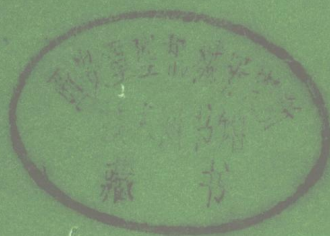


国外机械工业基本情况

# 锻 压 机 械

机械工业部济南铸造锻压机械研究所 编



4315  
9-1

机械工业出版社

一九八七

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》的锻压机械部分，内容主要介绍机械压力机、液压机、锻造机械、弯曲和剪切机械的技术发展，反映了国外锻压机械行业的技术水平。同时还介绍了联邦德国、苏联、日本、美国等国的锻压机械行业的基本情况 & 科研情况。可供从事锻压机械专业的科研设计人员、管理人员以及大专院校的教学工作者参考。

国外机械工业基本情况  
锻压机械

机械工业部济南铸造锻压机械研究所 编

\*

机械工业部科学技术情报研究所编辑

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)

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·机械工业出版社经售

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张17<sup>1</sup>/<sub>4</sub>·字数424千字  
1987年6月北京第一版·1987年6月北京第一次印刷  
印数 0,001—1,500·定价: 6.10元

\*

统一书号: 15033·7194Q

## 出 版 说 明

机械工业肩负着为国民经济各部门提供技术装备的重任。为适应四化建设的需要，必须大力发展机械工业。上质量、上品种、上水平，提高经济效益，是今后一个时期机械工业的战略任务。为了借鉴国外机械工业的发展道路、措施方法和经验教训，了解国外机械工业的生产、技术和管理水平，以便探索我国机械工业具有自己特色的发展道路，我们组织编写了第三轮《国外机械工业基本情况》。这一轮是在前两轮的基础上，更全面、系统地介绍了国外机械工业的行业、企业、生产技术和科学研究等方面的综合情况，着重报道了国外机械工业七十年代末和八十年代初的水平以及本世纪末的发展趋向。

第三轮《国外机械工业基本情况》共一百余分册，参加组织编写的主编单位包括研究院所、工厂和高等院校共一百余个，编写人员计达一千余人。本书为《锻压机械》分册，主编单位是机械工业部济南铸造锻压机械研究所，参加编写人员有侍慕超、张国权、墨德尚。责任编辑何祚芝。

机械工业部科学技术情报研究所

分类 T4315/9-1  
 号 76583

## 目 录

第一章	新技术革命推动了新型锻压机械的发展	(1)
第一节	锻压机械的机电一体化	(1)
第二节	锻压柔性制造系统(FMS)的技术发展	(4)
第三节	“激光压力机”和“等离子压力机”	(18)
第四节	CNC回转头压力机	(36)
第五节	锻压机器人	(53)
第二章	机械压力机的技术发展	(69)
第一节	新一代开式曲柄压力机	(69)
第二节	高速精密自动压力机	(83)
第三节	三坐标多工位压力机	(90)
第三章	液压机的技术发展	(102)
第一节	现代液压机的发展动向	(102)
第二节	板材冲压液压机	(105)
第三节	精密冲裁液压机	(116)
第四节	锻造液压机	(128)
第四章	锻造机械的技术发展	(136)
第一节	热模锻压力机和模锻自动线	(136)
第二节	径向锻机	(146)
第三节	辗环机	(155)
第四节	辊锻机	(163)
第五节	摆动辗压机	(175)
第五章	弯曲和剪切机械的技术发展	(189)
第一节	弯管机	(189)
第二节	旋压机	(200)
第三节	棒料精密剪断机	(215)
第六章	国外锻压机械行业的基本情况	(228)
第一节	联邦德国的锻压机械行业	(228)
第二节	苏联的锻压机械行业	(233)
第三节	日本的锻压机械行业	(235)
第四节	美国的锻压机械行业	(241)
第七章	国外锻压机械与工艺的科学研究情况	(248)
第一节	苏联锻压机械实验科学研究所(ЭНИКМАШ)	(248)
第二节	联邦德国的汉诺威工业大学锻压技术和锻压机械研究所	(250)
第三节	联邦德国的斯图嘉特大学锻压技术研究所	(255)
第四节	波兰的锻压研究所(INOP)	(258)
第五节	捷克斯洛伐克的锻压机械与锻压工艺研究所(VUTS)	(261)
第六节	民主德国的“成形技术研究中心”	(264)
第七节	日本锻压技术和锻压机械的研究机构	(266)

# 第一章 新技术革命推动了新型锻压机械的发展

## 第一节 锻压机械的机电一体化

在风起云涌的新技术革命的推动下，机械技术、电子技术、控制技术和检测技术等日益紧密地结合起来，正在形成一种新的具有普遍影响和广阔前景的复合技术——机电一体化技术或机电仪一体化技术。

“机电一体化”（Mechatronics）是日本人创造的名词，是指由机械技术和电子技术有机结合而成的一种复合技术。其目的在于：在电子装置的配合下，采用简化机械装置实现复杂的、多功能的自动控制，进而向智能化方向发展。由于采用机电一体化技术，汽车可以节能和减少污染，飞机可以提高安全性和飞行高度，发电设备可以减少故障并节约燃料，家用机电产品可以小型轻便等等。

锻压机械则可以实现复杂的程序控制、自动调节和自动检测，形象地说，机电一体化装置就是以机械装置为承载的躯干和操作的四肢、以电子装置为“思维”和记忆的头脑、以传感装置为神经，进行信息感知的装置。机电一体化技术的发展是以电子计算机控制技术、传感器技术以及执行元件技术为其三大主要支柱的。执行元件由过去的以液压元件为主正越来越多地转向伺服电机，这是因为伺服电机的调速范围广，响应性好，可靠性高，结构简单、重量轻。近年来推广的交流伺服电机更优于直流伺服电机。

在机电一体化技术的推动下，锻压机械的结构性能发生了下述多种巨大的变化：（1）能快速自动完成极为复杂的程序动作，例如能在几分钟的时间内依次以三、四十副模具对一块大型板材进行冲孔、冲槽和步冲成型；（2）能以很高的精度和重复精度加工出工件，例如目前剪板机上的后挡料定位精度最高已经达到 $\pm 0.05$ 毫米，弯管机上的弯曲角重复精度也已经达到了 $\pm 0.1$ 度；（3）能在很短时间内自动更换加工对象并重新调整好各种工艺参数，从而实现昼夜无人化运转，例如以机械压力机为主体的各种冲压中心就是这样；（4）机器结构大为简化，例如自动送料装置以伺服电机传动代替来自压力机曲轴的复杂的机械传动，数字控制代替复杂的凸轮控制；（5）可以根据感觉到的信息做出各种判断，可以始终不停地监控机器的工作并实现故障的“自诊”，例如当发生机器超载、送进双料、料位不正、曲轴在上死点超程、制动时间过长等情况时均能自动停车，机器发生故障时能自动指出故障部位，便于排除或维修。

