

中南地区生产自动线技术交流会

资料选编

内部发行



湖北省科学技术情报研究所
中南地区电气传动自动化科技情报网 编

一九七九年七月

资 料 选 编

内 部 发 行

中南地区第一届生产自动线技术交流会

中南地区生产自动线技术交流会

资料选编

编辑出版：湖北省科学技术情报所

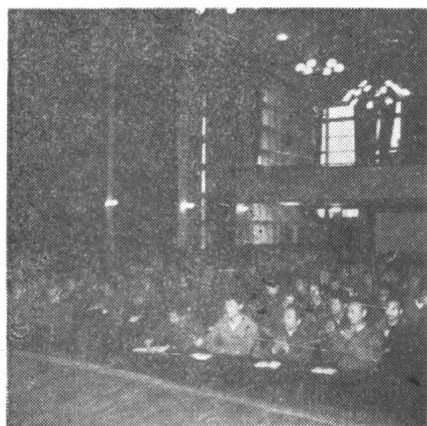
中南地区电传网

武汉市自动化研究所

印刷：汉阳县印刷厂

anti/36/07

← 来自中南五省(区)和全国各地代表欢聚一堂，热烈祝贺大会召开。图为大会会场。



→ 席了开幕式。图为主席台。
会、科委、武汉市科委有关领导出
湖北十堰二汽召开。十堰二汽革委
一九七八年十一月七日至十一日在
中南生产自动线技术交流会于



同志主持了开幕式。
→ 武汉市科委付主任吴官正



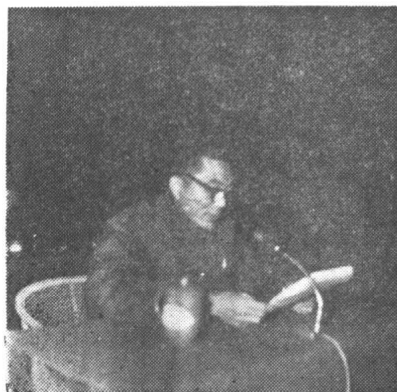
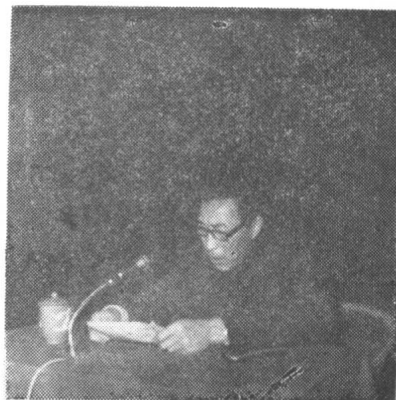
↑ 十堰二汽科委主任刘任需同志热情地向代表们介绍第二汽车制造厂概况和生产自动线技术水平。

