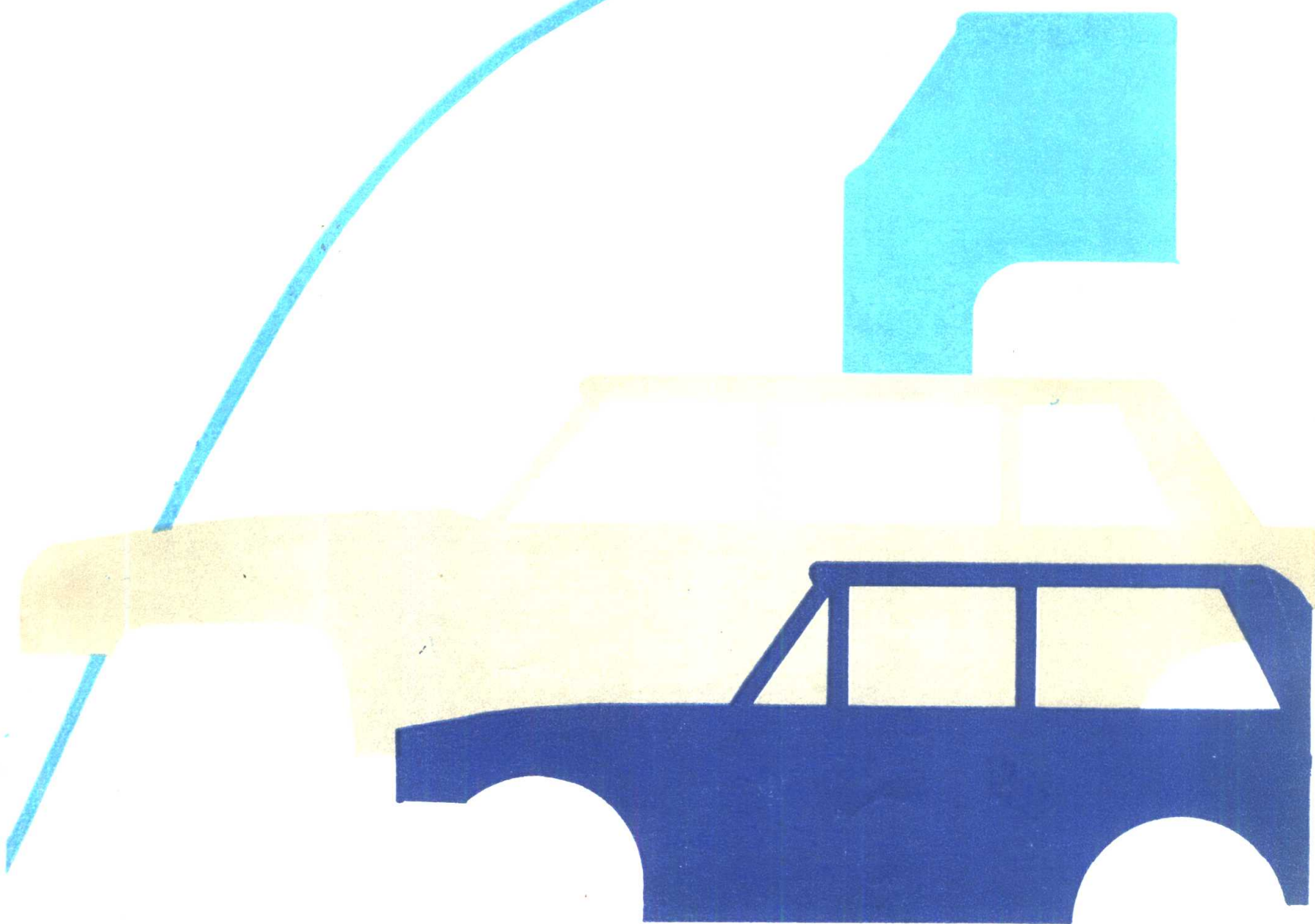


# 汽车车身 制造工艺学

钟诗清  
王文德 合编



机械工业出版社

# 汽车车身制造工艺学

钟诗清  
王文德 合编



机械工业出版社

(京)新登字054号

## 内 容 简 介

汽车车身制造是一项技术密集的产业,综合体现了现代科学技术的发展。本书从生产实际出发,综合了国内外大量资料,简明地叙述了车身制造的全过程,重点介绍了车身制造的工艺特点,工艺方法,工艺参数,工艺规范及其典型的工艺装备,对车身制造的发展趋势也作了一些必要的阐述。全书共分八章,可供高等院校汽车专业或其它专业学生选用,或供从事车身设计,车身制造及其它工作的有关工程技术人员使用和参考。

### 汽车车身制造工艺学

钟诗清  
王文德 合编

\*  
责任编辑:赵爱宁 檀庆华 责任校对:胡金璞  
封面设计:刘代 版式设计:刘绍曾

\*  
机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)  
(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)  
北京朝阳东方印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张14·插页1·字数 351千字  
1992年3月北京第1版·1992年3月北京第1次印刷  
印数 00,001—4,000·定价:8.80元  
ISBN7-111-03146-6/U·96(X)

# 前 言

汽车车身制造技术是一项综合性的工程技术。车身制造工艺涉及冲压、焊接、化工油漆、轻工纺织、电子电气等专业领域，是一门跨学科、跨专业的边缘学科。

由于汽车工业的迅速发展，车身制造已引起了人们的普遍重视和关注。但是，目前我国制造技术和工艺水平的发展还很不平衡，标准化、系列化的工作起步较晚，特别是基础理论和技术资料非常短缺。因此，吸收消化引进技术、总结推广先进经验、普及提高基础知识、加强车身人材的培养，是提高车身制造水平、振兴我国汽车工业的迫切要求。为此，我们从1987年起，就开始了这一学科的教材建设和教学研究。本书是在武汉工学院试用教材的基础上，结合我国汽车工厂的生产实际，经过反复修改而成的。在修改过程中，调整了章节内容，补充了新资料，力求使其更具有先进性和实用性。

本书取材和编写的特点如下：

1) 从生产实际出发，注重基本概念、基本原理，同时考虑到扩大知识面，适当地反映了一些国内、外的先进技术和新成果。

2) 以车身制造的四个环节为题材，即冲压、焊接、油漆、内饰，重点介绍其工艺特点、工艺方法、工艺参数、工艺规范及其工艺装备等基本内容，同时对车身制造的发展趋势也作了一些必要的叙述。

3) 在精选内容的基础上，突出了重点，使之适合于教学，也适宜于车身工作者使用。

本书由武汉工学院钟诗清和第二汽车制造厂王文德合编。

本书由武汉工学院汪德容主审。

在整个编写过程中，得到了很多专家、教授的支持和指导。南京汽车制造厂李道修提供了很多宝贵资料，并修改了部分内容；武汉工学院张子正、刘竞生、蒋维铭、秦书贵、胡骅、赵子明、浦珠还、陈腊生，第二汽车制造厂叶华美、胡灿如，沈阳汽车工业学院刘中青及其他一些单位的专家等，提供了很多宝贵的意见。在此，特致以衷心的感谢！

