

生产综合自动化

Л.И.沃尔奇凯维奇

[苏] М.П.科瓦廖夫 著

М.М.库兹涅佐夫

机械工业出版社

生产综合自动化

Л.И.沃尔奇凯维奇
〔苏〕 М.П.科瓦廖夫 著
М.М.库兹涅佐夫

庄志刚 译

魏鹏惠 校



机械工业出版社

(京)新登字054号

202.161

本书阐述了用于大批和批量生产的自动机械系统设计构成的工程计算和论证方法,机械系统最优结构配置方案的比较分析和选择,以及自动控制系统的计算和设计,同时,还研究了从运行到设计的负反馈实现方法。

本书适用于从事自动机械系统设计和使用的工程技术人员,以及高等学校相应专业的大学生。

Комплексная автоматизация

Производства

Л.И.Волчкович, М.П.Ковалёв, М.М.Кузнецов

МОСКВА

«МАШИНОСТРОЕНИЕ»

1983

• • •
生产综合自动化

Л.И.沃尔奇凯维奇

[苏] М.П.科瓦廖夫 著

М.М.库兹涅佐夫

庄志刚 译

魏鹏霄 校

•
责任编辑:温莉芳 责任校对:丁丽丽

封面设计:刘代 版式设计:乔玲

责任印制:张俊民

•
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)

人民交通出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

•
开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $10^{7/8}$ · 字数 237 千字

1992年4月北京第1版·1992年4月北京第1次印刷

印数 0,001—1,350 · 定价:9.10元

•
ISBN 7-111-02990-9/TP·147

译 序

这是一本论述以经济效益为准则，设计自动机械和自动机械系统并使其最优化的书。经济效益观念已为愈来愈多的工程技术人员所认识，然而，以此为出发点进行具体的工程设计，把经济效益准则最终贯彻于机械和机械系统的结构和配置，仍然是一件创造性的工作。本书的主要内容正是着眼于这些方面，并得到许多有益的结论，以及相应的工程论证和计算方法。另外，作者还就机械和机械系统的控制方法，自动控制系统的设计和计算进行了详尽的讨论。

译者对孙福良、张国英、朱笑梅和夏雷同志的帮助表示感谢。

对译文中的不妥之处，望读者批评指正。

译 者

原 作 者 序

在1981年至1990年期间，苏联经济和社会发展的主要方向是要过渡到大量运用高效率的、能保证生产实现综合机械化和自动化的机械系统和工艺过程，并要对生产的主要部门进行技术改造。这是由苏共第二十六次代表大会所决定的。为实现这一目标，就需要进一步发展自动化工艺设备和辅助设备以及控制系统的计算和设计方法。在大批生产，特别是在批量生产的条件下，要建立和有效地采用机械自动化系统，是一个复杂而困难的问题。解决这个问题包括以下几个阶段：拟定工艺过程，选择系统的组织配置方案，拟定传动系统方案、液压系统方案、气动系统方案，以及控制系统的方框图等，对机构、输送装载设备、工具、夹具进行结构设计，画出平面布置图及总图，进行制造和装配，验收试车。机械自动化系统愈复杂，它的构成方案也愈多。在这种情况下，技术方案的复杂性和重要性，将转移到初期的研究阶段，即转移到拟定技术任务书阶段和制定技术建议阶段。

机械自动化系统总体原理设计方案的选择，以及它们组织配置方案的选择，均基于对生产率、可靠性和经济效益的计算。目前，关于生产率、可靠性和经济效益的研究计算还不能令人满意。而且，在相应的技术文献中，有关这方面的阐述也不够充分。本书作者们为自己提出的任务是，系统地阐述根据对生产率、工作可靠性和经济效益的比较和最优化计算，来选择和论证整个机械自动化系统最优组织配置方案的方法。同时，所有的计算和论证，都是针对具体的设计阶段，以及这些阶段中所要解决的问题的。