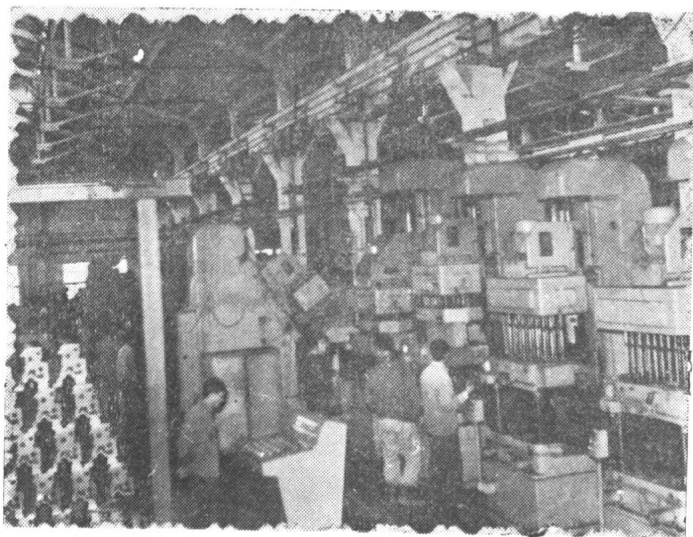
↓ 武汉市自动化研究所付所长孟昭俊同志在会上作了总结发言。

← 一机部工业自动化研究所段扬洋工程师为大会作了题为《国外机械工业自动化概况》的报告。

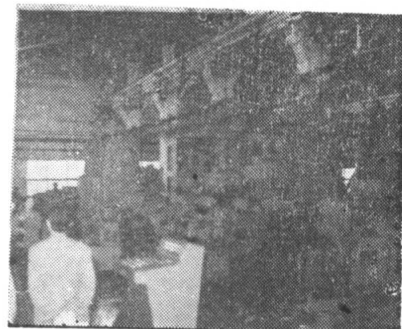


大会纪要。
→ 程师潘铁宝同志在会上宣读
十堰二汽动力部主任工





↑ 代表们在参观第二汽车制造厂发动机厂我国自行设计、制造的UX生产自动线。



↑ 代表们在二汽发动机厂参观缸体加工自动线。

↓ 代表们在参观缸体加工自动线中的关键设备。



← 代表们在车架厂参观。

↓ 大会代表在参观从西德引进的12000吨前梁锻造自动线。



↓ 代表们在参观从日本引进的设备冲压自动线。



前 言

中南地区电传网于一九七八年十一月，在湖北十堰二汽召开了“中南地区生产自动线技术交流会”。出席会议的代表除中南五省本网部分成员单位外，还邀请了一机部、三机部、五机部、六机部和冶金部系统的有关领导部门和单位参加。

会议主要交流了中南地区近几年研制、生产、使用自动线的经验，分析了存在的问题，并探讨了生产自动线的发展方向。同时，各地应邀单位也介绍了他们的宝贵经验。在会上报告的有二十篇，书面交流的有六十余篇，其中不少项目已达到国内先进水平。根据与会代表的要求及大会决定，现将有一定代表性的三十篇资料选编成册，广泛交流，供各地参考。由于时间仓促，水平有限，选编工作中的不妥之处，欢迎批评指正。

编 者

一九七九年七月

目 录

前言.....	编者 (1)
---------	----------

综 述

机器制造业生产自动化的现状与发展.....	哈尔滨工业大学张舒勃 (1)
-----------------------	------------------

机 械 加 工 自 动 线

UX140、UX140A叉子耳孔自动线.....	第二汽车制造厂传动轴厂动力科 (13)
NJXD1 195 S柴油机缸头自动线.....	南宁机械厂 (17)
桥壳自动线.....	南京汽车制造厂底盘分厂技术组 (23)
解放CA—10变速箱中间轴车胚自动线.....	綦江齿轮厂 (35)
关于继电器—接触器控制系统的自动线情况介绍.....	第二汽车制造厂发动机厂 (49)
DQ27型U型螺栓加工自动线.....	长春第一汽车厂底盘分厂 (61)
YQ1—8底座加工自动线逻辑电路设计与调试体会	湘潭市第二机械厂 程应森 (64)
ZX型曲柄自动线.....	天津自行车厂 (69)
CYQK—1型冲压机群控制机.....	湘潭电机厂 叶信和整理 (77)
连杆称重分组自动线.....	华中工学院连杆称重分组自动线小组 (96)
切屑加工中的断屑问题.....	哈尔滨工业大学 张舒勃 (115)

铸 造 自 动 线

长桥线电控装置简介.....	第二汽车制造厂动力部、铸造二厂 (123)
射压造型自动线.....	洛阳第一拖拉机厂铸铁分厂胡厚培 (132)
缸体造型自动线电气控制的特点及其使用和维修.....	第二汽车制造厂铸造一厂 (157)
ZX4811汽缸铸件清理自动线.....	武汉汽轮发电机厂 (161)
ZX4812汽缸盖清理自动线.....	武汉汽轮发电机厂 (168)

锻 造 自 动 线

200吨轴承环压力锻造自动线.....	哈尔滨轴承厂 (170)
---------------------	----------------

- 引进设备：1 2000吨T前梁锻造自动线.....第二汽车制造厂锻造厂（198）
 9 5型连杆辊锻自动线.....一机部天津设计院、山东博山锻压厂、吉林工业大学、一机部重庆设计院、贵州险峰机床厂（206）

顺序控制器及在自动线的应用

- WCK—20—2型顺序控制器在自动线的应用.....武汉市自动化研究所（214）
 BCK可编程序控制器.....北京低压电器厂（220）
 KSJ—100系列顺序控制器在组合机床加工自动线的应用.....第一拖拉机制造厂（226）
 关于KSJ—111顺序控制器用于齿胚自动线的运行报告.....湖南益阳齿轮厂（240）
 BCKX—12—15气门摇臂自动线.....南宁无线电八厂、南宁市情报所（244）
 棉纺厂粗纱自动运输控制系统—CySK₂—8顺控器
广州第一棉纺织厂、广州业余大学（249）
 顺序控制制动缸体加工自动线简介.....铁道部眉山车辆工厂（258）