由于汽车工业发展很快，新工艺、新技术不断出现，车身制造技术更是在日新月异地变化，加上编者水平所限，缺点、错误在所难免，在此诚肯地希望读者批评指正。

编者

1991年7月

# 目 录

第一章 汽车车身结构及其制造过程	1
第二章 车身材料	14
第三章 冲压工艺基础	25
第一节 概述	25
第二节 冲裁	25
第三节 弯曲	40
第四节 拉延	47
第五节 成形	79
第四章 车身冲压	91
第一节 车身冲压设备	91
第二节 车身冲压生产	109
第五章 车身装焊工艺	116
第一节 概述	116
第二节 点焊工艺	118
第三节 点焊设备及其焊接工具	126
第四节 车身装焊夹具与辅具	139
第五节 车身装焊工艺	143
第六节 车身装焊过程的机械化和自动化	151
第六章 机器人和机械手的应用	161
第一节 概述	161
第二节 机器人和机械手的本体结构	170
第三节 机器人和机械手的应用	179
第七章 车身涂装工艺	181
第一节 概述	181
第二节 涂料	188
第三节 涂装前金属的表面处理	195
第四节 车身涂装工艺	201
第五节 干燥工艺	202
第六节 车身涂装系统简介	208
第八章 车身内饰工艺	208
第一节 汽车座椅的成形工艺	208
第二节 仪表板及其制造工艺	211
第三节 车身内饰的粘结工艺	214
第四节 车身内饰装配	215
主要参考文献	218

# 第一章 汽车车身结构及其制造过程

## 一、车身的类型及其典型结构

### 1. 车身的类型

汽车车身的种类很多，根据车型和结构型式不同，有不同的分类方法。

(1)根据车型的不同，可分为：1)轿车车身。2)大客车车身。3)载货汽车车身(包括驾驶室和车箱)。

(2)根据车身承载型式不同，可分为：

1)非承载式车身。2)半承载式车身。3)承载式车身。

(3)根据车身结构的不同，又可分为：1)有骨架车身。2)无完整骨架车身。

### 2. 车身的典型结构

车身是汽车的重要组成部分，称为车身总成。不论何种类型的车身，一般都是由底板、前围、后围、左右侧围、顶盖、车门等分总成组成。图1-1为“雪铁龙”ZX型轿车车身结构的分解图。车身各分总成又由很多合件、组件及零件(大多为冲压件)构成。未经涂装(油漆)和内外装饰的车身总成，又称为白车身。通常所讲的车身指白车身。

## 二、车身的生产类型及其工艺特点

汽车车身属于大型薄壁结构，由于生产纲领不同，其生产方式有很大区别，以车身大型覆盖件的冲压和壳体的装焊为例，根据不同的生产纲领，可分为以下几种类型的生产方式。

### 1. 单件生产

年产量在300辆以下为单件生产。

### 2. 成批生产

(1)小批生产 年产量在300~3000辆之间者。

(2)中批生产 年产量在3000~30000辆之间者。

(3)大批生产 年产量在30000~150000辆之间者。

### 3. 大量生产

年产量超过150000辆为大量生产。由于生产类型不同，其工艺特点及生产组织方式有很大区别。

单件生产中，车身的大型覆盖件往往以钣金、手工工艺为主，使用少量的胎具和机械化工具，配备少量的拉延、成形模具，产品的质量在很大程度上靠手工工艺来保证。车身的装配是采用修配的办法来保证装配间隙的；焊接时，除点焊外，还大量采用气焊、电弧焊及二氧化碳气体保护焊。在涂装工序中，为了获得平整的车身表面，需在零件表面刮腻子、挂锡和打磨。表面处理采用手工清洗和喷漆。漆膜可经烘干，也可不经烘烤而采用自然干燥。

