

国外机械工业基本情况

机械工业生产过程 自动化

机械工业部北京机械工业自动化研究所 编

机械工业出版社

一九八六

内容简介 本资料为《国外机械工业基本情况》的机械工业生产过程自动化部分，内容主要介绍国外机械工业设计过程、制造过程和生产管理过程的自动化，国外机械工业自动化的基本技术、科研与企业情况。可供机械行业工程技术人员、管理人员及教学工作者参阅。

机械工业生产过程自动化

机械工业部北京机械工业自动化研究所 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里一号）

（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·机械工业出版社经销

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $9^{1/2}$ ·字数 231 千字
1986年12月北京第一版·1986年12月北京第一次印刷

印数 0,001—3,000·定价 3.25元

*

统一书号：15033·6954Q

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。

本书为机械工业生产过程自动化部分,主编单位是机械工业部北京机械工业自动化研究所。执笔人员有机械工业部北京机械工业自动化研究所:

张尔正、张锡麟、吴季良、姜亦深、毛侃、赵鹤君、高玮明、李路达、曾英、杨涵影、卢楚銮、周琳、林绳宗、戴绪愚、陈淑琴、薛顺德

机械部济南铸锻机械研究所: 侍慕超

机械部哈尔滨焊接研究所: 刘泽生

吉林工业大学: 孙一唐

吉林工学院: 林振湛

责任编辑: 陈慧毅

机械工业部科学技术情报研究所

目 录

引 言	(1)
-----	-------

第一篇 生产过程自动化

第一章 铸造生产自动化	(4)
第二章 锻压生产自动化	(9)
第三章 焊接生产自动化	(15)
第四章 热处理自动化	(19)
第五章 机加工自动化	(26)
第六章 装配过程自动化	(37)
第七章 工业机器人	(40)
第八章 自动化仓库	(51)
第九章 自动检测技术	(56)
第十章 生产管理过程自动化	(67)
第十一章 CAD/CAM	(77)

第二篇 实现机械工业自动化的基本技术

第一章 微处理器及微型机	(85)
第二章 自动化控制装置	(95)
第三章 数控技术	(113)
第四章 专用集成电路	(116)
第五章 人工智能在机械工业中的应用	(122)
第六章 自动控制理论与系统	(130)

第三篇 机械工业自动化的科研与企业情况

第一章 科研情况	(139)
第二章 企业情况	(143)

引 言

机械工业既要为国民经济各部门提供现代化的技术装备，同时还担负着自我改造和发展的繁重任务。为了满足生产日益发展的需要，现代机械工业正在不断朝着高效率、高精度和自动化的方向迈进。

机械工业的生产活动可以归结为三个过程，即设计过程、制造过程和生产管理过程。每个过程都可以实现自动化。从自动化的角度来说，这三个过程可以分为八个环节，即产品设计自动化、生产准备自动化、工艺设计自动化、加工自动化、检测自动化、装配自动化、辅助生产过程自动化和经营管理中某些环节的自动化。

机械工业制造工艺种类繁多，产品类别及其批量千差万别，加工技术及其装备五花八门，生产管理错综复杂，从而为生产过程自动化带来了相应的多样性、复杂性和综合性。因此，就整个工业自动化而言，机械工业实现生产过程自动化稍慢于流程工业（如冶金、化工等）。而在机械工业内部各工序之间的发展也不平衡，大批量生产的自动化较中小批量生产的自动化实现得早些，冷加工的自动化较热加工早些。主要生产过程的自动化较辅助生产过程的自动化容易实现些。

国外机械工业自动化的发展已经有几十年的历史。

四十年代就研制出了电动式、液压式和气动式的自动控制装置，并开始应用于各种机床，实现了单机自动化。自动生产线作为大批量生产的有效手段，广泛应用了继电器、接触器、主令控制器、电子管、磁性元件等自动化元器件，而中、小批量的生产则多采用普通机床加专用工艺装备，使用半自动化或自动化机床的不多。

五十年代，以反馈控制（伺服机构）原理为基础的仿形装置在机床上开始广泛应用，但是限于更换和制作靠模的困难，这种加工方式在多品种、中小批量生产中还很不适用于。应用了数控技术之后，才使中小批量生产的自动化得以实现。

随着微电子学的发展，六十年代的机械工业开始进入所谓机电一体化（Mechatronics）的时代。机电一体化技术的发展，主要取决于半导体技术和计算机技术的飞速发展。集成电路和大规模集成电路的进步，又导致了七十年代微型机的出现，从而给机械工业的自动化生产带来了革命性的变化。

近年来，机电一体化已成为将机械技术、控制技术、电子技术和计算机技术巧妙地融为一体，使生产系统实现连续化和信息化的一种方法。微型计算机、智能机器人以及各种自动测试技术的综合应用，使机械工业自动化的水平提高到了一个新的阶段。