轻工、纺织、建筑

- 计算机控制聚氯乙烯农用吹塑薄膜生产自动线.....武汉市二轻科研所执笔（264）
 电子控制送茧自动线的设计.....华南工学院自动化系自控教研组宋廷熙（272）
 φ 12以下钢筋成型自动生产线.....广州市自动控制研究所（290）

自动化元件

- CHJ—2 K磁性干簧管接近开关试制小结.....第二汽车制造厂动力部自动化科（293）

机器制造工业生产 自动化的现状与发展

哈尔滨工业大学 张舒勃

提高劳动生产率的最有效、最根本的措施是生产劳动实现机械化、自动化。生产机械化、自动化是提高劳动生产率的技术基础。实现生产机械化、自动化、就是要不断地用机器代替人的工作，首先代替笨重的体力劳动和简单的重复劳动，以致逐步发展到部分脑力劳动。只有不断地使各个生产部门实现机械化、自动化，不断提高机械化、自动化水平和程度，才能使活劳动的比重降到最低，才能使人从繁重的体力劳动中解放出来；才能使物化劳动提高，产品的总劳动减少。

生产自动化可以无限制地提高劳动生产率。从手工劳动发展到机械化、自动化，从一台设备的自动化发展到自动生产线，可以一个人管理很多台设备，劳动生产率可以几倍、几十倍地提高，如果再建立自动工厂，几个人可以管理整个工厂，甚至几个工厂，那么劳动生产率就可以无限制地提高。因此，只有实现高度的生产自动化、物质极大地丰富的社会才会出现。

生产自动化是生产力发展的必然趋势。到七十年代，美、日、西德、意大利等先进工业国家在生产自动化方面已经取得相当大的进展，我们从这些国家发展生产自动化的方法、水平、道路、在技术上可以吸取不少有益的东西。但是应该指出，资本主义国家和社会主义国家，实现生产自动化的目的是根本不同的，前者是资本家为了获得最大限度的利润，带给劳动者的是失业灾难，而后者是为了建立社会主义和共产主义的经济基础，带给劳动人民的是无限幸福。因此，通过对国外生产自动化动态的分析，可以看到发展趋势，从中吸取有益的东西，为我们社会主义建设服务。

一、国外生产自动化的现状与发展

由于电子技术和计算技术的迅速发展，建立自动工厂已成为可能。世界上有的工业先进国家已在从事这方面的研制工作。日本从1973年便开始对“无人制造技术”的研究。经过四年的努力，已完成无人自动工厂的模型设计，1977年开始制做，计划将于1985年陆续投产。

这是一个制造减速器及冷冻机等零部件的自动化工厂。全厂共分五个部分，即生产设备、控制中心、供应、发货与管理系统。生产设备中包括制造、仓库、计算机软件与废料处

理。全部设备根据限制中心的指令运转，那里只有少数人白天监视工厂运行情况，并作生产准备等工作。生产设备在无人参与下可连续工作24小时。这个工厂的设备是按积木式原理设计的，可以方便地满足同类产品的各种工艺要求。每个部件（积木块）都有一微型计算机，用来保证每个部件及整个设备的及时诊断。

这个工厂的投资约为普通同等规格的三倍，在技术上十分复杂，究竟在生产中的可靠性多大，还需人们作不懈的努力，日本建造这种工厂只能算是一种示范性的尝试。但它告诉我们，自动工厂的实现不仅可能，而且已不是高不可攀的遥远目标了。

工厂生产是个有机的整体，工厂自动化是生产自动化的最高形式——全自动化。据分析，在材料进厂到制成商品出厂的流通周期内，只有5%的时间是在机床上，而95%的时间则停滞在库房或在机床旁等待加工和运输；在机床上的5%的时间中也只有30%用于切削。导致这个结局的主要原因是，组织管理工作不善。若攀登生产自动化的最高形式，实现自动工厂，则必须使自动化技术进入工厂管理的各个部门，使整个工厂生产条理化、最佳化。若实现这一目标，就必须不仅用机器代替人的双手，而且用机器代替人的思维进行管理和操作。以实现最佳化的自动化。因此，我们又可以说，若实现自动化工厂，必须完成组织管理和设备两大部分的自动化。

自动工厂中生产设备的最基本组成部分是自动生产线（以下简称自动线）。我国机器制造业，在单机自动化方面，多年来已取得不少经验，而在自动线方面经验不多，与先进工业国家相比差距很大，因此，对自动线的现状与发展作一番探讨，对提高我国生产自动化水平和程度有现实意义。

