



航空制造工程手册

《航空制造工程手册》总编委会 主编

·飞机结构工艺性指南·

航空工业出版社

技术编辑：王超英

封面设计：霍振源

ISBN 7-80134-155-4



9 787801 341556 >

ISBN 7-80134-155-4

V · 003

定价：120.00 元

航空制造工程手册

飞机结构工艺性指南

《航空制造工程手册》总编委会 主编

航空工业出版社

1998

内 容 提 要

本书是大型工具书《航空制造工程手册》的分册之一,从制造工程的角度,对飞机设计提出为保证产品具有良好的工艺性,在设计工作中必须考虑的诸多工艺因素,并列举实例说明。遵照手册的编写原则,既总结了我国飞机制造的丰富经验和科研成果,又适时地吸收国外有关信息。对从事飞机设计和制造的工程技术人员有一定指导作用和参考价值。

本书共分 17 章。第 1 章介绍飞机结构工艺性的概念、内涵、评价方法。第 2、3 章阐述飞机总体结构及系统安装的工艺性。第 4~13 章论述各种零件的结构工艺性问题,包括锻、铸、热处理、化铣、特种加工、钣金、机加、复合材料、非金属材料等各种零件。第 14~17 章讲述各种连接方法的工艺性,包括机械连接、胶接、焊接、及密封连接等。全书覆盖了飞机零组件制造的各个专业。内容翔实,数据可靠,图文并茂,实用方便。

本书是从事飞机设计和制造的工程技术人员的工具书。也可供航天、兵器、舰船、汽车等行业的工程技术人员及大、中院校师生参考。

图书在版编目(CIP)

航空制造工程手册·飞机结构工艺性指南/《航空制造工程手册》总编委会主编;吴复兴分主编. —北京:航空工业出版社,1998. 1

ISBN 7-80134-155-

I. 航… II. ①航… ②吴… III. ①航空工程-制造-手册②飞机-设计-手册 N. V26-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 16686 号

责任编辑 黄苏桥

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

航空工业出版社印刷厂印刷 全国各地新华书店经售

1998 年 1 月第 1 版

1998 年 1 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:56.5 字数:1483 千字

印数:1—1000

定价:120.00 元

序

我国航空工业已走过了四十余年的历程,从飞机的修理、仿制到自行研制,航空制造工程得到很大的发展。在航空高科技产业的大系统中,航空制造工程是重要的组成部分之一。航空工业,就其行业性来讲,属于制造业范畴。航空制造工程的技术状况,是衡量一个国家科学技术发展综合水平的重要标志。航空制造工程的发展水平,对飞机的可靠性和使用寿命的提高、综合技术性能的改善、研制和生产成本的降低、甚至总体设计思想能否得到具体实现等均起着决定性作用。

航空制造工程已成为市场竞争的重要基础,要发展航空工业、并有效地占领市场,不仅要不断地更新设计,开发新产品,更重要的是要具备一个现代化的航空制造工程系统。在发达国家中,均优先发展航空制造工程,很多新工艺、新材料、新设备、新技术都是在航空制造工程中领先使用的,因此必须从战略高度予以重视,并采取实际而有效的措施加速它的发展。编写《航空制造工程手册》,就是为实现航空制造工程现代化的战略目标,在制造工程领域进行的基础性工作。

四十年来,我国航空工业积累了大量经验,取得了丰硕的成果,特别是改革开放以来,开扩了视野并有可能汲取更多的新科技信息。但是如何将这些容量浩繁、层次复杂、学科众多的科学技术和经验汇集起来,使之成为我国航空工业、乃至国家的珍贵财富,是一项具有重大实用价值和长远意义的任务,为此航空航天部决定组织全行业的力量,统一计划、统一部署完成这项极其复杂的规模巨大的系统工程。大家本着继往开来的历史责任感和紧迫感,从1989年开始组织航空工业全行业制造工程方面造诣至深的专家、教授、学者,经过几年的努力陆续编写出版了这套基本覆盖航空制造工程各专业各学科的包括三十二个分册、几千万字的《航空制造