目 次

译序

原作者序

引论	1
第一章 综合性设计工艺问题的生产自动化	3
第一节 生产自动化的策略	3
第二节 批量生产和大批生产自动化手段的发展趋势	6
第三节 在生产自动化中结构设计的解决方案	15
第二章 自动化工艺设备的设计	21
第一节 设计部门的工作组织	21
第二节 前期设计阶段	24
第三节 设计工作阶段	26
第四节 新技术的采用	39
第三章 自动机床及其系统经济效益的工程计算和估计	42
第一节 技术经济论证的阶段、任务和原则	42
第二节 前期设计阶段的技术经济计算和论证	44
第三节 设计完成阶段的技术经济计算和论证	58
第四章 自动机械及其系统生产率的计算和估计	70
第一节 生产率分析和计算的任务和特点	70
第二节 生产率指标及其相互联系	74
第三节 大批量生产和批量生产条件下自动机床和半自动机床的生产率	87
第四节 自动线的生产率	96
第五节 生产率的比较性指标	106

第五章	自动控制和自动调节方法及其在不连续生产自动化中的应用	117
第一节	自动机床的连续和不连续以及辅助过程的自动控制和自动调节	117
第二节	机床的程序控制	120
第三节	随动传动装置	141
第四节	提高机床工作状态的调节质量的方法	153
第六章	自动机和自动成套设备的控制系统	160
第一节	不同综合自动化水平下控制和调节系统的功能	160
第二节	控制系统的反馈	162
第三节	电侵蚀机床控制系统传动装置的选择	172
第四节	数字程序控制钻床的主轴进给循环控制系统图	187
第五节	自动化成套工艺设备中上料机器人控制系统的传动装置	194
第七章	自动机及其系统工作能力的分析方法以及“运行—设计”负反馈的实现	202
第一节	现有设备工作能力研究的任务和实现“运行—设计”负反馈的方法	202
第二节	多工序工艺过程中产品质量指标的分析方法	204
第三节	批量生产中自动机工作能力的分析方法	221
第四节	自动线工作能力的分析方法	235
第五节	待设计自动设备生产能力预期指标的计算方法	247
第八章	大批生产综合自动化设计方案的最优化	264
第一节	自动线合理技术方案的总体构成	265
第二节	自动线最优构成方案的选择	276
第九章	批量生产综合自动化设计方案的最优化	293
第一节	电子计算机控制的自动化成套工艺设备及其构成方案	293
第二节	关于研制电子计算机控制的自动化工艺综合体工	

作的合理性估价.....	300
第三节 技术上合理的自动化工艺综合体方案的总体构成.....	314
第四节 自动化工艺综合体最优方案的选择及其在其它生 产条件下的前景估价.....	319
参考文献	337

引 论

机械制造业的自动化现状及近期前景，与下述两种情况联系在一起。首先是从单机和机组自动化向研制机械自动化系统过渡，这种系统将包含从生产准备到装配的生产过程的各个阶段。第二方面是技术方案的最优化，研制工作的重点，要从大批生产转移到批量生产，同时，要广泛发展辅助过程的自动化和机械化，而且，不仅要实现工艺控制功能，还要实现组织经济管理功能。

生产的综合自动化，基于下列几个方面：技术手段（从最简单的机构到复杂的电子系统，象数字程序控制系统，电子计算机系统和控制机系统等）的不断完善，不同生产阶段自动化方法和手段的广泛利用，规格化方法的运用。与非自动化生产相比，将大大扩充在具体条件下可供采用的技术方案的类型。根据计算，吉尔汽车传动箱大轴车削自动线，其技术上可能、工程上合理的构成方案有600多种。但是，要对这些方案进行比较性评价和选择，决非显而易见。所以，现代机械制造科学技术进步的一个最为重要的特点，是发展机械的设计和运行工程方案的科学基础。愈来愈多的工艺、结构和配置方案，不仅应当从有确定的运动状态和一定的强度出发按结构设想予以选择，而且首先应当根据工艺师和设计师所进行的科学研究和试验予以选择。工艺师和设计师应当是具有高度技能的研究人员。设计人员和研究人员的界限正在消失，工程师必须善于进行科学研究。

对从事生产综合自动化和机械化方面的专家，有下列几方面的实际要求：

1)能够解决机械自动化系统的设计制造问题,这种系统综合地包含主要的工艺过程和辅助过程,即包括零件加工,产品的检测和装配,零件和产品的运输和堆放,检修和维护;

2)能够实现建立新技术的全过程,即实现从拟定设计技术任务书到取得实施证明书的全部过程;

3)能够在各种具体条件下,确定待设计系统自动化和机械化的最优化程度,掌握现代化的技术经济论证方法,以及对设计方案进行比较性分析和最优化选择的方法;

