

机床装配与修理 的间隙调整

孟林 编著

机械工业出版社

3
54

机床装配与修理 的间隙调整

孟 林 编著



机械工业出版社

(京)新登字054号

本书以机床中常见机构间隙的控制与调整为例,具体分析并阐述机床在装配和修理过程中,如何对滚动轴承、滑动轴承、齿轮副、蜗杆副、螺旋机构、机床导轨、工作台、压板、镶条、滑块、横梁机构等的间隙进行控制与调整,使其达到最佳工作状态。

本书还列举了大量典型机构的调整实例,以帮助读者掌握和提高装配与修理的技能。

本书可供机械行业初中级钳工学习和参考,也可供机械产品设计人员、工艺人员参考。

机床装配与修理的间隙调整

孟 林 编著

*

责任编辑:朱 华 责任校对:刘秀芝

封面设计:郭景云 版式设计:胡金瑛

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 787×1092¹/₃₂·印张6³/₈·字数140千字

1993年12月北京第1版·1993年12月北京第1次印刷

印数 0 001—3 400·定价:6.50元

*

ISBN 7-111-03677-8/TG·808

前 言

提高产品质量，主要依靠完好的机械设备和具有丰富实践经验的操作工人。为此，根据钳工中应知应会的内容，结合本人多年的实践和体会，并借鉴同行的宝贵经验，编写了这本书，希望能使读者在生产实际中有所裨益。

各种机构的间隙并不是孤立存在的，它是设计、制造、调整工作的综合反映，是通过装配修理工作最后体现出来的。虽然间隙的存在只是一种表面的形式，但机构及整台机床的性能却与间隙有密切的关系。就机床加工精度和使用寿命来讲，间隙控制得好不好，效果相差很大。确定合理的间隙，不仅仅是简单地将间隙控制在某个数值范围内，还需要对该机构的特点、作用、使用条件等有比较充分的认识和理解。

本书力图通过一些典型机构间隙的控制和调整实例使读者得到启发，并针对行业特点、本企业的设备状况、工艺条件，制订出合理可行的调整方案。所以，希望读者在阅读本书时，不要被书中的一些方法、经验和数据所限，充分发挥自己的聪明才智。

本书在编写过程中，得到郭大辉老师的大力支持和帮助，在此表示感谢！北京量具刃具厂主任工程师宫德润同志对全书进行了全面认真的审定，并提出许多宝贵意见，在此也表示诚挚的谢意！

由于本人的水平有限，所以错误和不当之处在所难免，诚恳希望广大读者批评指正。

编者

1992.5于天津

目 录

前言

一、概述	1
(一) 间隙的存在和形式	1
(二) 影响间隙值变动的原因	4
(三) 间隙对机床性能的影响	22
(四) 间隙的测量和判断	28
二、滚动轴承间隙的控制和调整	35
(一) 滚动轴承间隙	35
(二) CA6140卧式车床主轴间隙的调整	39
(三) 角接触球轴承间隙的控制与调整及内圆磨具主轴的 装配	53
(四) 圆锥滚子轴承的间隙控制与调整	70
(五) 推力球轴承间隙的控制与调整	78
三、滑动轴承间隙的控制与调整	83
(一) 普通滑动轴承	84
(二) 液体动压和静压滑动轴承	98
(三) 动压润滑轴承间隙的控制与调整	107
四、传动机构间隙的控制与调整	112
(一) 齿轮传动机构的间隙控制与调整	113
(二) 螺旋机构的间隙控制与调整	148
(三) 蜗杆机构的间隙控制与调整	160
五、运动副间隙的控制与调整	170
(一) 卧式车床刀架间隙的控制与调整	171
(二) 牛头刨床滑块—摇杆的间隙控制与调整	180
(三) 重型机床部件的间隙控制与调整	190
参考文献	199

一、概 述

(一) 间隙的存在和形式

在机床的装配过程中，经常遇到由各种零部件组成的机构，为了传递运动与动力，需要对机构的配合间隙进行控制和调整。

从某种程度上说，间隙调整得合理、准确，可以保证机床在最佳状态下运行，这对提高零件的加工精度，保持机床稳定的工作性能、延长机床的使用寿命都有直接关系。间隙的控制与调整，主要是决定于零件的制造工艺和制造精度，以及操作者操作的熟练程度。