通过几十年的发展，现在可以看出，从产品的设计制造到出厂检验，从单个工序的监控到整个企业的管理，机械工业应用自动化技术的范围已经相应广阔，自动化技术对机械工业的发展也起到了很大的促进作用。

进入八十年代以后，国外机械工业应用自动化技术的步伐加快了。自动化技术在机械工业中的应用基本上朝着两个方向发展：

一、为了适应多品种、中小批量生产的需要，正在研制和应用各种柔性制造技术，其中最明显的是发展柔性制造系统，并在此基础上兴建自动化工厂。

柔性制造系统（FMS）系由数控机床或加工中心配以机器人等设备构成，具有较大的灵活性，较强的适应性和较高的综合经济效益，可以实现无人化运转。自从投入工业应用以后，这种柔性制造系统的发展较快。据不完全统计，国外现在已经有 200 多套柔性制造系统投入运行，其中日本拥有的数量最多。在这 200 多套柔性制造系统中，大概有 70% 系用于加工非回转体零件（如箱体和壳体等）。

自动化工厂是在柔性制造系统的基础上发展起来的，用大型计算机将几套柔性制造系统联起来，加上自动搬运系统和自动仓库等，就可以组成自动化工厂。这种自动化工厂可以 24 小时生产，夜间实现无人化运转。它的特点是生产效率高和用人少。目前，日本、联邦德国和美国等都已建成一些自动化工厂。1984 年，日本在靠近东京的筑波城建成一座生产机械零部件的自动化工厂。这是一座利用激光技术的复合生产系统，自动化程度较高。

二、大力发展各种简明的、廉价的自动化装置和系统，推进中小企业的自动化生产。

在国外机械工业的企业结构中，中小企业占很大的比例。为了帮助中小企业迅速实现自动化生产，近年来研制并应用了一批简明的、廉价的自动化装置和系统，从各种可编程序控制器直到“交钥匙”（Turnkey）式的 CAD/CAM 系统和柔性制造单元。

“交钥匙”式的 CAD/CAM 系统是一种以小型机、图形处理显示器、数字转换器等硬件和相应的计算机软件构成的小型 CAD/CAM 系统。这种系统可以把设计和加工联在一起，既实现了两者的自动化，又提高了工作效率，是中小企业实现自动化的有力支柱。据不完全统计，现在 CAD/CAM 系统在机械工业中的应用已占各领域应用总数的 50%。

柔性制造单元（FMC）系由数控机床、机器人、料库以及必要的工具架等设备组成。其结构较柔性制造系统简单，投资也较少。只需用一人即可使单元实现柔性加工。

大量的事实表明，机械工业应用自动化技术以后，缩短了产品的制造周期，提高了质量，改善了劳动条件，加强了企业的竞争能力。如日本富士通法纳克公司的一个自动化工厂，有 100 名职工，每月生产 100 台数控机床，100 台线切割机床和 50 台机器人。其生产率远远超过普通的机床制造厂。先进的科学技术带来了明显的经济效益。为此，各国都在加强自动化技术的研究和应用工作。

1984 年，日本政府在“微电子技术振兴”的有关条例中规定了对中小企业使用自动化技术的优惠税收办法。联邦德国宣布将 CAD/CAM 技术列为该国今后十年内要发展的十项新技术之一。英国政府从 1982 年起在全国范围内陆续兴办了六个 CAD/CAM 技术展示中心，积极支持企业应用自动化技术。美国政府正在组织有关单位研究如何将军工生产中行之有效的自动化技术迅速转移到民用企业。美国一家有名的咨询公司（Acthur D. Little Co.）预测未来十年内机器人和 CAD/CAM 系统的年增长率将达 30%。各国企业界也在大力开展自动化技术的研究和应用工作。据报导，近几年美国通用和福特等五大汽车公司在用于增添设备的投资中，有 20%~30% 是用于购买 CAD/CAM 系统。不仅大公司，就是一些中小企业也在增加开发自动化技术的投资。

在推广应用自动化技术的同时，国外也在议论它对社会经济发展所产生的影响，其中大家比较关心的一点就是会不会造成失业。对此问题有两种不同的观点。大部份人认为，对制造部门来说，应用自动化技术会使直接从事生产的工人相对减少，但它可以开阔新的就业领域。日本的情况可以说明这点，日本是推广应用自动化技术比较好的一个国家，但是，它的失业率在工业发达国家中是比较低的。少部分人认为，推广应用自动化技术可能加速失业队

伍的扩大，因而对之持否定态度。

尽管看法有差异，国外机械工业应用自动化技术的方向不但不会改变，而且今后一、二十年的发展速度将会更加加快。单机和自动线的自动化水平将得到进一步提高，电子技术、计算技术、通信技术、智能科学、系统工程学等将在机械工业中广泛应用。由自动线发展到自动化车间、进一步发展到自动化工厂，较好地解决多品种中小批量生产，实现全盘自动化，这被认为是机械工业自动化技术方面的重要发展方向，也是本世纪末以前一些国家要实现的目标。

