

# 机床改造 的思路与 实用技术

刘庶民 编著

机械工业出版社

# 机床改造的思路 与实用技术

刘康庄 编著



机械工业出版社

(京)新登字054号

本书收集了我国近些年来中、小企业进行机床改造的实用技术和成熟经验,理出了一些机床改造的思路与思维方法,突出了实用的特点。

书中主要介绍了常用机床的基本改造途径。内容包括用静压轴承代替动压轴承;用滚珠丝杠代替滑动丝杠;用钢丝滚道轴承作轴承式滚动导轨;用滚轮结构作圆导轨上的支承体;针对机床故障,对主轴、导轨、传动部件、润滑系统进行改进;应用数显技术和微机技术对机床进行改造;通过增加专用加工头、改装传动环节、设计专用工装、增加机械仿形等方法扩大机床的加工能力;应用拼组技术加工大型工件。

本书可供从事机床改造与修理的中、初级技术人员和工人参考。

## 机床改造的思路与实用技术

刘庶民 编著

\*

责任编辑:朱 华 责任校对:韩 晶

封面设计:姚 毅 版式设计:霍永明

责任印制:王国光

\*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

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  $10^{1/4}$  · 字数 226 千字

1993年10月北京第1版·1993年10月北京第1次印刷

印数 0 001—3 000 · 定价:9.70元

\*

ISBN 7-111-03628-X/TG·797

## 前 言

目前，我国中、小型企业的产品质量和生产效率都需要有一个新的提高。但是，加工手段却远远不能满足需要。有远见的企业家根据国情、厂情，都认为只有走技术改造的道路，按照实际情况对设备的技术状态进行改进，通过强化自身，以求自我发展，才是一条捷径。

为了帮助从事机床改造与修理的技术人员和工人拓宽设备改造思路；为使企业更好地适应市场的变化。根据沈鸿同志“适用的就先进，不适用再好也没用”的观点，本书收集了我国近些年来许多中、小型企业进行机床改造的实用技术与成熟经验，并结合自己的实践体会总结出了一些机床改造的思路与方法。其目的不仅在于介绍一些实用的机床设备改造技术，还在于探讨如何用科学的思维方法解决机床改造中的实际问题。

本书的主要特点是从中、小型企业，尤其是小型企业的实际情况出发，介绍一些常用机床改造的经验和体会，文字简捷易懂。主要内容：用静压轴承代替动压轴承；滚动运动特性的应用；针对机床故障对部件的改进方法；应用数显技术和微机技术，以提高机床的现代化；扩大机床加工能力和应用拼组技术加工大型工件等。