进入八十年代以来，锻压机械机电一体化的步伐越来越快，已经遍及锻压机械的各个门类。首当其冲的是各种板材加工机械，如回转头压力机、冲型剪切机、折板机和剪板机等，其次是动作和参数变化较多的锻压机械如各种液压机、弯管机、旋压机、径向锻机（精锻机）、扩孔机……甚至连曲柄式锻压机械如开式和闭式压力机、多工位自动压力机、高速压力机、自动冲槽机以及多工位自动冷锻机等也都在不同程度上采用了机电一体化技术。

关于锻压机械的机电一体化情况举例说明如下：

### 1. 冲模回转头压力机及其构成的板材加工中心。

冲模回转头压力机是历史上首先（1956年）实现数控化的锻压机械，目前已普遍实现微型机的 CNC 化。板材的 X、Y 轴移动和回转头的换位（T 轴）目前都是由直流伺服电机驱动，在这方面已不再需要复杂的机械传动系统。机器具有 X、Y 轴同时高速送进和精确定位的功能；有直线和圆弧插补功能，除冲孔外能进行复杂形状的轮廓步冲；有选择板材移动和回转头回转的最短路线的优化功能；有 CRT 显示、人机对话和故障诊断等功能。

回转头式板材加工中心实际上就是在回转头压力机上增加攻丝、铣削（铣去步冲表面上的波纹）钻小孔等装置，有的甚至加上等离子切割头或激光切割头，从而能在一台设备上的一次装卡中完成零件的全部或大部加工工序。目前这种板材加工中心正在迅速发展。

## 2. 冲型剪切机及其构成的板材加工中心

冲型剪切机是与冲模回转头压力机平行存在、工艺用途越来越接近的板材冲孔、步冲机械。它虽没有回转头，只有单模位，但有一个模具库和自动换模系统，也都由 CNC 系统控制，也有 CRT 显示、人机对话和故障自诊等功能。有的还有模具回转换位（6 模位）功能（多一个控制轴）。所构成的板材加工中心，可自动更换模具，可进行冲孔、冲槽、步冲轮廓以及压筋成形等工序，装上附件后还可进行攻丝及铣削工序，有的还配有激光或等离子切割装置。

## 3. 液压折板机

目前工业发达国家生产的折板机多数已实现 CNC 化，据估计在产量中的数控化率已达到 50~75%。一般情况下为 2~3 轴控制，也有多到 6~7 轴的。六轴数控折板机采用 6 套由伺服电机驱动的伺服传动装置，实现对 X、R、Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub> 轴（后挡料机构的四种调节运动）、Y 轴（滑块行程）和 U 轴（凹模翻转）的控制。为解决双缸同步问题，有的折板机采用两个高精度的线性传感器测量滑块行程，并将测量值送入计算机进行比较、处理、放大，再输出信息控制伺服阀。和老办法相比较，不但省去许多机械零件，而且同步精度也由 0.2 毫米提高到 0.05 毫米，即使在偏载很大时，凸模压入凹模的重复精度也能达到 0.01 毫米。

## 4. 剪板机

剪板机的后挡料架的调节目前采用 CNC 的越来越多。有的厂家还采用先高速移动、最后自动减速的方法把定位精度提高到  $\pm 0.05$  毫米。有的剪板机采用数控送料装置，送料滑板由伺服电机驱动，定位精度可达  $\pm 0.1$  毫米。其它如剪切角的调节、剪刀间隙的调节、滑块行程的调节以及堆垛装置的动作等也都实现 CNC 化。

## 5. 冲压加工中心

是以曲柄压力机为基础配上卷料箱更换装置、料厚料宽检测器、开卷校平装置、活套装置、辊式送料装置、料端焊接装置、成品堆叠装置以及自动换模系统等组成，可在 CNC 系统的统一控制下实现无人操作，例如可在一个夜班内自动更换卷料、模具和工件箱达六次之多，并自动调节好开卷校平装置的速度、导向和辊子位置，辊式送料装置的送料长度和侧面导向，焊接的电流和速度，压力机的每分钟行程次数和封闭高度等参数。一批工件完成后自动卸出模具、工件箱和卷料，并由电动打字机打出完工清单，其中包括产品编号、规定生产件数、实际生产件数、卷料剩余长度、模具的累计生产件数等必需的管理数据。

## 6. 多工位压力机及其构成的冲压加工中心

有的多工位压力机的传送夹板采用多台直流伺服电机驱动，代替极为复杂的机械传动系统。有的多工位压力机在电子计算机的控制下可以自动换模、换材料、换工件箱，并自动调节送料长度、封闭高度和滑块每分钟行程次数等参数，从而构成以多工位压力机为基础的冲

压加工中心。

#### 7. 冲压液压机

现代的液压技术与电子技术相结合，产生了机电一体化的液压元件，如数控阀、电液伺服阀、电磁比例阀、逻辑阀及多功能逻辑阀、负荷读出式轴向柱塞泵等，可用电子计算机直接控制这些元件，因此也实现了液压机的机电一体化。现代的冲压液压机可以实现三轴或更多轴的控制，例如滑块行程终点位置（可调节到0.02毫米的精度）、滑块行程、液压垫行程、拉伸滑块压力、压边力……有的冲压液压机的CNC系统可以内存100种零件的加工程序，还可以外存更多的程序。

#### 8. 锻造液压机

现代化的CNC快速锻造液压机配有一台或两台操作机、砧块更换机构以及移动式回转工作台，在电子计算机的统一控制下实现供料、操作机夹料和送进、压力机锻打、工件旋转和更换砧块等动作的自动进行以及尺寸、速度和压力的自动控制。采用锥阀逻辑控制系统和检测位置的旋转变压器，检测结果转换成数字信号反馈给控制装置，以补偿位置误差，可以保证向下行程停止位置的误差不超过 $\pm 0.5$ 毫米。采用速度控制装置在达到预定位置之前先行减速，可以把超程量控制在 $\pm 0.1$ 毫米以内。

