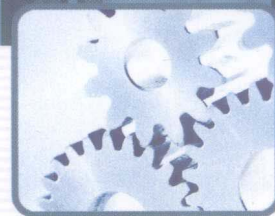
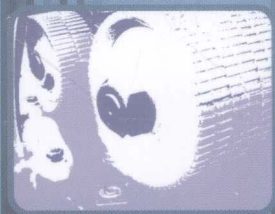
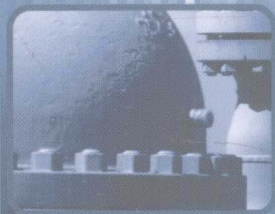




高等院校“十二五”示范性建设成果

机械设备自动化改造

主 编。杨林建 主 审。吴先文



高等院校“十二五”示范性建设成果

机械设备自动化改造

主 编 杨林建

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

前 言

本教材是根据一般机电工程技术人员的工作实际需要,考虑机床设备自动化改造的要求,按照“必需够用”的理论需要和“1221 人才培养模式”的思路编写,教材编写过程中注重学生职业岗位能力培养、职业技能训练,同时注重学生解决实际问题的能力自学能力的培养,结合机械改造工程实际,介绍机械设备改造和一般设备改造和维修工程人员的专业需求,介绍普通机床设计、数控机床设计、普通机床的专用化改造、机床数控化改造及液压技术、变频技术、PLC 技术在设备改造中的应用,并注重学生设计能力、改造技能的培养。

针对高等教育的特点,教材在实用性、通用性和新颖性方面有其特殊的要求,即教材的内容要基于学生在毕业后的工作需要,注重与工作过程相结合,教材内容要实用,容易理解,能反映当前机床类设备改造状况和发展趋势,要有利于学生技能培养,本书主要基于这种思路编写。

全书包括机床设计基础及专用化改造,机床数控化改造,液压技术在设备改造中的应用,可编程序控制器在设备改造中的应用和机、电、液综合运用改造磨床等内容,共 5 章。

本教材特点如下。

(1) 基于“1221 模式”编写教材,注重理论知识培养的同时,增加了技能训练的内容。为建立一个毕业生培训机制,在教材每章最后增加了相关的拓展知识。

(2) 内容选择。内容易懂,注意由简单到复杂。在内容的取舍上,理论知识以必需和够用为原则,力求简单实用。全书配有工业应用图例和现在大量使用的机床,学生易学,教师容易教会学生。

(3) 考虑工业应用实际。在 PLC 部分介绍了国内应用广泛的型号,以三菱公司的 PLC 为主,介绍 PLC 在电梯和机床改造中的应用,便于工厂技术人员和学生触类旁通。

(4) 综合性强。为适应企业对机电复合人才的需要,根据当今设备自动化技术的发展现状,本教材以机床设计和专用化改造为主要内容,同时介绍了机床设备拆卸和装配的基本方法。考虑数控系统的应用,本书介绍了 840D 和 FAUNC 系统的硬件结构,便于进行数控化改造设计。

本书由杨林建副教授担任主编,全书由吴先文副教授担任主审。绪论、第 1 章由杨林建编写,第 2 章由徐化文编写,第 3 章由张丹编写,第 4 章由李梁编写。

书中参考了大量专业资料和书籍,其中有部分资料未说明出处,在此对相关作者表示衷

心感谢。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中不足和错误之处在所难免，恳请广大工程技术人员和读者批评指正。如有意见和建议，请将其发到邮箱：

