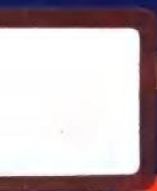


机电工业考评技师复习丛书

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

齿 轮 工

机械工业出版社



本书简明、系统地介绍了有关齿轮工作原理、加工及检测方面的基础知识,并着重介绍了齿轮生产中疑难问题的解决方法。全书共分五章,内容包括:齿轮机床的精度检验;齿轮的误差分析与测量;圆柱齿轮加工;弧齿锥齿轮加工和齿轮加工工艺及工艺装备等。每章末附有复习题,书末附有复习题答案选摘。

本书供参加考评技师的工人复习使用,也可供技师考评工作人员及有关的专业人员参考。

本书由南京机床厂鲍柯城、顾世昌、李伟民、王宏硕,芜湖重型机床厂曹克林编写,鲍柯城主编;由南京机床厂赵敬审稿。

齿 轮 工

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

*

责任编辑:吴天培 责任校对:申建丽
封面设计:方 芬 版式设计:霍永明
责任印制:卢子祥

*

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)

*

北京市密云县印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32 · 印张 7 7/8 · 字数 173千字
1990年 11月北京第一版·1990年10月北京第一次印刷
印数 0,001—4,800 · 定价:5.20元

ISBN 7-111-02230-0/TG·572

编审委员会名单

主 任 郭洪泽

副主任 董无岸 刘葵香 雷柏青 (常务)

杨惠永 (常务)

委 员 和念之 陈 东 杨 明 张昭海

程新国 胡家振 胡小华

前 言

技师聘任制是在高级技术工人中实行技术职务的一项重要政策。对鼓励工人钻研业务,不断提高技术素质,稳定工人队伍,发挥高级技术工人的作用,适应经济建设需要,具有十分重要的意义。

目前,全国机电行业正在贯彻落实机械电子工业部和劳动部有关文件的精神,积极开展技师职称考评工作。为了配合这项工作的开展,我们组织编写了《机电工业考评技师复习丛书》。

《丛书》共20种,是依据部颁《工人技术等级标准(通用部分)》有关工种的“应知”要求,参考原国家机械工业委员会人事劳动司审定的《机械工业考评工人技师复习题例》和统编《机械工人技术理论培训教材》编写的。在内容安排上,《丛书》和《题例》配套,围绕《题例》中涉及到的重点问题,结合企业高级工、技师岗位生产(工作)实际,用《培训教材》中的有关内容,从理论上加以阐述,融《题例》和《培训教材》于一体。这是本套《丛书》最大的特点。

《丛书》内容精炼,除了供参加考评技师的工人复习、自测使用外,也可供各级技师考评组织在命题和评定成绩时参考,还可作为高级工和技师日常工作中的参考书。

对《丛书》的不足之处,欢迎提出宝贵意见,以便再版时修订。

机电工业考评技师复习丛书编审委员会

1989年4月

目 录

前 言

第一章 齿轮机床的精度检验

§ 1.1 概述	1
§ 1.2 齿轮机床安装水平的检验	3
§ 1.3 齿轮机床几何精度的检验	5
§ 1.4 齿轮机床工作精度的检验	23
复习题	26

第二章 齿轮的误差分析与测量

§ 2.1 齿轮的精度标准及其选择	29
§ 2.2 齿轮制造的误差分析与减小误差的措施	37
§ 2.3 齿轮的误差测量与齿轮精密量仪	72
§ 2.4 齿轮的噪声分析与检测	87
复习题	93

第三章 圆柱齿轮加工

§ 3.1 大质数斜齿圆柱齿轮的滚齿加工	96
§ 3.2 高精度蜗轮加工	116
§ 3.3 剃齿刀齿形的修正	133
§ 3.4 蜗杆形砂轮磨齿加工	138
复习题	145

第四章 弧齿锥齿轮加工

§ 4.1 弧齿锥齿轮的切齿计算	149
§ 4.2 弧齿锥齿轮切齿机床的调整	169
§ 4.3 高减速比准双曲面齿轮简介	179

§ 4.4 弧齿锥齿轮齿面接触区的检验和调整.....	185
§ 4.5 弧齿锥齿轮的磨齿加工.....	204
复习题.....	211

第五章 齿轮加工工艺及工艺装备

§ 5.1 六点定位原则.....	214
§ 5.2 常用的圆柱齿轮加工用夹具.....	219
§ 5.3 圆柱齿轮加工工艺.....	231
§ 5.4 成组技术.....	235
复习题.....	242