在编写过程中，本人曾翻阅了大量资料，引用了国内许多同志的宝贵经验和实践体会，曾得到机械电子工业部第39研究所有关领导和许多同志的支持与帮助。赵光融同志在资

料收集和整理中作了很多工作。对他们付出的劳动和心血，深表谢意。

本书由中国设备管理培训中心常务副主任、西北工业大学陈德元教授和北京轻工业学院沈虎雏副教授评审，提出了许多很好的建议和意见。对他们的鼓励帮助，非常感谢。

由于理论水平和自身实践的局限，书中难免出现一些问题，欢迎读者批评指正，以达共识。

作者

1992年元月于西安

# 目 录

## 前 言

|            |                     |            |
|------------|---------------------|------------|
| <b>第一章</b> | <b>机床的合理改造</b>      | <b>1</b>   |
| 第一节        | 机床技术改造的基本要求         | 1          |
| 第二节        | 机床技术改造的常用途径         | 6          |
| 第三节        | 机床技术改造的效益分析         | 19         |
| <b>第二章</b> | <b>用静压轴承代替动压轴承</b>  | <b>24</b>  |
| 第一节        | 静压轴承工作的基本原理         | 24         |
| 第二节        | 常用静压轴承的结构特点         | 29         |
| 第三节        | 静压轴承的加工与装配调整        | 43         |
| 第四节        | 静压轴承的应用             | 51         |
| <b>第三章</b> | <b>滚动运动特性的应用</b>    | <b>57</b>  |
| 第一节        | 用滚珠丝杠副传递运动          | 57         |
| 第二节        | 用钢丝滚道轴承作轴承式滚动导轨     | 71         |
| 第三节        | 用滚轮结构作圆导轨上的支承体      | 81         |
| <b>第四章</b> | <b>部件的改进</b>        | <b>105</b> |
| 第一节        | 主轴部件的改进             | 105        |
| 第二节        | 滑动导轨副摩擦性能的改进        | 117        |
| 第三节        | 传动部件的改进             | 129        |
| 第四节        | 润滑系统部件的改进           | 138        |
| <b>第五章</b> | <b>应用数显技术检测机床性能</b> | <b>148</b> |
| 第一节        | 直线感应同步器数显装置的基本原理    | 148        |
| 第二节        | 直线感应同步器数显装置的应用及安装   | 159        |
| 第三节        | 直线感应同步器弧形安装的精密分度    | 168        |
| 第四节        | 光栅数显装置的应用           | 192        |

|             |                           |            |
|-------------|---------------------------|------------|
| <b>第六章</b>  | <b>用微机技术改造普通机床</b> .....  | <b>202</b> |
| 第一节         | 用微机技术改造机床的总体方案 .....      | 202        |
| 第二节         | 国产经济型微机控制系统的主要性能 .....    | 211        |
| 第三节         | 经济型数控车床传动系统的改造 .....      | 214        |
| 第四节         | 步进电机的工作原理与负载匹配 .....      | 218        |
| <b>第七章</b>  | <b>扩大机床加工能力的方法</b> .....  | <b>227</b> |
| 第一节         | 增加专用加工头 .....             | 227        |
| 第二节         | 改装传动环节 .....              | 233        |
| 第三节         | 设计专用工装 .....              | 240        |
| 第四节         | 采用机械仿形 .....              | 252        |
| <b>第八章</b>  | <b>应用拼组技术加工大型工件</b> ..... | <b>262</b> |
| 第一节         | 拼组机床的基本特点 .....           | 262        |
| 第二节         | 大型精密数显分度转盘的结构 .....       | 266        |
| 第三节         | 圆形导轨的拼组结构及加工 .....        | 272        |
| 第四节         | 大圆柱形表面及端面的加工 .....        | 287        |
| 第五节         | 大型直齿圆柱齿轮的加工 .....         | 300        |
| 第六节         | 仿形法加工旋转曲面 .....           | 315        |
| <b>参考文献</b> | .....                     | <b>320</b> |

## 第一章 机床的合理改造

对机床进行的技术改造是否合理，唯一的标准是看能否满足企业的真实需要。满足企业的真实需要，既包含着通过改造以提高机床的使用性能和精度，满足生产的需要，也包含着技术上的先进性与企业投入的可能性相一致。

### 第一节 机床技术改造的基本要求

#### 一、生产上的必要性

1. 技术改造的目的，是要从根本上提高企业的加工能力。企业需要的加工能力和本企业的现行任务以及发展方向应是相一致的。在确定改造任务时，必须首先弄清产品的结构特点、工艺要求和外协加工的基本情况。在此基础上再确定出影响生产的关键环节。针对那些需要扩大加工范围或者提高加工精度与表面加工质量的关键设备所存在的问题进行改装，或者采用新技术制造简易机床与工艺装备，就可以获得新的加工手段。这样可减少外协，发展新产品，使企业在市场中的应变能力与竞争能力得到提高。从而也就发挥出了技术改造的作用。

一般来说，企业加工能力的提高有三条途径。其一是增加企业设备的拥有量；其二是对老设备进行更新；其三是进行技术改造。其中，技术改造具有投资最少、见效最快、容易实现等特点。因此，在需要提高企业加工能力时，首先要考虑通过技术改造的方法，来提高企业的技术装备水平。