yanglin7410@scetc.net，以便再版时改进。谢谢！

编 者

目 录

绪论	(1)
0.1 金属切削机床应用	(1)
0.2 机床化改造的现状	(2)
0.2.1 国外机床改造业的现状	(2)
0.2.2 我国机床改造业的现状	(2)
0.2.3 目前我国机床化改造市场的现状	(3)
0.2.4 机床化改造的原则及基本改造设计方案	(3)
第1章 机床设计及自动化改造基础知识	(7)
1.1 机床的功能设置与总体布局的安排	(7)
1.1.1 机床运动功能设置	(7)
1.1.2 机床总体布局的常见形式	(8)
1.2 机床设备自动化改造中常见技术参数	(15)
1.2.1 主参数和尺寸参数	(16)
1.2.2 运动参数	(16)
1.2.3 动力参数	(20)
1.3 机床主传动系统设计	(25)
1.3.1 主传动系统设计应满足的基本要求	(25)
1.3.2 主传动系统分类和传动方式	(25)
1.3.3 分级变速主传动系统的转速图	(28)
1.3.4 分级变速主传动系统的基本特性	(29)
1.3.5 分级变速主传动系统设计	(31)
1.3.6 特殊形式的分级变速主传动系统	(39)
1.4 机床的主轴部件	(44)
1.4.1 对主轴部件的基本要求	(44)
1.4.2 主轴部件的典型结构	(46)
1.4.3 滚动轴承在主轴部件上的应用	(49)
1.4.4 主轴	(54)
1.5 数控机床高速主传动设计	(57)
1.6 无级变速主传动系统	(60)
1.6.1 无级变速装置的分类	(60)
1.6.2 无级变速主传动系统设计原则	(60)
1.6.3 数控机床主传动系统设计无级调速	(61)
1.7 通用机床专用化改造实例分析	(65)
1.7.1 车床改造实例分析	(65)

1.7.2 卧式车床改为镗床的实例分析	(68)
1.7.3 铣床改造实例分析	(70)
技能训练 1.1 卧式车床部件拆卸和装配	(72)
技能训练 1.2 卧式车床精度检测	(74)
拓展资源:机械设备的拆卸和清洗	(76)
习题与思考题	(82)
第2章 数控技术在机床数控化中的应用	(85)
2.1 数控机床及数控技术概述	(85)
2.1.1 数控机床的组成	(85)
2.1.2 CNC 系统的组成	(87)
2.1.3 CNC 系统的功能和一般工作过程	(88)
2.1.4 CNC 系统的硬件结构	(91)
2.1.5 CNC 系统的软件结构	(95)
2.1.6 常用的数控系统介绍	(102)
2.2 通用机床数控化改造总体设计及常用部件	(112)
2.2.1 机床数控化改造的必要性	(112)
2.2.2 机床改造系统的组成及传动原理	(117)
2.2.3 常用机械传动装置	(118)
2.2.4 进给传动系统的改装	(124)
2.2.5 主传动系统改装	(141)
2.2.6 自动转位刀架	(142)
2.2.7 数控系统中常用的检测装置	(146)
2.2.8 高速动力卡盘	(156)
2.3 CA6140 卧式车床的数控化改造	(159)
2.3.1 总体设计方案的拟订	(159)
2.3.2 数控系统软、硬件的设计	(160)
2.3.3 进给伺服系统的设计计算	(163)
2.3.4 主轴脉冲发生器的安装	(173)
2.3.5 自动回转刀架	(173)
2.3.6 丝杠及导轨的自动润滑	(174)
2.4 X6132A 铣床的数控化改造	(174)
2.4.1 铣床数控化改造概述	(174)
2.4.2 X6132A 型万能卧式铣床基本概况	(175)
2.4.3 数控化改造具体方案	(176)
2.4.4 具体改造内容	(177)
2.4.5 伺服进给系统的改造	(178)
2.4.6 驱动电动机的选择	(180)
2.4.7 电气系统的改造	(182)
2.4.8 数控系统的选型	(182)

技能训练 2.1 数控机床精度检测	(183)
技能训练 2.2 数控机床的安装与调试	(185)
拓展知识 数控加工程序编制基础	(186)
习题与思考题	(198)
第3章 PLC 在设备改造中的应用	(199)
3.1 PLC 概述	(199)
3.1.1 PLC 特点	(199)
3.1.2 PLC 机型的选择	(200)
3.1.3 PLC 的实际应用	(200)
3.2 PLC“翻译法”改造继电器、接触器控制线路——电动机正反转控制	(202)
3.2.1 交流电动机正反转运行的理论依据	(203)
3.2.2 PLC—电动机正反转控制“工作过程与控制要求”	(203)
3.3 PLC 改造 C650 卧式车床控制系统	(206)
3.3.1 卧式车床的主要结构、运动形式及控制要求	(206)
3.3.2 C650 型车床控制线路分析	(207)
3.4 PLC 改造卧式车床 CA6140 控制系统	(210)
3.4.1 CA6140 主要结构及运动特点	(210)
3.4.2 CA6140 车床原有电气控制线路	(210)
3.4.3 用 PLC 对 CA6140 车床的电气控制线路进行改造	(213)
3.5 PLC 改造 X62W 型万能升降台铣床控制系统	(215)
3.5.1 主要结构及运动形式	(215)
3.5.2 电力拖动特点及控制要求	(216)
3.5.3 控制要求	(216)
3.5.4 动作分析	(217)
3.5.5 控制电路的联锁与保护	(218)
3.5.6 I/O 点分配	(218)
3.5.7 PLC 硬件接线与软件编程	(219)
3.6 PLC 改造 Z3040 摇臂钻床控制系统	(220)
3.6.1 主要构造和运动情况	(221)
3.6.2 Z3040 摇臂钻床电器原理图分析	(221)
3.6.3 摇臂钻床电路位置图	(224)
3.6.4 Z3040 摇臂钻床的 PLC 改造	(225)
3.7 PLC 改造 T68 卧式镗床控制系统	(227)
3.7.1 卧式镗床的主要结构和运动形式图	(227)
3.7.2 卧式镗床的电力拖动方式和控制要求	(228)
3.7.3 主电路	(229)
3.7.4 硬件电路及 I/O 分配表	(229)
3.7.5 PLC 程序	(231)
3.8 液压组合机床的 PLC 控制	(233)