复习题答案选摘.....	243
--------------	-----

第一章 齿轮机床的精度检验

齿轮机床种类繁多，结构各异，精度要求各不相同，其精度是满足工艺加工要求的重要指标。本章将对滚齿机、插齿机、刨齿机和磨齿机等主要齿轮机床精度检验方法，分别地进行分析介绍。

§ 1.1 概 述

一、机床精度检验的主要内容

在机床制造装配过程中及机床的安装调整、定期检查和维修等情况下，都要对机床的精度进行检验，以判定机床是否合格，能否保证零件加工要求。

齿轮机床是用来加工各种不同类型齿轮的，根据不同的使用情况和齿轮精度要求，制订了多种齿轮机床的精度检查项目和标准。齿轮机床结构形式多种多样，精度要求项目各不相同，但概括起来可分为几何精度和工作精度两个方面。

机床的几何精度，根据JB2670—82《金属切削机床精度检验通则》规定，是指最终影响机床工作精度的那些零部件的精度检验，包括尺寸、形状、位置和相互间的运动精度。对齿轮机床来说，主要指主轴和工作台的回转精度、工作台面的形状精度、移动部件的运动精度以及各有关部件的相互位置精度等。

机床的工作精度是检验机床对所加工零件的精加工的精度，就是通过对规定的试件进行精加工，试件的误差大小就

反映了机床是否符合设计规定的要求。

几何精度检验和工作精度检验，只有当两者具有相同目的时，其结果才是可比的。若几何精度检验和工作精度检验得出相互不同的结论时，则以工作精度检验的结论为准。在某些情况下，由于经济的原因或技术上的困难，机床的精度可以仅用几何精度或仅用工作精度的检验做出结论。

二、机床精度检验的一般要求

(1) 检验机床前，须将机床安置在适当的基础上，并按机床使用说明书要求将机床调平。

(2) 检验机床时，必须考虑到检验工具和检验方法所引起的误差。所以检具的形位公差只能占被检验项目公差的 $1/3$ 。

(3) 检验机床时，应防止受外界环境变化的影响，如防止气流、光线和热辐射（阳光或近距离的灯光）等的干扰。对有恒温要求的机床，则应在规定的恒温条件下进行，检具在使用时应与机床等温。

(4) 机床应尽可能处于正常工作状态，应按制造厂的规定，首先将机床进行一定时间的空运转，使与温度有关的机床零部件达到适当的温度，并控制一定范围的温升。

(5) 检验机床过程中，不应调整影响机床性能、精度的机构和零件。否则因调整而受影响的有关项目应重新检验。

(6) 检验机床时，应整机进行，不应拆卸机床。但对与运转性能及精度无影响的零、部件和附件允许拆除。

(7) 机床由于机构上的限制或不具备规定的测试工具时，可用与标准规定具有同等效果的检验方法代替。

(8) 检验机床时，各部分运动应手动或用低速运动。

§ 1.2 齿轮机床安装水平的检验

一、安装水平的重要性

齿轮机床，尤其是高精度齿轮机床，必须安装在专用地基上，地基四周开有防震沟。机床放在可调垫铁上，并利用它来调整机床的安装水平。

在进行机床精度检验之前，必须首先调整机床的安装水平。调平的目的，不是为了取得机床零部件理想的水平或垂直位置，而是为了得到机床的静态稳定性，以利其后的测量，特别是那些与零部件直线度有关的测量。调平机床后检测的精度，能反映机床的真实精度，否则，检验的结果不能作为判别的依据。

不但在机床验收前应进行调平，而且在机床使用过程中，特别是重切削之后，或经过季节温度变化以及维护保养等还应复检机床的安装水平，以免机床安装水平失准而引起机床变形，影响机床加工精度。

二、调平机床时注意事项

机床的调平与机床导轨的直线度是两项相互制约的精度要求，两者互有影响，特别是对于大型床身的导轨检验，常用垫铁沿床身以一定的距离放置，以利于进行局部校正，来满足对两项精度的要求。