4)掌握进行科学研究的技能,以及对技术方案进行科学论证的方法。

上述的这些要求,促使人们重新对待工程行业的科学基础。

局部工艺过程的研究以及单个机构和装置的计算和设计的基础是工艺学、材料力学和机械学等方面的知识。基于这些知识,能完成工艺、强度和运动学方面的计算。但这些计算对于解决自动化工艺设备的设计和使用问题,特别是解决机械自动化系统的设计和使用问题是不够的。因为这些计算既不能确定工位数,也不能确定中间机构的联结型式,至于料库的容量也无法算出。

机械自动化系统大多数工艺、结构、配置和运行参数的选择的基础是机械科学的下述分支,如机械生产率理论,机械可靠性理论,工程经济效益理论,自动控制和自动调节理论,自动机及其系统的构造理论,最优综合理论等。这些科学理论的总和,组成了综合自动化的科学理论基础。对于从事设计和使用自动化设备的工程师来说,当从生产自动化的多个方案中寻求最优方案时,应当系统地掌握和应用上述理论知识。本书所提供的材料,将在这方面提供有益的帮助。

第一章 综合性设计工艺 问题的生产自动化

第一节 生产自动化的策略

生产自动化包括以下综合措施：拟定新的、先进的工艺过程，并在此基础上设计高生产率的、能在人不直接参与下完成工作操作和辅助操作的设备。通常，把综合自动化理解为多工序工艺过程的自动化，以及建造能力超过单个过程甚至超过生产阶段的机械系统。

现代自动化发展的特点，一是从大批生产向批量生产转移，后者是机械制造业的主要组成部分；二是技术手段的大大扩展，其结果，将使生产过程自动化问题的解决具有多方案性。

机械制造综合自动化的策略是技术政策的基石，它取决于下列观点：1) 正确理解自动化的基本方针和内容；2) 客观估计应用新的自动化方法和手段的前景和合理范围，并把新的自动化手段和方法与已有的手段和方法结合和相互联系起来。下面，我们将较详细地研究这些观点。

生产自动化，经常理解为用控制和检测装置及系统来取代人的职能，也就是理解为应用自动机。在这种情况下，如果认为相应的工艺过程以及机械的结构和配置基本上还和从前一样，那将是不正确的。生产的内容构成了工艺过程，在工艺过程中，包含了待生产产品的质量 and 数量以及生产效益的全部潜在可能性，而控制系统（从手动到自动）仅是实现

这些可能性的形式。所以，机械制造生产的自动化，是一个综合性的设计工艺问题，其任务是要建立新技术，以及高效的工艺过程和高生产率的生产手段。如果由人直接参与，要达到相应的效能和生产率是不可能的。

现代的自动车床，是一种工艺、结构和配置方案的综合体。它的特点是具有多工位性，可以同时完成几十个功能。在自动线中所设置的机构和工具有数百种，要建立前述的生产系统，需要解决很多问题，其中包括零件传送和装拆的自动化、零件定位状态的改变、半制品的贮存、零件的回转和固定、废料的清除等，只有解决了这些问题，才能有效地运用自动控制。只有当自动化生产手段比人能更快和更好地完成生产职能时，自动化生产手段才能是有发展前途的。

上述情况并没有降低小范围自动化的意义。例如，用零件夹紧和上料机构以及循环控制装置等来装备非自动化设备，仍然是有意义的，特别是当这些机构和装置被典型化时，更有意义。但是，它们不属于自动化过程。

自动化策略方面一个特别重要的问题，是正确而客观地估计并合理采用最新的自动化方法和手段。任何一种技术上的革新，无论它有多好的发展前景，都要通过一系列发展阶段，即通过设想—模型—结构试验（仅能工作）—能可靠工作—经济上有效诸阶段。在每一个阶段上，都要使其参数不断完善。在近似的情况下，相应的参数系统可以归结为如下模式，即归结为“动作的快速性—可靠性—价格”。而只有当这些参数在技术经济上许可时，该技术革新才可以付诸于生产实践。所以，在技术政策上，既不允许迟迟于初步设想的研究，也不允许将不成熟的东西付诸实施。