自动线的出现至今已有50年的历史，但直到60年代才得到迅速的发展。到1968年美国机器制造业已拥有自动线约2500条，到1973年增至10931条。以每年600~700条的速度在增长。其他如西德、英、日、意大利也分别以年产300条线的速度在增长。苏联在1964至1973年十年中，仅在拖拉机、汽车、轴承等行业就增加了自动线1000条，每年以100条的速度在增长。这些国家在机器制造业中的自动线主要集中在生产汽车、拖拉机、轴承等大量生产行业，如美国，在这三个行业中的生产自动线占机器制造业自动线总数的80%。这些国家的自动线建造主要由机床制造厂承担。

从国外自动线的现状与发展趋势，可以看出以下特点：

1. 为了加快生产自动化的速度，缩短建造自动线的周期，降低设备投资，世界各国作了大量使自动线设备的零、部件标准化、系列化工作。自动线的建造已由使用厂分散自制，过渡到专业化公司生产。美国在1973年机器制造业10931条自动线总数中就有5846条是由多工位组合机床组成的自动线。苏联到1974年年已建立了33套170种系列的自动线标准部件，并集中于机床制造厂生产。到1974年为止，在工业发达的资本主义国家中已有80多个公司专门成套自动线的制做，其中美国35家、西德25家、英国9家、法国4家。有的承包公司不仅提供一成套全部设备，还负责安装调试，从至定期维修或建立“外诊”排除故障。

2. 自动线起源于产品单一的大量生产。由于社会对产品多样化的需要，加上生产技术的不断发展，要求产品不断更新，这就要求自动线也能适应产品变化的需要。因此，从六十年代末到现在，美国、西德、日本建造的自动线约80%以上都可以生产多种同类不同尺寸系列的产品。例如美国某公司建造条一大型自动线，能加工不同差动挂架16盖罩，最大挂架直

径为63.5毫米，重59公斤。从加工最大零件变到最小零件所需的自动线调整时间不到一年，美国勒尼和泰勒卡—麦温公司加工卡车后桥的快速调整自动线，长50米，每小时产量12件，被加工零件的尺寸可在1.30—1.55米内变化，其他如重量、加工孔径、凸耳及垫板、面位置等都有变化，换产品调整一次需4至7小时。

目前在生产中大量使用的能进行多种品种生产的自动线调整范围还很快，只能适应同种产品不同尺寸的变化或在结构上的微小变化（例如在同一个加工面上有不同数量的孔）。在这种情况下，多采用快换刀架、快换主轴箱、快换定位、夹压元件等办法来实现，自动线的投资增大的不多，比较适用。

3.为了更大程度地扩大自动线工艺范围，从适应多品种生产，数控技术开始进入自动线，这给多种小批生产自动化开辟了道路。

自动化机床都是按照人们预先制定的程序进行工作的，所以广义地都可以称之为程序控制。程序控制的方法很多，例如常见的有凸轮控制，行程挡块控制，靠模控制等，这些方法所用的控制指令为由凸轮、行程挡块、靠模等产生的“模拟量”作为指令的控制叫程序控制。

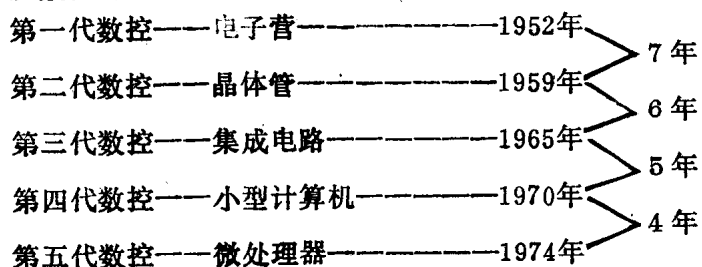
近代出现的一种新方法，就是从数字和代码的形式，即“数字量”作为指令控制机床程序的，人们把这种控制叫做数字控制，简称“数控”。具体说，就是把机床的工作程序要求，以数字编码形式表示并记载于一定的介质（如穿孔纸带、磁带等）上（这个记载的编制过程叫程序编制）。再将此载有数字编码的介质送入机床数控系统中阅读，并将数字编码转换为相应的电脉冲讯号（电码）然后用这些脉冲讯号来控制机床执行机构的动作。

显然，在更换加工零件时，对于数控机床，只要重新编制程序，制作纸带（磁带）就行了，无需去完成凸轮、靠模等复杂的制作工作。而数控机床可以完成程序控制难以完成的复杂程序，而且能提高加工精度。因此，数控机床已成为生产自动化重要的发展方向之一。