齿轮机床应采取“自然调平”，即除机床自重影响外，不应用螺栓加压方法使机床强制变形。机床达到“自然调平”要求后再紧固地脚螺栓。对于床身长度大于8m的重型齿轮机床，合格的机床由于拼接及吊运产生变形等影响，达到“自然调平”的规定有一定困难时，检验导轨精度应在不超过规定允差一倍的前提下，允许借助于紧固地脚螺栓方法来

达到要求。

三、机床安装水平的检验方法

机床的安装水平是用水平仪来进行检验的，由于各种齿轮机床的结构布局不同，因此在检验时，水平仪的安放位置和方法也就不同，一般应按机床使用说明书上规定的要求进行。

1. 滚齿机安装水平的检验

(1) 对床身为一整体基础零件的机床，在测定安装水平时，移动部件应处于床身导轨中间位置，然后分别在床身两端的导轨上放一检具，在检具上放置水平仪，测定机床的纵向（a，和床身导轨平行）和横向（b，和床身导轨垂直）安装水平。

如果床身导轨长度有限，按上述规定导轨两端的空位不足以安放水平仪时，可将移动部件分别移到一端，而在另一端空位上测量机床的安装水平。

(2) 对床身与工作台座分离安装在地基上的大型机床，除按上述规定测定机床的安装水平外，还需在工作台面上测定安装水平。在工作台面上放一跨越工作台轴心的平尺，平尺跨度大于或等于工作台的半径。在平尺上放置水平仪。测定工作台的纵向（a，和床身导轨平行）和横向（b，和床身导轨垂直）安装水平。然后旋转工作台 180° 再同样测定一次。a和b误差应分别计算，两次测定结果的代数和的一半，即为工作台的安装水平误差。

2. 插齿机安装水平的检验

(1) 对于工作台可以移动的插齿机，在工作台面上进行测定，其方法与滚齿机安装水平的检验方法相同。但对于加工最大工件直径小于和等于500mm的机床，应在工作台

位于全部行程的中间位置时进行测定。对于加工最大工件直径大于500mm的机床，应在工作台位于全部行程的两端和中间位置时进行测定。

(2) 对于立柱可以移动的大型插齿机与大型滚齿机的测定方法相同。也需要分别检验床身导轨和工作台面的安装水平。

(3) 对于刀具主轴溜板移动（横向布局）的插齿机的可在机床工作台面上放置水平仪测定安装水平。

3. 刨齿机安装水平的检验

直齿锥齿轮刨齿机在调整安装水平时，回转板按刻度游标置于90°位置，其它各移动部件置于行程的中间位置，在床鞍环形导轨上放置水平仪进行测定。

4. 磨齿机安装水平的检验

以双锥面形砂轮磨齿机为例，是在工作台面上放置水平仪，测定机床的纵向（a，和床身导轨平行）和横向（b，和床身导轨垂直）的安装水平。砂轮轴中心与工作台中心距离为一规定值，工作台沿床身纵向导轨移动，工作台位于全部行程的两端和中间位置进行测定。

§ 1.3 齿轮机床几何精度的检验

齿轮机床的几何精度项目较多，每一台机床出厂时均附有合格证明书及具体的精度要求，因此应根据这些合格证明书上的项目进行检查，合格证明书中所列的精度检验项目顺序，并不表示实际检验次序。为了装拆检验工具和检验方便，可按任意的次序进行检验。下面对滚齿机，插齿机、刨齿机、磨齿机等几种机床的主要几何精度及检验方法分别进行介绍。

一、滚齿机的几何精度检验

1. 工作台面的径向直线度 (图1-1) 将桥式平尺置于工作台上, 指示器座置于桥式平尺上, 使指示器测头垂直触及工作台面, 沿工作台面径向检验, 按工作台面大小, 分别检验 3 ~ 4 个方向的径向直线度。各方向误差分别计算, 误差以指示器读数的最大差值计。也可在工作台面上放两个等高垫块, 垫块上放一根平尺, 用量块和塞尺检验工作台面与平尺间的距离。误差以塞尺读数的最大差值计。