3.8.1 液压组合机床控制基本情况、工序及控制要求	(233)
3.8.2 液压组合机床控制分析	(234)
3.9 PLC 在电梯控制中的应用	(239)
3.9.1 电梯的结构	(239)
3.9.2 电梯的控制原则	(240)
3.9.3 控制系统的组成	(240)
3.9.4 梯形图程序设计为方便起见,将程序分为几段讨论	(241)
3.9.5 梯形图的汇总	(245)
技能训练 电动机 Y/ Δ 启动的 PLC 控制	(247)
拓展知识 机床电气的逻辑表示及逻辑设计法	(249)
习题与思考题	(259)
第4章 变频器在设备改造中的应用	(262)
4.1 变频器在桥式起重机改造中的应用	(262)
4.1.1 概述	(262)
4.1.2 变频调速对电动机的要求	(262)
4.1.3 变频起重机中电动机的选型	(263)
4.1.4 变频器容量选择	(264)
4.1.5 制动单元及制动电阻的选择	(265)
4.1.6 控制线路	(265)
4.2 运用变频器改造桥式起重机控制线路举例	(267)
4.2.1 起重机负载的特点	(267)
4.2.2 重力负载的四象限运行	(267)
4.2.3 变频器选型	(268)
4.2.4 变频调速系统中电动机选用	(268)
4.2.5 起升装置的防溜钩	(270)
4.2.6 应急措施举例	(271)
4.3 车床的变频调速	(272)
4.3.1 车床的外形与特性	(272)
4.3.2 改造应用实例	(272)
4.3.3 拖动系统的折算	(273)
4.3.4 两挡传动比方案	(273)
4.4 龙门刨床的变频器改造	(274)
4.4.1 外形与功率特性	(274)
4.4.2 关于拖动系统的容量	(275)
4.4.3 主电路的设计	(276)
4.4.4 制动电阻和制动单元	(279)
4.5 变极调速电动机的变频改造	(280)
4.4.1 改造前状况	(280)
4.5.2 变频改造	(282)

技能训练 变频器与 PLC 总线控制调速	(285)
拓展知识 变频器的基本知识	(289)
习题与思考题	(293)
参考文献	(294)

绪 论

> > 主要知识点

(1) 机床化改造的途径是针对普通机床设计, 普通机床专用化改造, 数控化改造中的数控系统、伺服系统、辅助控制系统, 继电器接触器控制的 PLC 改造和液压技术在设备系统化的改造。

(2) 改变系统摩擦特性的常用方案有: 将滑动丝杆改为滚珠丝杆; 采用润滑技术将干摩擦变为湿摩擦, 如采用静压导轨技术等。

(3) 设备改造的根本目的是提高企业的生产能力。

(4) 设备改造的经济技术分析: 改造的可行性和经济性分析。

(5) 设备自动化改造的步骤: 改造方案的确定; 改造前的技术准备; 改造的实施; 验收及后期工作。

0.1 金属切削机床应用

2005 年, 我国数控金属切削机床生产 59 639 台, 进口 30 746 台。除部分出口外, 总消费数量约 85 000 台。在生产的数控金属切削机床中, 经济型数控机床占 60% 以上 (生产的数控车床中经济型数控车床占 89%~90%), 中档以上的数控金属切削机床不足 40%。2006 年, 我国机床工业的产值和销售收入保持较高的增长速度, 其中数控金属切削机床产量快速增长, 全年生产 85 756 台, 同比增长 32.8%, 增幅高于金属切削机床产量增幅的 18.4%。国产机床市场占有率进一步回升, 由 2001 年的 39.3% 提高到 2006 年的 44.8%。2007 年 1~10 月我国进口金属加工机床 57.06 亿美元, 其中金属切削机床进口达 41.98 亿美元, 同比减少 8.18%, 所占比例为 73.57%; 成形机床进口达 15.08 亿美元, 同比增长 56.8%, 所占比例为 26.43%。