近几年来，数控机床的生产发展非常迅速，工业先进国家生产数控机床在机床总产量中所占的比例（数控化率）逐年增加（见下表）

国 别	项 目	1973年	1974年	1975年	1976年
美 国	数控机床产量（台）	2865	4210	4017	
	数控化率（%）	0.96	1.25	1.43	
日 本	数控机床产量（台）	2765	3040	2188	3312
	数控化率（%）	1.30	1.80	2.48	2.79

从数控的控制系统的发展看，数控技术目前已发展到第五代，发展过程如下：

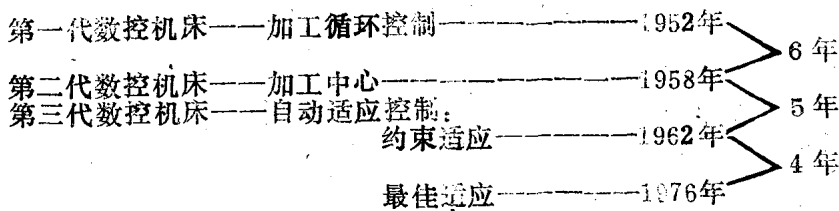


在1965年以前所出现的数控机床都是靠手工编制程序。零件程序编制工作是否有效，是影响数控机床普及应用的一个重要因素，自数控技术诞生之日起，即开始用计算机编程程序的研制工作，试图用以代替劳动繁重的手工编制程序。美国、日本在这方面的研制工作取得了可喜的成果。研制成功适用于一定范围的简易小型计算机自动编程和利用台试计算机的编程系统，使数控机床成功地用于生产。日本在1976年使用数控机床的工厂只有9%采用自动编程，而在1977年就增至33%。

随着生产发展，不断提出更高要求，利用纸带作为介质输入数字编码已经不能令人满意，因为输入数码时常常会因为光电输入机出故障或因穿孔纸带弄脏弄破而使控制机床不能正常工作；另外，纸带一经制成就很难改动，即使在加工过程中发现原有纸带的程序设计不合理，但也不易改动。所以数控的进一步发展就是要取消纸带，把计算机装到数控装置中去完成纸带的功能。这就是发展第四代数控——计算机数控（GNC）所谓计算机数控就是一次把零件加工程序输入到计算机的内存贮器即可，加工过程中不再通过光电输入机，而是直接从内存贮器取出加工指令。因零件程序用电气存贮在存贮器内，所以也能及时修改零件程序。

微处理器也叫单片上的计算机。它是把计算的核心部分——运算器与控制器用大规模集成电路制作技术做在一块不大的硅片，如果再与存贮器和输入输出线路连接起来，就构成了微型计算机。微处理器的出现，对数控机床的实用和推广产生决定性的影响。

从数控机床所完成的工艺功能来看，数控机床的发展有以下的明显趋向：



从1952年开始出现的第一代数控机床只能用一把刀具完成某种加工循环，例如用一把车刀加工几种阶梯轴，用一把铣刀铣几种曲面等，它所完成的工序是单一的，不能完成可以自动换刀的多工序的加工。1958年多工序的加工中心机床的出现彻底改变了小批生产中一人、一机、一刀、一个工件的落后局面，而把许多分散的工序集中在一起，形成了一个以工件为中心的多工序自动加工机床，与完成同一加工过程的自动线相比，它不仅大大的增加了“柔性”，而且减少了占地面积，保证了加工质量，也缩短了生产周期、降低了成本。加工中心一出现就迅速地发展起来，它不仅完成镗、铣、钻、铰、攻丝等工序，有的还可以完成拉削和车削，不仅在小批生产条件下采用单刀切削，而在大批的生产条件下，还可以用类似组合机床的多轴主轴箱进行加工。美国本迪克斯和英格索尔公司生产了自动更换多轴主轴头的加工中心，有20多个大型主轴头装在立柱式的架（称刀库）上，根据一定的加工程序，由机械手取出所需的主轴头并更换在机床的主轴上，进行不同工序的加工。日本大阪铁工制作的LM70AT加工中心车床，刀架装在回轮头上，可装八把车刀和镗、铣刀。所需的刀具可以通过机械手，从回轮头顶上的形状刀库中取出（可装十把刀），自动安装在刀架上。