本项允差为 $6 + 0.6\sqrt{D_1 - D_2}$ (直或凹) 允差单位为 μm (下同)。

2. 工作台回转轴线的径向跳动 (图 1 - 2) 将专用

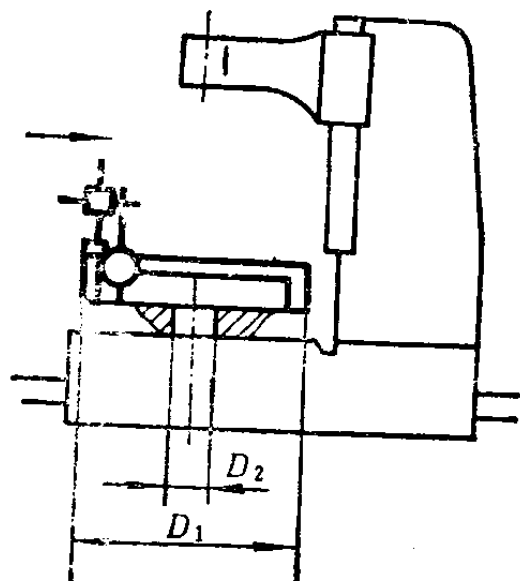


图1-1 工作台面径向直线度的检验

D_1 —工作台直径 (mm)

D_2 —工作台孔径 (mm)

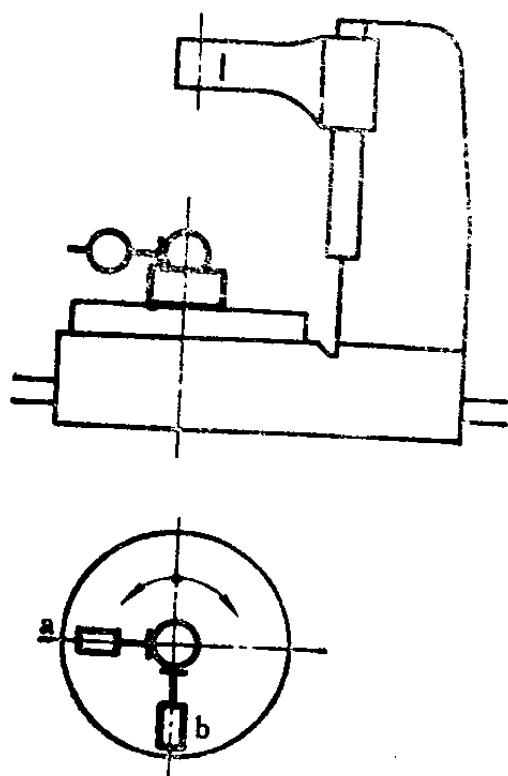
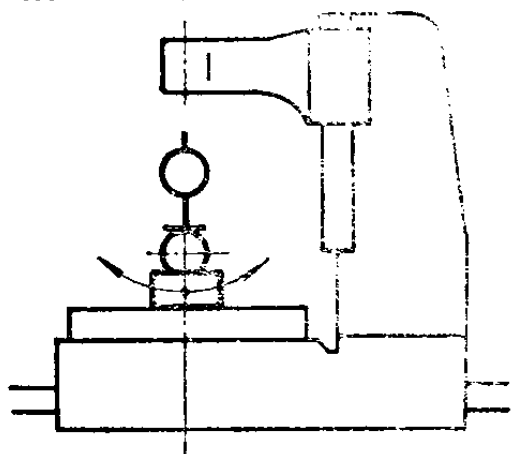


图1-2 工作台回转轴线径向跳动的检验

座、钢球（或检验棒）置于工作台面上。固定指示器，并使其测头触及钢球（或检验棒）表面，检验时转动工作台，在a、b两处互成 90° 进行检验，调整钢球（或检验棒）位置，使工作台一转中两个指示器读数为最小。工作台正、反转均需检验。a、b两处误差分别计算，误差以指示器读数的最大差值计。

本项允差为 $4 + 0.1\sqrt{D_1}$ 。
本项精度影响齿轮的周节累积误差和齿圈径向跳动。



3. 工作台周期性轴向窜动 (图 1-3) 按上项方法调整好 图1-3 工作台周期性轴向窜动的检验

钢球，指示器测头在轴向垂直触及钢球表面，回转工作台进行检验。工作台正、反转均需检验。误差以指示器读数的最大差值计。

本项允差为 $4 + 0.06\sqrt{D_1}$

4. 工作台的端面跳动 (图 1-4) * 固定指示器，使其测头垂直触及工作台面靠近边缘处，检验时转动工作台，在a、b两处互成 90° 进行检验。工作台正、反转时均需检验。a、b两处误差分别计算，误差以指示器读数的最大差值计。