在装配和修理过程中，尽管是按工艺文件或装配技术要求中所规定的间隙值和调整方法进行调整，但往往与实际效果有很大差异。即使用同样的装配调整方法，来装配和调整同样的零部件和机构，其效果也不一样。其原因有以下几个方面：

(1) 在零件的加工过程中，选用了较低的公差等级，公差值大，装配时又没进行合理的组合，造成了间隙的累积误差，尤其是需要装配的零件数目较多时，这种现象更加明显。

(2) 保证装配精度的工艺装备本身的精度低。

(3) 没进行必要的清整和试装；没进行必要的测量或使用错误的测量方法，导致结果与结论的错误。

(4) 没区分机构的运行条件，对不同的载荷、润滑、转

速、切削条件而采用相同的间隙值或完全用相同的装配方法。

(5) 操作技能低, 不能达到或不能完全达到规定的装配精度, 缺乏分析问题和解决问题的能力。

(6) 操作者没有良好的心理素质, 工作态度不认真而造成返工。

上述种种原因, 对装配精度都会产生影响, 使产品质量下降。我们还应认识到: 间隙的理论数值只起到指导作用, 它的正确与否则完全应该由实际来检验, 由系统的工作状态、运动精度、工作寿命等技术指标确定。在具体调整时, 可以用参照和比较的方法逐步加以确定。这一点, 尤其对中小企业和乡镇企业更为重要。

间隙的存在形式, 从数值上看有正值、负值和零。大多数间隙以正值形式存在, 例如相互运动的两个工作面, 考虑到热膨胀、润滑和承载变形的影响, 规定了间隙合理的变化范围。没有相互运动的两部件联接面, 受加工精度、安装误差和装配工艺的限制, 不可能也无法做到无间隙。例如在装配工作中经常遇到的轴组装配件, 见图1-1, 为了能顺利地将双联齿轮和两垫圈装在轴上并保证齿轮的正常工作, 需要留出轴向间隙 A_4 。 A_4 的数值不能太大, 以免影响齿轮啮合位置; A_4 的数值也不能太小, 太小会造成装配困难。间隙的大小完全由零件的制造尺寸 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 来控制。可以看出, 当 A_1 的尺寸做到最大极限尺寸, 而 A_2 、 A_3 、 A_4 都做到最小极限尺寸时, A_4 为最大; 相反, A_1 为最小极限尺寸, 而 A_2 、 A_3 、 A_4 为最大极限尺寸时, A_4 为最小。除此两种极限情况外, A_4 在规定的范围内变动, 来满足设计和工艺的要求。又例如, 齿轮泵中齿轮本身的厚度要小于壳体的厚度, 否则便无法转动。齿轮轴向装配间隙控制在 $0.03 \sim 0.04\text{mm}$, 太大会产生压

力不足，太小则可能在热膨胀影响下转动受限。上面的例子都是间隙以正值形式存在。在导轨上运动的零部件，如滑板、工作台等可以认为是零间隙。对于有回转精度要求的滚动轴承装配，为提高轴承的回转精度和系统的刚度，需要进行预紧。通过预紧消除轴承本身的原始间隙（包括径向和轴向的间隙），而且还使轴承的内外环与滚动体接触区在外加拉力和推力下，产生一定的初变形。这种变形属于弹性变形，形成负间隙。负间隙的大小由负载的性质、方向、大小等工作参数来决定。

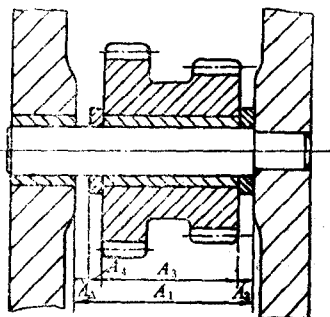


图1-1 轴组装配件的轴向间隙

间隙不是某一定值，允许在某一合理的范围内变动，完全取决于机构的不同要求。即使是同一种机构，为适应不同的工作条件，如载荷、温升、转速等，可以调整为不同的数值。例如如图1-1中双联齿轮内整体式滑动轴承与轴的径向间隙，低速轻载时宜用较小值；而高速时间隙则不能过小，否则容易造成抱轴现象。