目前我国机床市场的需求结构已经发生了很大变化, 数控机床, 特别是普及型数控机床将逐步成为市场需求的主体。国内的机床制造企业在努力开拓高档数控机床市场的同时, 一定要加速普及型数控机床产业化步伐。通过生产和进口数控机床并不能满足我国日益增长的制造业需求, 而且淘汰大型企业原有的大量普通金属切削机床不但造成了很大的浪费, 而且会因为缺乏资金购买大量的数控机床来填补淘汰普通金属切削机床后的机床空缺, 造成停产。所以, 目前数控化改造是适应我国制造业迅猛发展、资金短缺、旧有机床所占比例大的国情所需。

机床化改造主要是针对普通机床设计, 普通机床专用化改造, 数控化改造中的数控系

统、伺服系统、辅助控制系统，继电器接触器控制的 PLC 改造和液压系统的改造。由于机床本身是机、电、液一体化且结构复杂的产品，因此在改造中是否按照准确的计算方法计算，是否按照规则、要求选择改造方案和元器件的类型，是决定改造后机床的性能、运行精度、加工质量和可靠性的关键因素。

0.2 机床化改造的现状

0.2.1 国外机床改造业的现状

在美国、日本和德国等发达国家，它们的机床改造作为新的经济增长行业，生意盎然，正处在黄金时代。由于机床及其技术的不断进步，机床改造是个“永恒”的课题。在美国、日本、德国，用数控技术改造机床和生产线具有广阔的市场，已形成了机床和生产线数控改造的新的行业。在美国，机床改造业称为机床再生（Remanufacturing）业。从事再生业的著名公司有：Bertsehe 工程公司、Ayton 机床公司、Devliez-Bttlavl（得宝）服务集团、US 设备公司等。美国得宝公司已在我国开办公司。在日本，机床改造业称为机床改装（Retrofitting）业。从事改装业的著名公司有：大隈工程集团、岗三机械公司、千代田工机公司、野崎工程公司、滨田工程公司、山本工程公司等。

数控技术正在发生根本性变革，由专用型封闭式开环控制模式向通用型开放式实时动态全闭环控制模式发展。在集成化基础上，数控系统实现了超薄型、超小型化；在智能化基础上，综合了计算机、多媒体、模糊控制、神经网络等多学科技术，实现了高速、高精、高效控制，加工过程中可以自动修正、调节与补偿各项参数，实现了在线诊断和智能化故障处理；在网络化基础上，CAD/CAM 与数控系统集成为一体，机床联网，实现了中央集中控制的群控加工。以 FAUNC 和 SIEMENS 为代表的数控系统生产厂商已在几年前推出了具有网络功能的数控系统。在这些系统中，除了传统的 RS232 接口外，还备有以太网接口，为数控机床联网提供了基本条件。

0.2.2 我国机床改造业的现状

我国的数控系统以传统的封闭式体系结构为主。在传统的封闭式结构中，CNC 只能作为非智能的机床运动控制器。加工过程变量根据经验以固定参数形式事先设定，加工程序在实际加工前用手工方式或通过 CAD/CAM 及自动编程系统进行编制。CAD/CAM 和 CNC 之间没有反馈控制环节，整个制造过程中 CNC 只是一个封闭式的开环执行机构。在复杂环境以及多变条件下，加工过程中的刀具组合、工件材料、主轴转速、进给速率、刀具轨迹、背吃刀量、步长、加工余量等加工参数，无法在现场环境下根据外部干扰和随机因素实时动态调整，更无法通过反馈控制环节随机修正 CAD/CAM 中的设定量，因而影响 CNC 的工作效率和产品加工质量。由此可见，传统 CNC 系统的这种固定程序控制模式和封闭式体系结构，限制了 CNC 向多变量智能化控制发展，已不适应日益复杂的制造过程。因此，对数控技术实行变革势在必行。