撰稿人 机械部北京机械工业自动化研究所：

张尔正、张锡麟

第一篇 生产过程自动化

第一章 铸造生产自动化

一、概 述

铸件作为毛坯具有许多优越性，因而铸造工作量在整个机械制造工作量中占有较高的比重。但是，铸造工艺复杂、生产率低、劳动条件恶劣。对于这种状况，近年来正从两方面加以改善。一种趋势是尽量用其他金属加工方法或新兴加工技术取代传统的铸造生产；另一种趋势是在充分发挥传统铸造技术特长的同时，努力改善和发展新型铸造工艺、材料、设备，提高各种铸造生产的机械化、自动化程度。本章内容拟就后一种趋势作一些简要介绍。

八十年代初，苏联、美国、日本的铸造生产机械化程度均已达到70%左右。

据资料介绍，美国七十年代末拥有500多条自动造型生产线；苏联于1975年时拥有自动线和综合机械化生产线600多条，如按计划实现，1976~1980年间又安装了200多条自动造型线；日本1973年根据327个企业的统计，拥有造型生产线629条。铸造机械化生产线的开动率，国外普遍达到60%以上，高者可达85~90%，美国一般为80%。从铸造生产线的类型上看，国外以高压造型线的比重为大，1967年时，苏联在砂型铸造生产线中采用高压造型的就已达40%。另外，国外铸造设备的品种齐全，同时注意铸造机械化生产线的配套发展。

在铸造生产过程的检测方面，国外十分重视关键工序的检测，如在配砂工序进行型砂的水份和强度测定，在冲天炉前广泛使用快速测定仪测定C、E、C、Si量。在炼钢炉前使用GVM-100型光量记录仪，在砂处理工序广泛使用GF或Ditter的型砂分析仪等等。

至于在电子计算机和微处理器的应用上，其范围已很广泛，例如苏联卡马卡车厂的铸造厂采用一台大型电子计算机，用于库存管理、加料计算、功率因数控制、化学成分控制、生产控制和计划管理；美国伯明翰铸管公司的100吨/时冲天炉采用电子计算机自动配料，並可根据炉料价格的变化自动调节炉料组成，及时报告炉前化学成分；英国Forsseco公司利用电子计算机进行保温冒口的优化设计和保证最经济地利用钢水；英国还用电子计算机模拟离心铸造钢管的凝固过程，以分析铸造工艺参数对铸件宏观结构的影响等等。

国外对于砂型铸造工艺实现机械化、自动化的措施是以造型为中心，实现铸造生产各个环节（包括砂处理、造型、熔化、浇注、落砂清理等）的全面机械化、自动化，並根据铸件类型、批量，合理地组织生产，在这方面考虑的主要原则是：

- (1) 大批大量生产的中、小件，采用高压造型机组成自动化造型流水线；
- (2) 多品种、小批量生产的中、小件，采用造型机上备有自动更换模具装置的造型生产线；
- (3) 多品种、小批量生产的大件，采用自硬型砂，由固定式或移动式连续混砂机、抛砂机和一定的辅机组成机械化造型线。

铸造生产机械化、自动化程度的提高，与专业化生产的发展有密切的关系。国外建立的所谓中心铸造厂或铸造专业厂一般有三种类型：一种是按工艺分类的专业铸造厂；一种是按金属材质分类的专业铸造厂；再一种是以产品（如汽车、拖拉机、机床等）分类的专业铸造厂。美国专业厂生产的铸钢件占总产量的75%，铸铁件占60%。七十年代苏联即已建立了20个中心铸造厂，当时计划此后每年都要建立10个左右大型的机械化、自动化程度较高的专业铸造厂。实行专业生产的目的之一是为了组织和扩大批量生产，以便有效地采用高效生产设备和更加经济合理地实现机械化、自动化生产。

二、铸造工艺过程的机械化、自动化

铸造生产的机械化、自动化主要归结为铸造各工序的及各工序间运输的机械化、自动化。对于独立的专业铸造厂来说，也如综合加工厂一样，从产品设计到铸件出厂，包括生产管理、企业管理在内，也有一个综合自动化的问题。

（一）型砂处理

每生产1吨铸件约需3~4吨型砂。因此，砂处理的机械化、自动化是铸造车间全盘机械化、自动化的主要环节之一。

型砂处理的最大问题是根据铸件形状、硬度等来调整砂的最佳配合量。实现配砂自动化，要求自动化系统能经常地测量旧砂的性能，以便根据铸型的变化提供最佳的型砂。配砂质量控制主要是混砂的定量控制和型砂湿度的自动控制。湿度控制的控制系统一般比较简单，是在控制台上设定数据，进行开环控制；比较新一点的是采取数值设定和湿度反馈控制，但此种系统目前只能做到自动补水，自动补砂的功能尚待进一步研究。较先进的控制系统是利用专用计算机控制，例如日本丰和自动织机制作所的横轴式混砂机采用此种控制的精度达到0.2%（湿度值）以上。

