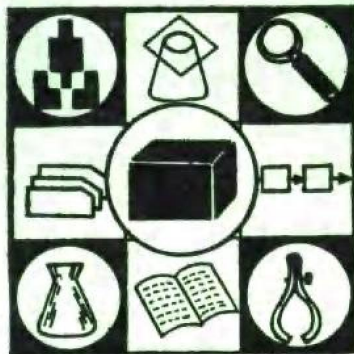


产品设计生产性指南

〔美〕国防技术情报中心 主编

张纯正 张国梁 等译



航空工业出版社

内 容 简 介

《产品设计生产性指南》是美国国防部组织编制的实用军标手册，以使军事装备便于生产。全书共分九章，第一章到第三章是生产性概念、生产性活动内容、组织实施方法、需要的知识面、通用的生产性考虑等，第四章到第九章是具体类型零件的生产性考虑，包括金属件、塑料件、复合材料件、装配件、电子系统、光学件、陶瓷件、炸药和推进剂等工艺知识及生产性考虑。可供军工产品和民用产品的设计人员、工艺人员及设计专业的教学人员参考使用。

产 品 设 计 生 产 性 指 南

〔美〕国防技术情报中心 主编

张纯正 张国梁 等译

责任编辑：姜育义 孔凡利

航空工业出版社出版发行

（北京市和平里小关东里14号）

—邮政编码：100029—

全国各地新华书店经售

航空工业出版社印刷厂印刷

1990年7月第1版

1990年7月第1次印刷

787×1092毫米1/16

印张：39.125

印数：1-2000

字数：980千字

ISBN 7-80046-252-8/Z·055

定价：精装28.80元
平装22.80元

译者前言

生产性（我国工业部门一般称为工艺性）是第二次世界大战以后发展起来的一门科学。它与很多有关技术，如可靠性、维修性等一起已成为研制新的军事装备系统（或其它产品）必须考虑的内容。最初，军事装备系统的设计工程师，主要考虑所设计的装备如何满足功能要求，至于是否便于制造，则考虑得较少。第二次世界大战时，发现有很多装备系统由于在设计时未考虑产品的生产性，使组织社会大生产时产生困难，造成制造周期延长、成本提高或是材料供应困难。这种生产性问题也给后勤支援工作带来很多不便。因此，先进工业国家都重视考虑产品的生产性这一问题，组织专门人员研究和从事这一工作，编制专门资料供有关人员阅读使用。1984年美国国防部组织编制的《MIL-HDBK-727产品设计生产性指南》就是其军标手册中的一种。

本书内容包括两个部分，共分九章。前三章为第一部分，介绍生产性的基本概念和内涵，对军工产品设计时如何考虑生产性，如何组织实施，与其它生产技术专业的关系，考虑生产性所必需的知识方面，以及对各种零件的通用性生产性考虑。后六章为第二部分，是对具体零件的生产性考虑，包括金属零件、塑料件、复合材料件、机械装配、电子系统、推进剂、炸药、光学件、陶瓷件、纺织品等，并介绍了各种有关的工艺方法。这些具体类型的生产性考虑，是用以指导设计工程师在设计这类零件时应该考虑的具体技术内容，也是指导制造工程师应该考虑的方面。读者通读全书后，就会知道美国在研制新型军事装备系统时，是如何认识生产性技术和如何组织实施的。

生产性考虑的方法是因产品的复杂程度而不同的，对重大复杂产品的生产性考虑则更有意义。美国把一项重大复杂军事装备系统的研制、生产、配备的全过程（即寿命周期），划分为5个阶段：方案探索阶段、论证和确认阶段、全面研制阶段、生产部署阶段和后勤支援阶段，在每一个阶段都要考虑生产性要求。当然，生产性考虑的主要工作是在论证和设计阶段进行的，在这一阶段考虑生产性所取得的效益也最显著。因此，帮助设计人员在设计过程中主动自觉地考虑生产性，将使产品设计既能满足性能要求，又能降低成本和缩短周期。美国编写该指南的目的是帮助军工设计人员提高对工艺知识的了解，帮助制造人员组织生产性评审工作。无疑这对我国的设计人员和制造人员也有同样作用，可以帮助人们利用这些技术知识和思维方法，来进行创造性的劳动。