工程手册》。

编好这套手册是一项十分艰巨的工作。大家始终坚持求实、求新、求精、求是的原则，在确保鲜明航空特色的前提下，在总体内容上强调实用性、综合性、成套性；在表达形式上，以技术数据、图形表格、曲线公式为主；阐述扼要，结论严谨，力求使手册成为一部概念准确、数据可靠、文字简洁、编排合理、查阅方便，能为广大从事航空制造工程的科技人员提供有益指导和参考的工具书。

首次组织编纂大型手册，缺乏经验，还由于过去资料积累基础比较薄弱，新技术发展迅速和深度广度不断增加，使这项工作带有相当程度的探索性，因之错误与不足之处实为难免，恳切希望广大读者给予指正。对在这套手册编写过程中给予支持的单位和付出辛勤劳动，提供资料，参与编写，评审，出版的同志们表示衷心感谢。由于我国航空制造工程与世界水平尚存在较大差距，这套手册出版这后，还有不断求新、完善的必要，《航空制造工程手册》总编委会及其办公室是常设机构，将努力收集新的科技信息及这套工具书使用的情况和意见，为今后的修订提供依据，以求进一步完善和提高。

何文治

1992年8月28日

《航空制造工程手册》

各分册名称

- | | |
|-------------|---------------|
| 《通用基础》 | 《非金属结构件工艺》 |
| 《热处理》 | 《飞机结构工艺性指南》 |
| 《特种加工》 | 《发动机械加工》 |
| 《表面处理》 | 《发动机装配与试车》 |
| 《焊接》 | 《发动机叶片工艺》 |
| 《特种铸造》 | 《燃油泵与调节器装配试验》 |
| 《金属材料切削加工》 | 《弹性元件工艺》 |
| 《齿轮工艺》 | 《电连接器工艺》 |
| 《工艺检测》 | 《机载设备精密加工》 |
| 《计算机辅助制造工程》 | 《光学元件工艺》 |
| 《飞机钣金工艺》 | 《框架壳体工艺》 |
| 《飞机机械加工》 | 《武器系统装配》 |
| 《飞机装配》 | 《电机电器工艺》 |
| 《飞机工艺装备》 | 《救生装备工艺》 |
| 《飞机模线样板》 | 《电子设备装配》 |
| 《金属结构件胶接》 | 《机载设备环境试验》 |

《航空制造工程手册》

总编委会、顾问及办公室组成名单

总编委会主任 何文治

总编委会副主任 (按姓氏笔划排列)

马业广	王云机	王敬堂	方裕成	刘多朴
朱伯贤	任家耕	李成功	李哲浩	李章由
吴复兴	易志斌	郑作棣	杨彭基	张彤
张士元	张钟林	周家骐	周砥中	周晓青
金德琨	姚克佩	顾元杰	徐秉铨	徐培麟
郭景山	程宝渠	屠德彰		

总编委会常务副主任 马业广

总编委会顾问 (按姓氏笔划排列)

马世英	于欣	于志耕	于剑辉	王英儒
冯旭	杨塘	杨光中	陆颂善	枉云汉
罗时大	荣科	邴少安	董德馨	程华明
廖宗懋	颜鸣皋	戴世然		

总编委会委员 (按姓氏笔划排列)

马业广	王广生	王云机	王国成	王喜力
王敬堂	方学龄	方裕成	刘多朴	刘树桓
刘盛东	刘瑞新	关桥	朱伯贤	孙国璧
任家耕	严世能	何文治	何恽晋	李成功
李秋娥	李哲浩	李章由	李德澄	杜昌年
沈昌治	陈于乐	陈进	陈积懋	陈德厚
余承业	杨彭基	吴志恩	吴复兴	张彤
张夏	张士元	张幼楨	张灵雨	张纯正
张钟林	张增模	周家骐	周砥中	周晓青

易志斌	郑作棣	林更元	林泽宽	林敦仪
金慧根	金德琨	国 岩	赵仲英	胡四新
胡建国	姜淑芳	姚永义	姚克佩	郝命麒
顾元杰	郭景山	晏海瑞	唐荣锡	唐瑞润
徐秉铨	徐培麟	常荣福	戚道纬	崔连信
屠德彰	程宝渠	熊敦礼	戴 鼎	

总编委会常委 (按姓氏笔划排列)

