



〔苏〕B. A. 斯捷巴契卡 等 编

# 飞机制造新工艺

国防工业出版社

# 飞机制造新工艺

〔苏〕 B. A. 斯捷巴契卡 等编

崔连信 等译

张敬儒 等校

国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书介绍了近年来苏联飞机制造业中五个方面的新工艺，即企业自动化管理系统、铆接和螺栓连接的自动化、钣金零件的脉冲成形法、低温工艺技术以及表面强化和精加工法。书中介绍的内容不仅反映了苏联飞机制造技术的最新发展现状，而且有些章节还列举了技术数据、工艺参数，并作了详细说明。

可供有关技术人员参考，对大专院校师生也有一定参考价值。

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В САМОЛЕТОСТРОЕНИИ

В. А. Степанченко ит. д

МАШИНОСТРОЕНИЕ 1975

\*

### 飞机制造新工艺

〔苏〕В. А. 斯捷巴契卡 等编

崔连信 等译

张敬儒 等校

\*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

850 × 1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张 11<sup>1</sup>/<sub>4</sub> 286 千字

1982年2月第一版 1982年2月第一次印刷 印数：0,001—1,200册

统一书号：15034·2300 定价：1.40元

## 说 明

本书译自苏联“机械制造”出版社1975年出版的《Технический прогресс в самолетостроении》一书。该书介绍了近年来苏联飞机制造业中五个方面的新工艺，即企业自动化管理系统、铆接和螺栓连接的自动化、板金零件的脉冲成形法、低温工艺技术以及表面强化和精加工法。书内介绍的内容不仅反映了苏联飞机制造技术的最新发展现状，而且有些章节还列举了技术数据、工艺参数，并作了详细说明，有一定的参考价值。本书可供飞机生产技术人员、工人和航空院校师生参考使用。

本书译者有崔连信、张敬儒、唐荣锡、陈步邱和袁世华；校者有张敬儒、崔连信、陈敬良。由于原书文字比较粗糙，又加上译校者水平有限，不当之处在所难免，希读者批评指正。

## 目 录

前言 .....	1
第一章 企业自动管理系统 .....	9
1.1 概述 .....	9
1.2 各个职能分系统的组成和任务 .....	10
生产准备系统 .....	11
技术经济计划系统 .....	23
基本生产管理系统 .....	23
器材供应管理系统 .....	27
财务统计系统 .....	27
1.3 基础分系统 .....	28
信息系统 .....	28
数学系统 .....	33
技术系统 .....	36
1.4 企业自动管理系统的组织措施 .....	38
按照计算机处理的要求整顿设计和工艺文件 .....	39
1.5 企业自动管理系统的筹建和调试各阶段 .....	40
第二章 铆接和螺栓连接的机械化 .....	43
2.1 概论 .....	43
2.2 在装配工作中采用的移动式精密拉孔装置 .....	44
2.3 压铆 .....	73
手提压铆机 .....	74
机械化连接 .....	88
2.4 固定式压铆机 .....	100
2.5 钻孔划窝装置 .....	114
第三章 板金零件的脉冲成形法 .....	131
3.1 板金零件在工业上的传统成形法 .....	131
3.2 爆炸成形 .....	134
3.3 火药成形法 .....	145
3.4 液动力成形法 .....	148
3.5 燃爆气体成形法 .....	153

3.6	电液压成形法 .....	162
3.7	金属的磁脉冲加工 .....	184
第四章 低温在生产中的应用 .....		204
4.1	概述 .....	204
4.2	低温对各种结构工作的影响 .....	206
4.3	重要组合件和部件的综合环境试验 .....	207
4.4	碳钢制品的低温处理 .....	210
4.5	合金钢零件的低温处理 .....	212
4.6	结构钢零件的低温处理 .....	217
4.7	钢的低温处理规范的选择 .....	220
4.8	用冷冻填料弯曲导管 .....	228
4.9	用冷冻方法固定工件 .....	231
4.10	注蜡压模在传送带上的冷冻 .....	235
4.11	在低温下进行综合环境试验和新工艺过程用的设备和仪器 .....	236
	综合环境试验用的空气冷冻装置 BXY-1 .....	236
	BXY-1 型空气冷冻装置原理图 .....	238
	弯曲前管子灌水冻结用的空气冷冻装置 BXY-2 .....	244
	低温处理切削工具和工装用的 BXY-3 型冷冻装置 .....	249
	低温处理重要零件用的 BXY-4 型空气冷冻装置 .....	250
	空气冷冻装置安装示意图 .....	251
	空气冷冻装置的设备 .....	255
	空气冷冻装置的检测仪表和自动化系统 .....	263
	各种空气冷冻装置的改进 .....	264
第五章 零件的表面强化和精加工法 .....		269
5.1	概述 .....	269
5.2	振动强化 .....	272
	用各种振动方法加工零件表面用的设备和夹具 .....	283
5.3	振动光加工 .....	305
5.4	气动强化法 .....	318
5.5	金刚石压光 .....	326
5.6	长零件的振动撞击强化 .....	329
5.7	细长零件的脉动磨削立体加工 .....	332
5.8	长的铝合金零件的滚桶撞击法强化装置 .....	334
5.9	喷丸 .....	335
5.10	湿喷砂 .....	342
5.11	电机械加工 .....	344
5.12	滚压光加工 .....	348
参考文献 .....		350