混砂设备主要是辛普森式和摆轮式混砂机。前者力求高效率化，研制了加压转子式混砂机和双碾盘连续式混砂机。自硬砂采用连续式螺旋混砂机。混砂时各成分的自动定量，国外一般采用电子秤定量和时间控制（如螺旋给料器、震动给料器方式）两种方法。

型砂输送大都采用皮带输送机。日本七十年代制造的远距离风动输送设备，主要用在旧砂回收和输送粘结剂及型砂上。管道直径最大为150毫米，水平输送距离约为200~300米，输送量为50~100吨/时。

（二）造型制芯

造型制芯是铸造过程中手工操作最多、劳动量最大的工序，在这一工部从业的人数约占铸工总人数的25%。自五十年代起，出现各种造型机，并且逐渐朝着自动化、高速化、喷射式、大型化方向发展。例如，日本机器造型的比重由1965年的47.4%提高到1971年的54.1%，同期手工造型的比重由48.7%下降到21%。

1971~1980年期间，苏联完成了各种批量铸造生产所需的各种自动造型线的研制任务，建成了砂箱尺寸为400×500、700×800、1100×750、900×600毫米的几种不同规格的造型线并投入生产。

为适应小件大量生产，国外采用了无箱造型机，如丹麦迪沙造型机，生产率为240~300型/小时。

国外铸造厂一般根据生产规模、工艺特点、产品质量要求和经济效益等的综合情况来规划、实施造型机械化的方案。一般分为大量流水自动化的生产方式,如日本东洋工业铸造厂,采用了高压造型、气动微震压实造型、垂直分型脱箱造型和金属覆砂(壳型)等造型生产线;流水生产的机械化生产方式;固定作业面的系统机械化生产方式;以手工操作的单机为主的半机械化生产方式。

在单件、小批量生产的铸造车间,多推广应用树脂砂造型工艺,並采用树脂砂造型机械化、半机械化生产线,各工艺设备以滚道输送装置相联系,形成简易机械化生产线。

在多品种、小批量生产的情况下,因更换模型的次数多,研制了以缩短工时为目的的自动更换模型系统,例如日本综合铸造中心研制的这种系统包括如下一些装置:待造型用模型存放装置、已造型的模型和待造型模型的交替装置以及控制这些装置的控制机构等。型板交换装置可以使型板在不停机的情况下自动交换。

为了合理地组织多品种、小批量铸造生产采用了造型自动线。日本新东工业公司1972年完成的JSH 66造型机组成的生产线,采用了电子计算机控制的全自动型板更换装置,造型能力为330箱/小时。英国Newman电机厂的自动造型线,装有全自动更换模板的循环线,模板按照控制台设定的程序作完规定的砂型数量后,自动更换模型。日本久保田铁工恩加岛工厂的一条联邦德国KW公司的DFM高压造型线,控制系统已由该厂改进为微处理器控制运转。

制芯方面一般多采用化学硬化法工艺,又可分为自硬法、加热硬化法等。与此相适应的设备为树脂砂混砂机、冷芯盒制芯机、壳芯机、热芯盒制芯机等。

(三) 熔化

熔化工序自动化的研究课题之一是自动投料装置,过去多采用电磁起重吊车,最近多由振动送料器定量投料装置。这种装置是一个装有计量器的称量车,依次通过装有不同材料的料斗,从各料斗中取出定量的材料,送到熔化炉,目前对于一个每小时5吨的感应炉的定量装料和操作可以由两人进行。

电炉熔化在控制上易于实现自动化,目前对于各种品种的合金所需的成本最低的配料方案,可以十分容易地由计算机进行计算。计算机在编制程序时可以将各种原料的化学成分、库存情况以及价格等因素全面考虑进去,而且能在市场价格变动时立即做出相应的反应和调整。苏联于1976~1980年在一家机械制造厂中研制和建立一条采用计算机控制的新型熔炼工艺自动线,其中包括炉料的配制和预热设备、气体排除和清理设备以及控制温度、重量、成分、炉衬状况的各种装置。

(四) 浇注

随着自动造型的发展,手工浇注速度已不适应要求,再加手工浇注劳动条件恶劣,有时不能保证铸件质量,因此,国外六十年代开始发展了各种自动浇注设备。

采用自动浇注方法的主要课题是控制浇注量和浇注速度。对于大量生产来说一般采用定量浇注方式,小批生产情况下多采用检测铸型中金属熔液状态的方法控制浇注量。就浇注方式来说,有浇包倾转式,塞杆底注式,利用空气、惰性气体压力的压送式和电磁泵式等。目前这些自动浇注装置多用于铸铁件的生产上,而用于铸钢件的自动浇注系统还很少见到报道。