2. 技术改造的基本目标是使设备满足优质、高产、低消耗的要求。通过对设备进行技术改造、能保证被加工件的质量,最大限度地消灭废品,降低次品率,提高产品的合格率和设备的利用率,并能节约原材料,减少能源和人力的消耗。但是,在对原有设备进行改造时,要使设备全面实现优质、高产、低消耗往往难度比较大。一般都是针对其存在的某一个突出问题,采取必要的技术措施加以解决。例如,通过对机床的主轴精化,可以提高产品的加工精度和表面加工质量。对故障较多的机床进行有针对性地改造,可以从根本上排除故障,减少设备的停歇时间,减少维修工作量。对机床上配以合适的工艺装置,可以扩大设备的加工能力,提高设备的生产效率。这样,把每台机床突出的重点问题解决了,也就能通过累积效应提高企业的整体加工水平。

3. 技术改造,必须注意配套设备之间的平衡发展。在企业中,各种设备大多数都是根据产品类别相互配合,相互制约,存在一定的匹配平衡关系。当一种机床采用先进技术进行改造以后,提高了生产率,而与其配套的设备却不能适应;本道工序生产效率提高了,而上道工序与下道工序的生产效率不变,就会使原来的匹配平衡关系受到破坏,影响企业最大限度地发挥综合能力,获得最佳效益。在这种情况下,必须在搞好关键设备技术改造的同时,对其它配套设备进行适当改造,使配套设备间的技术水平及加工能力得到新的平衡。

## 二、先进性与实用性相结合

1. 要树立适用的就是先进的主导思想。在机床改造中,如采用先进技术,首先要明确先进是有条件的,并不是越先进越好。从实际出发,用得上,用得好,能解决生产中关键技术的技术,就是先进技术。如果不能发挥作用,只是摆设

品，再好的技术也没用。例如，通过增加机构或者改变结构能解决生产中的实际问题，就没有必要设计专用机床；简易机床与工艺装备能解决实际问题，就没有必要购买标准的通用设备；半自动机床能解决实际问题，就没有必要采用全自动机床。所以，这里边有一个符合最佳经济原则的问题。另外，从设备的发展规律来看，机床的变化总是要比产品的变化慢一些。无论产品怎样变化，加工的几何形状总是外圆、内孔、平面、曲面及其组合。机床本身的变化，特别是床身等基础件的变化并不快，变化快的是电器控制及检测部分。因此，在评价一台机床的先进与落后时，应全面地看问题。技术落后的设备，往往只是某一部分机构落后，是局部而不是全体，能利用的基础件一定要继续利用。

2. 要结合本企业的实际，选用合适的先进技术。一个企业的技术进步往往会受到其财力、人力及管理水平的制约。企业技术改造要从眼前的实际水平出发，脚踏实地才能滚动发展。设备的进步要随着企业中的新产品、新工艺、新材料的发展而发展，与需要相适应。一般来说，设备经过改造以后，在一年之内就能得到补偿和收益，就表明此项先进技术具有适合本企业使用的特点。

3. 要重视推广成熟的新技术。新技术不一定都成熟，成熟的新技术，具有可靠性好和维修方便的特点。对于中、小企业来说，应重视推广成熟的新技术，最好拿来就能用。这样可以少走弯路，减少人力、财力的投入，容易做出成绩，也有利于增强推动技术改造的信心。但是，需要明确的是，每项新技术无论怎样成熟，都存在特定的使用范围和应用条件。例如，经济型数控系统在提高加工零件尺寸的一致性方面是成熟的，可以减少废品。但是却不能提高机床本身的加

工精度。当机床需要提高加工精度时，只能采取精化方案，而不能认为采用经济型数控技术改造方案就是恰当的。

### 三、重视技术改造的可行性分析和效益分析

1. 树立从效益出发的思想。长期以来，在我国企业中提出技术改造方案时，往往是针对技术性问题和需要投入的资金进行讨论的多，而对产生的经济效益以及总体效益讨论的少。在改造方案实现以后，对产生的实际效益笼统印象多，切实的统计资料少。由于价值观念淡薄，对技术改造的效益作不出价值评估。这样，往往使企业主管领导对技术改造在本企业的作用印象不深，形成改造和不改造差不多，改造好和改造不好差不多，只见投入，不见效益。这样就制约了技术改造的深入发展。