日本是发展加工中心机床最快的国家之一。在1974年就有23个厂家生产加工中心机床。在1974年生产的3040台数控机床中就有577台加工中心机床，占19%。

从自动线的发展和加工中心机床的出现看出，自动线是工序分散的一种自动加工形式，由于加工中心机床具有“柔性大”（刀库中容纳刀具达20—80把）效率高（换刀时间仅2.5—3秒）占地面积小的优质，所以在一定工序数量范围内，优越于自动线，生产自动化方面重要的发展方向之一。

由于加工中心的出现，在60年代，数控技术进入自动线。美国康尔纳公司建造的多功能自动线，占地面积30×90平方米，由6台加工中心机床（可自动更换刀具40把）和4台带有回轮头及旋转工作台的数控机床组成。由两台电子计算机控制，一台起联系作用，监视着运输线，并把随行夹具按一定程序送到工位上；另一台控制机床本身，把自动线中任何区段和部件状态的信息积累于计算机的记忆中，并显示在控制台上。任何时候，操作者都可以得到18种状态信息（为刀具的寿命，产品的质量情况，机床的负荷情况……）以监视生产过程。

日本在1963年也建成了一条加工多种汽缸体的数控机床自动线，由11台设备组成。由于数控机床自动线的出现，使自动线的布局产生了变化。由于每台数控的功能“柔性”很大，所以就没有必要使机床按某一特定的工艺路线直线排列，而按圆周排列，中间设一通用机械手，通过机械手可以把工件传递到任一设备，而不受机床顺序排列的限制。这种自动线又称作计算机群控自动线，国外也叫柔性制造系统（FMS）。它能够同时对一组零件中几个零件，按任意顺序加工，所以柔性很大，大大提高了设备利用率。

近年来机械手发展对生产自动化起到了很大的推动作用。计算机群控自动线，加工中心机床等都大量地采用了机械手。由于这些高度自动化设备的需要，也使工业机械手得到了迅速发展。简单的专用机械手早已成功地用于自动线上。多功能的通用机械手，已在国际市场上出售，到1975年的统计，已达225种。传运物件重从几克到几百公斤。

按美国的说法，把程序贮存器控制的开环式机械手称作第一代。在1977年西欧出现的传感器控制的机械手算是1.5代，这种机械手通过光电效应、压力、作用力用传感器辨认和操作。1978年出现由手和眼协调动作完成操作的是第二代机械手。预计1981年将会出现具有知觉的马达型的2.5代机械手。预言在1983年将会出现具有知觉的第3代机械手，它具有人造智力和进行熟练工作的能力。这种机械手可称做机械人。

4. 自动线生产效率的进一步提高

目前自动线和自动化设备虽已成功用于生产，但生产效率仍不能令人满意，世界各国都在为提高自动线和自动化单机的生产效率而努力。目前，美、日、苏等国家自动线的生产率现状是：

被加工零件总类	生产率（件/小时）
滚珠轴承（D=40—160）	270—1080
钢制箱体类零件	30
铸铁箱体类零件	50—65
轻合金零件	150
铝制活塞	400
阀类零件	700

提高自动线生产效率的途径：

(1) 采用先进工艺方法:

以磨削代替切削是提高生产效率的有效方法。意大利GUISTina与ItonTull两公司在1973年建成一条没有车削的加工阀门的自动线,生产效率有显著提高。采用以强力高速磨削代替切削的先决条件是提高毛坯质量,减少加工余量。目前美、日、西德等国家铸件和锻件公差已达到2—5毫米,这给“以磨代切”创造了有利条件。

(2) 减少切削时间

目前美、日、西德、意大利各公司在自动线上普遍采用的切削用量见下表:

加工方法	加工材料	切削速度(米/分)
钻 削	铸 铁	30
	钢	21
拉 削		55
磨 削		60——80米/秒

车·镗·切削用量

被加工材料		硬 度 (HB)	强 度 (Kg/mm ²)	切削速度(米/分)	
				粗加工	精加工
灰 铸 铁	12——18	150		450	700
	21——40	200		350	550
	44——64	250		275	450
高强度铸铁 (45——50)		300		200	350
		350		150	250
渗 碳 钢			40	550	700
			60	400	550
			80	300	400
结 构 钢			100	250	350
			110	320	300