## 前 言

为了提高飞行器的战术技术性能而采用了新的结构形式，不能不对生产组织和工艺方法提出新的要求，这就须加速采用科学技术的新成就，提高整个飞机制造工业的水平。

本书介绍新工艺的最重要的发展方向，它们对于提高生产效率，改善产品质量，延长使用寿命，增加产品可靠性等方面都起决定性的作用。这些方向有：

利用电子计算机实现生产管理自动化和生产准备自动化；  
提高产品可靠性和使用寿命；

使最繁重的手工工序实现机械化，改善劳动条件和促进生产文明。

由于现代企业的规模大，专业性强，生产工艺过程复杂，产品质量的要求严格，再加制造周期短，产品更新频繁，生产改组过程快，必须改变现代化生产的管理方法。

为此，有必要采用计算技术来系统分析企业状况，采取管理措施，将各种技术手段和方法形成系统，建立企业的自动管理系统。

应用企业自动管理系统可以提高总的生产组织水平，统一各种标准定额，提高管理机构人员的业务能力，实现科学化管理，消除管理部门和物质生产部门的技术水平之间愈益增长的差距。

企业自动管理系统的基本原则是在设计阶段就着眼于系统地解决问题。这就是不仅要使计划经济计算得到机械化和自动化，而且要对企业进行综合管理，控制它的生产活动和经济活动的一切基本领域，利用计算机和现代数学方法解决崭新的管理课题。

由于飞机制造工业与其他工业部门有很多重大差异，不能成套照搬典型的企业自动管理系统，只能参考其技术设计，利用其

方法学和系统的组成方式以及数据库、数学系统和技术设备的典型单元。

改进材料的机械性能对于提高产品的可靠性和寿命有着决定性的作用，但更重要的是不改变零件结构，不采用新材料，而是通过工艺方法来提高零件的结构强度。

本书介绍几种效果最好而在企业中又未得到应有推广的工艺方法，如零件、构件、部件的低温处理；零件的各种表面强化方法等等。后者的突出重要性在于现代飞行器应用的新材料对于应力集中和表面缺陷的敏感性特别强。

飞机液压系统的组合件、部件运动副在低温下动作时可能由于零件和配合上的缺陷而产生故障。缺陷来源于下述变化：

1. 钢件由于组织变化（残余奥氏体变成马氏体）而改变了零件尺寸和配合间隙；

2. 材料性能改变（例如降低塑性），产生新的应力集中源；

3. 由于不同材料的线膨胀系数不同而改变零件之间的配合性质；

4. 由于配合副的各个元件冷却不匀而改变载荷特性；

5. 介质的湿度变化而在配合零件上可能生成水气结晶；

6. 润滑性能改变而引起载荷特性的可能变化。

材料在低温下改变物理机械性能可能引起脆性破坏。甚至经过短暂的低温作用后材料内部产生残余效应，由此改变材料的强度和塑性。

极难在结构中事先考虑到消除缺陷的可能性。因此除了结构设计中的措施外，应考虑在低温下加工零件、组合件和部件，消除因相变和变形而可能引起的零、构件尺寸变化。

为了提高产品的可靠性和寿命，对组合件、部件在低温下进行综合自然试验具有重要的意义。这是利用新的专用冷却设备，完全模拟实际飞行条件（例如用冷气流吹试验对象，产生飞机起落时的温度升降，在试验箱内抽真空），使部件、组合件在工作条



件下进行试验。

本书介绍如何在重要和最复杂受力零件的制造过程中应用低温，如何对飞机零件、构件、部件进行综合自然试验，以及有关新的专用冷却设备和装置的构造。这些设备、装置的灵敏性极好，可以在3~5分钟内将试验箱降温至 $-70^{\circ}\text{C}$ 。空气冷却装置推动了飞机生产不同领域内的先进工艺方法的应用。