综合自动化策略的另一个原则性问题，是新的方法和手

段与传统方法和手段的最优组合。在用于大批生产的自动化机器和机器自动化系统中，广泛地采用工序的分散和集中原理，并把工序在时间上予以重合，是高生产率和高经济效益的基础。现代的绝大多数数字程序控制机床，都是单轴式的，所以，在稳定工作的条件下，可不进行重新调整。较之多工序半自动机床、多轴半自动组合机床的生产率是前者生产率的几十倍，而价格却较低。在试验性生产中，由于加工工件品种不重复，工艺设备必须有很宽的重新调整范围，此时，只有采用电子计算机才能实现。在稳定生产中，产品的品种是固定的，这样，相应于生产规模，每台设备不能加工同样一些工件，只能进行成批加工。这里，用一台可重调多轴半自动组合机床，就可以代替由通用数字程序控制半自动机床或由带电子计算机控制的工艺综合体所组成的工段。在可重调多轴半自动组合机床上，可用几十把刀具同时加工好几个零件。它的生产率是单刀具机床所不能比拟的，而重新调整也比较快。所以，仅以单轴数字程序控制机床组成的工艺和配置路线进行生产，是非自动化生产的延续。这在生产自动化的早期发展阶段才认为是合理的。进而，不可避免地转向大规模地采用多轴和多工位的数字程序控制机床。开始时采用的是最简单的、能同时加工几个零件且使用同一加工程序的此类机床。具有分配轴、凸轮和仿形器的机床系统，尽管其本身结构中的电子设备不多，且无自适应功能，但看来在相当长的时间内，它们仍将在大批生产的自动化控制中占有主导地位。数字程序控制系统和基于电子计算机的直接数字控制系统，以及其它的数字控制系统比较机动灵活，对于批量生产是有效的，并且对单件生产中也将是有效的。此类系统在大批生产中的作用，不是用来代替复杂的工艺方案，而是

用来补充工艺方案，以及实现以前未能实现的控制功能，首先是组织经济功能。所以，工艺过程自动化控制系统，是自动线高生产率运行的基础，此外，还能减少由于技术和组织原因所引起的自动线停产。

机械制造的综合自动化，是一个复杂的综合性问题。今天，机械制造生产的效率，直接取决于这些问题的解决。

第二节 批量生产和大批生产自动化手段的发展趋势

相应于现代科学技术进步的水平，生产的综合自动化和高度机械化，将成为生产的主要形式。在具体的生产条件下，当生产自动化技术和经济方面的前提条件还未成熟时，任何的非自动化工艺过程和设备，应当看作是一种局部的不得已的解决办法。

长期以来，机器制造综合自动化的基本方向是解决与大批生产有关的问题。在大批生产中，建立并采用大量的自动机床、半自动机床、自动线和流水作业线。汽缸体、汽缸盖、传动箱大轴和通用轴承等零件的80%~90%，都是在自动线上加工的。但是，这些设备通常是专用设备，也就是不能重新调整来加工其他零件。所以，长期来批量生产仅以通用非自动化设备（车床，曲柄冲压机，焊接机等）为基础。此类设备生产率不高，但相当机动灵活，可以快速重新调整来加工其他零件。数字程序控制机器的出现，是批量生产自动化的转折点。由于它们有以电子技术为基础的控制系统，所以，既有高度的生产率，又机动灵活。开始时，数字程序控制主要用于车床、铣床、镗床和钻床等金属切削半自动机床。现在，已生产出带数字程序控制的焊机、冲床、电物理加工机床、电化学加工机床以及热处理设备等。下面将指出

数字程序控制设备的某些发展趋势，这些趋势表征了现代科学技术进步的一定阶段。

趋势一。由半自动机床向自动机床过渡。这种过渡，是由于生产率和经济效益提高方面的需要所促成的。数字程序控制机床比同样生产率的普通机床要贵好几倍，所以，在很多情况下，只有昼夜利用才合算（三班制生产的产品产量是两班制产品产量的1.5倍）。但是在机器制造企业中，生产部门通常都是两班制工作，为了保证在两班制工作的情况下使机床昼夜不停地进行作业，机床装有能贮备毛坯和加工件的自动料库，且料库的贮量，能保证机床一个班次的工作。例如，对于加工壳体零件的机床，这样的料库是步进运输机。这时，零件固定于专用的随行夹具上（见图1.1）。步进运输机按机床的程序工作循环进行工作。在最简单的情况下，机床有一个工作位置和两个空程位置（见图1.1a）。如果一个班次机床加工3~4个零件，则可采用图1.1b的配