#### 9. 螺旋压力机

现代化的螺旋压力机能够借助于电子装置精确地控制打击能量，能以不同的能量连续进行多次（例如四次）打击，从而提高锻件精度、模具寿命和劳动生产率。

#### 10. 精锻机（径向锻机）

手工控制时用两根操纵杆通过电液伺服系统来控制夹头的运动方向和速度以及成对调节锤头的行程位置。而在采用数控系统时则无论是两个夹头的纵向运动、转动和夹紧、锤头的行程位置的调节、夹头的运动速度、锤头的打击速度（每分钟打击次数）……都全部按程序规定进行自动控制，并可根据锤头磨损程度来调节锤头行程位置。

#### 11. 卷板机

目前已对三辊及四辊卷板机进行3~6轴控制，可卷出圆柱形、圆锥形、方形、三角形、椭圆形及“U”形的工件。

#### 12. 自动卷簧机

把要卷绕的弹簧参数（如线材直径、弹簧直径、长度、圈数和形状等）输入电子计算机就可以算出最佳的加工规范，如最佳的卷绕速度等。计算所得数据可以储存起来，以便加工时随时调用。可卷绕多种形状的弹簧，并可快速调节，特别适用于中小批多品种生产。

#### 13. 弯管机

矢量弯管系统可借助于管形测量仪测出样品的X、Y、Z直角坐标值并将其输入微型机，然后转变成送进长度、旋转角度和弯曲角度三个工艺参数，指令弯管机工作。也可把弯曲管件的图纸数据输入微型机进行弯曲。弯曲后在管形测量仪上检测，数据反馈到微型机内进行比较，然后输入修正值进行修正。

#### 14. 多工位冷成形机

可装备有各种传感检测和快换装置：（1）机器运转及管理传感检测器（润滑及冷却油温传感器、气压不足传感器、料端传感器、顶出销异常传感器、过载传感器、夹持异常传感器等）；（2）制件管理传感器（工具磨损或破坏传感器，制件长度、厚度、裂纹、偏心等传感

器)；(3) 坯料管理传感器(坯料伤痕、硬度检测器)；(4) 快换系统,包括线材、送料辊、切料套管、切断刀、挡料器、模具和夹钳等的更换,以及凸轮等的更换。有的还有切断长度的数显和遥控调节系统,每按一次按钮可寸动0.01毫米。

#### 15. 旋压加工中心

七十年代末期,除CNC旋压机外,还出现了旋压加工中心,把普通旋压、强力旋压、深拉延、钻孔、车削、铣削等多种功能集中在一台机器上,在多轴CNC系统的控制下,自动按顺序进行各种加工和更换工具,因而能在一次装夹中完成一个复杂零件的各道工序的加工。

以上仅是锻压机械采用机电一体化技术的一部分例子。实际上,机电一体化技术已经进入锻压机械的所有门类,而且正在向纵深发展、向普及发展。

本章的以下各节将重点介绍锻压机械在机电一体化方面的几项最新成就,即锻压柔性制造系统(FMS)、CNC冲模回转头压力机、锻压机器人、“激光压力机”和“等离子压力机”。

## 第二节 锻压柔性制造系统(FMS)的技术发展

柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,缩写为FMS)是一种微电子工程和机械工程学相结合的系统,是以进行多品种小批量生产为目的、由数控加工机械、机器人、自动更换工具系统以及无人送料小车和自动料库等组成的、并由中央计算机进行集中管理和控制的一种灵活易变的制造系统。这是六十年代以来自动化技术、数控技术、机器人技术等多种技术领域发展的综合结果,也是现在机器制造业日益向多品种小批量方向发展的产物。

六十年代是大量生产自动化的鼎盛时期,以汽车、电机电器工业为代表。

七十年代是多品种小批量生产自动化时期。1965~1970年间在一些工业发达国家的机械产值中,多品种小批量的产品产值已经占到75%。于是数控加工机械、群控系统和加工中心得到推广。特别是加工中心,由于可以自动更换工具,一台机器可以进行多种加工,工件的种类大大增加,因而得到了格外迅速的发展。

八十年代初以来,在上述数控加工机械和加工中心的发展基础上,机械制造业的生产自动化就自然而然地进入了柔性制造系统的崭新阶段。在1981~1982年间FMS即已在日、美、联邦德国等国家大量涌现。

柔性制造系统的最初构思于1967年即已出现于英国。当时一家英国公司曾进行过试验,但由于系统运转不灵,未获结果。后来日本人和美国人都接着进行研究,并都获得成功。特别是日本人在研制成功后加以迅速推广,取得成绩尤为显著。据日本机械技术协会调查,截至1982年10月止全世界共有203条FMS投入使用,其中日本有60条,美国44条,联邦德国35条,英国10条,民主德国9条,苏联8条,匈牙利8条,挪威8条,捷克斯洛伐克7条,波兰4条,保加利亚3条,瑞典3条,意大利2条,罗马尼亚1条,瑞士1条。

为了调查自动生产系统的情况,英国政府于1975年成立了一个ASP(自动小批生产)委员会,并于1978年决定把该委员会在调查基础上制订的ASP计划作为国家开发项目付诸实施。1980年英国工业部将ASP计划划给“生产工程委员会”(PEC)领导,该委员会的任务是推进FMS的研究开发和推广工作,计划在1982~1983年内建立120套实用性的FMS。此外英国政府在1982年并制订政策鼓励工厂采用FMS,决定3~4年内拨款6000万英镑资助采用的工厂。规定凡申请国家资助的工厂要先进行下述三项工作:(1)详尽分析本厂产品的零件



族别和数量；(2) 确定需要的基本机床；(3) 尽量多同几家 FMS 制造厂商洽谈并采用招标办法，然后才能向英国工业部提出申请。经批准后，可以获得五万英镑的资助，甚至可以资助整条 FMS 费用的三分之一。1982 年一年内已批准的资助项目为 16~20 条 FMS。自 1985~1986 年起还将拨款 1 亿美元作为资助之用。为了研制大规模的 FMS，联邦德国提供了 2700 万美元的财政援助由 Z. Friedrichsfafen 公司研制一套可生产 200 种齿轮箱（批量 50~5000 件）的通称《ZF 系统》。法国政府也资助雪铁龙公司研制齿轮箱的 FMS。日本通产省则组织 20 个民间企业开发大型的“激光应用复合生产系统”。由此可见各国政府的重视程度。

根据复杂程度和生产规模的不同，在 FMS 这一总称之下还包括：

1. FMC (Flex. Manuf. Cell)：柔性制造单元，一般指包含一台加工机械的简单的系统；
2. FML (Flex. Manuf. Line)：柔性制造线，指包含多台加工机械的柔性自动线；
3. FMF (Flex. Manuf. Factory)：柔性制造工厂，目前的进行柔性自动生产的无人化车间也属于这一类型。