(五) 落砂清理

在铸造生产中这一工序的机械化、自动化程度最低,国外至今也仍以手工操作为主。目

前在落砂清理工序一般是采用一些机械化方法代替人工劳动，但对于将这一工序纳入全自动的综合铸造生产系统中，还有许多问题有待解决。

在大量流水生产的车间里，国外已较普遍地采用了专用清理线，以铲、磨为主的组合机型式完成去毛刺等加工清理，如缸体、缸盖清理线等。批量较大的专业化铸造厂，也趋向于采用清理线，如日本久保田铁工恩加岛工厂1982年就新装了一条缸体清理线。该厂还装有以机械手夹持转运铸件的清理生产线，其定位精度达 ± 0.1 毫米，搬运重量为110公斤，可完成由一道工序至另一道工序的铸件夹持、转运、装夹定位工作。

(六) 各工序间的运输系统

铸造各工序间的运输自动化是全自动铸造系统的关键问题之一。目前国外铸造车间采用的运输手段，一般为各种类型的传送带、吊车、悬链、传输小车，以及各种提升、夹持、翻转机构和机器人等等。其控制方式有机械式、电液式、射流式以及触点逻辑控制方式等等。先进的运输系统已采用计算机控制，例如美国福特汽车公司新建铸造车间的总长合计26公里的十条推动式悬链输送机，大部分由计算机控制。

三、铸造自动化的电控技术

国外铸造生产的自动控制远比机械加工的自动控制落后得多，但就目前在生产自动化中通常采用的各种电控系统来说，一些工业发达国家的铸造生产中也多有应用。

铸造生产线采用的电控系统大体有如下五种：1. 继电器控制系统；2. 无触点逻辑控制系统；3. 步进式顺序控制器系统；4. 可编程序控制器系统；5. 过程计算机控制系统。

一般铸造生产线的自动控制主要是步序控制和联锁控制。这两类控制均属开关量控制。据分析统计，一般铸造生产线的输入量均为200~500次左右，输出量约为75~250次左右。对这些输入输出量采用哪种控制系统，要根据铸造生产的规模、制造方式、车间特点及设备条件而定。例如，根据日本横河电机公司调查认为：输入输出次数大于150次时采用可编程序控制器较合理；立石电机公司认为，如果只需20~30个继电器的小规模自动化系统，一般还是采用继电器为宜。计算机应用于大规模控制系统，而可编程序控制器应用在输入输出次数为250~512次的中规模控制系统最恰当。

四、铸造生产应用计算技术情况

近年来，电子计算机已在铸造生产中开始应用。如美国、日本等国都有数条电子计算机控制的铸造生产线。

电子计算机除了用于控制铸造生产的一些主要工序，如型砂处理、配制、造型、熔炼、浇注、落砂等外，还在独立的铸造企业中或具有铸造车间的综合加工制造部门中担负着管理生产的职能。此外，国外也将CAD系统应用到铸造设计中来。有的统计资料估计在铸造行业中，电子计算机用于生产管理方面占80%，自动控制生产过程占20%，其中又以控制熔炼方面居多。

采用计算机进行铸件设计是一个新的发展动向。英国BNF金属工艺中心公司认为用计算机辅助设计铸件，不但能大大节省设计时间，而且能改进铸件的尺寸控制，从而减少铸件

修正时的金属切削量。BNF公司和剑桥大学计算机实验室的CAD小组合作设计一个形状复杂的铸造弯管只用了一天时间(以往需用6个星期),而且费用非常便宜。采用CAD系统设计铸件,可以使铸造工人或设计人员直接通过系统的显示装置来确定和修改零部件,在计算机中同零部件的数学模型进行磋商,借以估计材料,制订铸造程序,然后编制纸带,把纸带输入数控机床中,以便数控加工木模。BNF公司现在正就这些新技术编制一个三年研究计划。这个计划的目标是:编制用以确定铸件形状的新计算程序,合理应用制造良好铸件的规律以及发展用以制模的数控技术。

美国福特汽车公司的一个铸造中心采用了四台计算机(一台在厂外),用于财务计算和收集工厂技术情报。计算机每天对进厂人员进行登记,五分钟后向管理部门报告情况。计算机还用于进排系统的管理工作,在个别机组有毛病和不符合规定时,可自动打开或关闭备用通风机,加热设备,进排气管道等。计算机还用于对铸件缺陷及其引起的原因进行分析。工厂的十条推动式悬挂运输机大部分也由计算机控制。在熔化工部,从加料记录开始到供给造型线浇注区一定数量和质量的铁水为止,其过程都由计算机控制。管理系统中心采用GE 4020电子计算机,该机对炉料和合金元素成分进行计算,控制电耗、温度和金属过热,调整金属化学成分并记录数据。另有一台小型电子计算机作为辅助,用以控制电能消耗定额和完成其他辅助性工作。