本项允差为 $6 + 0.25\sqrt{D_1}$

5. 外支架移动对工作台回转轴线的平行度 (图 1-5)
检验棒置于工作台上，在外支架上固定指示器，使其测头分别在a、b两处垂直触及检验棒表面。移动外支架，在全行程内检验。工作台回转 180° ，再检验一次。a、b两处误差分别计算，误差以指示器两次读数结果的代数和之半计(外支架

有夹紧机构时,应将外支架在上、中、下位置夹紧后检验)。

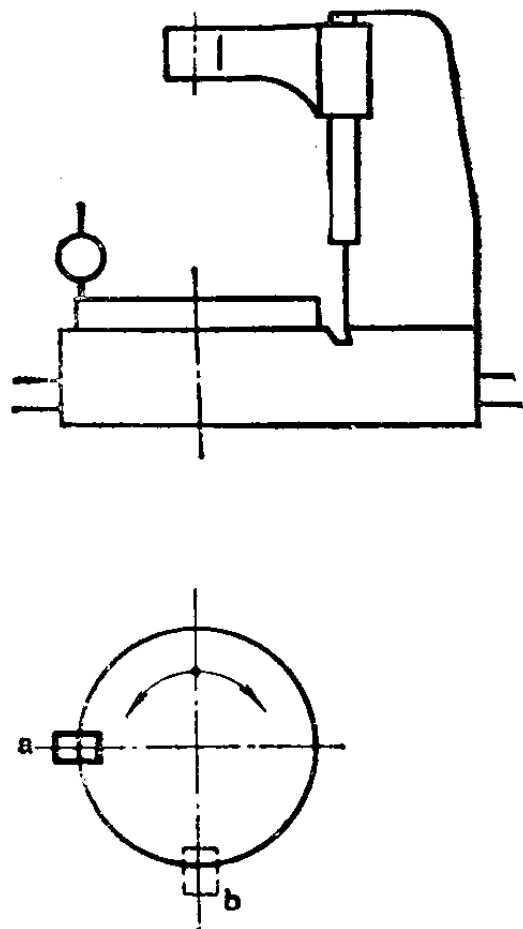


图1-4 工作台端面跳动的检验

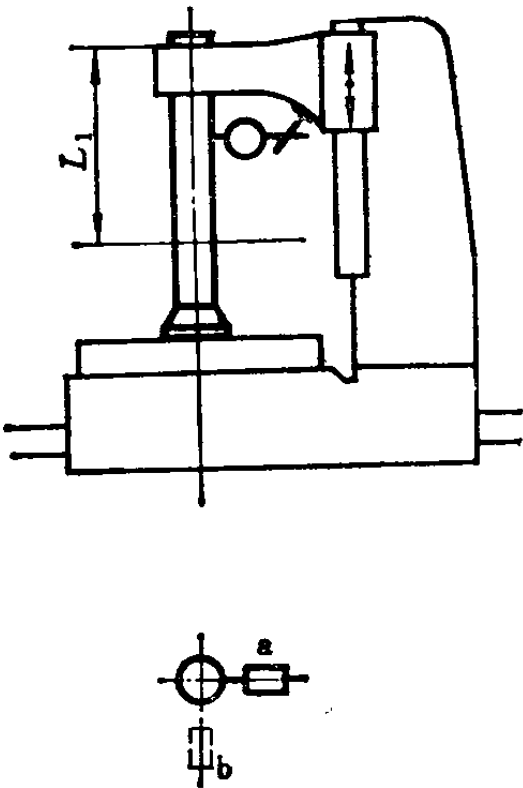


图1-5 外支架移动对工作台
回转轴线的平行度的检验

L_1 —外支架的最大工作行程 (mm)

本项允 差a 处为 $8 + 0.8\sqrt{L_1}$ (小立柱相对工作台回
转轴线只许直或前倾)。b处为 $6 + 0.5\sqrt{L_1}$ 。本项精度影
响齿轮的齿向误差。

6. 外支架孔轴线与工作台回转轴线的同轴 度(图1-6)
外支架置于工作行程上端, 检验棒安置在工作台上。固定指
示器,使其测头分别在a、b两处垂直触及距 L_2 的检验棒 表面。
移动外支架, 进入检验棒检验。工作台回转 180° 后, 再检验
一次。误差以进入检验棒处于工作状态位置时取值。a、b两处
误差分别计算, 误差以指示器两次读数代数之和之半加上轴套