在小批生产中，车身覆盖件的制造常将主要成形加工工序放在液压机或机械式双动压力机上，用简易冲模拉延出来，然后将已成形的拉延件在滚剪、振动剪及一些专用胎具上按照

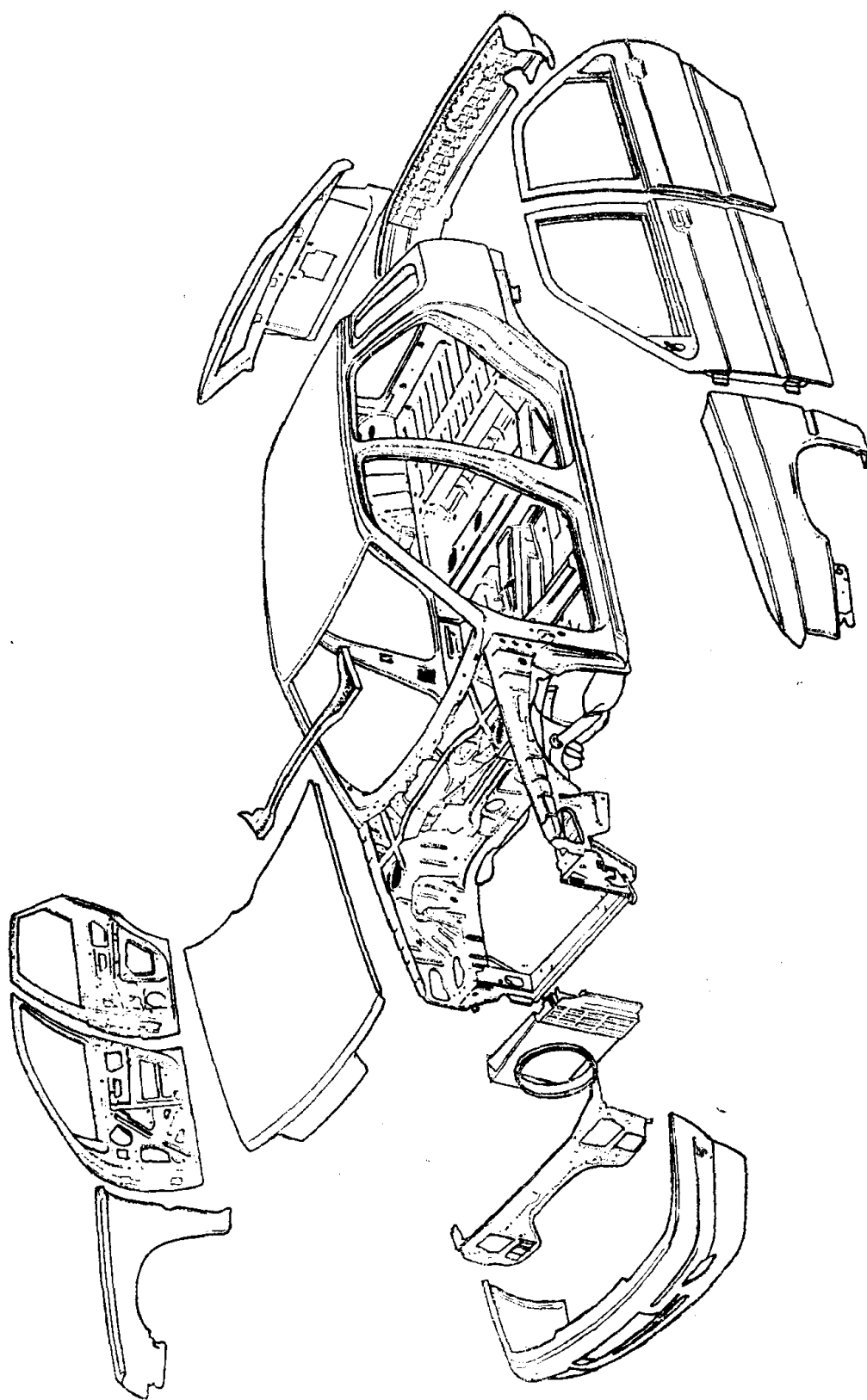


图1-1 “雪铁龙” ZX型轿车车身结构分解图

样板用手工操作或使用机械化工具来完成修边、翻边和冲孔等工序，其模具比单件生产要多一些。车身的装配是在固定的装配台上完成。零件的相互位置用夹具来保证。车身的形状精度较差。焊接以接触点焊为主。表面处理要经过简易清洗室、喷漆室和烘干室，操作仍为手工。产品运输使用一般的机械化装置，如电葫芦或可在地面轨道上运行的轻便小车来完成。

在单件和小批生产中，近些年来，车身覆盖件的拉延和主要成形工序开始采用低熔点合金模具来完成，以保证车身的成形质量。

在中批和大批生产中，覆盖件的冲压基本上全部模具化。覆盖件的各道工序是在一台或

数台压力机上分别用模具压制出来。由数台压力机组成的冲压生产线，常常要承担数种甚至数十种冲压件的生产，其性质属于流水性生产。车身及其主要部件的装配，采用多工位的各种型式的通用装配生产线。焊接以专用焊钳和焊枪为主，并采用少量多点焊机。车身的表面处理具有较完善的油漆生产线，如采用三室清洗机及磷化联合机对车身表面进行脱脂、清洗和磷化处理；采用电泳底漆或静电喷漆，以及红外线烘干室等新型的高效热源设备烘干。工序间的运输使用滑道、输送带、悬挂运输链及专用叉车等。施工工艺除人工操作外，部分实现半机械化、机械化和半自动化。

在大量生产中，机械化、自动化程度最高。车身覆盖件的冲压，有相当部分是在通用或专用冲压自动线或半自动线上完成，其性质属于大量流水生产。车身及其部件的装配、焊接和涂装，大多是在专用生产线上进行，这些专用生产线，一般都实现了自动控制。

### 三、车身的制造过程

车身生产一般批量很大，白车身几乎全部都是由大大小小的冲压件经装焊而成。因此，车身的制造过程可概括为卷料开卷、板料冲压、装配焊接、检测调整、油漆装饰等程序。现将车身制造中的冲压、装焊、油漆过程简要叙述如下。

#### 1. 车身冲压过程

车身冲压件主要是指车身的内、外覆盖件，如驾驶室顶盖、发动机盖、车门、挡泥板等。这类冲压件是由薄钢板在双轴向拉伸应力的作用下产生变形而成为曲面覆盖件的。覆盖件的特征是具有形状复杂的空间曲面；要求表面光洁、刚性好、美观。这些要求是通过加工过程中工件产生足够的塑性变形并与模型相吻合而获得的。生产车身冲压件的工艺方法很多，现简要介绍如下。

(1) 双动压力机拉延成形 用这一工艺方法生产的小轿车车身冲压件的件数、工序数和压力机的规格列于表1-1。表中序号栏3、4所示冲压件，正在向连续自动冲压和多工序连续加工的方向发展。

这一工艺方法的主要内容是，在拉延开始之前，装夹于压力机外滑块上的压边圈先将薄钢板毛坯四周压紧在凹模上，安装在内滑块上的模具，再将钢板毛坯引入凹模内完成拉延成形。拉延之后，再经单动压力机上的配套冲模顺序进行修边、翻边、冲孔等工序，最后成为完整的合格产品。这种工艺方法历史悠久，技术完备，能成形各种复杂形状的车身覆盖件，因此被广泛采用。

表1-1 小轿车车身冲压件拉延的数据

序号	冲压件名称	零件数/每辆车	工序数/每件	压力机吨位 t	工作台面积 mm <sup>2</sup>
1	顶盖、挡泥板、车身侧围板、地板、保险杠、发动机盖	8~12	3~6	600~1000	3500×2000 ~4000×2000
2	车门外板、行李箱盖板、仪表板、车轮罩、车身前、后边板、后窗与行李箱盖连接板等	20~26	5~6	400~500	2500×1500 ~2500×1700
3	行李箱托架、盖板、中门柱、前门柱等	约50	3~6	300~400	2150×1200 ~2150×1500
4	车门铰链、前挡泥板	20~30	2~6	250	1500×1000



(2)张拉成形 这种工艺方法的内容是先使薄钢板产生弹性极限范围内的单向张拉应力,以利于在以后压制成形时钢板各部分均能处于塑性变形状态,从而达到成形稳定、提高冲制精度的目的。其成形过程如图1—2所示。

图1-2a所示,将毛坯置于夹持座内并夹紧,以预定的载荷进行单向拉伸,载荷值由夹持座的位移控制。

图1-2b所示,毛坯夹持座下移,将毛坯压盖在下模上,其下移量由工件要求确定。图1-2c所示,上模下落,与下模闭合,毛坯成形。成形过程中,毛坯夹持座在液压作用下使毛坯保持张力;而液压的“软”支承作用,可以防止冲压件产生起皱或冲裂现象。上模到达下止点时,液压作用降为零,致使张力消失,以防止制件破裂和变形。图1-2d所示,上模回升。图1-2e所示,毛坯夹持座随之升起,冲压件脱模。然后毛坯夹持座松开,取出制件。

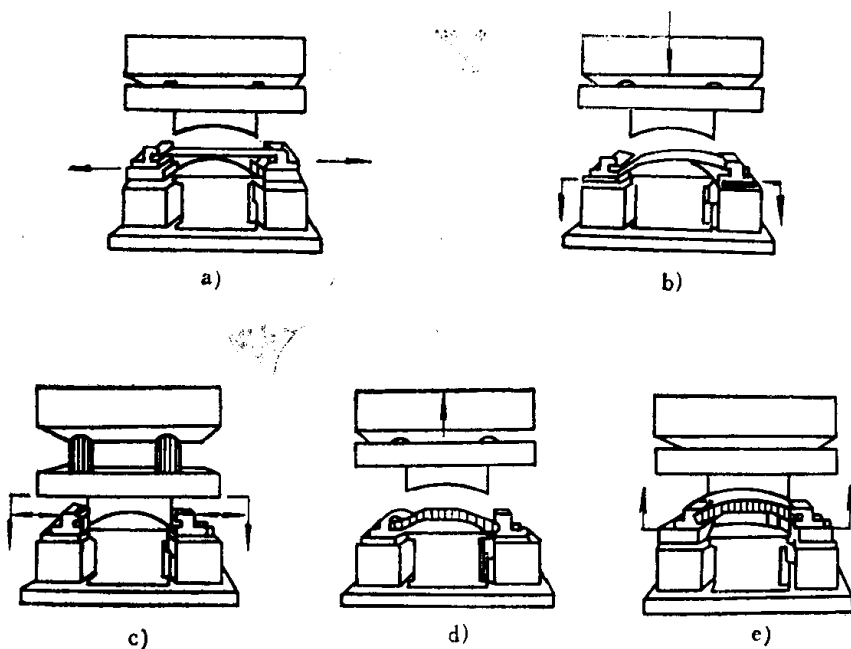


图1-2 张拉成形过程

即成为四个冲压件。膨胀成形的工艺过程如图1-3所示。图1-3a表示,通过切断、卷圆、焊接和膨胀等工艺程序,制成方盒形毛坯;图1-3b表示,把毛坯套入膨胀成形机内的内冲头组上,