粗加工: $S = 0.25 \text{——} 0.6 \text{毫米/转}$ $t = 2 \text{——} 6 \text{毫米}$

精加工: $S = 0.25 \text{——} 0.6 \text{毫米/转}$ $t = 0.2 \text{——} 0.4 \text{毫米}$

从上述数值可以看出,自动线上所采用的切削用量已接近非自动化设备的水平,如果再进一步提高,和普通非自动化设备一样,要依赖刀具材料和刀具结构的进一步改革。近年来,由于新刀具材料——陶瓷刀片,立方氮化硼刀片(或砂轮)等的出现以及硬质合金表面涂层技术的发展,给自动线进一步提高切削用量开辟了新的途径。

(3) 提高自动线的利用率

在自动线发展过程中,一直存在着设备利用率不高的问题,这个问题在一定程度上限制于自动线的发展。根据日本多年应用自动线的统计,自动线的利用率仅为60—75%。这是由于调整更换刀具,处理铁屑,发生故障等原因造成的。为了解决这个问题,人们作了不少努力,创造了不少有效的办法。

(一) 增加自动线的柔性。柔性的相对概念是刚性。对于刚性自动线,如果一台设备发生故障停车,势必造成全线停工;对于柔性自动线,当自动线中个别设备停车,其他设备在一定的时间内仍能照常工作。所谓提高柔性,就是提高全线不停车的程度。

提高自动线柔性的最简便的办法,是在设备间加贮料装置。对于小型零件的加工自动线(如轴承环、轴承滚珠等),设备间的贮存装置早已成功地用于生产。但对尺寸较大,形状复杂的零件加工自动线,若在设备间保持一定量的贮备比较困难。近几年虽出现了一些大型零件的贮存装置,但都不很理想,如美国克洛斯公司加工印刷机杠杆的柔性自动线,产量为每小时375件,有随行夹具,工序间工件的贮备量为24件,贮存装置庞大。因此,用增设工序间贮备料装置增加大型零件加工自动线柔性的办法是有局限性的。

(二) 缩短换刀、调刀时间。最简单的办法是采用快换整体刀架,即在线外调好,换刀时可以更换整个刀架,以减少停机时间,在国外的自动线中大部分都具有这种快换的整体刀架。

多年来,提高自动线(自动机)自动化程度的最大障碍之一就是实现更换、调整刀具的自动化,由于加工中心机床的出现,突破了这一障碍,使自动化技术跃进了一大步。

(三) 提高自动线的可靠性

由于自动线的环节多,各环节配合严密,机构复杂,所以发生故障的可能性较大。可靠性的高低主要决定于设备的制造质量,控制元件的质量,以及设备的复杂程度。根据苏联的统计,苏联所采用的刚性自动线,其利用率为60—70%,在30—40%的停线时间里,电器故障占50%,机床刀具故障占30—40%,传送装置占19—20%。由于苏联电器及电子工业落后于美、日等国,所以电器故障比重较大,使整个自动线的可靠性降低。由于美、日等国电器、电子工业发达,而且采取了提高可靠性,快速调刀、换刀等措施,使刚性自动线的利用率达到65—80%。

尽管美、日等先进工业国家有雄厚的电器工业作后盾,电器故障仍是降低自动线可靠性的主要因素之一。

为了提高自动线的可靠性,提高其利用率,近年来美、日、西德等国家开始采用了可编程顺序控制器。

在自动线中,各台机床之间的动作衔接是按行程顺序或时间顺序来控制的,为此,我们过去都是利用继电器的逻辑开关来实现,一条自动线往往要有上千个电器控制原件(如限位

开关、各种继电器、磁力起动器、电磁铁、信号灯……等），而每条自动线还要有体积庞大的适合自己需要的控制柜，它不仅可靠性差，且而占地面积大，成本高。由于半导体贮存器及编程技术的提高，尤其微处理器的出现，可编程序控制器已成功地用在自动线中，以取代继电器系统。

可编顺序控制器是一个数字操作的电子装置，是利用其内存某些特定功能指令的可编存贮器，通过数字或模拟的输入——输出接口去控制各种机床。它可以根据各种自动线的需要，编排出不同的程序。这样就可以在各种自动线上采用标准通用的电器控制系统了。据统计，与继电器电柜比较，不仅使可靠性提高，且而使电柜的占地面积减少50%。在美国，可编顺序控制器的成本已低于普通继电器，而在西欧则相反，这主要决定于电子工业的生产水平。

采用可编顺序控制器能提高自动线可靠性的原因还在于，可以采用“诊断技术”，即利用一诊断器具，对自动线进行监视，在机床工作中可以进行预防性检查，发生故障原因还可以寻找故障。当数控机床自动线发生故障时还可以接通机床厂的诊断计算机，帮助寻找故障。美国卡尼——特雷克公司首创成功，以后美国吉汀斯——路易斯、泰勒·西等公司也都建立了这种诊断系统。