间隙存在于两个或两个以上的零件之间，沿着间隙的方向，变动其中一个零件的位置，就可以达到控制间隙的目的。但是如果某一系统是由许多零件组成的，那么间隙的控制就不是由一个零件的位置所能决定的。例如牛头刨床的方滑块——摇杆机构，当方滑块磨损需要更换时，不仅要考虑方滑块与摇杆导轨面的间隙，还要考虑方滑块孔与摇杆销座的配合间隙；而摇杆销座本身除了保证圆柱轴线与底平面垂直，

还要考虑穿过它本身的丝杠与螺母的配合间隙。而且摇杆销座在全长行程上间隙的均匀性和准确程度，取决于两侧压板的位置是否正确。

所以，间隙的控制与调整，对于有相互位置精度、相对运动精度和配合精度要求的机构才有实际意义。我们不能孤立地对待间隙，它实际反映的是一组相互关联的零件在空间位置上的组合是否正确，是否达到了设计要求。如果严格地限制零件沿着规定的轨迹运动，不考虑制造误差，则间隙越小越好，有利于提高运动精度，但这既不经济又不实际。所以间隙是许多问题（例如设计与工艺）的综合反映，不仅取决于装配和调整，还取决于零件的加工和制造精度。

（二）影响间隙值变动的因素

影响间隙值变动的因素，有磨损、润滑、载荷变化、温度、环境、装配精度及操作方法和设计等。相对而言，其中有的属于可以避免的非正常原因，有的属于不可避免的正常原因。大多数情况下两者兼而有之，可能是其中一种原因为主要原因，绝大多数情况下是多种原因共同影响的结果。

1. 磨损

磨损是造成间隙变化的主要原因，其他原因对间隙产生影响也是通过磨损表现出来的。对于一对相互运动的零件，其接触表面都不可避免地产生相对滑动，由于接触和摩擦势必带来磨损。选用减摩性能好的材料，提高材料的耐磨性，合理地控制其间隙等都是减少磨损的有效方法。但这只能延缓磨损速度，而不能根除磨损。对于不同的机构和零件，其磨损的方式和速度尽管不同，但机理都是一样的。

提高接触表面的接触精度，是减少磨损的有效方法之一。

最大限度地增大接触区域，就能最大限度地减少接触压力。就好象两块凹凸不平的方铁块相互摩擦，接触压力集中在几个接触点上，最初磨损很快，随着接触面积的增大，磨损速度就会变慢。所以现代工业广泛采用精密和光整加工，对于提高零件的耐磨性，减少磨损起了很大作用。但精加工的生产成本较高，不经济。钳工加工方法中常用的铰削、研磨也是提高接触精度的有效方法，但工艺较为复杂、效率低，也会增大生产成本。在机床的制造和修理过程中，广泛采用刮削作为提高接触精度的加工方法。刮削的理论认为：刮刀在刮削掉零件表面凸点过程中，不仅有切削作用，还对材料表面具有“压实”的作用，刮削后形成的无数“凹坑”能大大改善零件的润滑。所以，刮削不但加工精度高，能大幅度地提高零件的接触精度，而且耐磨，表面也很美观，是机械加工所无法替代的。但刮削劳动强度大，效率低，需要操作者具备相应的操作技能。近年来，配磨技术提高很快，虽然在一定程度上改善了接触精度，降低了操作者的劳动强度，提高了劳动生产率，但就其提高接触精度、减少磨损而言，仍然不及刮削。

2. 润滑

(1) 润滑状态：控制间隙、减少磨损的主要方法是改善润滑。摩擦性质按润滑状态，可分为液体摩擦和非液体摩擦。相互运动的两个配合表面完全被润滑油隔开，金属之间的摩擦被油分子间的摩擦所代替，这种润滑状态称为液体摩擦状态。这种状态理论上不会产生磨损，调整好的间隙也不会受到影响，不会发生变化。但实际上它是一种理想状态，当系统的转速发生变化、起动、载荷的突变及接触精度低时，就会程度不同地破坏这种状态，金属间的接触就不可避免。非

液体摩擦状态即使润滑充分也避免不了金属之间的接触，故间隙变化速度要比前者快。两种摩擦状态之间没有严格和准确的界限，只是从结构上可以区分。

近些年发展起来的静压润滑系统，其摩擦性质也属液体摩擦。使用液压泵强制润滑，人为地分隔开金属滑动面，系统的刚度会大大提高，且不受轴转速的限制，运动精度更高，间隙变化更小。但它需要附加动力和控制系统，而且是以提高工作面本身精度为代价的，即需要很小的表面粗糙度 R_a 值和很高的接触精度，否则就不能建立静压。