上述张拉成形的全过程均可实现机械化。这种工艺方法,可用于生产公共汽车和厢式汽车车身后围下部及各种弯角门柱等。

(3)膨胀成形 这是由四个车身冲压件组合成盒形的薄板冲压件的成形工艺。方盒形的毛坯通过心部的内冲头组向外围的外冲模组作径向膨胀,使方盒形毛坯处于张拉状态,然后外冲模组从四周朝内冲头组作径向移动,与内冲头组闭合,毛坯

依次膨胀成形;图1-3c表示成形好的毛坯;图1-3d表示将成形好的毛坯送入切开机上切成四件。

用这种工艺方法生产小轿车的车门,生产过程可以高度机械化。它可以一次生产一辆小轿车的四种车门;也可以一次生产四个同一类型的车门;还可以用来压制发动机盖、翼子板、底板、前围、仪表板、顶盖、行李

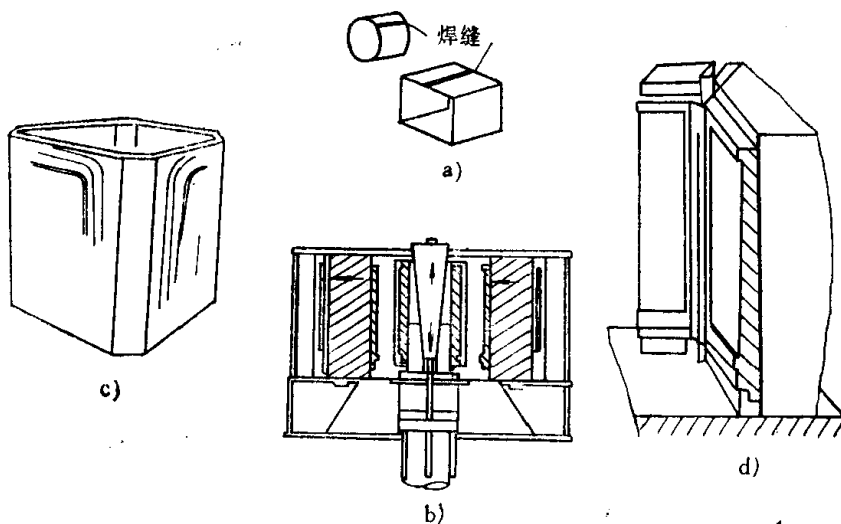


图1-3 膨胀成形过程

箱盖和油箱等半壳型零件。

目前，膨胀成形只是处于局部试用阶段，但预计这种成形工艺将在未来的车身冲压件的生产中占据一定的位置。

此外，超声波振动冲压、爆炸成形、液电成形、电磁成形等新工艺亦可在车身制造中得到应用。

采用冲压新工艺制造车身零件，固然具有其独特的优点，然而新工艺的实践历史毕竟没有传统工艺那样悠久，在某些方面可能暂时还不如传统工艺那样完善，所以在现代车身制造中，传统的冲压工艺仍然被广泛沿用。

冲压厂是车身厂的重要组成部分，车身冲压厂具有以下特点。

(1) 车身冲压厂的组成 车身冲压厂一般由以下几个部分组成：1) 薄钢板卷料仓库。2) 卷料开卷落料生产线。3) 成垛落料毛坯的贮存和输送系统。4) 冲压生产线。5) 冲压件贮存和输送系统。6) 冲压废料的输送、分理、打包和贮存系统。7) 模具的安装、调整、贮存和维修系统。8) 设备和机械装置的保养、维修和易损备件的更换系统。

(2) 车间的平面布置 图1-4所示为车身冲压厂车间的典型平面布置图，图中说明了冲压生产各组成部分所处的合理位置。

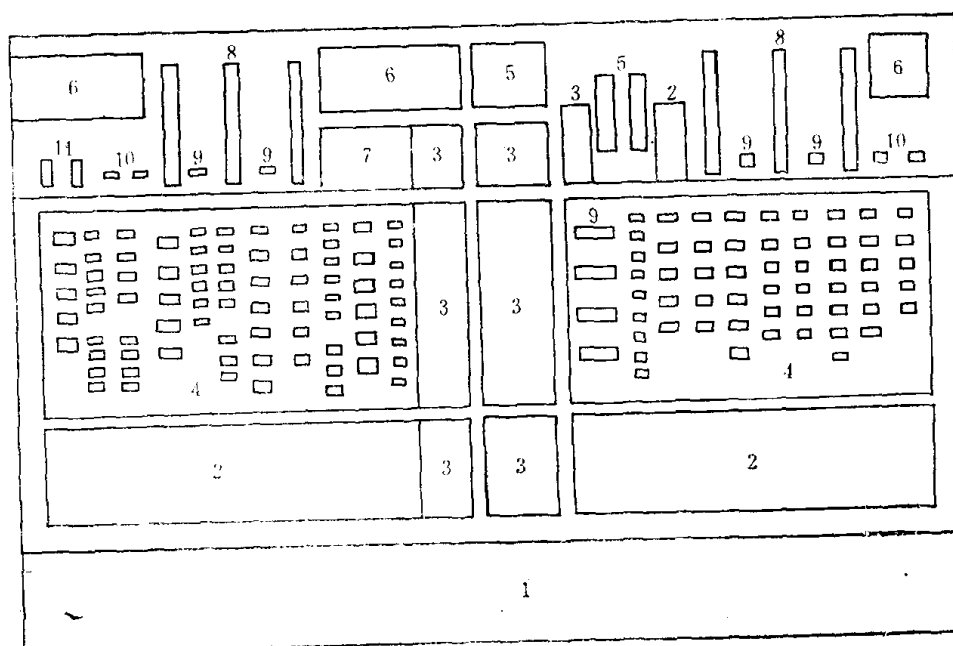


图1-4 冲压车间典型平面布置图

1—成品存放处 2—模具存放处 3—模具修理处 4—串联式冲压线 5—传送带式冲压线 6—卷料存放场 7—贮藏库 8—落料生产线 9—钢板校平机 10—剪切机 11—辊式送料压力机