日本目前已在大批 FMS 和 FMF 并已取得显著效果。例如富士通公司 1980 年建成的所谓“法纳克”城里有一个生产机器人和线切割机的无人化工厂，只有 26 人，加工部分基本无人，只有装配工段还有些人在操作，仓库则是全自动化的。随后该公司又在爱知县的村田机械厂建成了一个 FMS 车间，并已投产使用。该车间把无人搬运车、自动仓库和数控机床等联成一体，可在 24 小时内加工 300 种左右的工件。日夜两班只有工作人员 10 人。1982 年富士通法纳克公司又和富士通电机公司合作在山梨县富士工厂附近兴建一座世界最大的“无人化工厂”，预定 82 年 8 月投产，生产能力为每月 1 万台伺服电机和主轴电机。采用富士电机公司生产的 FMS 和中央监控系统。机械加工和装配工序采用 150 台 Fanuc 制造的机器人。这项工程的总投资为 40~50 亿日元，投产后职工人数只有 50 名。日本东芝电气公司为了在全公司实现大规模的 FMS 计划，成立了全公司性的“FAPS（柔性自动化生产系统）促进会议”，计划从 1981 年起在三年之内投资 500 亿日元建立 35 套 FMS。其他如山崎铁工、津上、中村留精密工业、以及大阪机工和泷泽等厂家也都在加速实现车间的 FMS 化。

锻压 FMS 一般是由 CNC 锻压机械及必要的工具库、自动料库及自动搬运装置、能准确送料和卸出工件的机器人、发现故障时能及时停车的自动监控系统、以及控制整个系统的电子计算机等构成。由中央控制台对信息流和物质流进行全面控制，使生产严格按预定计划进行。而加工计划又可以通过人机对话随时进行修改。目前主要还只有板材加工 FMS 和冲压 FMS 两大类型。七十年代初即已出现的“冲压中心”（包括一台压力机或多工位压力机、自动送料及送料装置、自动换模装置及 NC 或 CNC 控制系统……），例如 1970 年美国明斯特公司首先推出的普通数控的“冲压中心”，以及 1975 年日本会田公司研制成功的小型计算机控制的压力为 200 吨的“冲压中心”等，这是适用于多品种小批量生产的在电子计算机控制下可以进行自动换模、自动调节、自动传送的无人化操作机组，事实上就已具有 FMS 的性质。由于 FMS 具有更加广泛的自动化过程，而且其未来的目标在于实现全车间或全工厂的自动化，所以过去的“冲压中心”只能类似于 FMC。不过由于 FMS 的吸引力，一些公司已使其“冲压中心”逐渐向 FMS 靠拢并逐渐采用 FMS 这个名称了。1975 年日本金属冲压工业会开始研制的由几台压力机和几台机器人组成的系统当时就叫做柔性冲压自动线。

八十年代出现并推广的钣金加工 FMS 目前是锻压 FMS 的主要类型。日本已经研制成功

并投入生产的钣金 FMS有: 三菱电机公司丸龟制作所 1979年 4月投产的包括回转头压力机和剪板机的 FMS, 日本电器公司玉川事业所 1980年 7月投产的包括回转头压力机、剪板机和攻丝机的 FMS, 日立制作所 1981年 5月投产的包括回转头压力机和点焊机的 FMS, 三菱电机公司稻沢制作所 1982年 5月投产的包括回转头压力机、直角剪板机和折板机的 FMS, 富士通公司明石工场 1982年 10月投产的包括回转头压力机和直角剪板机的 FMS, 三菱电机公司名古屋制作所 1983年 2月投产的包括回转头压力机、带自动换模系统的折边机以及自动材料仓库的 FMS, 还有村田机械公司犬山工厂的由回转头压力机、直角剪板机和攻丝机组成的用于加工机床控制盘和纤维机械钣金件的 FMS……。

日本天田公司经过三年研制, 于 1981年制成包括回转头压力机、直角剪板机、板料折弯压力机和自动仓库的 FMS。据天田公司介绍, 该公司在 82年每个月至少要出售板材加工 FMS (根据具体需要进行改型) 5 ~ 6 条。

日本其他研制和生产板材加工 FMS的公司有: 村田、山崎、山田托比、日立制作所、安立电气……还有一些公司如会田等在发展冲压 FMS, 以压力机和多工位压力机为主机。1982年 10月份在第 11届大阪国际机床展览会上展出了两套板材加工 FMS。一是村田公司的, 包括一台 W4560型 CNC回转头压力机、一台 CNC折板机、一台 CNC剪板机和自动上下料及传送装置。另一是安立公司的, 包括一台 CNC回转头压力机、一台 CNC攻丝机和自动上下料及传送装置。据报道, 到 1982年 8月止日本已有 32条板材加工 FMS在 9家工厂中运转(1982年 5月份的“美国机械师”报道, 在日本已有 20条由剪板机和回转头压力机组成的 FMS, 都配备有“数据设备公司”的 PDP11型计算机), 而根据计划到 1983年末总数将达到 70条 (35家工厂)。主要用户为电气、电子工业, 汽车、建筑等行业的需要量也在增长中。此外, 日本在板材加工和冲压生产方面也正在大搞无人化车间。例如天田公司已于 1982年 7月份设计完成板材加工无人化车间, 主机为 COMA557型 CNC回转头压力机 (冲孔一步冲单元), 其前面有一个剪切单元, 后面有一个折弯单元, 单元之间的运输由感应式无人搬运车承担。车间一端为自动化仓库, 另一端为中央控制室。从设计上说, 这是目前的最高水平了, 但尚未见制成投产的报道。

由此可见, 日本 FMS热潮来势的迅猛。这一浪潮将会使锻压生产、目前至少会使板材加工和冲压生产的面貌, 以及锻压机械本身的性能发生很大的变化。

美国生产板材加工 FMS的厂家有斯特里皮特 (Strippit)、维德曼 (Wiedemann)、惠特尼 (Whitney) 等公司。维德曼与本迪克司 (Bendix) 公司合作研制的板材加工 FMS由两条并列的柔性制造单元组成, 彼此之间可以横向传送工件, 从而可以平衡各加工工序之间的生产能力。

联邦德国生产板材加工 FMS的厂家有特龙夫 (Trumpf) 公司、贝伦斯 (Behrens) 公司、埃森-哈默 (Eisen und Hammerwerke) 公司等。斯图嘉特的“佛劳霍夫生产技术与自动化研究所”也在研究板材加工 FMS。