本书是针对各种军工产品的设计而编制的，它适用于航空航天、兵器、舰船、电子及其它军队用品。它也可用于一般民用机械产品的设计工作中。

本书由航空航天部民机司张纯正和北京航空工艺研究所张国梁组织翻译并统校，航空航天部民机司郑作棣和航空航天部科技委马业广审校文稿。本书的翻译、校对人员及其分工如下：

翻译：张纯正（第一、二章）、岑贤麟（第三章）、李国祥（第四章）、张国梁（第五、六章）、余公藩（第七章）、胡克中（第八章）、万敏（第九章）、理有亲（前言、附录A）

校对：张纯正（前言、第五、第六章）、张国梁（第一、二、三 四、八章）、理有亲（第五、六、九章）、林立清（第七章）

本书涉及的专业知识面非常宽，而我们的专业知识又有限，尽管在译校过程中已经注意，但错误之处在所难免，欢迎读者提出宝贵意见。

在组织翻译出版过程中，得到了航空航天部民机司和北京航空工艺研究所的支持，吴希孟和张士林也给予了具体协助，在此表示感谢。

《产品设计生产性指南》翻译组

1989年10月

前 言

从根本上说, 设计工程师的任务是要设计出能够满足功能要求的产品, 也就是要保证设计的产品正常工作。同时, 在设计中还潜在着制造该设计的工艺和材料因素。只不过是以后在生产阶段再考虑对该基本设计加以改进, 使之便于和有效地进行生产。按这种顺序工作, 充其量也不过是一种“救急”方法, 也就是到以后再解决那些在最初产品设计中已形成的未加注意的问题。如果, 在最初的设计中就考虑生产性, 则可以减少那些为满足生产性而引起的产品功能特性改变的可能, 也会排除或减少造成生产性难题的设计细节的混入。

截至第二次世界大战, 随着所发生的工业动员, 生产性的重要性和影响得到暴露。为了使一项设计被多个生产厂商容易地制造, 往往要求重新设计该产品, 这证明了问题的存在。此外, 新技术、新工艺和新材料的出现, 更突出了在初始设计阶段就考虑生产性的必要, 以便避免或排除往常会遇到的设计问题。为了跟上对生产性有影响的技术的迅速变化, 在附录A中列出了情报来源。附录A中提供了大量的参考文献、资料来源和其它情报来源, 并且每种都按它们的技术来源加以概括分类。

下面对一些与手册中数据有关联的细节加以说明:

a, 某些产品的商品名称只是作为举例或图表说明时方使用, 对它们的使用并不构成美国政府的赞许意见。

b, 所表示的两种计量方式, 即英制与公制的单位转换, 说明它们是软公制; 对于单一的计量方式, 则说明它们是硬公制。

c, 除去近似的温度值外, 所有单位数值都根据《工程设计手册》DARCOM-P 706-470 4.2.2节中的方法进行化整。近似温度值化整为靠近具体数最近的5度。

本手册中除第五、六两章外, 均是由国防技术情报中心编写的。第五、六章是由国防部塑料方面的专业情报中心——塑料技术评价中心编写的。

目 录

第一章 生产性的基本概念

1.1 引言	(1)
1.2 生产性定义	(1)
1.2.1 设计的要素或特征	(2)
1.2.1.1 规定的材料	(2)
1.2.1.2 设计的简化	(2)
1.2.1.3 生产方法替换的灵活性	(2)
1.2.1.4 容差要求	(2)
1.2.1.5 成套技术资料的准确明了	(3)
1.2.2 生产规划的要素或特征	(3)
1.2.2.1 生产率和产量	(3)
1.2.2.2 专用工艺装备的需要	(3)
1.2.2.3 人力	(3)
1.2.2.4 设备	(3)
1.2.2.5 材料的可获得性	(3)
1.2.3 按需要产量的生产和检查	(4)
1.2.3.1 高生产率的生产和检查	(4)
1.2.3.2 低生产率的生产和检查	(4)
1.2.4 经权衡后的最佳成本和时间	(4)
1.2.4.1 最低成本	(4)
1.2.4.2 最短时间	(4)
1.2.5 必须的质量和性能要求	(5)
1.3 好的和差的生产性举例	(5)
1.3.1 炮弹壳	(5)
1.3.2 飞机散热器壳体	(5)
1.3.3 弹头体	(6)
1.3.4 连接接头	(6)
1.3.5 三角形臂和螺母的装配件	(6)
1.3.6 自对中垫片	(7)
1.3.7 螺纹插入件	(7)
1.3.8 开关盒	(7)
1.3.9 制造方法中的生产性	(8)
1.4 生产性和设计过程	(8)
1.4.1 与其他功能领域的联系	(12)