近年来，汽车工业迅速地发展，而新建的大型车身冲压车间，大体上与图1-4相同，但其厂房结构和平面布置又不完全一样，概括起来有以下三个特点：

1) 利用压力机的带形基础，建成二楼楼的冲压车间，带形基础的钢梁上（即车间楼上）为压力机生产线，属于冲压生产系统，在带形基础的地沟内设废料处理系统，车间楼下为钢板卷料贮存仓库。

2) 钢板卷料通过专用铁道从楼上进入冲压车间，冲压废料通过另一条专用铁道从楼下送出冲压车间。

3) 零件先装入集装箱，用叉车送往高架仓库，然后再分送至各装配生产线。

## 2.车身的装焊过程

装配焊接是车身制造中最重要的一环之一。它直接影响车身质量、生产率和经济性。提高装配精度和焊接质量是车身制造的核心工作。

(1)车身焊接技术概况 焊接是一种不可拆卸的连接方法,在车身制造中获得了极为广泛的应用。表1-2列出了汽车生产中所采用的焊接方法及其典型应用实例。在这些焊接方法中,由于接触电阻焊具有快速高效、变形小、辅助材料消耗少、易于掌握、易于实现机械化和自动化,以及无环境污染等优点,而且对于低碳钢制成的薄板车身零部件特别适用,所

表1-2 现代汽车生产中采用的焊接方法及其典型应用实例

焊 接 方 法		典 型 应 用 实 例	
接 触 焊	点 焊	悬挂点焊钳(手工或机械手)	车身总成, 车身侧围分总成
		固定焊机	小型零部件
	多 点 焊	压床式多点焊机	车身底板总成
		C形多点焊机	车门、发动机盖、行李箱盖总成
	凸 焊		螺母、小支架
	缝 焊	悬挂缝焊钳	车身顶盖流水槽
固定焊机		汽油箱总成	
闪光对焊		后桥壳管、车轮钢圈	
电 弧 焊	CO <sub>2</sub> 气体保护焊	半自动	车身总成
		自 动	后桥壳、消声器
	氩 弧 焊		车身顶盖后两侧接缝
	手工电弧焊		厚料零部件
	埋 弧 焊		重型后桥壳
气 焊	氧-乙炔焊		车身总成补焊
	钎(铜、银)焊		铜和钢件
	锡 焊		水 箱
特 种 焊	微弧等离子焊		车身顶盖后角板
	电子束焊		齿 轮
	激 光 焊		车身底板
	摩 擦 焊		后桥壳管与法兰转向杆

以在车身装焊中,它应用最多;其次是电弧焊和气焊。据统计,在轿车车身装焊中,接触焊占75%;CO<sub>2</sub>焊占12.5%;其它焊接方法,如锡焊、气焊、高频钎焊等仅占17.5%。因此,接触焊,特别是接触点焊在汽车工业中应用和发展很快。但是为了适应汽车工业发展的需要,现在还需不断地对焊接新技术、新工艺进行深入广泛地研究,以提高焊接质量和机械化、

自动化水平；继续扩大接触焊的应用范围；大力发展机械手点焊和CO<sub>2</sub>的半自动和全自动焊；同时还应加强对激光焊、电子束焊、微弧等离子焊、摩擦焊等特种焊接方法在装焊中的应用研究。

(2) 车身装焊方式的发展概况 车身装焊方式的发展过程大体上可分为三个阶段。第一阶段是采用固定装焊台的小组装焊方式，如图1-5所示。这种装焊方式在生产线上大量使用悬挂式点焊机，以焊接车身的各个部位。每道工序用一个工人，劳动强度大、单调、生产率不高。然而，由于把生产过程划分成了若干个工序，具有一定的灵活性，适应于车型的微

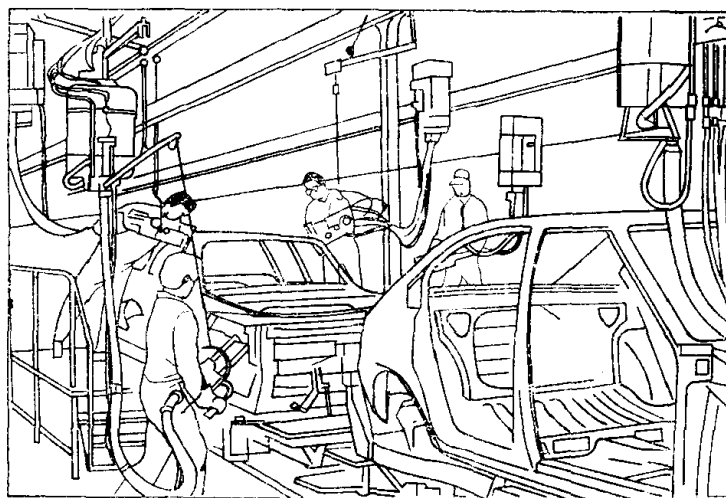


图1-5 固定装焊台装焊

量变化，甚至车型发生改变也不需太大的费用去改变其设备。

第二阶段是刚性焊接生产线阶段，如图1-6所示。为了提高生产效率，在生产线上采用了多点焊机、输送装置等。其基本原则是使工件通过一系列工位进行装焊。每个工位一般都有若干个电极，其数量与焊点数相适应。生产线上往往有几百个电极。这种生产线柔性不大，正处于淘汰之中，但目前仍然有一定的应用。同时，只要在生产线上使用或更换一些装置，就可以提高其柔性，以生产两种甚至三种车型。

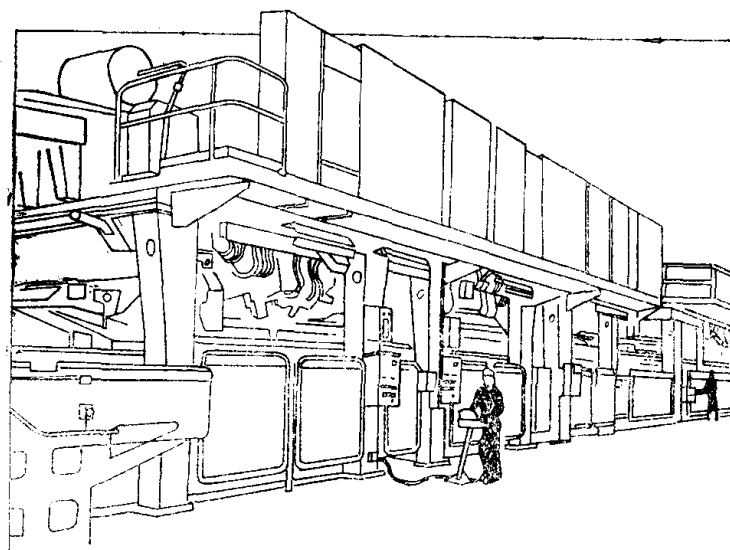


图1-6 刚性焊接生产线

第三阶段是柔性（包括部分柔性）装焊线，如图1-7所示。它的特征是工业机器人、数控焊钳、可快速更换的工装和非同步输送带、可编程控制的自导车等的综合应用，保证了生产线的柔性。微型计算机方面的技术革命，带来了生产组织和管理的变革。这种柔性生产线，能执行生产计划部门的电子计算机所提供的指令。因此，通过自动化消除了原来焊接生产中的一些困难，并且减轻了劳动强度，提高了精度、可靠性和柔性，能方便地适应几种基本车型及若干变型车的同时生产，并易于适应以后的改型。