意大利的 Salvagnini公司也在生产一种比较简单的由一台冲孔机和一台折边机组成的钣金 FMS。

钣金加工 FMS在目前是锻压 FMS中需要最为迫切、也是数量和种类最多的一种。例如日本安立电气公司的钣金工厂在其生产线上共为 50个行业生产 5000种电气产品, 材质差异也颇大, 有铜、钢、铝……。又如“日本电气”公司的每月订货为 13000项, 平均批量 15件; 其

中50%的订货批量在5件以下。在这种品种极多、批量很小的情况下,钣金FMS一经出现,立即迅速推广,这是毫不奇怪的。

“日本电气”公司对其产品零件所需进行的加工工序进行了分析,发现有95.5%的零件需要冲圆孔,有87%的零件需要进行弯曲,74.2%的零件需要攻丝……。另外, $\phi 1.9 \sim \phi 5$ 毫米之间的7种直径的孔数占全部圆孔数的86%。这两项统计分析如表1-1和表1-2所列。正因为是这样一种多品种小批量生产和这样一种工序情况,所以钣金加工FMS首先得到迅速推广,而且以电气电子行业为主要阵地。

表1-1 “日本电气”公司钣金件的工序出现率

工序种类	冲圆孔	冲角形孔	冲椭圆形孔	冲特殊形状孔	冲槽	弯曲	弯曲后冲压	攻丝
具有该工序的零件占零件总数的%	95.5	11.4	3.7	6.8	45.4	87.0	2.9	74.2

表1-2 “日本电气”公司钣金件上不同直径圆孔的出现率

圆孔直径(毫米)	$\phi 2.1$	$\phi 3$	$\phi 3.3$	$\phi 2.5$	$\phi 5$	$\phi 4.2$	$\phi 1.9$
该直径圆孔占圆孔总数的%	38.1	20.3	13.2	10.5	4.2	2.4	1.1

“日本电气”公司的产品是“电气通信装置”。由此可见,在电器、电子行业里采用钣金FMS的潜力是很大的。

在锻压FMS、特别是钣金FMS方面,最为重要的指标是以下几个方面:

1. 柔性;
2. 生产性能(包括生产率及其它各种生产管理和经济指标);
3. 节拍准确性;
4. 设备的寿命;
5. 分阶段扩大的可能性。

关于钣金FMS的柔性和生产性能,在日本有人提出一种判断的指标,如表1-3所列。

表1-3 钣金FMS的分级标准

指标项目	级 别			
	特 级	高 级	普 通 级	低 级
柔 性(点)	>42.0	30~41.5	18~29.5	<17.5
生产性能(点)	>40.5	29~40	17.5~28.5	<17
综 合(点)	>82.5	59~82	35.5~58.5	<35

关于柔性和生产性能包括哪些指标,每个指标有多少点数,详见表1-4和表1-5。其中各项指标并按其重要程度乘以一定的倍数,如3、2.5、2……在柔性的各项指标中,最为重要的是品种批量指标和精度指标,其次是工件形状,再次是加工材质范围和加工质量等等。在生产性能的各项指标中,最重要的是机器的生产率(例如回转头压力机的每分钟行程次数——步距25毫米时),其次是是否需要进行后续的手工修整,以及是否需要入中间仓库(节拍性)。

表1-4所列评价钣金FMS的柔性水平的各项指标及其点数(并按重要程度乘以一定的

倍数), 表 1-5 所列为评价钣金 FMS 的生产性能的各项直接指标及其点数 (也乘以一定的倍数)。关于评价生产性能的各项间接指标, 只给了一个范围, 而且大多数的点数甚少, 可见其重要性较差。表 1-4 中的“规格”系指形状尺寸不同而用途相同者, 而“品种”则指不同类别的零件, 如箱体、电气部件等。

表 1-4 评价钣金 FMS 的柔性的各项指标

组别	I	II	III	IV	倍率	
基准点数	4	3	2	1		
品种批量类型	多品种, 小批量	中等数量的品种, 中批量	多规格, 小批量	中等数量的规格; 中批量	2.5	
精度 (毫米)	$< \pm 0.05$	$< \pm 0.1$	$< \pm 0.2$	$> \pm 0.2$	2.5	
工件形状	曲线、斜线 大圆、角、小圆	斜线、大圆 小圆、角	大圆、直角 小圆	直角、小圆	2	
工件材质	钢、钛、铜、 铝、硬纸、有机材料	钢、钛、铜、铝	钢、钛	钢、钛	1.5	
加工质量	伤痕 (铝)	无	极浅	深	1.5	
	毛刺 (铜) 毫米 $t=0.5 \sim 2$	$< t \times 0.015$	$< t \times 0.025$	$< t \times 0.04$		$> t \times 0.041$
	波纹 (毫米)	$< 0.03$	$< 0.06$	$< 0.12$		$> 0.13$
最小板厚 (毫米)	$< 0.29$	$> 0.3$	$> 0.6$	$> 1.2$	1	
最大板厚 (毫米)	$> 8.1$	$< 8$	$< 4$	$< 2$	1	

注: “品种”指不同类别的零件, “规格”指类别相同而仅形状尺寸不同。

表 1-5 评价钣金 FMS 的生产性能的各项直接指标

组别	I	II	III	IV	倍率		
基准点数	4	3	2	1			
程序编制	CAD, CAM	CAM	专用机	手动	1		
加工机械	速度 (次/分) (步距 25 毫米时)	$> 240$	$> 200$	$> 160$	$< 159$	3	
	换模调整	换模	自动换模	手工 10 秒/模以下	手工 20 秒/模以下	手工 21 秒/模以上	1
		加工信息	联机	脱机	存储运转	纸带	
手工修整工件	完全不需要	板件正面部分修整	去毛刺修整波纹	修整伤痕	2		

按以上各项直接指标计算, 凡在 25 点以上者为特级, 18~24 点之间者为高级, 11~17 点之间者为普通级, 10 点以下者为低级。

关于评价钣金 FMS 的生产性能的各项间接指标, 其最大最小值的范围 (比值仍为 4:1) 如下所列。

后续工序容易、加工基准尺寸正确	2 ~ 0.5 点
不需要检查工程	4 ~ 1 点
不需要库存在制品 (节拍性)	8 ~ 2 点
占地面积	1 ~ 0.25 点

能量消耗	2 ~ 0.5点
生产管理	1 ~ 0.25点

按以上各项间接指标, 凡在16点以上者为特级, 11.5~15.5点之间为高级, 7~11点之间者为普通级, 6.5点以下者为低级。评价生产性能的直接指标和间接指标合并考虑在40.5点以上者为特级, 29~40点之间者为高级, 17.5~28.5点之间者为普通级, 17点以下者为低级, 如表1-3所列。