非液体摩擦状态的滑动工作面，由于结构简单，生产成本低，便于维修和更换，在系统上得到了广泛应用。

(2) 油槽加工：对钳工来说，主要是了解磨损和润滑的简单原理之后，能正确地分析机床的润滑系统，按照图样和装配工艺要求对油槽和液压泵油路等进行正确的加工和装配。

油槽是润滑油进入配合表面的通道，其形状和位置是否正确，关系到配合面能否顺利地进行润滑。油槽都加工在配合表面上，为尽量增大配合面的接触面积，应控制油槽本身所占的面积。也就是说，在保证油路畅通、充分润滑的前提下，合理排布和尽量减少油槽，使接触面积相对增大。在大多数情况下，进入相对滑动面的润滑油都无压力或压力较小，故零件的放置位置的不同对润滑效果会产生一定的影响。例如垂直放置或倾斜放置的侧压板、导轨、滑板、工作台等，油槽内的润滑油向上流动是很困难的。所以，加工图样所规定的油槽时，建议采用图1-2所示的形状和位置。图1-2a为接触面积较小(或狭长)时油槽的形状，图1-2b为面积较大时油槽的形状。加油点下方油量充足时，油槽可窄而短，远离加

油点处的油槽可适当加宽、加长。在垂直方向上，主油槽略向下倾斜，为的是使润滑油及时地向两侧流去。

水平放置的零件，建议采用图1-3所示形式的油槽。因为水平放置，可以不考虑方向，润滑油流向各个方向的机会是均等的。需要注意的是，尽量避免用折线，最好用曲线。图1-3a为加油点在中间，图1-3b为加油点在一侧，对于大型或重型机床导轨运动副，用手工錾削加工油槽劳动强度大，质量也不容易保证，可以用折线或采用图1-3c的形状。图1-3c适用于较大的接触面积，可以用机械加工的方法加工。油槽的加工质量必须保证，深浅应一致。而且加工后要仔细清整，去掉翻边和毛刺，清洗干净，最后要检查接触精度。

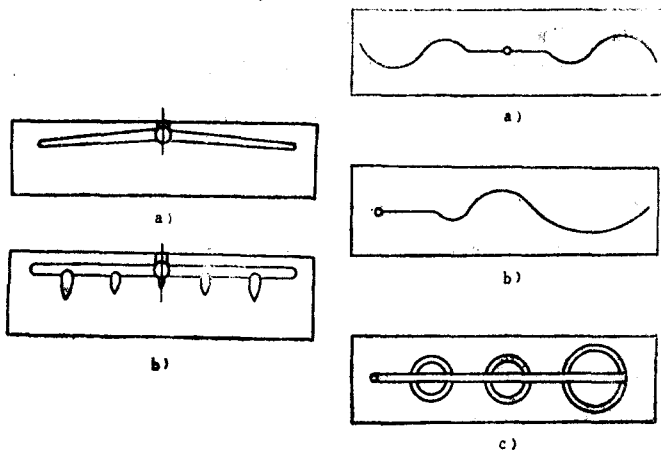


图1-2 垂直或倾斜放置时油槽的形状和位置

- a) 接触面积较小时
b) 接触面积较大时

图1-3 水平放置时油槽的形状和位置

- a) 加油点在中间 b) 加油点在一侧
c) 加油点在一侧，接触面积较大

各种滑动轴承内，也要加工出油槽和油楔，有关知识将在本书滑动轴承一章中介绍。

(3) 润滑系统的装配：润滑系统的装配工作，应注意下述各点：

① 液压泵应调整到额定工作状态，输出压力和流量要符合系统的要求。系统启动前，要仔细检查安装是否正确，是否有遗漏的零件未装；启动后，要首先检查液压泵是否正常工作，油路是否畅通，液压泵的进出口应联接牢固，无泄漏。

② 油管与联接件的锥度应一致，联接要牢固，尽量减少油管的弯曲次数，排布合理、美观，易于辨认。输油距离较长的油管，沿途应加装固定卡固定，调整出口方向及喷射角度。调整油量时，应注意油管的油量对其他油管油量的影响，反复调整，直至符合要求。

