来组织大批量的专业化生产。由于采用专业化生产，所以它有效率高、材料少的特点，在保证产品质量不断提高的同时，生产成本可以大幅度地下降。以紧固件标准化为例，每1000吨成品采用专业化大批量生产时，材料利用率为80~95%，比小批量生产节约1750吨材料，比原来材料利用率36%提高了一倍多，劳动效率提高3~10倍；而且能使大量机床调出来加工其它的产品，通过经济核算，标准化后紧固件成本仅为小批生产的5%~50%。实行专业化生产必须具备两个条件：

1) 必须要有经济批量。在产品设计中，推行设计标准化，大力采用标准件、通用件，可以减少专用件，相对地就扩大了标准件的批量，这样可为专业化生产所需要的经济批

量创造条件。

2) 要保证相关企业之间的密切协作, 这一条主要通过各种标准的制订和执行, 如果没有标准保证它们之间的协调一致, 专业化生产就很难实现。可见标准化工作对于促进专业化生产具有一定的意义。可以认为, 标准化是组织专业化生产的前提条件, 没有标准化就难做到专业化生产。

(3) 标准化是提高产品质量的保证 一个企业的产品能否立足于国内外市场, 主要与产品的质量有直接的关系。在生产活动中, 产品质量的优劣, 往往关系到一个企业的生存。衡量产品的质量是通过它的使用效果和使用寿命来评价的。但效果和寿命一般都由产品的型式、结构、性能参数、尺寸等因素所决定的。通过标准化, 对这些性能参数制订出相应的质量标准, 作为验收产品质量的依据。有了质量标准, 不仅可以保证产品的质量, 而且也有利于提高产品的工作性能和使用寿命。同时, 从材料供应到制造工艺; 从试验方法到质量验收都有一套相应的标准, 这对保证产品质量就有了充分的保障。通过标准的贯彻, 可以及时地掌握本企业产品质量的动态, 做到心中有数。发现质量低于标准就能及时采取技术措施提高产品质量。质量标准是随着科学技术不断地发展而不断提高, 标准制订的原则, 总的来说应是赶超国际标准, 只有这样要求, 才能提高产品在国内外市场上的竞争能力。

(4) 标准化有利于产品在技术上衔接与协作配合 现代机器制造业是建立在先进技术、严密分工与广泛协作基础上的高效率大生产。其特点表现在产品结构复杂、技术要求高、生产规模大、专业化自动化程度高、协作面遍及全国各地。一台机床或一辆汽车是由数千乃至上万的零件组成, 这