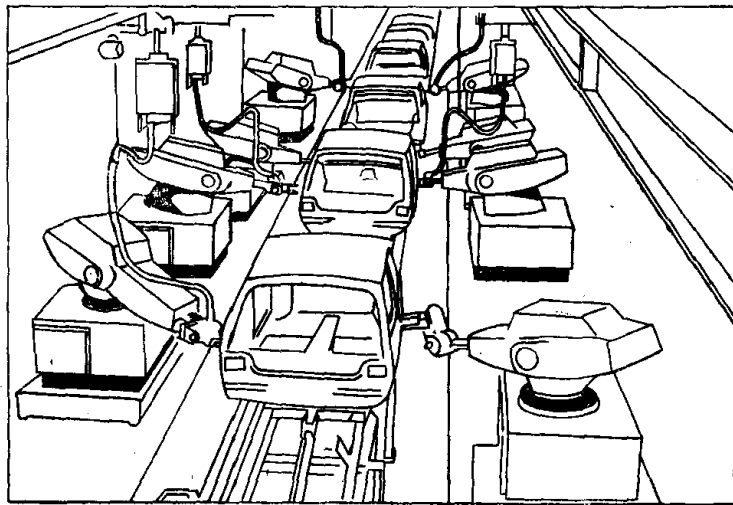


图1-7 柔性装焊线

装焊线的柔性，应理解为其适应生产各种不同产品型号的能力。这些不同型号的产品，应该或者可以同时或不同时在这条线上进行生产。柔性取决于下述条件：1) 装焊线是否适用于几种不同的产品型号。2) 仅仅装焊夹具具有柔性，在这种情况下，为使其适用于其它型号需要多长时间。

柔性生产有两种方式：1) 全面柔性。装焊线可任意生产各种不同的车型及派生规格。然而，这些不同车型应该是类似的，并可利用相似的工艺。2) 替换柔性。这种柔性表现在生产线上的某一部分，如机械手或装焊夹具出故障的情况下，装焊线只要降低生产率，还可以继续工作。

柔性生产是目前的发展方向，是现代科学技术的综合体现。

### 3. 车身的涂装工艺

车身的表面涂装，不仅起着防腐蚀、防氧化、提高使用期限的作用，而且是美化车身的主要工艺手段。

涂层美观是汽车产品的性能指标之一，除造型外，涂层质量（外观、光泽、颜色等）的优劣，给人以直观的评价，甚至直接影响汽车的销路。因此，在车身制造中，涂装工艺占有重要的地位。

车身涂装属于多层涂装，由于各种汽车使用条件和环境不同，车身的涂装工艺也各不相同，但概括起来可分为以下三个基本体系：1) 涂三层烘三次体系，即底漆涂层→中间涂层→面漆涂层，三层分别烘干。2) 涂三层烘二次体系，涂层次数同上，但底漆层不烘干，涂中间涂层后一起烘干，因而烘干次数由三次减为两次。3) 涂两层烘两次体系，即底漆涂层→面漆涂层，分别烘干，无中间涂层。

一般选用原则是，对于外观装饰性要求高的轿车车身、旅行车和大客车车身采用第一

二涂装体系；轻型及部分中型载货汽车的驾驶室及覆盖件，一般采用二、三涂装体系；中、重型载货汽车车身一般采用第三涂装体系。

采用第一涂装体系时，其工艺流程为：去油清洗→磷化→干燥→涂底漆→烘干→打磨→干燥→涂中间层→烘干→打磨→干燥→涂面漆→烘干。

采用第三涂装体系，则无中间涂层及其烘干、打磨、干燥等工序。

图1—8所示为载货汽车驾驶室油漆车间平面布置示意图。

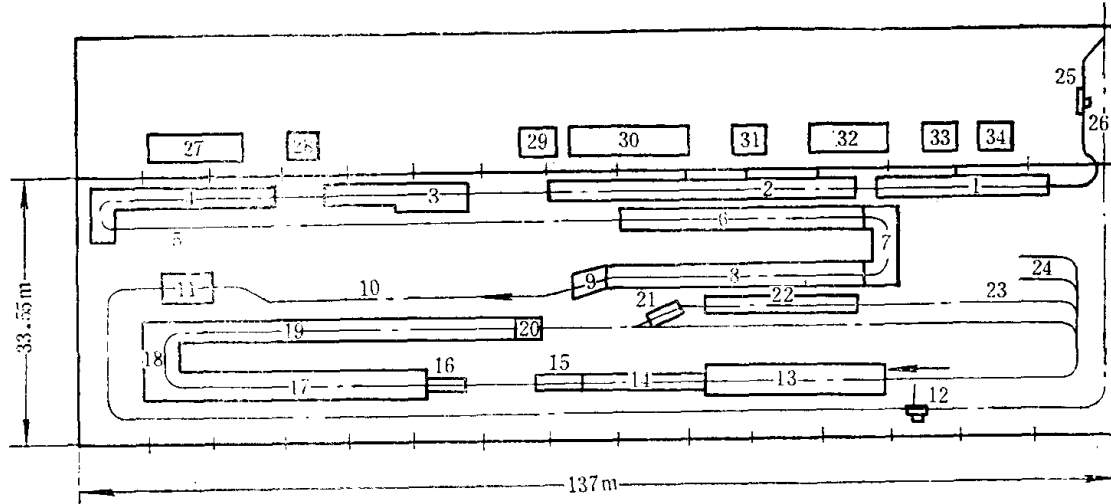


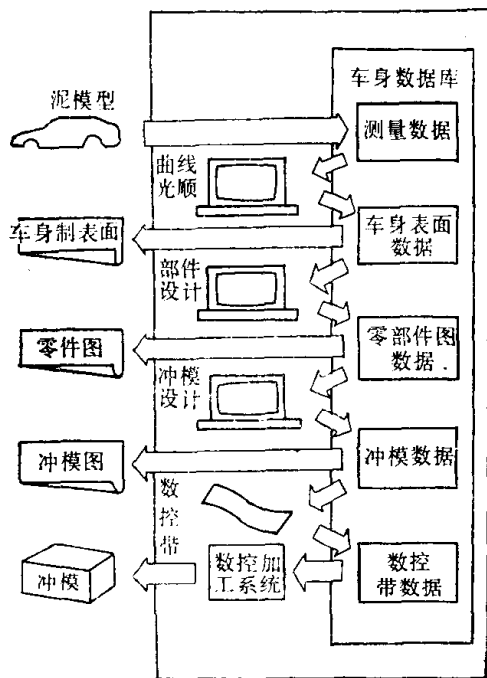
图1-8 驾驶室油漆车间平面示意图

- 1—准备 2—前处理 3—电泳槽 4—烘干炉 5—检查 6—修补涂装 7—晾干区 8—烘干炉 9—冷却
- 10—涂密封胶 11—涂车底防声胶 12—卸车身升降器 13—打磨 14—烘干炉 15—冷却 16—准备
- 17—涂面漆 18—晾干区 19—烘干炉 20—冷却 21—涂黑漆 22—辐射式烘干炉 23—检查
- 24—接触上升和储存 25—升降器 26—推杆悬链 27—空调设备 28、29—贮槽 30—压缩空气机室
- 31—贮槽 32—空调设备 33—水箱 34—纯水