0.2.3 目前我国机床化改造市场的现状

1. 机床化改造的市场现状

目前我国机床总量 380 余万台, 而其中数控机床总数只有 11.34 万台, 即我国机床数控化率不到 3%。2000 年以来, 我国数控机床年产量为 0.6 万~0.8 万台, 年产值约为 18 亿元, 机床年产量数控化率为 6%。我国机床役龄 10 年以上的占 60% 以上, 10 年以下的机床中, 自动、半自动机床不到 20%, FMC/FMS 等自动化生产线更屈指可数(美国和日本自动和半自动机床占 60% 以上)。国内传统旧有机床的数控化改造是一个潜力巨大的市场。

2. 进口设备和生产线的自动化改造市场现状

我国自改革开放以来, 很多企业从国外引进技术、设备和生产线进行技术改造。据统计, 1979—1988 年 10 年间, 全国引进技术改造项目就有 184 461 项, 大约 1 658 亿美元。

这些项目中, 大部分项目为我国的经济建设发挥了应有的作用。但是有的引进项目由于种种原因, 设备或生产线不能正常运转, 甚至瘫痪, 使企业的效益受到影响。一些设备、生产线从国外引进以后, 由于备件不全, 维护不当, 结果运转不良; 有的引进时只注意引进设备、仪器、生产线, 忽视软件、工艺、管理等, 造成项目不完整, 设备潜力不能发挥; 有的以能耗高、产品合格率低而造成亏损; 有的已引进较长时间, 需要进行技术更新。

这些不能使用的设备、生产线是一批很大的存量资产, 修好了就是财富。只要找出主要的技术难点, 解决关键技术问题, 就可以最小的投资盘活最大的存量资产, 争取最大的经济效益和社会效益。这也是一个极大的改造市场。

国外装备制造业的发展经验表明, 发展装备制造业, 数控机床是基础。“十五”期间, 我国机床工业连续几年快速发展, 到 2005 年我国机床产值从“九五”末期列世界第 8 位, 跃居到世界第 3 位。

但从总体来看, 我国机床工业与世界先进水平相比, 差距仍然十分明显: 一是国产高档数控机床在品种、水平和数量上远远满足不了国内的发展需求, 高档数控机床目前仍然要大量依赖进口; 二是数控机床功能部件和数控系统发展滞后, 成为我国数控机床产业发展的“瓶颈”; 三是机床制造企业技术装备水平不高, 制造能力、综合管理和服务能力等方面不能满足市场快节奏发展的要求; 四是大型国有企业的旧有设备比例大, 设备更新所需资金缺口大。

0.2.4 机床化改造的原则及基本改造设计方案

1. 改造方案的确定

改造的可行性分析通过以后, 就可以针对某台或某几台机床的现状确定改造方案, 一般包括以下几个方面的内容。

(1) 机械修理与电气改造相结合。一般来说, 需要进行电气改造的机床, 都需要进行机械修理。要确定修理的要求、范围、内容; 确定因电气改造而需要进行的机械结构改造的要求、内容; 确定电气改造与机械修理、改造之间的交错时间要求。力学性能的完好是电气改造成功的基础。

(2) 先易后难、先局部后全局。确定改造步骤时, 应先把整个电气部分改造分成若干个子系统来进行, 如数控系统、测量系统、主轴、进给系统、面板控制与强电部分等, 待各

系统基本完成后再互联完成全系统工作。这样可使改造工作减少遗漏和差错。在每个子系统工作中,应先做技术性较低的、工作量较大的工作,然后做技术性高的、要求精细的工作,使人的注意力能集中到关键地方。

(3) 根据使用条件选择系统。针对某台或某几台机床,确定它的环境、温度、湿度、灰尘、电源、光线,甚至是否有鼠害等外界使用条件,这对选择电气系统的防护性能、抗干扰性能、自冷却性能、空气过滤性能等可提供正确的依据,使改造后的电气系统有可靠的使用保证。当然,电气系统的选择必须考虑成熟产品,性能合理、实用,有备件及维修支持,功能满足当前和今后若干年内的发展要求等。

(4) 落实参与改造人员的责任。改造是一个系统工程,人员配备十分重要。除了人员的素质条件外,根据项目的大小,合理地确定人数与分工是关键。人员太少不利于开展工作,人员太多也容易引起混乱。根据各个划分的子系统,确定人员职责,有主有次,便于组织与协调。如果项目采用对外合作形式,更需在目标明确的前提下,界定分工,确定技术协调人。