马业广	王云机	何恂晋	李成功	李哲浩
吴复兴	郑作棣	周家骐	戚道纬	崔连信
屠德彰	戴 鼎			

总编委会办公室主任

戚道纬

总编委会办公室副主任 (按姓氏笔划排列)

刘树桓 姜淑芳 崔连信

总编委会办公室成员 (按姓氏笔划排列)

丁立铭	王偌鹏	刘树桓	刘瑞麟	邵 箭
陈 刚	陈振荣	宋占意	张士霖	林 森
段文斌	贺开运	姜淑芳	莫龙生	徐晓风
戚道纬	崔正山	崔连信		

《飞机结构工艺性指南》分编委会组成名单

主 编	吴复兴				
副主编	(按姓氏笔划排列)				
	胡世荣	胡建国	赵振业	徐培麟	锁 铨
委 员	(按姓氏笔划排列)				
	丁祖寿	王炳贤	王基祖	邵长林	陈同安
	吴志恩	吴复兴	吴荣煌	张凤源	张淑敏
	周贤宾	胡世荣	胡建国	赵振业	徐培麟
	袁自强	梁惠钧	锁 铨	韩 维	蔡 青
	穆汉民				

《飞机结构工艺性指南》其他编写人员、统稿

人员和提供资料人员名单

编写人员 (按姓氏笔划排列)

于有富	王广生	王云渤	王仁智	王世华
王纯孝	方德星	白太忠	白富真	宁保国
刘玉芳	刘明珠	刘 屏	孙冬生	汝继来
张一鸣	张士霖	张克惠	张彦华	张晓兵
宋德玉	李中守	李 正	杜 颂	邵亦陈
陈海英	陈文浩	林敦仪	罗小玲	钟夏娣
胡 芸	赵渠森	郭多祉	郭应竹	徐敦智
章肇新	黄永坚	盖克翥	谢国良	曹正华
曾纪德	戴 棣	魏俊鹏		

统稿人员（按姓氏笔划排列）

王云渤	白富真	刘忠祥	张士霖	邵亦陈
胡世荣	胡建国	徐培麟	黄永坚	

提供资料人员（按姓氏笔划排列）

王大鹏	王志刚	刘万余	孙启龙	曲卫涛
李玉花	张田仓	张守勇	张志方	沈培德
杨楠楠	周显忠	姚任远	唐志忠	郭德伦
梁淑琴	黄福祥			

目 录

第1章 总论

1.1 结构工艺性定义和要点	1
1.1.1 引言	1
1.1.2 结构工艺性定义	1
1.1.3 飞机设计各阶段的结构工艺性 要点	3
1.1.3.1 总体设计阶段的结构工艺性 要点	3
1.1.3.2 技术设计阶段的结构工艺性 要点	4
1.1.3.3 详细设计阶段的结构工艺性 要点	5
1.1.4 结构工艺性优劣实例	6
1.2 结构工艺性的评价	8
1.2.1 结构工艺性评价的原则	8
1.2.2 结构工艺性评价的指标	9
1.2.2.1 主要工艺性指标	9
1.2.2.2 辅助工艺性指标	9
1.3 工艺性工作的组织	11
1.3.1 工艺性工作的组织形式	11
1.3.2 我国目前采用的组织形式	11
1.3.2.1 工艺性审查的组织和任务	11
1.3.2.2 工艺性审查在设计各阶段的 主要工作	11
1.3.2.3 工艺性审查过程中的 问题处理	12
1.3.2.4 产品图样、技术文件的 工艺性审查会签	12
1.3.3 工艺性工作组织的发展趋势	12
1.4 结构工艺性分析的有用技术	13
1.4.1 成本估算法	13
1.4.2 网络技术法	14
1.4.2.1 时间基网络图	15
1.4.2.2 条线图	16
1.4.2.3 结构工艺性分析	16
1.4.3 容差分析法	17
1.4.3.1 资料收集	17
1.4.3.2 数据分析	17