目前在制造起落架支柱、液态和气态氧气瓶、襟翼作动筒、液压装置等重要零件前，在工厂条件下进行预先冷处理。设计新型的冷却设备，并且用以执行综合自然试验，可以大大提高飞机的可靠性和寿命，缩短整机的试验周期，提高生产效率。

科研机构的大量数据证明，对飞机零件进行表面强化是增加可靠性的重要手段。

表面应变强化使零件表层内产生残余压应力，提高表层的硬度和抗剥强度，形成有利的表面光度。

当交变应力不大时，残余压应力有效地发挥作用，它在一般情况下是提高零件疲劳强度的主要原因。

在低频率的反复载荷作用下，提高高强度材料寿命的最重要的因素是根本改善表面光度。

高强度钢和合金在腐蚀介质下的疲劳强度对于保证结构的可靠性有着重要意义。而表面强化可以延长结构在腐蚀介质中的寿命5~6倍。

高强度钢受力零件，为了提高其硬度和抗腐蚀性能，通常作镀铬处理。在低频疲劳条件下当载荷较高时镀层内迅速出现裂纹，由此使零件寿命缩短至14~16%。而在镀铬前进行表面硬化可以比常规工艺表面磨光后镀铬提高疲劳寿命达十倍。

为了节省金属和缩短工时，模锻件和精铸件的部分表面允许不加工。这种情况下采用表面硬化处理可以提高零件的寿命一倍以上。

不论从各种结构的多年使用经验看，还是从机器的故障、事

故统计资料看，都证明了零件的破坏首先发源于表面层。这是容易理解的，因为正是在表面层，金属与外界介质发生复杂的物理化学作用。所以通过硬化处理来提高表面质量是增加产品可靠性的最有效措施。

本书还介绍飞机制造中应用的零件表面光饰强化的主要方法。

各种表面强化方法的选用取决于零件的尺寸、形状、工作量等。表面强化的最有效方法是滚轮挤压，但它只适用于有足够刚度的光滑圆柱面零件。

经常在一个企业内同时采用几种强化处理方法，例如壁板用喷丸加工，一定尺寸的各类零件用振动强化，大梁、支臂用气动方法局部强化等。

本书用相当篇幅介绍大量的钳工手工工序的先进机械化方法。零件表面修整工序的机械化，例如去毛刺、倒角、除锈、去氧化皮、去黑皮等足以提高表面光度一至二级。这些工作是用立体振动抛光来完成的。

振动抛光不受零件形状和材料的限制，但不适用于刚度小的零件。磨料或其他工作介质与加工零件混放在一个容器内，通过机械振动产生剧烈运动。因为磨料的各个颗粒间互不联系，运动时可以紧紧包住零件外形，使零件表面得到均匀的加工。

选用适当的工作介质（粒度、连接剂、冲洗液等）和振动用量（振幅、频率）可以将表面研磨和抛光到十至十二级光度。

现代的振动装置可以加工长达十米、宽达一米的零件。

振动抛光对于加工飞机机体零件特别有效。振动抛光过程中工作介质的硬质颗粒必然使零件表面产生强化。零件的强度可以比喷钢丸强化后的强度提高 30~50%。

大尺寸零件表面的机械化打磨方法是用空气或液压流的动能进行喷刷。但是这样不能保证表面加工的均匀性，加工质量受工人操作过程与主观影响较大，而且操作条件差（例如工人在室内

喷砂时)。振动抛光是先进的机械化打磨方法，它能提高零件的结构强度和加工质量。工作效率比手工提高 10 至 15 倍，同时提高了文明生产程度。

现在的钣金零件用传统的机械方法成形，如落压、橡皮压制、旋压等。它们不能保证零件所要求的精度，由此引起了很大的手工修整量。尤其用钛、不锈钢、耐热合金等难成形材料制造蒙皮及受力结构件时，为了保证零件精度，大大增加了手工修整量。

这就导致使用新的钣金成形方法——脉冲成形。它能解决难成形材料的钣金成形问题，提高成形精度，大大缩减笨重的手工修整工作。

脉冲成形的优越性在于：表面单位压力高；压力分布均匀；成形速度显著提高；由此增加了零件几何参数的准确度。它只需要一个凸模或凹模，因此工装比较容易制造，缩短了生产准备时间，并且有可能实现工艺过程自动化。