1.4.1.1	可靠性、可用性和维修性	(12)
1.4.1.2	安全性工程	(14)
1.4.1.3	标准化	(14)
1.4.1.4	设计/成本技术	(14)
1.4.1.5	制造工艺技术	(15)
1.4.1.6	寿命周期费用	(16)
1.4.1.7	系统工程	(17)
1.4.1.8	质量保证与试验	(17)
1.4.1.9	技术资料管理	(18)
1.4.1.10	价值工程	(18)
1.4.1.11	产品工程	(19)
1.4.2	生产专业之间的联系	(19)
1.4.2.1	生产/制造工程	(19)
1.4.2.2	企业管理	(19)
1.4.2.3	生产管理	(19)
1.4.2.4	器材管理	(19)
1.4.2.5	质量管理	(20)
1.4.2.6	包装	(20)
1.4.2.7	工装工程	(20)
1.4.2.8	工艺方法的设计	(21)
1.4.2.9	工厂工程规划	(21)
1.5	生产性手册的综述	(21)
1.5.1	第一章 生产性的基本概念	(21)
1.5.2	第二章 生产性工程	(21)
1.5.3	第三章 通用的生产性考虑	(22)
1.5.4	第四章至第九章 具体的生产性考虑	(22)
参考文献		(22)

第二章 生产性工程

2.1	引言	(31)
2.2	生产性工程活动	(31)
2.2.1	规定的性能特性	(31)
2.2.2	物理特性	(32)
2.2.3	生产性工程的活动	(33)
2.2.3.1	设计的简化	(33)
2.2.3.2	材料和构件的标准化	(33)
2.2.3.3	生产的可能	(33)
2.2.3.4	设计的适应性	(33)
2.2.3.5	试验和评价	(33)

2.2.3.6 一般活动	(34)
2.3 生产性工作的组织	(34)
2.3.1 什么也不干的“哲学”	(35)
2.3.2 产品工程承担的责任	(35)
2.3.3 生产工程承担的责任	(35)
2.3.4 建立新的职能机构	(35)
2.3.4.1 生产性评审小组	(36)
2.3.4.2 生产性委员会	(36)
2.4 生产性设计	(37)
2.4.1 引言	(37)
2.4.2 设计过程	(37)
2.4.2.1 评定(第一、二、三步)	(38)
2.4.2.2 选择设计方案(第四步)	(40)
2.4.2.3 设计细化(第五步)	(40)
2.4.2.4 制定设计文件(第六步)	(40)
2.4.3 设计过程的生产性	(41)
2.4.3.1 生产性工程和规划(PEP)措施	(41)
2.4.3.1.1 生产性工程和规划(PEP)措施的目的	(41)
2.4.3.1.2 生产性工程和规划措施的限制与约束	(44)
2.4.3.1.3 采办过程中的生产性工程和规划(PEP)措施	(44)
2.4.3.1.4 职责	(44)
2.4.3.2 生产性大纲规划	(45)
2.4.3.2.1 生产性大纲规划资料项目的说明	(45)
2.4.3.2.1.1 说明/目的	(45)
2.4.3.2.1.2 应用范围	(45)
2.4.3.2.1.3 参考文件	(45)
2.4.3.2.1.4 编写细则	(45)
2.4.3.2.1.5 生产性的目标	(46)
2.4.3.2.1.6 技术要求的前提	(47)
2.4.3.2.1.7 资料的应用	(47)
2.4.3.2.2 生产性分析资料项目的说明	(47)
2.4.3.2.2.1 说明目的	(47)
2.4.3.2.2.2 应用范围	(47)
2.4.3.2.2.3 参考文件	(47)
2.4.3.2.2.4 编写细则	(47)
2.5 采办过程的生产性工程	(52)
2.5.1 方案探索阶段	(52)
2.5.1.1 生产性考虑	(53)
2.5.1.2 执行	(53)