(5) 改造范围与周期的确定。有时数控机床电气系统改造,并不一定包含该机床全部电气系统,应根据科学的测定和分析决定其改造范围。停机改造的周期要根据各企业的实际情况确定,考虑因素有生产紧张程度、人员技术水平、准备工作充分程度、新系统大小与复杂程度,甚至还包括天气情况等。切忌好大喜功,急于求成,匆忙上阵,但也要合理安排,防止拖拖拉拉。

2. 改造前的技术准备

改造前的技术准备充分与否,很大程度上决定着改造能否取得成功。技术准备包括以下几个方面。

(1) 机械部分准备。为配合电气改造而需进行的机械大修改造的测量、计算、设计、绘图、零件制作等应先期完成。同时对停机后需拆、改、加工的部分等,应事先规划完毕。提出明确要求,与整个改造工作衔接得当。

(2) 新系统电气资料消化。新系统有许多新功能、新要求、新技术。因此改造前应熟悉技术资料,包括系统原理说明、线路图、PLC 梯形图及文本、安装调试说明、使用手册、编程手册等。要有充裕的时间来对上述资料进行翻译(进口系统)、消化、整理、核对,做到思路清晰,层次分明。

(3) 新旧系统接口的转换设计。根据每台设备改造范围的不同,需要事先设计接口部分转换,对全部改造的,应设计机电转换接口、操作面板控制与配置、互联部分接点、参数测量点、维修位置等,要求操作与维修方便、合理,线路走向通顺,中小连接点少,强弱电干扰最小,备有适当裕量等。对局部改造的,还需要考虑新旧系统的性能匹配、电压极性与大小变换、安装位置、数模转换等,必要时需自行制作转换接口。

(4) 操作、编程人员的技术培训。机床电气系统改造后,必然对操作、编程人员提出新的要求。因此提前对操作人员和编程人员进行新系统知识培训十分重要,否则将影响改造后的机床迅速投入生产。培训内容一般应包括新的操作面板配置、功能、指示含义;新系统的功能范围、使用方法及与旧系统的差别;维护保养要求;编程标准与自动化编程等,重点是弄懂、弄通操作说明书和编程说明书。

(5) 调试步骤与验收标准的确定。新的电气系统改造完以后,怎样进行调试以及确定

合理的验收标准，也是技术准备工作的重要一环。调试工作涉及机械、液压、电气、控制、传感等，因此必须由项目负责人进行，其他人员配合。调试步骤可从简到繁、从小到大、从外到里进行，也可先局部后全局、先子系统后整系统进行。验收标准是对新系统的考核，制定时必须实事求是，过高或过低的标准都会对改造工作产生负面影响。标准一旦确定下来，不能轻易修改，因为它牵涉到整个改造工作的各个环节。

3. 改造的实施

准备工作就绪后，即可进入改造的实施阶段。实施阶段内容按时间顺序分为以下几项。

(1) 原机床的全面保养。机床经长期使用后，会不同程度地在机械、液压、润滑、清洁等方面存在缺陷，所以首先要进行全面保养。其次，应对机床做一次改前的几何精度、尺寸精度测量，并记录在案。这样既可对改造工作起指导参考作用，又可在改造结束时做对比分析用。

(2) 保留的电气部分最佳化调整。若对电气系统做局部改造，则应对保留电气部分进行保养和最佳化调整。如强电部分的零件更换、电动机的保养、变压器的烘干绝缘、污染的清洁、通风冷却装置的清洗、伺服驱动装置的最佳化调整、老化电线电缆的更新、连接件的紧固等。只有对保留的电气部分做好最佳化调整工作，才能保证改造后机床的故障率较低。

(3) 原系统拆除。原系统的拆除必须对照原图样仔细进行，及时在图样上做出标记，防止遗漏或过拆（局部改造的情况下）。在拆的过程中也会发现一些新系统设计中的欠缺之处，应及时补充与修正；拆下的系统及零件应分门别类，妥善保管，以备万一改造不成功或局部失败时恢复使用，还有一定使用价值的，可做其他机床备件用，切忌大手大脚，乱扔乱放。

(4) 合理安排新系统位置及布线。根据新系统设计图样合理进行新系统配置，包括箱体固定、面板安放、线路走向和固定、调整元器件位置、密封及必要装饰等。连线工作必须分工明确，有人复查检验，以确保连线工艺规范、线径合适、正确无误、可靠美观。