1.4.3.3 建议	18
------------------	----

第2章 飞机机体结构工艺性

2.1 飞机机体的外形及设计分离面的 工艺性	19
2.1.1 飞机外形工艺性	19
2.1.1.1 机身类部件外形	19
2.1.1.2 翼面类部件外形	19
2.1.1.3 空气动力外形准确度	20
2.1.2 设计分离面的工艺性	22
2.1.2.1 设计分离面划分原则	22
2.1.2.2 设计分离面结构的工艺性	23
2.1.3 飞机水平测量点布置	32
2.1.3.1 水平测量点布置原则	32
2.1.3.2 飞机水平测量方法	34
2.1.3.3 飞机水平测量公差要求	35
2.2 部件、段件、组合件结构工艺性	35
2.2.1 部件承力构件布置的工艺性	35
2.2.1.1 翼面类部件承力构件布置的 工艺性	35
2.2.1.2 机身类部件承力构件布置的 工艺性	36
2.2.2 部件结构的工艺分解及工艺性	38
2.2.2.1 部件划分为段件	38
2.2.2.2 部件、段件划分为壁板	40
2.2.2.3 部件、段件划分为组合件	47
2.2.3 装配定位方法对结构设计的 要求	50
2.2.3.1 按装配孔定位装配	50
2.2.3.2 按定位孔定位装配	52
2.2.3.3 以骨架外形为基准装配	53
2.2.3.4 以蒙皮外形为基准装配	54
2.2.3.5 以蒙皮内形为基准装配	54
2.2.3.6 各种装配方法的技术经济 比较	55
2.2.4 结构的连接方法	56
2.2.5 结构中设计补偿的应用	56
2.3 飞机机体结构的可检测性	60
2.3.1 关于可检测性和工具可达性	

的建议	60	3.2.3:4 电缆连接的工艺性	117
2.3.1.1 对可检测结构的设计要求	60	3.2.4 电搭接工艺性	119
2.3.1.2 对不可检测结构的设计 要求	61	3.2.4.1 电搭接工艺性的一般要求	119
2.3.1.3 对安全损伤的可靠性要求	63	3.2.4.2 设备电搭接的工艺性	119
2.3.2 可检测性好的结构举例	63	3.2.4.3 屏蔽线电搭接的工艺性	120
2.3.3 不可检测结构举例	66	3.3 机械操纵系统结构工艺性	121
2.3.4 用仪器可检测的结构举例	67	3.3.1 机械操纵系统草图设计阶段的 工艺性	121
第3章 飞机系统结构工艺性		3.3.2 机械操纵系统零组件的结构 工艺性	122
3.1 管道系统结构工艺性	74	3.3.2.1 硬式操纵系统零组件的结构 工艺性	122
3.1.1 管道系统草图设计阶段的工艺性	74	3.3.2.2 软式操纵系统零组件的结构 工艺性	126
3.1.2 管道系统细节设计阶段的工艺性	74	3.3.2.3 密封出口组件的结构工艺性	128
3.1.2.1 导管类零件的结构工艺性	74	3.3.3 机械操纵系统安装和调试的 工艺性	130
3.1.2.2 管道系统的安装工艺性	77	3.3.3.1 机械操纵系统安装图设计的 工艺性一般要求	130
3.1.3 管道系统试验的工艺性	102	3.3.3.2 识别标记的使用	131
3.1.3.1 一般要求	102	3.3.3.3 机械操纵系统安装的工艺性 要求	132
3.1.3.2 确定系统密封性要求的 工艺性因素	103	3.3.3.4 设计补偿的应用及调试 工艺性	134
3.1.3.3 密封性测试对结构的 工艺性要求	104	3.3.4 襟翼和缝翼操纵系统的安装 工艺性	136
3.1.3.4 系统功能测试的工艺性	104		
3.1.4 管道系统清洁度的工艺性	105	第4章 锻件结构工艺性	
3.1.4.1 管道系统清洁度的概念	105	4.1 锻件工艺性通用要求	138
3.1.4.2 管道系统清洁度目标 及其工艺性	105	4.1.1 锻件的特点及适用范围	138
3.1.4.3 结构设计中的清洁度保证措施	105	4.1.1.1 锻件的特点	138
3.1.4.4 关于设计文件中规定清洁度 要求的建议	107	4.1.1.2 飞机用锻件的特殊要求	138
3.2 机载电气线路工艺性	108	4.1.1.3 锻件的适用范围	138
3.2.1 电气线路原理及布局设计的 工艺性	108	4.1.2 锻件用原材料及选用原则	139
3.2.1.1 电气线路原理设计的工艺性	108	4.1.2.1 原材料种类	139
3.2.1.2 电气线路布局设计的工艺性	108	4.1.2.2 选用原则	139
3.2.1.3 电气线路设计余量的工艺性	109	4.1.3 锻件分类	139
3.2.2 电缆的工艺性	109	4.1.3.1 按锻造工艺方法分类	140
3.2.2.1 电缆配置的工艺性	109	4.1.3.2 按零件的重要性分类	141
3.2.2.2 电缆的分段	109	4.1.3.3 按锻件形状分类	141
3.2.2.3 电缆的尺寸	109	4.2 锻件结构要素工艺性	141
3.2.2.4 电缆结构的工艺性	110	4.2.1 模锻件	141
3.2.3 电缆安装的工艺性	113	4.2.1.1 分模面、分模线	141
3.2.3.1 电缆敷设线路的工艺性	113	4.2.1.2 锻件流线	143
3.2.3.2 电缆固定的工艺性	116	4.2.1.3 模锻斜度	143
3.2.3.3 不开敞位置电缆安装的工艺性 要求	117		