2.5.1.3 技术评审	(53)
2.5.2 确认阶段	(54)
2.5.2.1 生产性考虑	(54)
2.5.2.2 执行	(55)
2.5.2.3 技术评审	(55)
2.5.3 全面研制阶段	(55)
2.5.3.1 生产性考虑	(55)
2.5.3.2 执行	(57)
2.5.3.3 技术评审	(57)
2.5.4 生产和配备阶段	(58)
2.5.4.1 生产初期的生产性考虑	(58)
2.5.4.2 执行	(58)
2.5.5 结束语	(58)
2.6 生产性工程师的有用技术	(59)
2.6.1 成本估算	(59)
2.6.1.1 技术估算	(59)
2.6.1.2 历史资料	(59)
2.6.1.3 预定工时标准	(59)
2.6.1.4 元素标准资料	(60)
2.6.2 网络技术	(61)
2.6.2.1 计划评审技术 (PERT)	(62)
2.6.2.2 关键路线法 (CPM)	(63)
2.6.2.3 箭头图	(63)
2.6.2.4 条线图	(64)
2.6.2.5 日自动重排进度技术	(66)
2.6.2.6 决策盒技术	(66)
2.6.3 模拟	(68)
2.6.3.1 确定的模型	(68)
2.6.3.2 随机模型	(68)
2.6.3.3 模拟程序	(69)
2.6.3.3.1 引言	(69)
2.6.3.3.2 风险分析程序	(69)
2.6.4 盈亏分析	(70)
2.6.5 敏感性分析	(72)
2.6.6 价值工程	(74)
2.6.6.1 产品选择	(76)
2.6.6.2 功能的确定	(76)
2.6.6.3 信息收集	(76)
2.6.6.4 可供选择方案的制定	(77)

2.6.6.5 可供选择方案的成本分析	(77)
2.6.6.6 试验和验证	(77)
2.6.6.7 建议的提交和贯彻	(77)
2.6.7 相关树	(77)
2.6.7.1 一种审核工具	(78)
2.6.7.2 制造中的成本降低	(78)
2.6.7.3 其他应用	(79)
2.6.8 容差分析	(79)
2.6.8.1 资料收集	(80)
2.6.8.2 数据分析	(80)
2.6.8.3 建议	(81)
2.7 结束语	(82)
参考文献	(82)

第三章 通用的生产性考虑

3.1 引言	(83)
3.2 图纸与技术规范的作用	(83)
3.2.1 设计过程的限制	(83)
3.2.2 制定文件过程的限制	(84)
3.2.3 制图过程的限制	(84)
3.2.4 规范和标准	(89)
3.2.4.1 军用规范	(90)
3.2.4.2 军用标准	(91)
3.2.4.3 民用规范和标准	(91)
3.2.4.4 标准和规范的应用	(92)
3.2.4.5 民用规范的采用	(92)
3.2.5 公差和表面光洁	(92)
3.2.5.1 表面粗糙度和公差的关系	(92)
3.2.5.2 表面光洁加工的应用	(93)
3.2.6 图纸与规范的生产性评审指导	(98)
3.2.6.1 通用生产性考虑的总检查清单	(98)
3.2.6.2 公制换算	(99)
3.3 元件选用	(99)
3.3.1 标准化的需求	(100)
3.3.1.1 标准元件的优点	(102)
3.3.1.2 通过标准化节省成本	(103)
3.3.2 元件的可靠性	(103)
3.3.2.1 可靠性和寿命特性	(103)
3.3.2.2 可靠性的经济影响	(103)