2. 必须在改造前充分进行可行性和经济效益的调查。对于改造的可行性主要调查的内容是，需要改装的设备在发挥经济效益中存在的问题与自身有利于改装的条件，以及改装技术的成熟程度与在其它企业中的使用情况等。对于需要自行设计制造的简易机床与工艺装备，应调查是否有成功的把握及克服技术困难的有利条件。对于可能产生的经济效益进行调查时，既要作出改造成本的预测，对增添必要功能或改善有关功能所需的材料和工时费用进行估算，又要进行改造后的功能分析，作出与新购类似设备的功能价值比较。另外，还要进行生产需要迫切性的调查，从产品的外协费用，生产周期、任务的饱满程度，改造后设备的利用率和可能为企业带来的经济效益与各种好处等方面入手，收集情况进行分析。

### 四、改造与维修相结合

1. 在维修中加强技术改造，促进维修体制改革。长期以来，维修就是根据设备出现的故障，采用修理或换件的方法，

维持设备达到原有精度状态与性能状态。使设备的主要精度项目达到出厂要求。使设备的传动系统、操作系统、润滑系统、电气系统、滑动部位的状态等满足生产工艺的要求。在这种主导思想的支配下，只是在复制上下功夫，而不去改动设备的落后部位与不合理部位。这样，既失去了技术改造的意义，也影响企业获得最佳经济效益。企业将许多资金投入设备维修之中，只是维持了设备的原有状态，而没有进行提高。如能将改造与维修结合起来，使设备的落后部分与不合理部分得到改进，用先进技术改造设备，就可以使我们的维修体制变得更有活力，更加完善与合理。

2. 把改造与维修结合起来，提高技术改造的实用性。在设备维修中暴露的设备问题最为明显。哪一部分设计合理，哪一部分设计不合理，设备结构的特点如何，设备的性能、精度、效率及能满足生产需要的程度如何，设备维修人员心中都有一本帐。把技术改造与维修工作相结合，可以比较切合实际地提出技术改造方案。在维修前，通过故障分析和对设备结构特点的研究，适时地把改造方案纳入维修方案之中，是提高技术改造实用性的最有效措施。有的企业技术改造方案，90%都是由维修人员提出并且完成的。通过小改小革，推广成熟的先进技术，既实现了技术改造，又提高了维修工作的质量。

3. 在维修中进行技术改造，要注意零件的标准化问题。有两点要注意，其一是改造中要尽量采用标准件。例如机床主轴箱系统中的结构有问题，需要改造，应尽量采用同类型的先进的主轴箱系统进行整件更换、自己不要重新设计制造。这样，可以实现主轴箱零件的标准化，以利备件贮备，为以后的维修工作打好基础。其二是在技术改造中尽量要使同类

型的改造件标准化。这样，既可以减小维修的复杂程度和工作量，又有利于减少总的备件贮备量。例如，给许多设备上加装数显装置时，所采用的数显表和数显尺的规格标准应该尽量一致。这样便于维修。

## 第二节 机床技术改造的常用途径

一般来说，对机床进行技术改造的基本途径，主要从四个方面着手。即对部件可以用改变摩擦原理的方法进行改造；或针对故障原因对部件在修理中进行局部改造；或在整体上应用微电子技术进行改造；或在整体上进行结构改造。