这一分级评价标准只是某一公司或某些研究人员的观点, 录此仅供参考。

关于锻压FMS的技术经济效果, 可用小松制作所和东京芝浦电气公司所合作研制的冲压FMS来说明。该FMS只包括一台4轴双臂“机器人”、一台150吨开式压力机(单工位或三工位冲压)、自动送料装置、自动换模装置及模具库。现在这条FMS上加工150种零件, 批量最小为20件, 最大为4000件, 平均批量400件。生产率相当于7台小型压力机, 较之未实现FMS化前的压力机来说, 生产率提高5倍以上。

至于钣金FMS的技术经济效果则可由日本村田机械公司和用户单位富士重工业公司的宇都宫制作所合作研制的FMS中明显地看出。宇都宫制作所是生产飞机、铁道客车、集装箱、拖车等产品的一家公司。在其车辆工厂内为了生产多品种小批量的大型钣金件(最大1515×3030毫米, 300公斤)而建立了这条钣金FMS, 共包括: 自动仓库(两排料架, 每一料架16层, 共包括有效格数315个)、剪切单元(六台剪板机)、冲孔单元(两台附有自动上下料装置的CNC回转头压力机)、折弯单元(8台折板机)、无人搬运车系统(无人搬运车4台)和CNC控制系统所组成。采用这条FMS后所取得的效果如下:

- (1) 仓库面积节省60%;
- (2) 在库管理改善, 库存在制品减少20%;
- (3) 省去叉车6台及吊车两台, 减少6人;
- (4) 设备开动率提高, 经过一个阶段使用后FMS已能以100%开动率工作, 实现连续自动作业, 生产率提高;
- (5) 实现了多品种小批量生产。

值得注意的是, 这样一条大型的、包括16台钣金加工机械的FMS, 竟然从设计到投产只用了3个半月时间, 其中系统设计2个月, 设计制造3.5个月, 现场安装2个月, 全线调整1个月。

钣金FMS的技术经济效果也可由日本东芝公司柳町工厂(生产复印机零件的无人化冲压工厂)的第一阶段工程——模具的自动搬运和更换系统中明显地看出。该厂为多品种中批量生产性质, 换模相当频繁, 在采用自动搬运和更换系统后, 获得了如下效果:

- (1) 更换工件所需的全部换模调整(包括压力机和送料装置的调整, 以及试冲和试冲件的检查)时间由原来的16分减少到3分钟;
- (2) 节省人力, 由原来的5人减少到1人; 而如果把生产率提高到200%考虑在内, 则实际上减少8人;
- (3) 合理批量减小, 由原来的1400件减少到700件;
- (4) 加工工时缩短, 由原来的8.5秒/件减少到4.8秒/件。

根据苏联人的调研结果, FMS平均可缩短新产品的生产准备时间40%, 降低生产费用10%, 减少劳动力30%, 提高设备利用率30%。而且如果和产品设计的CAD方法结合起来,

则能获得最大的经济效果。

下面介绍国外已有的或正在研制中的几种钣金 FMS 的概况:

### 一、联邦德国的特龙夫 (Trumpf) 公司的板材加工 FMS

特龙夫公司是联邦德国生产钣金 FMS 最早的也是最重要的厂家。该公司到目前为止,已发展了好几种钣金 FMS。这几种 FMS 都采用多层的高架自动仓库 (板材和成品工件用) 和自动换模的 CNC 自动换模式冲型剪切机 (该公司也叫“板材加工中心”)。第一种 FMS 是在一座具有 10 跨的大型高架自动仓库前设有两台板材加工中心,各带一套自动上下料装置及机器人换模系统,并有感应控制的无人送料车。有一套已在德国开关公司 (German Switchgear Co.) 安装使用。第二种 FMS 是在一座三跨的高架自动仓库前开设有一台板材加工中心和自动上下料装置及感应式无人送料车。该公司自己就使用这么一套 FMS,一天 24 小时运转 (见图 1-1)。第三种 FMS 是 1984 年才推出的新产品,在一座五跨的高架自动仓库前设有一台 CNC “激光压力机” (即带激光切割头的板材加工中心),带自动上下料装置,和前两种 FMS 一样分别是 Trumalift B 和 Trumalift E。这第三种 FMS 的最大特点是在“激光压力机”的前方设有一个换模用工业机器人和三个“工具塔”,可容纳 300 套供更换用的工具 (见图 1-2)。

Trumalift E 是该公司研制成功的可编程的卸料装置,用于上述三种 FMS。由于上料时是向加工中心送入整块板材,而卸料时则板材已冲出许多孔和槽,有的真空吸头可能已吸不着板材,或者整块板材已被切开成几种形状尺寸各不相同的零件,因此根据零件形状和重量对吸料盘上的大大小小各种真空吸头的动作进行编程,使能依次吸起一块板材上分离下来的各种形状和尺寸的工件。另外,对于一般卸料装置来说,废料排除也是个问题,而采用 Trumalift E 型卸料装置,则由于在一块吸盘上共布置 4 种规格 72 个吸盘,而且对其分布也考虑得很周到,所以一些废料也可以从工作空间顺利地取出。此外不同的工件还可以按照要求堆叠在不同的料盘上。例如,一块板材经冲孔后套裁下 A、B、C、D 四种零件,则可以使若干张板材上分离下来的 A、B 两种零件堆叠在一个料盘上,C、D 两种零件堆叠在另一

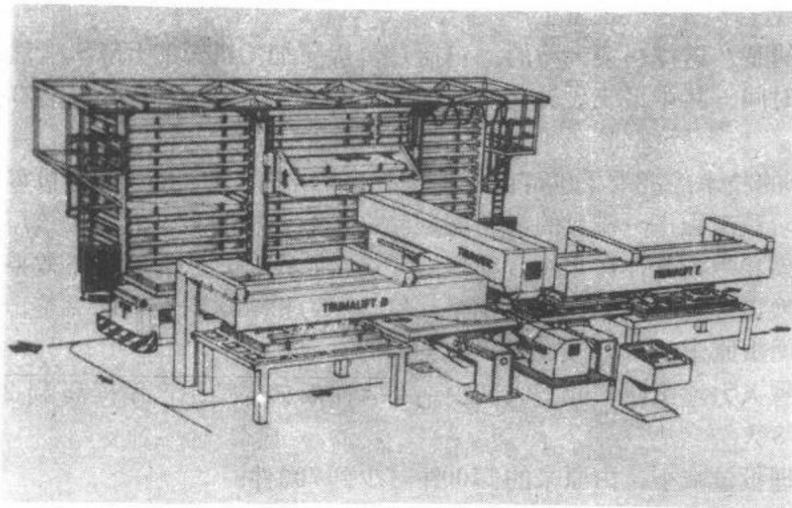


图 1-1 联邦德国 Trumpf 公司的板材加工 FMS

个料盘上，而废料则放在第三个料盘上。近年该公司还研制成功一种Trumasort型可编程的分选回转台，可将一块板上分离下来的各种小型零件和小块废料分别送入不同的料箱。