3.3.3 备件的考虑	(106)
3.4 选用材料对生产性的影响	(107)
3.4.1 材料费用的因素	(107)
3.4.2 材料的可获得性因素	(108)
3.5 制造方法的选择	(109)
3.5.1 设计、材料和制造方法的相互关系	(120)
3.5.2 制造方法的可获得性	(121)
3.5.2.1 不适当的设备	(121)
3.5.2.1.1 单一制造方法的限制条件	(121)
3.5.2.1.2 禁止制造的设计限制条件	(121)
3.5.2.1.3 不利于经济制造的设计	(122)
3.5.2.1.4 设计规定用的专利制造方法	(122)
3.5.2.2 设备使用不适当	(122)
3.5.2.2.1 生产线平衡	(122)
3.5.2.2.2 进度安排	(122)
3.5.2.2.3 设备规划	(122)
3.5.2.2.4 成组技术	(122)
3.5.2.2.5 关键资源的确认	(124)
3.5.3 制造方法的替代	(124)
3.5.3.1 制造方法的质量重叠	(124)
3.5.3.2 制造方法的尺寸和产量重叠	(124)
3.6 产量对设计决策的影响	(126)
3.6.1 高生产率的设计	(126)
3.6.1.1 内圆角半径	(126)
3.6.1.2 材料消耗	(127)
3.6.1.3 高生产率的装配	(127)
3.6.1.4 高生产率的设计	(127)
3.6.2 低生产率的设计	(128)
3.6.2.1 薄壁成形件的深拉深	(128)
3.6.2.2 用于数控的设计	(129)
3.7 消耗性和非消耗性产品的影响	(130)
3.7.1 消耗性的高密度的产出	(130)
3.7.1.1 材料考虑	(130)
3.7.1.2 生产方法	(130)
3.7.2 消耗性的低密度的产出	(131)
3.7.2.1 生产方法	(131)
3.7.2.2 生产规划	(131)
3.7.3 非消耗性的高密度的产出	(132)
3.7.3.1 材料的选择方法	(132)

3.7.3.2 制造方法的选择	(132)
3.7.3.3 简化设计	(132)
3.7.3.4 人的因素	(132)
3.7.4 非消耗性的低密度的产出	(132)
3.7.4.1 较长的使用寿命	(132)
3.7.4.2 备件补充	(133)
3.8 生产性的质量保证考虑	(133)
3.8.1 百分之百检验	(133)
3.8.2 抽样检查	(133)
3.8.2.1 一次抽样方案	(134)
3.8.2.2 两次抽样方案	(134)
3.8.2.3 多次抽样方案	(134)
3.8.3 属性检验方法	(134)
3.8.4 变量检验方法	(135)
3.8.5 质量水平的选择	(135)
3.8.5.1 极限质量 (LQ)	(135)
3.8.5.2 平均检出质量 (AOQ)	(135)
3.8.5.3 可接受质量水平 (AQL)	(136)
3.8.5.4 加工的能力	(136)
3.8.5.5 返工费用	(136)
3.8.5.6 检验费用	(136)
3.8.6 抽样的风险	(137)
3.8.6.1 统计考虑	(137)
3.8.6.2 操作特性曲线	(137)
3.9 为生产性的设计简化	(138)
3.9.1 接近最后形状	(139)
3.9.1.1 接近最后形状的锻件	(139)
3.9.1.2 接近最后形状的铸件	(140)
3.9.2 减少的总装费用	(140)
3.9.2.1 扳手间隙	(140)
3.9.2.2 紧固件	(140)
3.9.2.2.1 问题面	(141)
3.9.2.2.2 材料	(141)
3.9.2.2.3 钉孔制备	(141)
3.9.2.2.4 紧固件和钉孔的界面	(142)
3.9.2.2.5 紧固件的型式和工装	(142)
3.9.2.2.6 疲劳	(143)
3.9.2.2.7 腐蚀	(143)
3.9.2.2.8 成本	(143)

3.9.3 拼合的构件	(143)
3.9.3.1 金属成形	(143)
3.9.3.2 铸造	(145)
3.9.3.3 挤压	(145)
3.9.3.4 结束语	(145)
参考文献	(145)

第四章 金属零件的生产性考虑

4.1 一般生产性考虑	(147)
4.1.1 主要材料的考虑	(147)
4.1.1.1 适用性和生产性	(147)
4.1.1.2 材料的选择因素	(147)
4.1.1.2.1 极限拉深强度	(157)
4.1.1.2.2 弹性极限	(157)
4.1.1.2.3 屈服点	(157)
4.1.1.2.4 屈服强度	(157)
4.1.1.2.5 弹性模量	(157)
4.1.1.2.6 延伸率	(157)
4.1.1.2.7 延性 (Ductility)	(157)
4.1.1.2.8 展性 (Malleability)	(157)
4.1.1.2.9 硬度	(157)
4.1.1.2.10 阻尼能力	(158)
4.1.1.2.11 强度重量比 (STWR)	(158)
4.1.1.2.12 缺口韧性	(158)
4.1.1.2.13 疲劳性能	(158)
4.1.1.2.14 高温性能	(158)
4.1.1.2.15 低温性能	(158)
4.1.1.2.16 耐腐蚀性	(158)
4.1.1.2.17 电动势	(158)
4.1.1.2.18 电性能 (电阻)	(158)
4.1.1.2.19 可焊性	(158)
4.1.1.2.20 密度	(158)
4.1.1.2.21 比热	(158)
4.1.1.2.22 热膨胀系数	(159)
4.1.1.3 成本考虑	(159)
4.1.1.4 材料的可获得性	(160)
4.1.1.4.1 商业上的可获得性	(160)
4.1.1.4.2 军方要求	(160)
4.1.1.5 与制造方法有关材料	(160)
4.1.2 制造方法的考虑	(160)