撰稿人 机械部北京机械工业自动化研究所 张尔正

主要参考文献

- [1] 《出国参观考察报告》,科学技术文献出版社,1976年
- [2] 《铸造机械》,1977年,№1
- [3] 《Путейное производство》,1976年,№1, P 41~45
- [4] 《国外机械工业自动化》,1981年,№2
- [5] 《日本铸造工业发展概况》,沈阳铸造研究所,1983年
- [6] 《铸造行业科技发展和技术改造中长期规划》(建议稿),沈阳铸造研究所,1983年

第二章 锻压生产自动化

国外七十年代末、八十年代初锻压生产自动化的主要技术发展大体上可以概括为下述四个方面：

- 一、锻压机械的机电一体化；
- 二、锻压柔性制造系统（FMS）的发展；
- 三、锻压机器人的推广；
- 四、冲压生产的高速精密化和多工位化。

一、锻压机械的机电一体化

七十年代以来，锻压机械也和其他机械一样，正在逐步实现机电一体化。近年由于微型机、执行元件（例如直流和交流伺服电机等）和传感器的发展越来越快，已经程度不同地涉及锻压机械的大部分领域。首当其冲的是各种板材加工机械，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、辗环机等，甚至连一些曲柄式锻压机械（例如多工位压力机、多工位冷成形机）也在一定程度上采用机电一体化技术，即使是锻压用的机器人也越来越多地采用伺服电机传动，辊式送料装置也有采用数字控制和伺服传动的了。

冲模回转头压力机是历史上首先（1956年）实现NC化的锻压机械，目前已普遍实现微型机的CNC化。例如日本的天田、安立、山崎、村田等五家公司，美国的维德曼（Wiedemann）、斯特里皮特（Strippit）等四家公司以及联邦德国贝伦斯（Behrens）公司和瑞士的拉斯金（Askini）公司等全部生产微型机的CNC回转头压力机。无论是板材X、Y轴移动，还是回转头的转动换位（T轴），其执行元件都是直流伺服电机。机器具有直线和圆弧插补功能，能进行轮廓步冲；有重复定位功能，可加大X轴的加工尺寸；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、人机对话及故障诊断等功能。

冲型剪切机（轮廓步冲机）是与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。不同的是，它没有回转头，但有一个模具库和自动换模系统。也都由CNC系统控制自动更换模具和其它工具。X—Y坐标工作台，同样可以实现X轴的重复定位；也有CRT显示、人机对话和故障自诊等功能。最新式的还有模具自转一定角度的功能（多一个控制轴），可以扩大工艺范围。

目前一些工业发达国家生产的液压折板机多数已实现CNC化，据估计，其数控化率已达到50~75%。多数为2—5轴控制，也有6轴、7轴的。比利时LVD公司研制了PPNMZ 110/30型6轴数控折板机，采用MNC 8000系统与6套由伺服电机驱动的伺服传动机构相匹配，实现对X、R、Z₁、Z₂轴（后挡料机构的四种移动）、Y轴（滑块行程）和U轴（凹模翻转）的控制。为解决液压折板机的双缸同步问题，瑞典的URSVIKEN公司，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。这样与老办法相比较，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，即使偏载很大时，凸模压入凹模深度的重复精度也能达到0.01毫米。

剪板机的后挡料架的调节已有不少厂家采用数控系统。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 ± 0.05 毫米。法国普罗梅坎（Promecan）公司的剪板机采用数控送料和定位装置，送料滑板由伺服电机驱动，定位精度可达 ± 0.1 毫米。

在液压机方面，由于数控阀、电液伺服阀、电磁比例阀、逻辑阀及多功能逻辑阀等先进元件的相继出现，可通过计算机控制这些元件，从而实现了液压机的CNC化。日本住友重机工业公司的微处理机控制的HCF型精密锻造液压机采用电液伺服机构控制的轴向柱塞泵、锥阀式逻辑阀系统，以及装有编码器的滑块位置检测装置，并具有速度控制机能，能在行程终止前减速，因而能把超程量控制在 ± 0.1 毫米以内。

日本小松公司在三坐标多工位压力机上，采用直流伺服电机驱动送料夹板的纵横向和升降运动，大大简化了机械传动系统，而且用数字开关即可自由给定工艺参数。

美国伊顿—伦纳德（Eaton Leonard）公司的矢量弯管系统，由管形测量仪和矢量弯管机组成。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，然后转变为送进长度、旋转角度和弯曲角度三个工艺参数，指令弯管机进行工作。也可把弯曲管件的图纸数据输入微型机。弯曲好的管件在管形测量仪上检测，数据反馈到微型机上进行比较，并输出修正工艺参数，指令弯管机进行修正。弯管精度可达：弯曲角和旋转角 $\pm 0.1^\circ$ ，送进长度 ± 0.2 毫米。