4.2.1.4 腹板厚度及斜度	144	5.1.1.3 铸造零件在飞机上的应用	181
4.2.1.5 肋和腹板加强肋	147	5.1.2 铸造合金的特性	181
4.2.1.6 侧壁厚度	149	5.1.2.1 铸造铝合金的工艺特性 及其应用	181
4.2.1.7 压窝和通孔	149	5.1.2.2 铸造镁合金的工艺特性 及其应用	182
4.2.1.8 凸台	152	5.1.2.3 铸造钛合金的工艺特性 及其应用	182
4.2.1.9 圆角半径	153	5.1.2.4 铸钢的工艺特性及其应用	183
4.2.2 自由锻件	158	5.2 铸造工艺方法及选择	183
4.2.2.1 台阶和凹档	158	5.2.1 铸造工艺方法的分类及特点	183
4.2.2.2 法兰	160	5.2.1.1 铸造工艺方法的分类	183
4.2.2.3 凸台	162	5.2.1.2 各种铸造方法的特点	184
4.2.2.4 孔	162	5.2.2 铸造方法的选择依据	187
4.3 锻件结构工艺性	163	5.3 铸造零件结构工艺性	188
4.3.1 典型的飞机锻件结构 工艺性	163	5.3.1 铸件结构设计原则	188
4.3.1.1 梁形件	163	5.3.2 铸件结构基本要素	189
4.3.1.2 筒形件	164	5.3.2.1 铸件的壁厚	189
4.3.1.3 框形件	164	5.3.2.2 壁的过渡形式和尺寸关系	191
4.3.1.4 接头、支臂	164	5.3.2.3 壁的连接形式和尺寸关系	194
4.3.2 国内锻造加工能力	166	5.3.2.4 铸造圆角	204
4.3.3 锻件公差及标注	166	5.3.2.5 铸造斜度	206
4.3.4 锻件表面粗糙度	174	5.3.2.6 铸造筋(肋)	209
4.3.5 锻件检验及取样原则	174	5.3.2.7 铸孔与铸槽	218
4.3.5.1 力学性能试样	174	5.3.2.8 凸台与凸边	221
4.3.5.2 高、低倍试样	175	5.3.3 各类铸造零件结构工艺性	225
4.3.5.3 无损检测	175	5.3.3.1 砂型铸造零件结构工艺性	225
4.4 冷挤压零件结构工艺性	175	5.3.3.2 金属型铸造零件结构工艺性	229
4.4.1 冷挤压件特点及分类	175	5.3.3.3 压铸零件结构工艺性	230
4.4.1.1 冷挤压工艺特点及适用范围	175	5.3.3.4 熔模精密铸造零件结构 工艺性	232
4.4.1.2 冷挤压件分类	175	5.3.4 铸件图设计	233
4.4.2 材料选择	176	5.3.4.1 设计铸件图注意事项	233
4.4.2.1 对材料的要求	176	5.3.4.2 铸件图设计实例	237
4.4.2.2 最大变形程度	176	5.3.4.3 铸件图的习惯画法及 代表符号	241
4.4.3 冷挤压件的尺寸精度和 表面质量	176		
4.4.3.1 尺寸精度	177		
4.4.3.2 表面质量	177		
4.4.4 冷挤压零件的结构设计	177		
4.5 特种锻造工艺	178		
第5章 铸造零件结构工艺性		第6章 零件热处理工艺性	
5.1 铸造零件工艺性通用要求	180	6.1 热处理种类及适用范围	242
5.1.1 铸造零件的特点、分类 和应用	180	6.1.1 热处理分类	242
5.1.1.1 铸造零件的特点	180	6.1.2 飞机用金属材料	242
5.1.1.2 铸造零件的分类和分级	180	6.1.3 钢的热处理种类及应用	243
		6.1.4 高温合金热处理种类及应用	245
		6.1.5 有色金属热处理种类及应用	246
		6.1.5.1 铝合金热处理种类及应用	246