本书介绍了脉冲压制方法的两种能源——爆炸和电流以及它们的工艺过程和所用设备。

这两种脉冲压制都使用了新的设备和工装，消除了原有的很多缺点，使工艺过程变得更加合理，工艺性更好，因此可以推广应用。

利用可爆性气体与氧气混合作为爆炸成形的能源开辟了崭新的气爆成形方法。为此设计了独特的新设备。生产中共使用三种型号，适用于不同的毛料尺寸，即 ДГП-100、ДГП-500 和 ДГП-1200。这些装置工作可靠，使用维护方便。由于这些原因，气爆成形变成了飞机工厂的高能脉冲成形的主要方法之一。

对于大尺寸零件（如壁板）数量有限的成批生产条件，使用电液冲压更为合理。

当压制零件的尺寸大、形状复杂、带有凹槽、波纹、孔、翻边等局部变形时，必须采用多回路放电装置，用几个电极成组同步放电。

航空工业部门已经设计和采用了生产用多电极装置 ЭПП-1 和 ЭГУ-1，供电液成形壁板、整流罩、螺旋桨帽等零件用。

УМШ-15/5、МИУ-20/1 及 МИУ-100 生产用电磁脉冲装置，当在成批生产中应用于难加工材料时，由于这些材料的导电性差，发生了很大困难。同时，缺乏生产耐久的感应电极的工业化方法，也大大增加了使用部门的困难，降低了它的经济效果。

只有改进了感应电极的结构，采用了新的高度机械化的加工方法，电极的工作稳定性才得以提高几十倍。这样就有可能将电磁脉冲压制极其有效地用于制造各种剖面形状的小尺寸管坯零件和装配工作。

应用各种脉冲成形法可以降低零件的制造工时至  $1/3 \sim 1/5$ ，提高零件质量，免除笨重的手工序，如旋压、敲修、修整等。提高了文明生产程度和改善了劳动条件。

飞机制造中部件装配的最大工作量是铆接，现代飞机仅在外蒙皮表面就有一百万颗以上铆钉。用传统的方法进行铆接（两个工人使用铆枪和顶把）现在已经深遭反对，因为锤铆产生振动和噪音，不利于人体组织，而且铆接质量不论从强度或气动角度都不能满足现代飞机的要求。

于是越来越广泛地使用压铆来代替锤铆。压铆机有固定和手提活动式两种。然而飞机上的压铆量只达到铆钉总数的  $40 \sim 60\%$ 。进一步扩大压铆范围的障碍是很多地方的开敞性差。固定压铆机只适用于壁板、隔框等某几类组合件。为了进一步提高压铆工作量，需要改进轻型的手提压铆机结构：最大限度地减轻重量，产生足够大的压力，并能伸进所需要的工作区。目前已经用先进工艺组织了这类压铆机的大量生产。

手提压铆机的结构特点是工作能力强，重量轻，灵活，使用方便。这样可使压铆工作量增长到  $70\%$ ，而且这一百分比还将逐年增加。

书中介绍了这类压铆机的几种结构。

目前开始广泛采用机械化的螺接和抽铆。

埋头铆接的质量在很大程度上取决于埋头窝的生成方法。手钻制孔和镗窝不能满足现代的要求。因此生产中广泛应用钻头镗窝装置来使钻、镗工作机械化和自动化。还广泛应用了程序控制的自动铆接机，自动完成划线、钻孔、镗窝、放铆钉和压铆工序。

上述工作的机械化和自动化大大改善了劳动条件，提高了文明生产程度，缩短了工作周期和劳动量。

飞机制造中广泛应用螺栓连接。螺栓用在最重要的连接处，如部件对接，蒙皮与大梁连接等。这些螺栓孔的精度为2~3级，表面光度7~8级。

多年来使用拉削作为最先进的加工精密孔的方法。一般使用专门的拉床，加工单个零件。装配工序中为了制作精密螺栓孔，不能使用拉床，因此传统的工艺是多次铰孔、研磨和修配。这种工艺方法大量消耗工人体力，要求工人技术熟练，延长了装配周期而且未必满足质量要求。此外，对接孔通常处在闭塞的地点，进行大量的手工工序后非常难于检验。

将铰孔改成拉孔，尤其用于部件的复杂对接和保证部件互换，足以明显缩短装配周期，降低工时，提高连接的质量、可靠性和寿命。与此同时，显著提高了手工操作的机械化程度，降低了工作的技术等级。

当部件的对接面受力大，需使用大直径铆钉和螺纹抽钉时，用拉削法加工高精度孔尤其重要。螺纹抽钉的钉孔要求2~3级精度，螺钉必须严格垂直于结构表面，偏差不得超过0.02~0.05毫米。手工铰孔和修配很难保证大量钉孔满足上述要求。