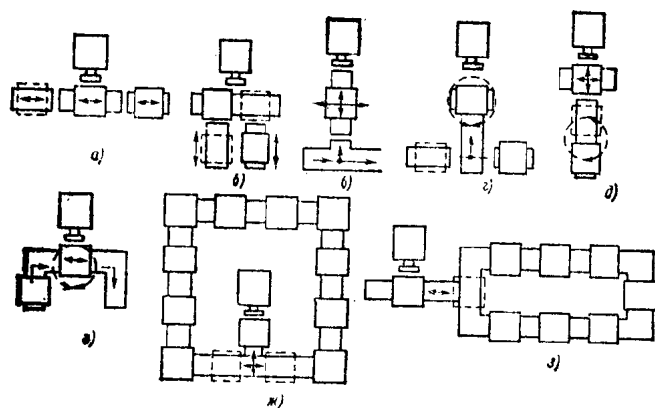


图1.1 装有自动料库的数控自动机床的平面布置图

置方案。如果要进一步增加机床在一个班次的时间内所加工的零件数，则采用侧面运输横向取件的布局（见图1.1B）。如果此时必须从几个方向对每个零件进行加工的话，则可采用图1.1r、a、e的配置方案。当料库的贮量相当大时，则把料库配置成封闭的系统（见图1.1ж、з）。相应于上述的配置，零件加工是自动进行的，不需管理人员，在工段中仅留值班调整工。夜班时向料库装进毛坯，第二天早班取出成品工件即可。

趋势二。向多刀具和多工位加工过渡。数字程序控制的普通机床，无论其刀具箱中有多少把刀具，在每一个瞬时，只能用一把刀具加工一个零件。也就是，加工工序在时间上未进行重合。而工序在时间上的重合，是提高生产率的一个最为重要的因素。对复杂零件的所有结构要素进行顺序的、非重合性加工，要耗费很长的时间。例如，顺序加工一台机床床身，需要6~40h。而在自动线上用工序分散和集中的方法加工汽车发动机的汽缸体，仅为1.0~1.5min。所以，应当把大批生产自动化中已经拟定和实现的原理，转用于批量生产设备。在最为简单的情况下，这就意味着用相应的数把刀具同时加工几个相同的零件，而零件固定于同一个工作台上。实现工序重合的另一个方法，就是制造可同时用几把刀具对零件进行多面加工的单工位机床。按此方法，也可以制造车床和加工壳体零件的机床。

实现上述原理的最为根本的办法，是制造多轴主轴箱机床。图1.2为带可更换主轴箱的机床系统的总视图。其中固定在底座（即随行夹具）4上的待加工零件3，借助于上料装置2移向四工位可夹紧回转工作台1。随行夹具在工作前和工作后能自动沿运输机5移动。在回转台上由动力头6对

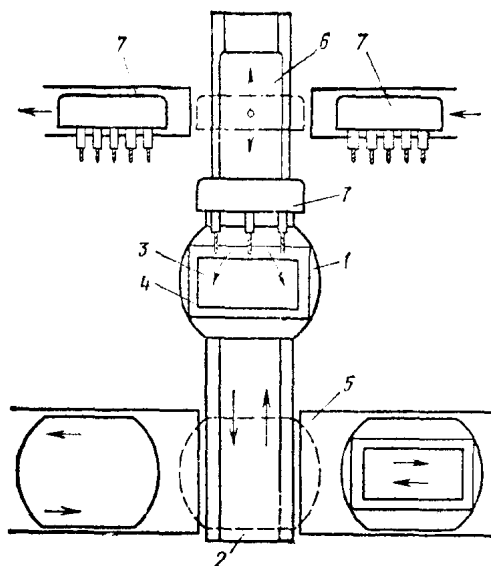


图1.2 带有可更换主轴箱用于多工具加工的数字程序控制机床系统的总视图

零件进行加工。在动力头上可按次序配装多轴主轴箱7。后者整套设备处在封闭运输装置内（此装置为一个自动步进式移动箱）。整个机床系统按统一的自动化循环工作。此循环可由单独的控制台进行控制，也可由计算机控制。

当将待加工零件安放在底座并固定在回转台上后，便开始对它进行加工。相应于动力头的每一个行程，零件就更换一次已配置好的主轴箱。零件完成一面的加工后，回转台便带着夹具转动，下一个行程便加工另一个表面。运输装置上固定的主轴箱数，取决于每个零件的具体加工量。

这种配置的缺点是，占用的生产面积较大。所以，在加工小型壳体零件时，尽量将成套多轴主轴箱直接配置在垂直动