6.1.5.2 镁合金热处理种类及应用	250	7.1 表面处理方法及适用范围	277
6.1.5.3 钛合金热处理种类及应用	250	7.1.1 表面处理的表示方法	277
6.1.5.4 铜合金热处理种类及应用	250	7.1.1.1 金属镀层表示方法	277
6.2 飞机零件热处理特点及分类	251	7.1.1.2 化学处理和电化学处理的 表示方法	278
6.2.1 飞机零件热处理特点	251	7.1.1.3 涂装表示方法	278
6.2.2 热处理零件分类	251	7.1.2 表面处理的用途	279
6.2.3 热处理零件检验	251	7.1.3 表面处理方法的选用原则	280
6.3 飞机零件热处理工艺性	252	7.1.3.1 接触偶的选择	281
6.3.1 钢的淬硬性和淬透性	252	7.1.3.2 表面处理方法的选择	281
6.3.1.1 钢的淬硬性	252	7.1.3.3 涂层的选择	282
6.3.1.2 钢的淬透性与最大限制尺寸	253	7.2 零件表面处理特点、分类	284
6.3.2 结构钢热处理工艺特性	256	7.2.1 铁基合金零件	284
6.3.3 超高强度钢热处理工艺特性	256	7.2.1.1 镀覆层的选择	284
6.3.3.1 低合金超高强度钢热处理 工艺特性	256	7.2.1.2 涂层的选择	284
6.3.3.2 中合金超高强度钢热处理 工艺特性	257	7.2.2 铝和铝合金零件	285
6.3.3.3 高合金超高强度钢热处理工 艺特性	257	7.2.2.1 表面处理方法的选择	285
6.3.4 不锈钢热处理工艺特性	257	7.2.2.2 涂层的选择	285
6.3.4.1 奥氏体不锈钢热处理 工艺特性	258	7.2.3 镁合金零件	286
6.3.4.2 马氏体不锈钢热处理 工艺特性	258	7.2.3.1 两类氧化膜对比	286
6.3.4.3 沉淀硬化不锈钢热处理 工艺特性	259	7.2.3.2 涂层选择	287
6.3.5 钢的热处理变形及其结构工艺性 ..	260	7.2.4 铜和铜合金零件	287
6.3.6 高温合金热处理工艺特性	262	7.2.5 钛合金零件	287
6.3.7 铝合金热处理工艺特性	263	7.2.5.1 镀覆层选择	287
6.3.7.1 限制最大剖面厚度	263	7.2.5.2 涂层选择	288
6.3.7.2 严格热处理工艺	264	7.2.6 非金属材料零件	288
6.3.7.3 热处理变形控制	264	7.2.6.1 复合材料涂装	288
6.3.7.4 使用中的尺寸稳定性	265	7.2.6.2 塑料涂装	289
6.3.7.5 在高温下暴露时间的限制	266	7.2.6.3 木质材料涂装	290
6.3.8 镁合金热处理工艺特性	267	7.2.7 特殊零件涂装	290
6.3.9 钛合金热处理工艺特性	268	7.2.7.1 雷达天线罩的涂装	290
6.3.10 铜合金热处理工艺特性	269	7.2.7.2 耐油零件的涂装	291
6.3.11 航空工业中热处理技术进步及 生产能力	270	7.3 表面处理零件结构工艺性	291
6.3.11.1 改进和提高原有热处理技术	270	7.3.1 零件防护处理的工艺局限性	291
6.3.11.2 真空热处理及其生产能力	271	7.3.2 防护性镀层许用温度限制	292
6.3.11.3 保护气氛热处理及其 生产能力	274	7.3.3 功能性表面处理的工艺局限	293
		7.3.4 表面处理零件的结构工艺性	294
		7.3.5 选择表面处理方法时应 注意的问题	294
		7.3.5.1 零件防腐蚀设计	294
		7.3.5.2 特别注意事项	295
		7.4 表面喷丸强化零件工艺性	295
		7.4.1 喷丸强化工艺	295
		7.4.1.1 定义	295