### 一、对部件用改变摩擦原理的方法进行改造

#### （一）基本特点

对部件用改变摩擦原理的方法进行改造，可以提高部件的工作能力，以满足设备的需要。其主要特点如下。

1. 从摩擦原理上进行改造，一般都是针对主要运动部件进行改装。旧机床大都经过了一个以上的大修周期，至少都是20年以前生产的设备。从结构原理上来说，与现在新生产的设备相比，各方面都已经落后。但是在改装时，并不能全部更新，既需要采用先进技术以弥补无形磨损，又需要从设备本身实际的磨损情况和结构特点出发。这样，必须首先分析设备性能落后的主要原因，然后对症提出需要改装的主要部件，再从摩擦原理上加以改进。例如，要提高平面磨床、外圆磨床的加工精度，并改善加工件的表面质量，针对动压轴承在使用中容易使轴承液体润滑状态受到破坏和干扰的缺点，可以把主轴轴承由动压滑动轴承改装为静压滑动轴承。从而，就能使加工件的表面粗糙度 $R_a$ 值由 $0.8\mu\text{m}$ 降低到 $0.2\mu\text{m}$ 左右，使圆工件的圆度误差由 $0.01\text{mm}$ 下降到 $0.002\text{mm}$ 。

以下。在这种情况下，对设备的立柱导轨及工作台往复导轨处或其它部分的结构，只要能适应高精度的需要，不需作大的改装。从而，可以使技术上的先进性和经济上的合理性达到最佳状态。

2. 从摩擦原理上改变部件的工作特性，存在与设备的工作状况要相适应的问题。下面以滑动导轨改装为滚动导轨为例来说明这个问题。首先，必须分析滑动导轨与滚动导轨的工作特性。常用铸铁滑动导轨结构简单，工艺性能好，导轨之间的接触面积大，刚性较好，抗振性能强。其导向精度一般可以达到 $0.01\sim0.03\text{mm}$ 以内，导轨间的动摩擦系数一般都为 $0.07\sim0.12$ 。缺点是磨损快，不灵敏，容易出现爬行现象。这种导轨能满足普通机床的加工要求。滚动导轨与滑动导轨相比较，由于采用滚动运动形式，使导轨的动、静摩擦系数间的差值明显减小，提高了导轨在低速情况下的抗爬行性能，运动平衡均匀，灵敏性好，导轨间的摩擦系数一般为 $0.005\sim0.01$ ，导向精度可以达到 $0.001\text{mm}$ 左右。对于用大型钢丝滚道轴承改装的滚动导轨，导向精度也可以达到 $0.02\text{mm}$ 左右。这样，既能保证部件的运动精度，又能实现低耗能。其缺点是导轨间接触面积小、刚性较低、抗振性能较差、结构较复杂。这种导轨可以用在灵敏度要求较高的数控机床、高精度磨床、坐标镗床上，也可以用在其它大型机床的改装之中。显然，对于普通中、小型机床一般没有必要使用滚动导轨。但是，对于有些需要运动灵敏度高的滑动导轨处，也可以改用滚动导轨。例如，当把卧式车床的主轴承由动压滑动轴承改装为静压滑动轴承时，其目的是为了提高加工精度和改善加工件的表面粗糙度。可是，横向进给机构若还使用滑动导轨，在实现微动进给时，由于滑动导轨之间

动、静摩擦系数的差值比较大，容易出现爬行现象，会降低使用效果。若改用滚动导轨，就可以避免微动进给中出现爬行现象，明显提高加工精度。

3. 零件的结构，主要由部件的摩擦原理所决定。在对部件进行摩擦原理的改进时，必须首先在理论上弄清发生相对运动零件之间的运动关系，限制条件和影响因素，这样才能决定运动部件的结构特征。例如，在大型旋转设备的改造中，采用滚轮结构作为圆导轨上的支承体来实现滚动运动时，首先要明确滚轮在导轨上实现纯滚动是有条件限制的。只有根据圆导轨上滚轮运动的特点找出这些条件，才能决定滚轮的结构特征和滚轮组合的结构要求及其安装条件。否则，就无法保证滚轮在轻载及重载条件下都能实现纯滚动，保证转盘的平稳与均匀地运动。

## （二）应注意的思维方法

1. 必须以变应变。事物都是在变化之中，正是由于这种变化才带来了事物的多样性和复杂性。在对机床部件进行摩擦原理的改造时，首先要注意改装对象的变化，按照不同的对象，采用不同的技术措施。处理问题时，既要考虑机床自身的性能变化，又要考虑机床在工作条件方面的变化，还要考虑改装部件的结构方面由于自身的磨损及其它部件的影响所带来的各种变化。