5. 自动线加工精度的进一步提高

在先进工业国家中，精加工设备已大量用于自动线中，如磨削、精磨、金刚镗等设备，因此，目前自动线的加工精度比六十年代有大幅度的提高。目前美、西德、日、意等国的自动线加工精度情况见下表：

加工方法	精度种类	公差范围
钻·扩·铰·拉	基准孔间距离	± 0.025
	基准面间距	± 0.04
	孔的不同心度	0.015——0.05
	表面光洁度	$\Delta 6$ ——7
	孔径尺寸精度	I~II级
	表面不平度（在200——300内）	0.05
精镗	孔径尺寸精度	I~II级
	不圆度	0.005——0.01
	孔与端面不垂直度（在100毫米内）	0.001
	锥度（在50毫米）	0.00075
	两孔轴心线不平行度（在100毫米内）	0.01

精度提高的原因在于:

- (1) 在自动线设备中广泛采用了静压技术,如静压轴,静压导轨等;
- (2) 在精加工工序中绝大部分都采用了自动测试装置,如气动,电测等测量装置;
- (3) 采用刀具的自动调整,砂轮的自动补偿等。

由于生产的发展,尤其是尖端技术的需要,对加工精度的要求越来越高。已达到万分之几毫米。为了适应这个要求,非自动化精密设备的加工精度已达到较高水平,几何精度已达到微米级,如美国埃克塞罗公司制造出的超精密磨床,采用了空气轴承和空气导轨,能加工出精度为0.025微米的主轴;日本日立制作所的超精切平面磨床也采用了空气轴承和空气导轨,可保证加工工件的平面度达0.3微米/60毫米,表面光洁度在 $\nabla 13$ 以上。可见,自动线的加工精度还基本上在百分之几的范围内,比一般设备要低一个数量级。因此,欲使自动线的加工精度进一步提高,还需人们作不懈的努力。

6. 自动线的最佳化

从机械化到自动化,从自动化单机发展到自动线,只不过是机器代替了人的操作。但是怎样操作,按什么参数操作,即机器赖以自动工作的方案,还得由人根据以前经验和现场的工作条件作出的。而这个方案的制定往往满足不了多因素的瞬时变化,因而按照人们预先作出的方案往往不是最佳方案,这就影响了生产效率,加工精度的进一步提高和成本降低。为了实现这个最佳方案,就需要建立一个在加工过程中能适应多因素瞬时变化条件的适应系统,这个系统就是有六十年代才兴起的“适当控制”。简言之,凡是能够按照事先给定的指标(叫评价指标),自动改变参数,使之尽可能地接近这个设定目标,这样的系统就是适应控制。

自动适应控制系统目前在生产中已经收到成功的效果。美国、日本在这方面已走在前面。美国麦克唐纳飞机公司有50多台,格鲁曼宇航公司有28台,日本牧野制作所在1972年为《洋马》柴油机公司制成一条由四台带适应控制的加工中心机床组成的自动线。目前适应控制机床的应用基本上只限于航空工业,刚开始进入自动线。但是由于它具有突出的优越性,预计在1985年前后,会扩大到一般机器制造业,很多自动线也会用自适应技术装备起来,使自动化技术得到一个飞跃的进展。

目前在国外已经用于生产的或正在研制的适应控制系统有两种:约束适应控制(限定适应控制)最佳适应控制。前者简单,后者复杂,目前用于生产的80—90%属于前一种。

约束适应控制的测量参考少,甚至没有评价函数(即由几个变量构成的评价指标),只有模拟量的比较。例如,在磨削加工中,为了保证加工的表面质量,我们希望磨削力是个合适的常数。但加工中由于工件余量不均,材料机械性能不均,砂轮有时过早变化等因素的影响,使切削忽大忽小。因对,为了使切削力保持一个合适的常数,就得在加工中不断改变切削用量以保持切削力恒定。这个磨削力就是约束参数(限定参数),若达到这一目的,首先必须测出在加工中切削力的变化值。切削力的动态测定,可以直接测力,也可以间接测一模拟量,用测得的模拟量与设定的模拟量相比较,用比较量的差值控制电机,调整切削用量,使两个模拟量保持相等或接近,以达到恒切削力的目的。

目前在生产中应用的适应控制机床,多采用恒功率、恒切削力,恒切削速度、几何精度界限、自动补偿热变形等适应控制。美国Generae及Macotech 等公司已有这类适应控制车