Trumpf公司研制了自己的电脑编程系统——TCP系统，还和Krupp Asco公司合作研制成功一种所谓“动态编程技术”。这种动态编程技术的使用过程包括两个阶段：第一阶段是把某一用户的所有需要在该FMS上加工的板材加工件的生产数据经过“预编程”后储入程序库内；第二阶段是在需要加工某些零件时临时进行编程，例如第二天需要板厚2毫米的4种零件各若干件（如A件10个，B件6个，C件25个，D件1个），那末头一天晚上可以将这

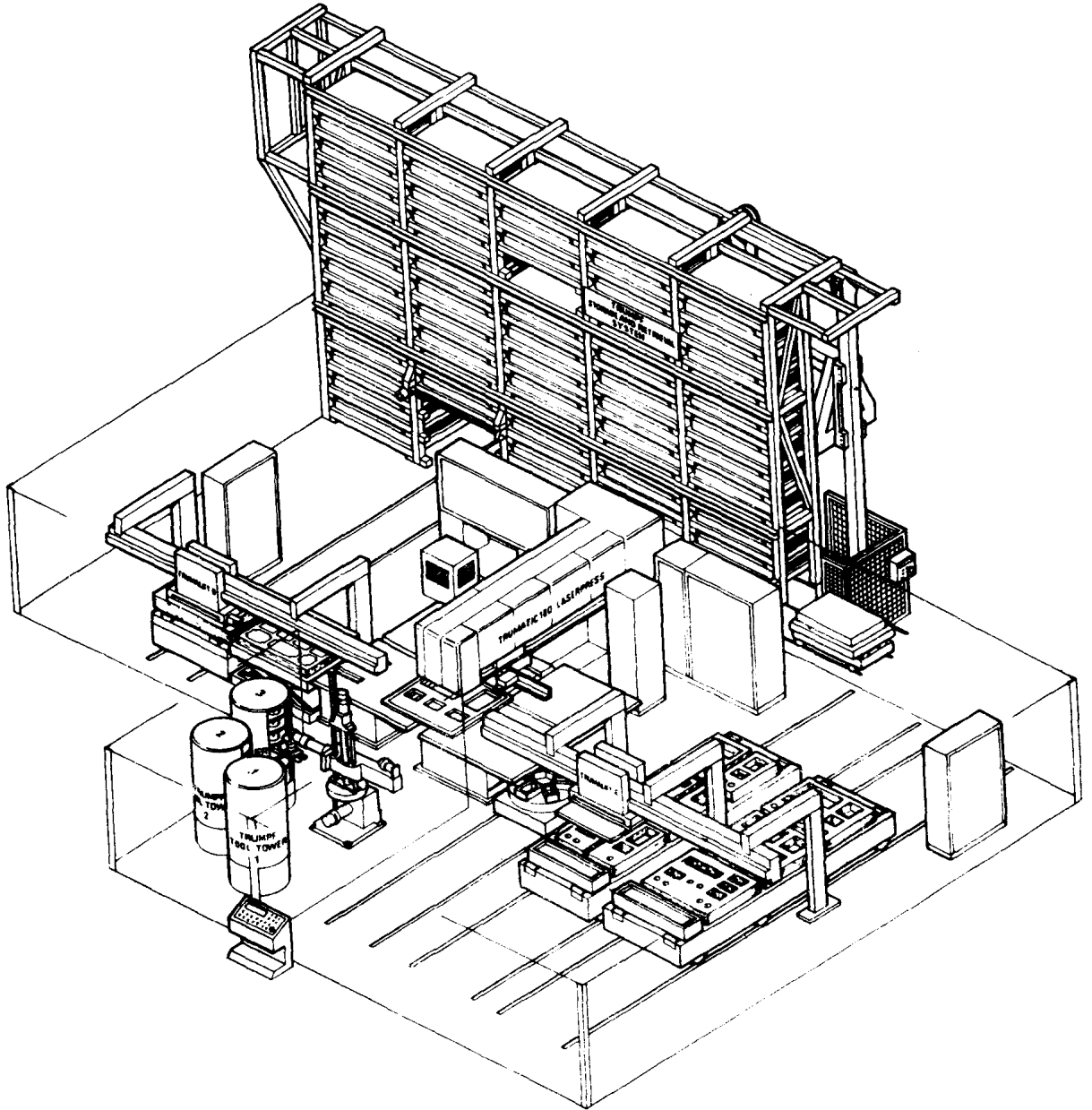


图 1-2 联邦德国Trumpf公司的带有300套模具的板材加工FMS

些要求和库存板材规格输入电子计算机,由电子计算机进行分析并按最佳方案选定了17张1250×2500×2毫米的板材。但由于各种零件所需的数量不同,每张板材上的排样也不一样,甚至17张板材就可以有17种排样,也就有17种不同的工件程序。将这些程序输入机器进行生产即可迅速得到所需的各种零件。由于这些五花八门的工件程序随所需零件的品种和数量时变化,不可能有原封不动地重复使用的机会,因而用完一次后不再保留。这种随用随编、用后不留的处理方法,该公司就叫做“动态编程技术”,并且该公司自己就在使用这一技术。

至于换模系统,该公司起初只在工作头周围设有自动或半自动换模装置及模具箱(存储10~20套模具及相应的卸料器),例如Trumatic 180W, Trumatic 180K, Trumatic 300W, Trumatic 300K等型号的机器都是如此。Trumatic 300TOP型则有两个冲头座,一个在工作,另一个在换模。近年又发展了由“工业机器人”换模,例如1983年在巴黎的“第五届世界机床展览会”(5EMO)上展出的Trumatic 245型柔性制造单元(FMC)就是这样的。大的弧形模具库可容纳110套模具,由机器人按程序规定选择更换,常用的关键模具还可以在模具库内设置备品。一套模具在完成规定的冲切次数后可自动停车,取下进行重磨,而不影响工作进行。1984年该公司又采用三个“模具塔”,可有300套之多(据1985年的最新资料,又增加至400套)的模具供机器人选择更换。