例如，在用静压轴承改装机床主轴支承的结构时，必须根据变化了的情况，正确处理以下问题。

（1）不是所有的机床主轴都适用静压轴承的改装。主轴的工作条件不同，选用的支承结构型式也不同。工作条件有变化，主轴的支承结构型式也应该有变化。机床主轴的支承是否值得选用静压轴承，必须由主轴的工作条件决定。一般情

况下，可以参考表1-1进行判断和选择。

表1-1 机床主轴支承结构型式的选择

| 工 作 条 件 |      |      | 支承型式应用评价 |      |      |
|---------|------|------|----------|------|------|
| 精度要求    | 载 荷  | 速度状况 | 滚动轴承     | 动压轴承 | 静压轴承 |
| 一般精度    | 轻载荷  | 高 速  | 优        | 优    | 不经济  |
|         |      | 中 速  | 优        | 优    | 不经济  |
|         | 重载荷  | 高 速  | 优        | 中    | 中    |
|         |      | 中 速  | 优        | 中    | 优    |
|         |      | 低 速  | 优        | 中    | 优    |
| 高精度     | 一般载荷 | 恒 速  | 中        | 优    | 优    |
|         |      | 变 速  | 中        | 不推荐  | 优    |
|         | 重载荷  | 高 速  | 不推荐      | 中    | 中    |
|         |      | 低 速  | 中        | 不推荐  | 优    |

(2) 机床的工作条件不同,选用的静压轴承的节流形式不同。常用的小孔节流静压轴承可以适应高转速、轻载荷、高精度机床主轴的支承要求。但是,机床主轴在重载荷条件下工作,或者机床主轴的载荷变化范围比较大时,应该选用双面薄膜反馈节流静压轴承。

(3) 静压轴承在主轴中的作用不同,选用的轴承结构形式也就不同。当主轴在径向要求有高旋转精度,并且主要是承受径向载荷时,可以只采用径向静压轴承的结构形式进行改装,其目的主要是提高主轴在径向的支承精度和刚性。当主轴在径向和轴向都要求具有较高旋转精度,而且同时要承受径向载荷和轴向载荷时,必须同时采用径向静压轴承和轴向静压轴承的结构形式进行改装,以提高主轴在径向和轴向

的支承精度与刚性。

(4) 静压轴承的结构参数对静压轴承的旋转精度、承载能力及刚性都有很大影响。要使改装的静压轴承达到预期效果,必须全面地分析各参数之间的相互关系,并且掌握其变化规律。从而在一个参数发生变化时,也能使其它参数得到相应的调整,产生以变应变的效果,满足静压轴承的使用要求。

2. 必须从分析问题的特殊性入手去解决问题。任何事物总有自己的特殊性。我们把一个措施应用在一种设备的一个部件上,既要看到这个原理是不是具有解决这个设备所存在问题的功能,又要看到这个设备是不是适用这种原理,还要看到这个原理在被改装的设备上发挥作用时存在的各种限制因素。这就是说要分析问题的特殊性。这种分析要从考虑被改装部件的运动全过程入手,找出主要影响因素,才能采用恰当的措施,或合理的补偿形式,使问题迎刃而解。

一般来说,对部件进行摩擦原理改进,分析问题的特殊性时,其思路应按照下面三个步骤进行考虑。

(1) 掌握原理自身的特殊性。不同的原理都有各自的特点。恰当应用这些特点,有利于改装的顺利进行。例如,为了减少部件内部的摩擦阻力,既可以应用静压技术,也可以应用滚动技术。静压技术是通过专用供油装置,使运动物体之间形成一层压力油膜,承受外力作用,实现液体润滑,减小运动阻力。滚动技术,是通过滚动体把部件内部的滑动摩擦改变为滚动摩擦,以减小运动阻力。显然,静压技术要比滚动技术先进。但是,相对滚动技术来说,静压技术部件的结构比较复杂,难度比较大。因此,在技术改造中,用滚动丝杠副把旋转运动改变为直线运动,应用钢丝滚道轴承作轴