孔和轴颈之间间隙之半计(外支架有夹紧机构时,应将外支架夹紧后检验)。

本项允差a处为 $6 + 0.4\sqrt{L_2}$ (本项误差相对工作台回转轴线只许直或前倾)。b处为 $6 + 0.4\sqrt{L_2}$ 。本项精度也影响齿轮的齿向误差。

7. 刀架轴向移动对工作台回转轴线的平行度(图1-7)
将检验棒装在工作台上,刀架上固定指示器,使其测头分别在a、b两处互成 90° ,垂直触及检验棒,移动刀架在全行程内检验。工作台回转 180° ,再检验一次。a、b两处误差分别计算。误差以指示器两次读数的代数和之半计。

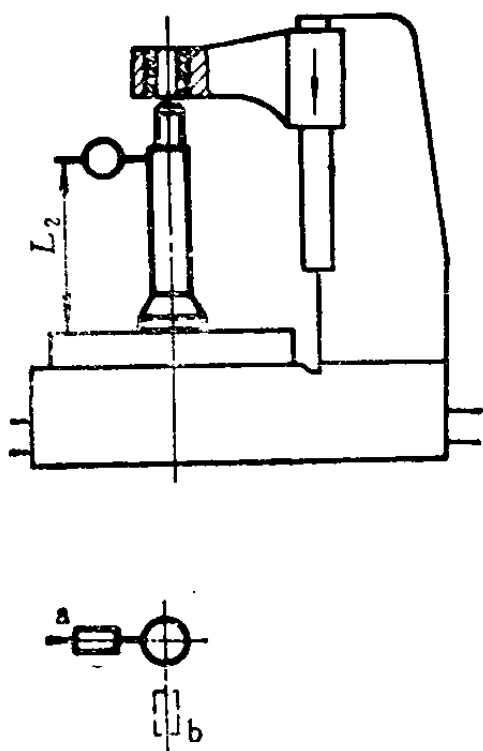


图1-6 外支架孔轴线与工作台回转轴线的同轴度的检验
 L_2 —工作台面至测量处的距离(mm)

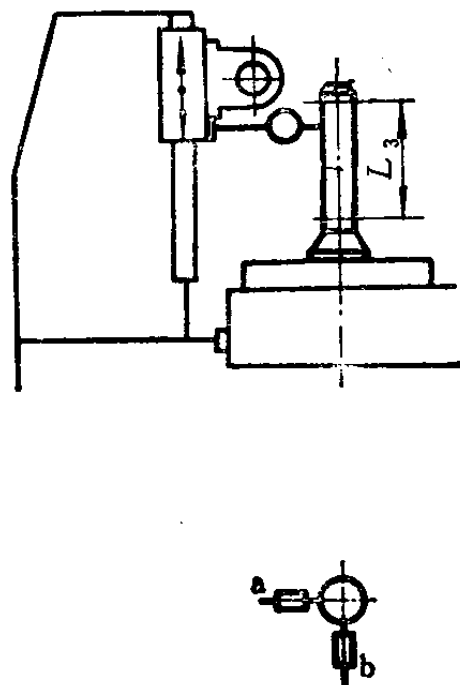


图1-7 刀架轴向移动对工作台回转轴线的平行度的检验
 L_3 —刀架最大行程长度(mm)

本项允差a处为 $8 + 0.8\sqrt{L_3}$ (本项误差相对工作台回

转轴线只许直或前倾)。b处为 $6 + 0.5\sqrt{L_3}$ 。本项精度影响齿轮的齿向误差。

8. 刀具主轴锥孔轴线的径向跳动 (图 1-8) 刀具主轴轴线置于垂直位置, 在刀具主轴锥孔中插入检验棒。固定指示器, 使其测头垂直触及检验棒表面; 在靠近主轴端部a处和距主轴端部 L_4 的b处。旋转刀具主轴进行检验。拔出检验棒, 相对刀具主轴旋转 90° , 重新插入刀具主轴锥孔中, 依次重复检验三次。刀具主轴正、反转时均需检验。a、b两处误差分别计算, 误差以指示器四次读数的算术平均值计。在互成 90° 的两个平面内检验。