二、锻压柔性制造系统（FMS）的发展

锻压FMS是现代化机器制造生产日益向多品种小批量方向发展的结果，是微电子学和机械工程学相结合的产物。一般由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“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控制系统等）。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”，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，都是适用于多品种小批量生产的、可以进行自动换模、自动调节、自动传送的无人化操作机组，事实上也具有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”只类似于柔性制造单元（FMC）。不过由于FMS的吸引力，一些公司正使其“冲压中心”逐渐向FMS靠拢，并逐渐采用FMS这个名称。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。所谓钣金FMS或板材加工FMS是指以冲孔、步冲、剪切、弯曲、攻丝等板材加工机械组成的FMS。有的相当复杂，甚至构成“无人化板材加工车间”。据报导，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，而根据计划到1983年末总数将达到70条（35家工厂）。主要用户电气、电子工业，汽车、建筑等行业的需要量也在增长。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COMA 557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。

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。

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。

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）、自动供料装置、自动换模装置及模具库。现在，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。

钣金FMS的技术经济效果可从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；而如果按生产率提高到200%来计算，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。

以下介绍几种板材加工FMS和冲压FMS的概况。

（一）日本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。该公司的一种钣金FMS包括：板材多层自动仓库、供料台车、板材提升装置、钳式送料装置、定位装置、K 806型CNC回转头压力机、K 842型CNC攻丝机、工件卸出装置、传送带、送料装置、弯曲液压机、堆垛机和CNC折板机等。

这就是说，从攻丝机上下来以后，需要弯曲的小型工件可通过传送带送向弯曲液压机；需要弯曲的大型工件则通过堆垛机的移动送向折板机。

该公司的CNC攻丝机共有500×1000、915×1830和1220×2440毫米三种型号，可完成攻丝、钻小孔、镗孔及切断等工序。有浮动攻丝装置可提高精度。CNC弯曲液压机为四柱上传动式，可对500×500毫米以下的工件进行弯曲加工，可根据板厚自动调节间隙，还能根据材质自动调节回弹的补偿值。CNC折板机为KNC 100P型，能按给定程序进行多工步自动弯曲。

(二) 小松和东芝公司合作研制的冲压FMS

这条FMS是为对电气控制装置的机械零件进行多品种极小批量的、全自动无人化冲压生产而设计的。1982年11月FMS的机体完成,1983年已在东芝公司的府中工厂投入运行。这条FMS包括:“机器人化压力机”、送料装置、模具交换系统、工件传送带、废料传送带、机器人用的夹持器的储存处和成品托盘等。在换模系统的后方有一个相当大的模具库。

“机器人”为4轴直角坐标式。其中机器人本体沿压力机正面左右移动为 x_1 轴;机器人本体上的双臂中有一个负责从料垛向压力机送料的手臂可单独再沿压力机正面左右移动,为 x_2 轴;手臂前后移动为 y 轴;手臂升降运动为 Z 轴。 x_1 和 x_2 轴的合成移动速度最大可达2250毫米/秒。如果以常用的四轴移动型式工作的话,则包括压力机回到上死点停止并经过确认的时间在内,每一循环需6秒。重复定位精度为 ± 0.3 毫米。关于机器人的控制信息可以通过键盘输入,并借助于一个14吋的CRT实现人机对话。“机器人”所用的夹持器共有10个,储存在压力机右侧的库内,可随着工件的更换而自动交换。有这5种不同的夹持器,即可满足FMS的要求。“机器人”的工作方式有三种(A、B、C),通过按钮可以选择。夹持重量最大可达7公斤。

压力机为150吨开式双柱宽台面压力机,可进行单工位加工及三坐标多工位加工,在本FMS内最多只用到三工位。封闭高度机动调节,调节值预先给定,调节精度 ± 0.02 毫米以内。封闭高度调节值以液晶数字显示。

送料装置设于压机左侧,共有5个托盘,每个托盘上可放置6个料箱。托盘按顺序进入坯料分离提升工位。

该系统设有多层自动模具库。模具装在标准化模座上。换模及各种自动连接(空气、润滑剂、送料失误检出传感器用电源)工作只需3分钟。

三、锻压机器人的推广

锻压生产采用工业机器人,始于六十年代中期,十几年来已得到相当迅速的发展,其中尤以日本最为突出。到1979年为止,日本锻压行业已经拥有7560台机器人。据估计,到1985年将增加到36000台,甚至可能达到50000台。还有的资料表明,1980年日本锻压行业所需机器人的总值为40亿日元,而估计到1985年为130~145亿日元,1990年为190~215亿日元,即为1980年的4.75~5.38倍。目前日本专门生产锻压机器人的厂家就有10家之多,其中以会田、奥利、东芝精机等几家为主。1982年日本仅锻压机器人就生产3450台之多。