#### 四、车身计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)

近年来微电子技术已经渗透到各个领域并在所有工业部门产生了极大的影响。尤其在汽车工业中，这种先进技术已使产品设计和生产工艺发生了巨大变化。车身计算机辅助设计与制造，简称车身CAD/CAM，可完成车身的造型设计到冲模加工的整个过程。使车身设计与模具制造发生了根本的变革，得以用最低的开发费用，在最短的时间内开发出高质量的车身，效率可大大提高。图1-9为一般用于车身CAD/CAM的开发程序。

图1-9 车身CAD/CAM开发程序



#### 1. 车身CAD

汽车车身计算机辅助设计（简称车身CAD）的方法，可概括为造型法和仿形法两种。造型法是从造型设计开始，直至绘制线图、零件图等，所有的车身设计工作都用计算机图象合成来进行。因此，首先是用图象显示设备绘出一幅能代替模型的逼真效果图。仿形法则是在外形设计阶段保留了常规车身设计方法的特

点,按往常的方式绘制效果图,制作小比例泥模型或1:1模型。在模型经过验证批准后,根据模型的表面数据,在CAD图象工作台上进行交互设计,用CAD的手段,在计算机中建立一个与泥模型逼近的数学模型,并以此为基础来进行车身设计工作。

在计算机中建立的表面数学模型,是车身的CAD/CAM设计、有限元分析、工艺设计及模具设计与制造的基础。它不但具有常规设计中主模型的一切功能,而且在模型的保存、分块组合、数据调用传送的方便性、一致性、模型变换的修改等方面,都是常规主模型所不及的。

以仿形法为基础建立起来的CAD框图如图1-10所示。经概念设计后,由美术设计师绘制美术效果图,制作小比例模型或1:1模型,再进行风洞试验。由风洞试验通过的模型或实车,用三坐标测量机对表面数据进行测量。将测得的表面坐标数据转换成数字信息输入到计算机,并从图象台上得到测点图。将测量点连成光顺的空间曲线,如图1-11所示。以光顺的曲线为依据,按车身分块和结构特点,建立车身外板的数学模型,如图1-12所示,并将其存

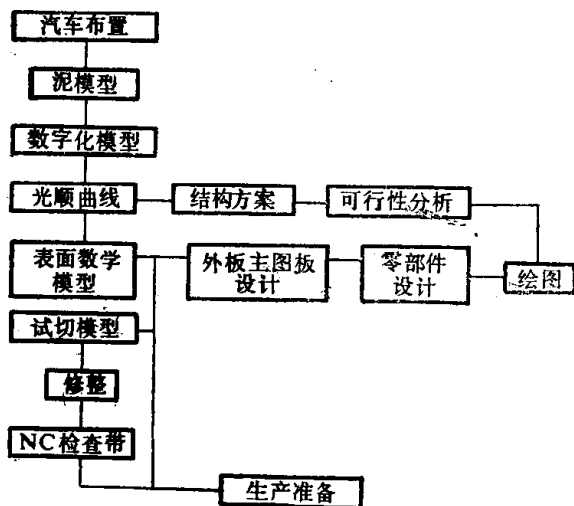


图1-10 汽车车身CAD框图

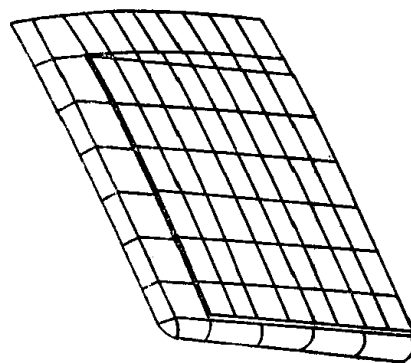


图1-11 载货车顶盖模型光顺曲线图

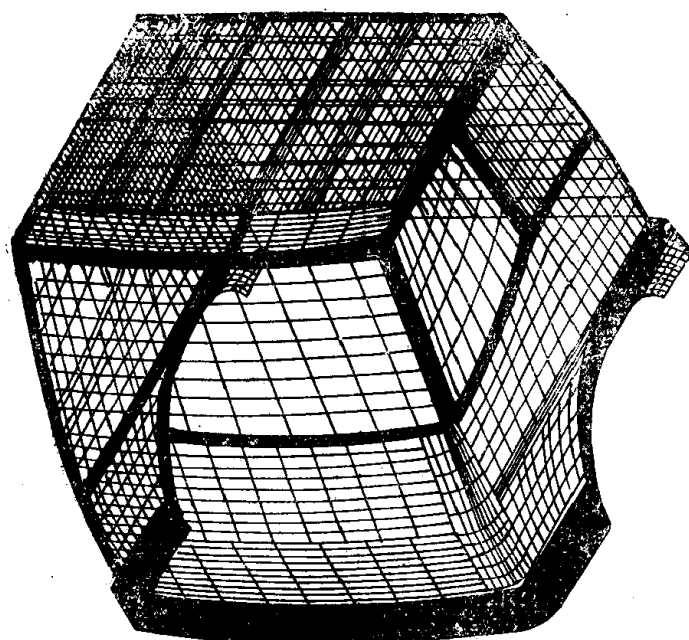


图1-12 逼近某驾驶室模型的表面数学模型

入公用数据库供调用。

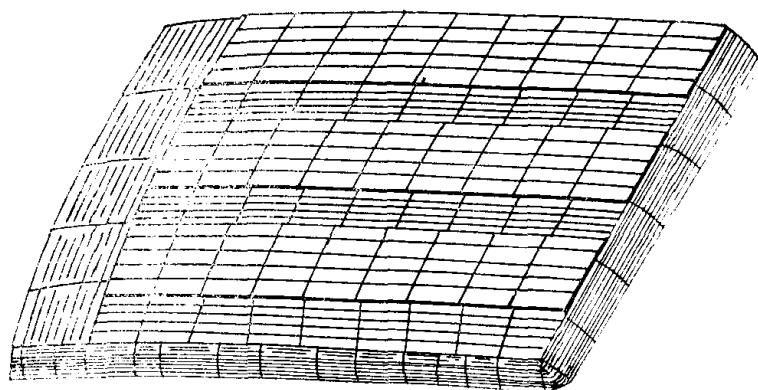


图1-13 驾驶室顶盖数学模型

这个数学模型可分块组合成零部件的数学模型，如图1-13所示。利用这些零部件的数学模型，可进行NC刀位编程，并用数控机床试切出验证模型，再经手工精整和修改局部缺陷。以改后的模型为依据，修改数学模型，即得到了主数学模型。