只有当生产中应用了各种灵便的手提拉孔装置，改进气动液压助力器的结构，完善拉刀和拉孔工艺（用于混合结构的装配），拉孔才能在部件装配中得到推广。这样可使大量工序中的手工操作变成机械化，提高工作质量和整个产品的可靠性，个别情况下

可将装配周期从三昼夜缩短成三小时。

本书引用的材料来自飞机工业先进工厂的经验总结。将这些经验推广至所有飞机工厂可以加快科技工作的前进步伐，将科技成果用于生产，提高其经济效果。

# 第一章 企业自动管理系统

## 1.1 概 述

所谓企业自动管理系统，是指综合运用各种方法和手段，建立一种最有效地执行企业管理职能的人机系统。它的基础是运用计算技术和信息的收集、定位、传输、存贮等手段，对数据进行经济分析和数学处理。

这一系统还能解决生产管理中的很多崭新的课题。由于各个生产工段在时间上和资源上协调一致地工作，生产中的损耗得以大大降低。按月、按旬地精确制定生产进度计划，并且逐日进行统计，可以使设备和工人得到最合理的负荷。对生产进行逐日统计可以随时修正计划，相应控制原材料、配套成件以及其他生产贮备的必要存贮量。

在生产准备过程中这一系统可以合理组织设计和工艺人员的工作，针对订货的轻重缓急及时编制技术文件，制造必需的工艺装备和刀量具，保证按期完成新品的生产。

这一系统可以有效地指挥生产，随时精确协调计划任务和生产能力，修正生产计划（如新品及新零件投产或停产），确定零件投产的最佳批量，降低生产中的在制品数量。

这一系统可以保证：

1. 制定生产的年度、季度和月计划的方案；
2. 精确检查和统计企业的生产过程和经济活动；
3. 系统分析企业的生产和经济活动；
4. 合理管理生产；
5. 缩短生产准备周期；

6. 降低产品成本;
7. 挖掘生产潜力;
8. 提高执行者的责任感。

建立企业自动管理系统的主要目的是:

1. 提高管理效能和质量;
2. 提高生产赢利;
3. 提高劳动生产率;
4. 及时向上级管理系统提供可靠信息;
5. 提高产品质量。

## 1.2 各个职能分系统的组成和任务

企业自动管理系统由若干职能分系统及基础分系统组成。职能分系统的职责划分取决于各行业的企业管理方式。有些企业采用以下结构:

1. 生产准备系统;
2. 技术经济计划系统;
3. 基本生产管理系统;
4. 器材供应管理系统;
5. 财务统计系统。

为了保证上述职能分系统的运行, 还需建立相应的基础分系统:

1. 信息系统;
2. 数学系统;
3. 技术系统。

随着整个管理系统的发展, 以上分系统的组成和任务也将不断完善、充实和修改。

各个职能分系统的任务, 应在分析本部门若干个企业的管理体制的基础上加以确定。同时应考虑各相应任务的劳动量, 是否具备原始资料(包括各种数据), 以及解决这些任务对于提高管理



水平的影响程度。

当管理系统投入使用后，随着提高数据库的质量，改进所用的数学和经济分析方法，增加数学系统的复杂程度，对系统进行优化。

在设计系统的过程中，同时确定各项任务的完成方法，并且从全局着眼加以综合协调。

### 生产准备系统

生产准备工作是指新品投产或旧品改型时的综合技术措施，包括采用先进的零件加工方法，模线样板工作机械化和自动化，用计算机辅助设计工艺过程和产生数控机床的控制信息等等。

生产准备自动化系统的任务就是合理计划和管理以上过程，降低成本。通过这一系统可以向生产管理工作提供大量的标准定额。它的具体任务见表 1.1。

表1.1 生产准备系统的任务

内 容	第一轮	第二轮	周 期
编写明细表	+		新品投产前
编写装配件组成清单及车间分工表	+		投产前
编制各车间生产项目清单	+		投产前
修订装配件组成清单	+		每 周
修订车间生产项目清单	+		每 周
编制成套地面设备及工具清单		+	每 年
编制配套成件清单	+		投产前
制订和修正各项零件材料消耗定额	+		每 月
汇编全机材料消耗定额清单	+		每半年
编制全机材料消耗分类清单	+		半 年
汇编各车间材料消耗定额	+		半 年
编制材料消耗定额更改清单		+	每 月
编制各项零件的材料使用量卡片		+	半 年
编制标准件使用量卡片		+	每 年
设计钣金零件工艺过程	+		每 天