Trumatic 245型FMC的主机为一台25吨的CNC冲型剪切机(冲孔-步冲机),C形深喉口机架:滑块采用液压传动,噪声低,行程长度的变化可编入程序以利于进行成形工序;采用单模位,换模虽较回转头压力机为复杂,但冲头座的刚性好,导向装置长而结实,允许在偏载条件下进行冲切,最大可用到直径为105毫米的模具;X-Y坐标系统采用11个轴承,支承面积大;工件由四个液压夹钳夹紧,由直流驱动系统传送。模具库为多层结构,呈弧形,布置在机器人的工作半径之内;可设置110个模位,储存直径最大达76毫米的模具;也可设置64个模位,储存直径最大达105毫米的模具;再增加一个弧形模具库可使模位数增加一倍。换模和运料兼用的机器人为双臂式,三轴运动(可回转)钳式夹取。待加工的成叠板和加工好的工件都放置在机器右前方的料台上,在机器人的工作半径之内。

Trumatic 245型柔性制造单元的基本技术参数如表1-6所列。

表1-6 Trumatic 245型柔性制造单元的基本技术参数

项 目		数 值	项 目	数 值	
额定压力(吨)		25	加工尺寸(毫米)	X轴	2000
最大板厚(毫米)		6.4		Y轴	1000
最大孔径(毫米)		105	机 器 人	控制轴数	直线2, 回转1
最大可调行程(毫米)		45		举重能力(公斤)	~32
最大定位速度(米/分)	X轴	40		升降速度(米/秒)	0.5
	Y轴	30		平移速度(米/秒)	1.0
最大冲孔速度(次/分)	孔距5毫米	220	动 力		19kVA 50Hz 23kVA 60Hz
	孔距100毫米	150	压缩空气		6大气压, 0.5立方米/时
最小增量(毫米)		0.01	占地面积(毫米)		5500×7500
定位精度(毫米)		±0.1	机器高度(毫米)		2300
定位重复精度(毫米)		±0.03	机器重量(公斤)		8750



## 二、村田-华纳·斯维赛公司的钣金FMS

图 1-3 所示是日本村田公司和美国 Warner & Swasey 公司的技术合作产品。该 FMS 是由材料自动仓库①、CNC 回转头压力机②、中央控制装置③、直角剪板机④、分组装置⑤以及弯曲压力机⑥所组成的。冲好孔的整块板材在直角剪板机上剪成两种零件，然后通过分组装置后分别送到两台弯曲压力机进行折弯。

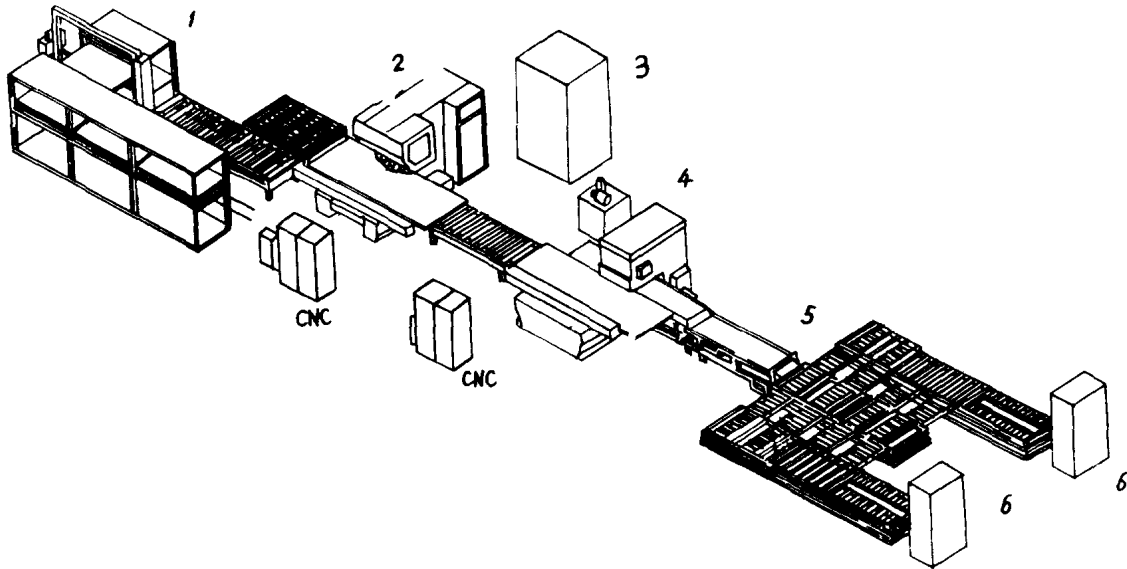


图 1-3 村田-华纳·斯维赛公司的钣金 FMS 简略示意图

在村田-华纳·斯维赛的钣金 FMS 中的回转头压力机的自动送料和卸料系统中，配备有两台电动供料车。可以根据控制台上给出的指令，选择其中一台，使其自动进入送料位置。当一台供料车在加工过程中送料时，另一台可以装料，以便保持生产的连续性。真空吸头式提升-送料装置将板材一块一块地送到回转头压力机上。碰到行程定位器后，工件夹钳自动打开，送入的板材定位。然后夹钳闭合，回转头压力机开始加工。加工终了后，半成品由钳式卸料装置将其送到传送带上。由链条传动的传送带将工件送到台车上并软软地落在台车上的工件箱里，工件之间不发生碰伤。

工件在回转头压力机上冲孔和冲槽后，如果还需要经直角剪板机剪切的话，则由回转头压力机的卸料装置将其送到两机之间的传送带上待机加工。在回转头压力机上可一次在整块板材上冲出许多孔、槽或其他形状，然后在直角剪板机上按给定程序剪开成若干个工作件。还能够在一块板材中冲出几十种零件的图形，然后在直角剪板机上以最少的行程次数和最短的板材移动距离将板材分剪成几十个零件。

剪下的废料首先经分选装置选出并送走。剪下的工件再由工件分组装置将其分开并使其分别落入各个工件箱。在需要进一步进行折弯的情况下，则在 FMS 中还装有折板机。

## 三、安立电气公司的钣金 FMS

日本安立电气公司的钣金 FMS，目前主要是由回转头压力机和攻丝机组成，有时配备有弯曲液压机或折板机，工件传送方式有高架式和轨道台车式两种。图 1-4 所示为该公司一种钣金 FMS 的示意图。图中①为板材多层自动仓库；②为供料台车；③为板材提升装置；④为