(5) 调试。调试必须按事先确定的步骤和要求进行。调试人员应头脑冷静，随时记录，以便发现和解决问题。调试中首先调试安全保护系统灵敏度，防止人身、设备事故发生。调试现场必须清理干净，无多余物品；各运动坐标拖板处于全行程中心位置；能空载试验的，先空载后加载；能模拟试验的，先模拟后实动；能手动的，先手动后自动。

4. 验收及后期工作

验收工作应聘请有关的人员共同参加，并按已制定的验收标准进行。改造的后期工作也很重要，它有利于项目技术水平的提高和设备尽早投产。验收及后期工作包括以下几个方面。

(1) 机床力学性能验收。经过机械修理和改造以及全面保养，机床的各项力学性能应达到要求，几何精度应在规定的范围内。

(2) 电气控制功能和控制精度验收。电气控制的各项功能必须达到动作正常，灵敏可靠。控制精度应用系统本身的功能（如步进尺寸等）与标准计量器具（如激光干涉仪、坐标测量仪等）对照检查，应达到精度范围。同时还应与改造前机床的各项功能和精度作出对比，获得量化的指标差。

(3) 试件切削验收。可以参照国内外有关数控机床切削试件标准，在有资格的操作工、编程人员配合下进行试切削。试件切削可验收机床刚度、切削力、噪声、运动轨迹、关联动

作等，一般不宜采用产品零件做试件使用。

(4) 图样、资料验收。机床改造完后，应及时将图样（包括原理图、配置图、接线图、梯形图等）、资料（包括各类说明书）、改造档案（包括改造前、后的各种记录）汇总、整理、移交入档，保持资料的完整、有效、连续。这对该设备的今后稳定运行十分重要。

(5) 总结、提高。每次改造结束后应及时总结，既有利于提高技术人员的业务水平，也有利于整个企业的技术进步。

知识点提醒

改造中可能出现的问题有以下几种。

1. 系统的选择不合理

在改造过程中，有些企业为了节约成本，选择简易数控系统。这种数控系统价格低廉、功能简单、寿命不高，最后影响改造后机床的使用。或者有些设备在购买时的价格较高，改造时为了和当时的层次一致选择了高档数控系统，改造后会出现系统的功能过高，造成不必要的浪费。

2. 伺服系统的选择不匹配

在数控化改造中，会有多轴的伺服系统的改造，此时会出现为了设计方便，使不同轴的伺服系统使用同样的伺服系统。这样会造成伺服参数的不匹配。不同的轴尤其是 X/Y 轴和 Z 轴，在机械结构上不同，产生的伺服参数、机械参数和刚度都不同，选择相同的伺服系统会因此而产生系统不稳定的问题。

3. 机械结构的调整过大

在改造中切忌贪大求新的心理。因为改造的机床都是旧机床，本身的刚度和精度都比同类型的新机床差。改造的目的是在保证原来的精度的基础上提高其性能水平，但是改造后的机床是不能和新数控机床相比的。因此，在机械结构的改造中，要尽量保持原有的形式和部件，除非必要，一般不建议修改原有的机械结构。

4. 电气系统的更新

机床经过长时间的使用，其电气系统已经老化，最好利用改造的机会将其旧有的电气系统更新。更换电气元件，可以用 PLC 实现功能的，最好用 PLC 控制。电气系统更新后要详细画好电气控制图，以便将来的修理。

5. 液压系统最好只做清洗工作

液压系统一般藏在机床的结构中，不便于拆卸。因此在数控化改造时，建议只对液压系统进行清洗，更换液压介质，不更新其液压系统。

6. 机床附件的选择

随着数控机床的深度发展，出现了许多机床附件，如空气过滤器、切屑排出装置等。一般在经济许可的条件下，若生产确实需要且不改变原有机床结构，可以加配 1~2 个附件。附件的增加会使电气控制变得更为复杂，因此在添加附件之前，要修改电气控制方式。

第 1 章 机床设计及自动化改造基础知识

> > 主要知识点

机床的主要技术参数包括机床的主参数和基本参数，基本参数可包括尺寸参数、运动参数及动力参数。

主传动系统一般由动力源（如电动机），变速装置及执行件（如主轴、刀架、工作台），以及开停、换向和制动机构等部分组成。动力源给执行件提供动力，并使其得到一定的运动速度和方向；变速装置传递动力以及变换运动速度；执行件执行机床所需的运动，完成旋转或直线运动。