7.4.1.2 术语与符号	295	8.1.5 化铣零件工艺性一般建议	317
7.4.1.3 特点	296	8.2 化铣零件结构工艺性	319
7.4.2 喷丸强化的用途及应用范围	296	8.2.1 板制零件	319
7.4.2.1 用途	296	8.2.1.1 平板零件	319
7.4.2.2 应用范围	296	8.2.1.2 曲板零件	320
7.4.3 喷丸强化工艺参数的选择原则	298	8.2.1.3 板制零件化铣结构工艺性	322
7.4.3.1 喷丸强度	298	8.2.2 型材、管件	323
7.4.3.2 弹丸种类	299	8.2.3 锥度零件	324
7.4.3.3 表面覆盖率	299	8.2.4 胶接零件的化铣	324
7.4.4 喷丸强化在图纸上的标注	299	8.2.5 铝-锂合金化铣	324
7.4.4.1 喷丸零件锐边和尖角的 倒圆规定	299	8.3 化铣零件加工精度及检验	324
7.4.4.2 喷丸部位和工艺参数在图纸上 的标注	300	8.3.1 化铣零件的加工精度	324
7.5 孔挤压强化工艺性	300	8.3.1.1 厚度公差	324
7.5.1 孔挤压强化工艺特点	300	8.3.1.2 轮廓公差	325
7.5.1.1 定义	300	8.3.1.3 线性公差	325
7.5.1.2 工艺特点	300	8.3.2 化铣零件表面粗糙度	326
7.5.1.3 类型	301	8.3.2.1 铝合金	326
7.5.1.4 挤压孔的形状及部位	302	8.3.2.2 钛合金	326
7.5.1.5 孔挤压强化效果	303	8.3.3 化铣零件的检验	327
7.5.2 孔挤压强化工艺参数选择	304	第9章 特种加工零件结构工艺性	
7.5.2.1 工艺参数	304	9.1 激光加工零件结构工艺性	328
7.5.2.2 选择原则	304	9.1.1 激光加工的分类及应用	328
7.5.3 孔挤压强化在图纸上的标注	304	9.1.1.1 分类	328
7.5.4 孔挤压强化工艺应用范围	305	9.1.1.2 应用范围	329
第8章 化铣零件结构工艺性		9.1.2 激光加工工艺特性及其 加工设备	329
8.1 化铣零件工艺性一般建议	307	9.1.2.1 工艺特点及影响因素	329
8.1.1 工艺特点	307	9.1.2.2 激光加工设备	329
8.1.1.1 工艺功能	307	9.1.3 激光加工零件结构工艺性	331
8.1.1.2 工艺特点	307	9.1.3.1 激光制孔零件结构工艺性	331
8.1.1.3 铝合金化铣的类型	309	9.1.3.2 激光切割零件结构工艺性	332
8.1.2 化铣零件加工形式	309	9.1.3.3 激光焊接零件结构工艺性	333
8.1.2.1 加工程序	309	9.2 电火花加工零件结构工艺性	337
8.1.2.2 加工形式	309	9.2.1 电火花加工的分类及应用	337
8.1.3 化铣工艺对零件性能的影响	310	9.2.1.1 分类	337
8.1.3.1 保护层对零件质量的影响	310	9.2.1.2 应用范围	339
8.1.3.2 表面粗糙度	310	9.2.2 电火花加工工艺特性及其加工 设备	340
8.1.3.3 氢脆	311	9.2.2.1 工艺特点	340
8.1.3.4 机械性能	313	9.2.2.2 工艺指标	341
8.1.4 化铣加工的限制	315	9.2.2.3 表层	342
8.1.4.1 主要限制	315	9.2.2.4 后处理	343
8.1.4.2 加工精度的限制	316	9.2.2.5 材料的可加工性	344
8.1.4.3 表面粗糙度的限制	317	9.2.2.6 电火花加工设备	345