4.1.2.1 基本制造方法	(160)
4.1.2.1.1 成形	(160)
4.1.2.1.2 切除	(170)
4.1.2.1.3 装配或连接	(170)
4.1.2.1.4 最终加工	(170)
4.1.2.2 第二级制造方法	(170)
4.1.2.2.1 第二级的常规制造方法	(170)
4.1.2.2.2 第二级的特种制造方法	(170)
4.1.2.2.2.1 放电加工 (EDM)	(175)
4.1.2.2.2.2 液体动能加工	(175)
4.1.2.2.2.3 电化学去毛刺	(176)
4.1.2.2.2.4 电化学放电磨削	(176)
4.1.2.2.2.5 电化学磨削	(177)
4.1.2.2.2.6 放电锯切	(177)
4.1.2.2.2.7 移动金属丝的放电加工 (电火花线切割)	(178)
4.1.2.2.2.8 激光束加工	(178)
4.1.2.2.2.9 激光束切割	(179)
4.1.2.2.2.10 化学铣切	(179)
4.1.2.2.2.11 电化学加工 (ECM)	(180)
4.1.2.2.2.12 数控加工 (NCM)	(180)
4.1.2.2.2.13 计算机数控 (CNC) 和直接数控 (DNC) 加工	(181)
4.1.2.2.2.14 计算机辅助制造 (CAM)	(182)
4.1.2.2.2.15 结束语	(183)
4.1.2.2.3 热调理方法	(183)
4.1.2.2.3.1 热处理	(184)
4.1.2.2.3.2 退火	(184)
4.1.2.2.3.3 正火	(185)
4.1.2.2.3.4 表面淬火方法	(185)
4.1.2.2.4 最终加工方法	(185)
4.1.2.2.4.1 机械光饰	(185)
4.1.2.2.4.2 特种光饰	(197)
4.1.2.2.4.3 清理方法	(197)
4.1.2.2.4.4 防护涂层	(200)
4.1.3 试验和检查	(207)
4.1.3.1 材料的试验和检查	(207)
4.1.3.1.1 磁粉检测	(207)
4.1.3.1.2 射线照相	(207)
4.1.3.1.3 超声波检测	(207)
4.1.3.1.4 渗透检查	(208)

4.1.3.2 零件的试验与检查	(208)
4.1.3.2.1 车间的一般测量仪器	(208)
4.1.3.2.2 表面测量	(210)
4.1.3.2.3 数控测量机	(210)
4.2 钣金件	(211)
4.2.1 主要材料的考虑	(211)
4.2.1.1 材料	(211)
4.2.1.2 材料的性质和生产性	(215)
4.2.1.3 成本考虑	(215)
4.2.1.4 材料的可获得性	(216)
4.2.1.5 与制造方法有关的材料	(217)
4.2.2 制造方法的考虑	(217)
4.2.2.1 第二级的常规制造方法	(217)
4.2.2.1.1 冲压	(217)
4.2.2.1.2 冲裁	(218)
4.2.2.1.3 成形	(219)
4.2.2.1.4 旋压	(219)
4.2.2.1.4.1 普通旋压	(220)
4.2.2.1.4.2 变薄旋压	(220)
4.2.2.1.5 深拉深	(220)
4.2.2.2 第二级的特种制造方法	(223)
4.2.2.2.1 数控加工 (NCM)	(223)
4.3 成型零件或机加金属零件 (NS/MMC)	(224)
4.3.1 主要材料的考虑	(224)
4.3.1.1 材料	(224)
4.3.1.2 材料的性能和生产性	(226)
4.3.1.3 成本考虑	(226)
4.3.1.4 材料的可获得性	(228)
4.3.1.5 与制造方法有关的材料	(228)
4.3.1.5.1 批量大小和生产性	(228)
4.3.2 制造方法的考虑	(228)
4.3.2.1 第二级的常规制造方法	(229)
4.3.2.1.1 铸造	(229)
4.3.2.1.1.1 砂型铸造	(229)
4.3.2.1.1.2 金属型铸造	(230)
4.3.2.1.1.3 熔模铸造	(231)
4.3.2.1.1.4 压力铸造	(231)
4.3.2.1.2 锻造	(231)
4.3.2.1.2.1 重力锤或动力锤锻造	(238)