③ 按照图样和装配工艺要求，选用油管直径，不应随意进行更改。油管在装入润滑系统前，应在清洗机上清洗，清除内壁上的氧化物、污物及杂质。外观应仔细检查，不能有挤扁、破裂的现象，尤其是输送压力油的油管，更应仔细检查。不宜经常拆卸关键部位的油管，装配前要进行耐压及泄漏试验。

④ 按照图样的要求加工油孔，以位置明显，加油方便为原则。先钻削油孔再加工油槽，对整体式滑动轴承，油孔应与油槽准确相交，尽量减小错位量，如图1-4所示。上端应铰孔，提高装配的工艺性，油孔和油槽加工后均应仔细清整。

⑤ 动压润滑轴承应加工出油楔，油楔的大小应按工艺要求制作，过小不能形成动压，过大则影响承载能力。油楔的位置有方向性，随轴的旋转方向逐渐减小。见图1-5。动压润滑轴承接触精度高，油楔加工后，仔细清整，再校核接触精度。

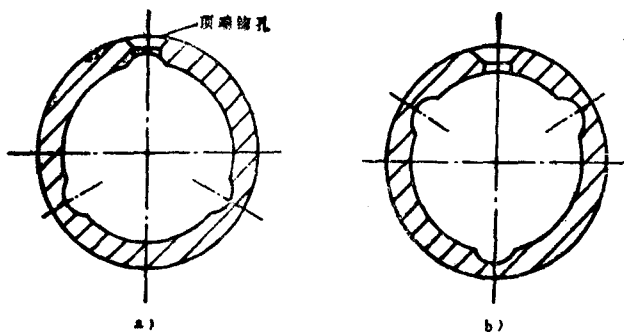


图1-4 油孔的加工

a) 正确 b) 错误

④ 某些部件的润滑，需要将某零件移至某特定位置进行加油，例如C620—1车床进给箱手柄。装配时，要进行试加油，以便准确地决定该零件的位置，同时创造条件使接油部位的接油面积增大，例如可将接油口铍大等。

⑦ 相对运动部件端面的毛毡、刮油板等应接触良好，对外有防尘作用，对内有密封作用。装配时，不要压得过紧，以免增加运动阻力，但也不要过松，否则不起作用。毛毡应定期拆卸下来清洗，设备大修时，应全部予以更换。

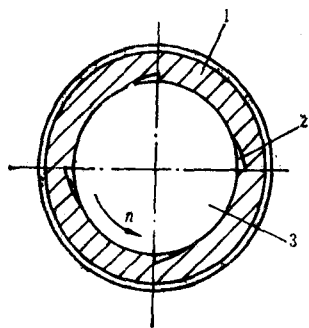


图1-5 轴的旋转方向和油楔的方向

1—滑动轴承 2—油楔 3—旋转轴

⑧ 加注规定标号的润滑油，不要随意更改粘度。考虑到粘度随温度的升高而降低，所以夏季和冬季可以适当增加和减小标号，例如卧式车床夏季使用N46润滑油，冬季可用N32润滑油。粘度小有利于提高系统的运动精度，但流失快，不

宜用于间隙较大的部位，但粘度大会降低运动精度，是高精度机床所不允许的。

3. 环境

环境是指机床周围的大气环境。空气中的各种尘埃和切削过程中产生的切屑，对已经调整好的间隙影响很大，尤其对暴露在空气中的机床导轨和与之有相对运动的箱体、刀架、工作台、螺旋机构等。当尘埃和切屑微粒（以铸铁切削过程中产生的粉尘和各类有机复合材料，如酚醛布板等为代表）进入滑动工作面时，随着部件的往复运动和转动，这些微粒便镶嵌在工作表面上，使工作表面产生划痕，并随机床的运动刮削下较少的金属颗粒。这些金属颗粒被继续镶嵌在周围区域而重复同样的过程。如果不及时发现和解决，则研伤的面积越来越大，接触精度显著降低，合理的配合间隙随之被破坏。这样运动精度显著下降，严重时会发生滑动面大面积研伤和烧伤。这种现象对重型机床，如导轨水平放置的龙门刨床、龙门铣床、导轨磨床等尤为明显。所以，通常在导轨的暴露区段或工作台两侧加装防护装置，防止粉尘的进入。也可以用下述措施予以解决。