苏联在七十年代即已成立锻压机器人设计工艺院。1981~1983年的三年内生产了1360台锻压机器人。

锻压机器人在全部工业机器人中所占的比重是相当大的。据统计,在1976年全世界所生产的工业机器人中,用于冲压的占13.4%,用于锻造的占6.4%,二者合计约占20%。

在模锻生产中,机器人与主机联动,定位精度达到 ± 0.5 毫米,有些并具有对不合格锻件的分选剔除能力。锻压机器人一般为点位控制和示教再现型,当锻件尺寸改变或工作程序变更时,机器人很容易作相应变化。联邦德国奥穆科(Eumuco)公司在热模锻压力机上所使用的机械手,由微处理器控制,改变工件和变换工作程序都很方便。这其实也可以算是一种机器人。意大利的“Camel机器人科学研究实验室”研制的Polipo型机器人可同时

传送四个圆形锻件，必要时每个夹钳都可以旋转，工作节拍为6秒，生产率高而稳定，美国雪弗莱汽车公司锻造工厂在一条齿圈模锻线上采用Unimate机器人从炉中取出4磅重的加热坯料，然后依次送到1300吨压力机的两个模膛中进行锻打，每小时生产率由原来的250件提高到550件，机器人投资一年即可收回。Unimate机器人是美国Unimation公司早在1959年就已研制成功的一种数控示教再现型极坐标工业机器人。目前已有一些用Unimate机器人组成的模锻自动线在运转，如高速锤模锻自动线、平锻机模锻自动线等。

日本会田公司的最新产品A-1型机器人是一种多用途圆柱坐标机器人，可用于冲压、压印、锻件整形、挤压和装配等多种工序，直接示教再现型，可进行人机对话，示教点数最多为500个，最多可储存20个程序，可对程序作插入或删除。有五个自由度：手臂升降、手臂回转、手臂伸缩、手腕摆动和手腕回转；采用电液伺服驱动；最大夹持能力为3公斤，最大合成速度为3200毫米/秒，重复精度为 ± 0.25 毫米，并有自诊功能。

目前，用于大型压力机的机器人也已进入实用阶段，例如日本东京三洋电机公司已在300吨和400吨闭式压力机上采用机器人，每台压力机的生产率提高一倍。一个工件的最长加工节拍为8.1秒，共12个动作，为单次行程手动操作时间的1/2。可搬最大重量15公斤，可用标准模具，同时人身安全得到保证。与采用机器人之前相比，这几台压力机上的操作人员减少四分之三。美国丹利(Danly)公司在其生产的汽车覆盖件自动冲压线(长达48米，包括7台大型压力机)上也采用计算机控制的机器人，抓重15公斤，定位精度 ± 1 毫米，机器人由直流调速电机通过丝杠传动，有两个很宽的夹钳，用来夹住拉深件压边部分，也可以采用六个吸头来代替。

总起来说，锻压机器人的发展趋势如下：(一)简化结构，降低价格，这同时也是推广机器人的首要条件，各国都在这方面努力。日本会田公司就一直在生产简单的冲压机器人(也生产复杂的)。英国Norda公司生产冲压机器人已有十多年历史，1980年左右又发展了一种以微处理器控制的简易型机器人，只有两个自由度，即垂直升降和水平进退，在一只臂上没有两个夹持器(吸盘式夹钳)，循环时间为1秒(升降30毫米，进退400毫米)，与压力机严格同步，定位精度为 ± 0.1 毫米，可在几分钟内进行重调。美国也已研制成功一种微处理器控制的有五个自由度的机器人，价格在一万美元以下。有材料介绍，日本正在研制配合250~300吨压力机用的成本在150万日元以下的机器人；(二)采用示教编程，在小批生产中用手把手的示教编程来取代事先编程，可减少费用；(三)用伺服电机驱动代替凸轮传动或气压驱动，其中尤以交流伺服驱动优点为多，但费用目前还较高；(四)增加视觉、触觉或其他检测功能。

四、冲压生产的高速精密化和多工位化

七十年代以来，由于电机、电器和电子工业的发展，产生了500~800次/分的高速压力机。而七十年代后半期，由于大规模和超大规模集成电路生产的飞跃上升，不但对高速压力机的速度有了更高的要求，而且特别强调提高压力机的动精度。目前美、日、联邦德国、瑞士等国一些著名厂家生产的高速压力机普遍已超过了1000次/分的水平，其中尤以日本发展的最快。在加工精度方面，象集成电路引线框这类零件已经达到几微米(5μ)的水平，因此不仅要求高速压力机具有很高的刚度和导向精度，而且由于引线框和连接器等电子器件平