9.2.3 电火花加工对零件结构 工艺性要求	345	9.5.2.2 高压水射流切割机	372
9.2.3.1 一般要求	345	9.5.3 典型切割零件实例	374
9.2.3.2 对零件结构的工艺要求	346	第10章 钣金零件结构工艺性	
9.3 电解加工零件的结构工艺性	347	10.1 结构工艺性通则	375
9.3.1 电解加工的分类及应用	347	10.1.1 钣金零件的范围、分类和特点	375
9.3.1.1 分类	347	10.1.1.1 范围	375
9.3.1.2 应用范围	349	10.1.1.2 分类	375
9.3.2 电解加工工艺特性及其加工设备	349	10.1.1.3 特点	376
9.3.2.1 主要工艺特点	349	10.1.2 制造方法选择	376
9.3.2.2 工艺指标	349	10.1.2.1 成形方法和适用范围	376
9.3.2.3 后处理	351	10.1.2.2 注意事项	380
9.3.2.4 电解加工设备	352	10.1.3 材料成形性	380
9.3.3 电解加工对零件结构工艺性 的要求	353	10.1.3.1 定义和范围	380
9.3.3.1 电解加工对零件结构的影响	353	10.1.3.2 常用材料简介	381
9.3.3.2 电解加工对零件结构的 工艺要求	354	10.1.3.3 常用材料试验项目	387
9.4 热喷涂零件结构工艺性	357	10.1.3.4 选材注意事项	388
9.4.1 热喷涂工艺的分类及应用	357	10.1.4 零件加工精度	388
9.4.1.1 分类	357	10.1.4.1 钣金零件加工精度的特点	388
9.4.1.2 应用范围	358	10.1.4.2 各类零件的加工公差	389
9.4.2 热喷涂工艺特性及其加工设备	358	10.1.5 零件结构和形状	392
9.4.2.1 热喷涂材料和基材	358	10.1.5.1 零件结构的发展趋势	392
9.4.2.2 等离子喷涂涂层种类	359	10.1.5.2 零件设计的注意事项	393
9.4.2.3 涂层的组织特性及与基材 的结合	361	10.2 蒙皮零件结构工艺性	393
9.4.2.4 涂层厚度范围	361	10.2.1 零件分类	393
9.4.2.5 涂层加工	362	10.2.2 零件设计一般性建议	395
9.4.2.6 复合材料表面火焰喷铝	362	10.2.2.1 型面设计	395
9.4.2.7 热喷涂工艺设备	363	10.2.2.2 外形设计	397
9.4.3 热喷涂零件结构工艺性	365	10.2.2.3 零件选材	398
9.4.3.1 热喷涂零件涂层标注	365	10.2.3 整体壁板结构工艺性	398
9.4.3.2 热喷涂工艺方向性和 遮盖保护	366	10.2.3.1 型面几何分析	398
9.4.3.3 热喷涂零件结构工艺性	367	10.2.3.2 结构几何分析	402
9.5 高压水射流切割零件结构工艺性	369	10.2.3.3 结构工艺性建议	403
9.5.1 高压水射流切割特点与应用	369	10.2.4 零件结构工艺性举例	405
9.5.1.1 切割特点	369	10.2.5 蒙皮成形主要设备	407
9.5.1.2 应用范围	370	10.3 板材骨架零件结构工艺性	408
9.5.1.3 磨料水射流切割的应用范围	371	10.3.1 平板零件和板弯零件	408
9.5.2 高压水射流切割工艺特性及 加工设备	372	10.3.1.1 平板零件	408
9.5.2.1 工艺特性	372	10.3.1.2 板弯零件	410
		10.3.2 框、肋零件	418
		10.3.2.1 框、肋的弯边	418
		10.3.2.2 加强窝	421
		10.3.2.3 加强槽	422
		10.3.2.4 减轻孔	424
		10.3.2.5 侧下陷	426