4.3.2.1.2.2 旋转锻造	(238)
4.3.2.1.2.3 压力锻造	(238)
4.3.2.1.2.4 机械锻造	(238)
4.3.2.1.2.5 锻造与棒材机械加工的比较	(238)
4.3.2.1.3 粉末冶金	(241)
4.3.2.1.4 挤压	(242)
4.3.2.1.4.1 正挤	(242)
4.3.2.1.4.2 双金属挤压	(242)
4.3.2.1.4.3 冷挤	(242)
4.3.2.1.5 机械加工	(244)
4.3.2.1.5.1 车削	(245)
4.3.2.1.5.2 铣削	(245)
4.3.2.1.5.3 钻削	(246)
4.3.2.1.5.4 铰孔	(246)
4.3.2.1.5.5 拉削	(252)
4.3.2.1.5.6 镗削	(252)
4.3.2.1.5.7 滚铣	(252)
4.3.2.1.5.8 锯切	(253)
4.3.2.1.5.9 套孔	(253)
4.3.2.1.5.10 磨削	(253)
4.3.2.1.5.11 刨削	(254)
4.3.2.1.5.12 牛头刨削	(254)
4.3.2.1.6 结束语	(255)
4.3.2.2 第二级的特种制造方法	(255)
4.3.2.2.1 数控加工 (NCM)	(255)
4.3.2.2.2 数控加工方法	(255)
4.4 重型结构件	(256)
4.4.1 主要材料的考虑	(256)
4.4.1.1 材料	(256)
4.4.1.2 材料选择的因素	(259)
4.4.1.3 成本考虑	(259)
4.4.1.4 材料的可获得性	(259)
4.4.1.5 与制造方法有关的材料	(259)
4.4.2 制造方法的考虑	(260)
4.4.2.1 第二级的常规制造方法	(260)
4.4.2.1.1 机械加工方法	(260)
4.4.2.1.1.1 刨削	(260)
4.4.2.1.1.2 插削	(261)
4.4.2.1.1.3 车削	(261)

4.4.2.1.2 切割方法	(261)
4.4.2.2 第二级的特种制造方法	(262)
4.4.2.2.1 机械加工和切割方法	(262)
4.4.2.2.1.1 数控机械加工 (NCM)	(262)
4.4.2.2.1.2 数控火焰切割	(262)
4.4.2.2.1.3 等离子切割	(262)
4.4.2.2.2 框架的数控弯曲	(263)
4.5 主要的生产性问题	(263)
4.5.1 热处理翘曲	(264)
4.5.1.1 原因和影响	(264)
4.5.1.2 解决办法	(264)
4.5.2 机械加工内形上的尖角	(264)
4.5.2.1 原因和影响	(264)
4.5.2.2 解决办法	(264)
4.5.3 平底的盲孔	(264)
4.5.3.1 原因和影响	(264)
4.5.3.2 解决办法	(264)
4.5.4 拉深件上的外尖角	(264)
4.5.4.1 原因和影响	(264)
4.5.4.2 解决办法	(265)
4.5.5 钻孔容差	(265)
4.5.5.1 原因和影响	(265)
4.5.5.2 解决办法	(265)
4.5.6 未能使用可用材料	(265)
4.5.6.1 原因和影响	(265)
4.5.6.2 解决办法	(265)
4.5.7 不能实现的容差	(265)
4.5.7.1 原因和影响	(265)
4.5.7.2 解决办法	(265)
4.5.8 不能实现的检查要求	(266)
4.5.8.1 原因和影响	(266)
4.5.8.2 解决办法	(266)
4.5.9 产品重量	(266)
4.5.9.1 原因和影响	(266)
4.5.9.2 解决办法	(266)
4.5.10 铸件的表面应力	(266)
4.5.10.1 原因和影响	(266)
4.5.10.2 解决办法	(266)
参考文献	(267)