由表面数学模型得到边界线和特征线，取截面后得到的线图，可供主图板设计使用。

从整体表面数学模型中，还可以取出必要的曲面片，组成零件的表面数学模型。取其边界和求截断面，即可绘出零件图，见图1-14。

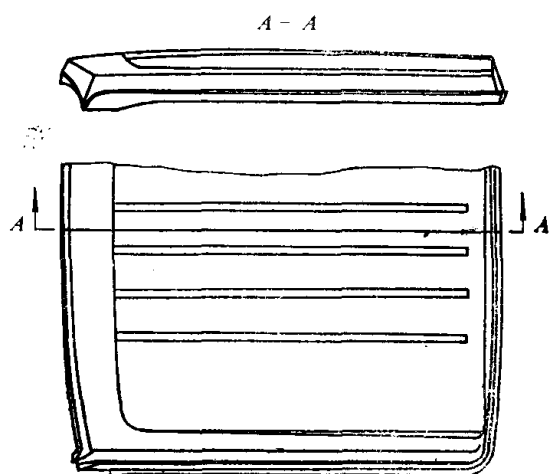


图1-14 轻型车车顶盖板

将以上各项结果送至工艺设计及生产准备单位，作为工装模具设计等生产准备之用，这就全部完成了车身CAD的工作。

## 2. 车身CAM

车身计算机辅助制造（车身CAM）主要是指车身冲压件模具的计算机辅助制造，即模具CAM。传统的制造模具的工艺流程是：首先制造样板、主模型和工艺模型，然后利用工艺模型在仿形机床上加工冲模，最后由钳工装配、调试成合格产品。用这种方法加工模具，不仅工艺流程长、形状精度低、生产周期长，而且需要经验十分丰富的

模具制造人员。因此，这种工艺流程已越来越不适应汽车工业对模具的迫切需要。

应用CAM技术制造模具，由于计算机建立的数学模型的高准确性和数控机床的高精度，以及省略了制造工艺模型等生产环节，因而减少了产生制造误差的因素，使加工出来的模具具有极高的形状精度。同时生产周期短，克服了用传统方法制造模具的弊病，给模具制造带来了彻底的变革。

车身CAM，可以从车身CAD开始，也可以从模具CAD开始，实现CAD/CAM一体化；还可以从产品图、线图和数表开始。从最后一种情况开始，应用覆盖件模具CAM，主要有三条途径。一是直接按产品图、线图和数表，用FANUC编程机和FAPT语言编制数控零件加工程序；二是直接按产品图、线图和数表，用IBM4381计算机和APT4/SS语言编制零件程序，并产生数控刀位数据；三是按产品图或产品数据文件，借用CATIA交互



式三维图形应用软件来交互生成加工型面，利用NC模块生成数控加工数据。

在完成上述三项工作时，在软件应用和开发方面应解决如下几个问题。

(1) 软件应用方面 在利用FAPT语言、APT4/SS语言和CATIA应用软件进行零件程序编制时，有四个关键问题需要解决，即加工过切问题、曲面对应性问题、曲面光滑问题和凸凹模编程问题。这些问题处理的好坏，会直接影响编程效率和质量。

“加工过切”是指在切削加工过程中，切削掉了不应该去掉的材料。产生过切的主要原因是：生成曲面凹圆角处的曲率半径小于数控加工时所采用的刀具半径、曲面形状不准确以及两曲面的凹型相交等。前几个原因引起的加工过切问题，可以通过选择适当的曲面类型、定义合理的曲线形状及曲线间的对应关系，使曲线的内凹圆角半径大于刀具半径等方法来解决，故不多述。下面主要介绍一下两曲面凹型交线处的加工过切问题。

如图1-15所示，加工曲面 $S_1$ 、 $S_2$ 。加工曲面 $S_1$ 的边界线 $C_{12}$ 时，刀具过切于曲面 $S_2$ ；加工曲面 $S_2$ 的边界线 $C_{12}$ 时，刀具过切于曲面 $S_1$ 。

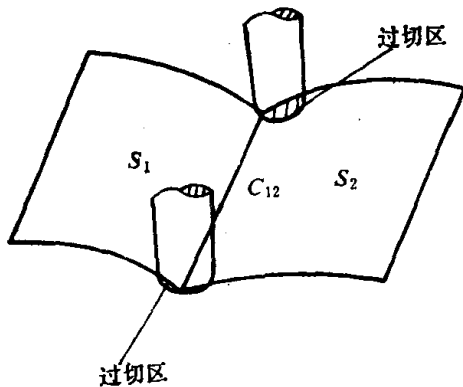


图1-15 加工过切现象

因此，在两曲面凹型交线处产生了加工过切问题。为了防止这种现象，应求出一定半径的与两曲面 $S_1$ 和 $S_2$ 都相切的球。此球沿两曲面的交线方向滚动时，与两曲面接触点形成的轨迹为 $C_1$ 和 $C_2$ 。为防止产生过切，球的半径应大于或等于数控加工时所采用的刀具半径。

如图1-16所示，若以曲线 $C_1$ 、 $C_2$ 作为加工曲面 $S_1$ 、 $S_2$ 的加工范围控制线时，就能有效地防止两曲面凹型交线处的加工过切问题。

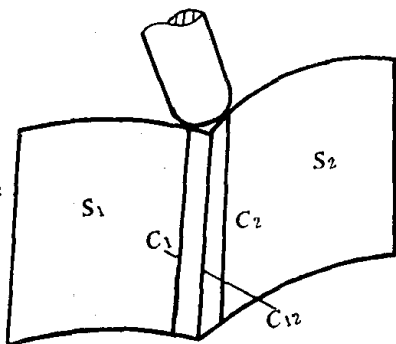


图1-16 加工范围控制线

曲面的对应性，是曲面造型和数控编程加工中的一个重要概念。它会直接影响生成曲面的几何特性和NC加工的加工精度。曲面是由一组曲线按一定的运动、一定的变化规律而生成的。对具体曲面而言，组成曲面的各曲线之间有严格的参数对应关系。曲面的这一特性称为曲面的对应性。在构成曲面时，应选择适当数量的曲线及合理的曲面类型来拟合实际型面，使生成的曲面与实际型面一致。

曲面光滑是曲面造型中的另一个重要概念。它的含义同流线型概念很相似。在编制车身外覆盖件程序时，经常发生由于生成的曲面不光滑，而使其不能满足实际生产需要的问题。

产生曲面不光滑的主要原因是：1) 组成曲面的曲线不光滑。2) 组成曲面的曲线分布不合理。3) 构成曲面时采用了不合理的曲面类型。

针对这三个原因，可采用下面的方法来解决：1) 选择合理的曲面类型来构成曲面。2) 对非光滑曲线进行光滑处理。3) 使组成曲面的曲线分布均匀，最好采用平面曲线。

凸、凹模编程的要点是解决凸、凹模表面“差一料厚”问题。为了提高凸、凹模编程效率，凸、凹模编程采用了同一数学表面。当凸模表面的数学模型建立完毕后，对其进行主轴镜像处理，就可生成其凹型表面模型。这一表面在形状上与凸模表面仅差一料厚。编制凹模表面数控加工程序最简便的方法是利用已生成的凹型表面数学模型，对凹型表面与凹模表面