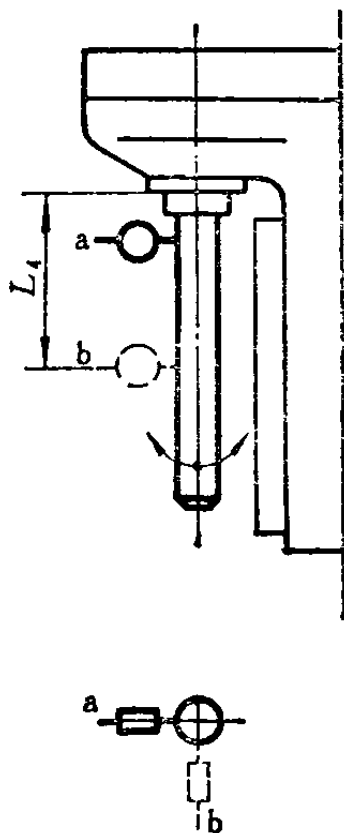


图1-8 刀具主轴锥孔轴线的径向跳动的检验
 L_4 —刀具主轴端部至活动托座中部的最大距离之半 (mm)

本项允差a处为6。b处为 $6 + 0.6\sqrt{L_4}$ 。本项精度影响齿轮的齿距偏差、基节偏差和齿形误差。

9. 刀具主轴的周期性轴向窜动 (图 1-9), 刀具主轴轴线置于垂直位置, 在刀具主轴锥孔中插入检验棒。固定指示器, 使其测头垂直触及安置在检验棒中心的钢球表面。旋转刀具主轴进行检验。刀具主轴正、反转时均需检验。误差以指示器读数的最大差值计。

本项允差为 $4 + 0.6\sqrt{m}$ (m 为最大加工模数)。本项精度影响齿轮的齿形误差和齿距偏差。

10. 活动轴承座的轴承孔与刀具主轴轴线的同轴度 (图

1-10) ,刀具主轴轴线置于垂直位置,在刀具主轴锥孔中插入检验棒,并将活动轴承座移至靠近刀架末端,固定指示器,使其测头分别在接近活动轴承座a、b两处垂直触及检验棒表面。移动检验套进入、退出轴承孔,检验其同轴度。刀具主轴旋转180°后,再检验一次。a、b两处误差分别计算,误差以指示器两次读数代数之和之半加上检验套与检验棒之间的间隙之半计。

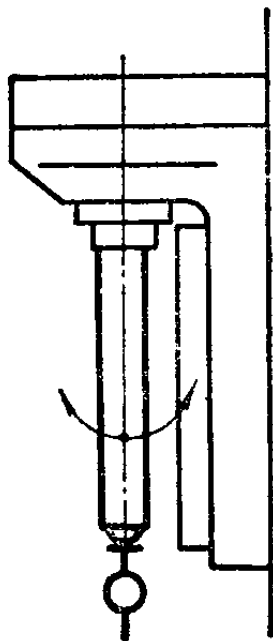


图1-9 刀具主轴的周期性轴向窜动的检验

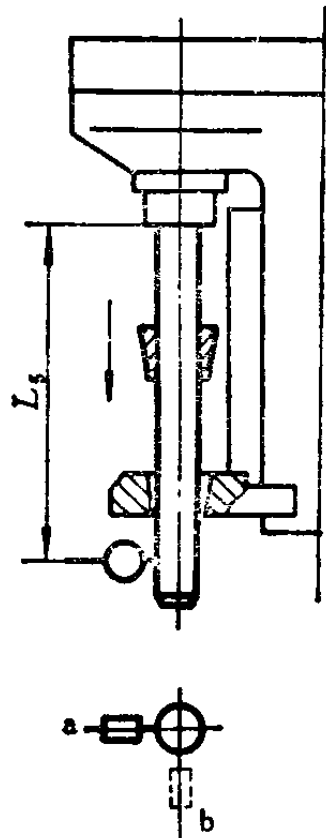


图1-10 活动轴承座的轴承孔与刀具主轴轴线的同轴度的检验
 L_5 —测量点至主轴端部的距离 (mm)

本项允差a处为 $6 + 0.5\sqrt{L_5}$ (本项误差相对工作台回转轴线只许前倾)。b处为 $6 + 0.5\sqrt{L_5}$ 。

二、插齿机的几何精度检验

1. 工作台面的径向直线度 检验方法与允差与本节一、1条相同。