主传动系统的传动方式主要有两种：集中传动方式和分离传动方式。

将转速图上各变速组的传动比连线画成对称分布就称为结构网。

结构式的定义：能表达出各变速组的传动副数及级比指数的数学恒等表达式。

确定变速组及传动副的基本原则：“前多后少”“前密后疏”“先快后慢”“极限传动比原则”。

1.1 机床的功能设置与总体布局的安排

为满足国民经济不同部门对机床的要求，机床分成若干种类型，如通常所说的车、铣、刨、钻、磨、镗等 11 大类通用机床。每一类型机床又分为大小不同的几种规格。国家根据机床的生产和使用情况，在调查研究的基础上，规定了每一种通用机床的主参数系列。它是一个等比级数的数列。例如，中型卧式车床的主参数是可安装工件的最大回转直径，主参数系列中有 250、320、400、500、630、800、1000 mm 7 种规格，是公比为 1.25 的等比数列。其他各类机床的主参数见 GB/T 15375—1994《金属切削机床型号编制方法》。

由于各机床用户生产的产品和规模不同，对机床性能和结构的要求也就不同，因此，同类机床甚至同一规格的机床，还需要有各种变型，以满足用户各种各样的需求。为了以最少的品种规格，满足尽可能多用户的不同需求，通常是按照该类机床的主参数标准，先确定一种用途最广，需要量较大的机床系列作为“基型系列”，在这系列的基础上，根据用户的需求派生出若干种变型机床，形成“变型系列”。“基型”和“变型”构成了机床的“系列型谱”。

1.1.1 机床运动功能设置

机床的运动功能设置的方法和步骤如下。

1. 工艺分析

首先对所设计的机床的工艺范围进行分析。对于通用机床，加工对象有多种类型的工件，可选择其中几种典型工件进行分析，然后选择适当的加工方法。同一种表面有多种加工方法可供选择。应根据可达到的生产率和加工精度、机床制造成本、操作维护方便程度等因素综合分析进行选择。

2. 机床运动功能设置

根据工艺范围分析和所确定的加工方法，进行运动功能设置。运动功能设置的方法有两类。

(1) 分析式设计方法。参考现有同类型机床的运动功能，经过研究分析，提出所设计机床的运动功能设置方案，然后通过仿真分析评定其方案的可行性和优劣。

(2) 解析式设计方法。采用创成式原理，利用解析法求出满足加工工艺范围和加工方法所要求的机床运动功能设置的所有可能方案，然后通过仿真分析评定其方案的可行性和优劣。

3. 机床的运动功能式和运动功能图

根据对所提出的运动功能方案的评定结果，选择和确定机床的运动功能配置，写出机床的运动功能式，画出机床运动功能图。

1.1.2 机床总体布局的常见形式

目前，一般通用机床的总体布局，基本上形成了比较成熟的布局形式。但是，随着生产技术的发展，也会有所变化。不论是传统布局或是特定布局，都不是固定一成不变的，而是多种多样和不断发展的。每台机床的零部件很多，再加上它的辅助系统（如冷却、润滑、液压、电气、操纵等），这就要求在考虑总体布局时，应当首先考虑哪方面的布置问题。

在一般情况下，机床的总体布局可以先考虑其主运动部件的布置问题。例如考虑车床布局时，就应先确定是选取卧式车床形式，还是选取立式车床形式；对于铣床是选取卧铣形式还是立铣形式；对于镗床是选取卧镗还是立镗等。

主运动部件的布局，应当考虑加工工件的工艺要求、工件的尺寸大小和装夹是否方便、生产批量大小和刀具选用等方面的问题。在机床改造时，一定要针对零件的具体加工要求对机床的各部位采取合理的布局形式。要充分利用原机床上现有的运动系统，以降低改造成本。

机床的总体布局关系着机床的性能、质量和整机的合理性，在确定机床的总体布局时，应考虑以下几个问题。

1. 工艺方法与总体布局

在机床上加工工件的工艺方法是多种多样的。机床总体布局时，往往由于工艺方法的改变，导致机床的运动、部件配置以及结构等产生一系列变化。故在确定机床的总体布局方案时，应首先分析和选择合理的工艺方法。

例如，曲轴轴颈和相邻曲臂端面的加工如图 1-1 所示，由车削改为铣削，则在运动、传动、部件配置等方面都要对机床做一系列改变。