（1）加工容易产生粉尘的材料时，机床应加装排风过滤装置，使切屑粉尘不断地在加工过程中排掉，同时也保护了操作者的身体健康。

（2）安装机床时，应考虑到上述因素的存在，应尽量使加工铸铁等易产生粉尘的机床及不使用切削液各类磨床，远离高精度机床和龙门式机床。

（3）不经常使用的某段导轨、丝杠、光杠等，应涂抹润滑脂加以防护。润滑脂的防尘效果好，需要使用时，进行清洗就可以了。

(4) 定期清洗和更换密封件, 检查过滤装置, 循环使用的润滑油应加强沉淀和过滤。检查油液中是否有金属粉尘存在。可以用观察的方法检查, 在阳光下, 金属微粒会反射光, 可以看到这些闪光的金属微粒, 一经发现, 立即更换全部润滑油, 清洗润滑系统及配合面。

(5) 发现研伤的配合面, 应拆卸相配合件进行检查。对于轻微的研伤, 用刮刀(未淬硬表面)及油石(淬硬表面)进行刮削和打磨。中等程度的研伤, 经修复后应重新检查其接触精度, 调整间隙。严重的(指大面积连片研伤或烧伤)则应考虑重新加工整个配合表面。对于极为严重(通常研痕深度达2mm以上, 接触精度完全被破坏)或大型及重型设备的导轨表面, 不能立即进行全面修复的, 可以对研伤面进行清理, 暴露出新的金属层, 逐次用煤油、汽油、丙酮溶液清洗, 再进行补焊。补焊后, 修刮掉多余的部分, 使之达到规定的接触精度和间隙。这项操作技能的要点, 是清理工作彻底(指清理所有研伤部分)、充分(使之暴露出新的金属层)。清洗干净后, 用白色洁净的脱脂棉蘸丙酮反复擦洗不再有污迹才可进行补焊。因为补焊质量直接取决于清理质量。修复后, 要全面检查润滑系统、密封及防尘系统。由于润滑系统输油量不足、压力低或油路阻塞是造成研伤的主要原因之一。另外, 及早发现与轻微研伤后的及时处理, 也是防止研伤继续恶化的重要环节。

4. 材料

机械零件材料的选用原则, 应首先考虑工作可靠性和经济性。具体选择材料时, 要兼顾加工工艺性、机构的要求等。从保证间隙的角度来说, 提高耐磨性是必要的, 但单纯考虑材料的耐磨性还不够, 因为它受到许多因素的制约。

提高材料的耐磨性，可以通过选用较好的材料和对材料进行表面处理的方法来达到。使用较好的材料虽然增加了成本，但耐磨性好会延长零件的使用寿命，同样经济。耐磨性能好只体现在零件的接触表面，因此对整个零件没必要都选用好材料，除非选用好材料后能大大简化机构、缩小尺寸。如果强度足够，可以选用较差（或成本较低）的材料作为基体，然后附加一层耐磨性能好的材料。例如，部分剖分式滑动轴承，就是以铸铁作为基体材料，配以减摩性能好的铜基合金，巴氏合金作为表层材料。这种形式在冲压、剪切、锻压设备的主轴及大型重型电机支承等，被广泛采用。卧式车床的开合螺母及动压滑动轴承的双金属轴瓦都是这种形式。但对于尺寸较小的整体滑动轴承，体积小的蜗轮等则不经济，也没有必要。

双金属结构的制造工艺虽然较复杂，但由于表层材料具有优良的减摩性能和润滑性能，对保证配合间隙的长期稳定，提高系统的承载能力效果极为显著，目前，还没有更好的取代方法。

提高材料的耐磨性还可对材料表面进行淬硬、喷镀合金、渗碳、渗氮等，使金属表面形成坚硬的耐磨层。这种表面处理方法效果比改变材料本身的效果更明显。一方面具有坚硬、耐磨的表层；另一方面使未处理的部分仍保持原设计中对材料的物理、力学性能的要求。缺点是处理后会产生程度不同的变形，需要进行再加工（一般为磨削或研磨），由于加工方法受限，应用也受到限制。例如机床的导轨通常作为装配的基准部件，修理时也是先修导轨，其他各箱体零部件的相互位置和相对运动精度也是以导轨为基准。导轨的磨损，对机床和工件加工精度影响很大。在机床导轨上镶装钢板条（经过淬硬的合金钢板条），将显著提高导轨的耐磨性，而