

胡家富  
主编

钳工职业技能  丛书

JIXIU QIANGONG WENDA

# 机修钳工

## 问答



上海科学技术出版社

钳工职业技能零起点丛书

# 机修钳工问答

胡家富 主编



YZLI0890145115

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

机修钳工问答 / 胡家富主编. — 上海:上海科学技术出版社,2012.1

(钳工职业技能零起点丛书)

ISBN 978-7-5478-0977-8

I. ①机… II. ①胡… III. ①机修钳工—问题解答  
IV. ①TG947-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 174118 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行  
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/32 印张:12.875

字数:350千字

2012年1月第1版 2012年1月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-0977-8/TG·49

印数:1-3250

定价:36.00元

---

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,  
请向工厂联系调换

## 内 容 提 要

本书按照机修钳工上岗的基本要求和初、中级机修钳工新颁布的职业技能鉴定标准编写,主要包括机修钳工专业基础知识、机修钳工基本技能及其应用、机床的维护与维修、动力部件的维护与维修、机械与液压气动装置的维护与维修、生产线辅助装置的维护与维修等。

本书适用于初、中级机修钳工的上岗培训、职业鉴定考核助学和自学。本书可供钳工上岗培训、自学参考和职业鉴定应试应考复习使用;也可供职业培训机构、职业学校和职业鉴定部门教学、培训与鉴定考核参考使用。

## 前 言

钳工是一个涉及知识和技能内容比较广的机械加工工种,根据国家职业鉴定标准,钳工又可细分为装配钳工、工具钳工、机修钳工和模具钳工等。本书是“钳工职业技能零起点丛书”中的《机修钳工问答》,在阐述钳工共性基础知识和技能的基础上,主要内容侧重于钳工的机修基础知识和技能的传授与作业指导。机修钳工是制造业设备维护维修不可缺少的岗位工种,因此各个企业都迫切需要在机修岗位上配备具有机修基本知识和技能的机修钳工,以保证企业设备的正常运行,降低生产成本,提高设备使用寿命,从而保证产品质量和市场竞争能力。由于机修钳工的知识技能应用范围广,求职范围大,因此机械设备的机修钳工成为众多求职者上岗求职和职业生涯的首选目标。

本书采用问答的方式,文前为读者进行内容导读,书中将职业鉴定知识和技能考核范围的内容融入各种问答和考题,内容精辟通俗,图文并茂。实用的表格数据,可供初学者实际操作参考选用,形象的维修装配分解图形,为初学者提供了易学易懂的便捷通道。本书在内容安排和设问、答题中,将机械维修的知识和技能通过各种实例融为一体,具有循序渐进、逐步提高、层层深入、触类旁通的特点和引导作用。读者可在仔细阅读基础部分的内容后,按照维修实例的分析方法与作业指导进行实训,便能迅速掌握机修钳工的上岗必备知识与技能,应对机修钳工的职业鉴定考试考核。

本书由胡家富主编,李国樑、曾国樑、纪长坤、何津、黄镔、程学萍等同志参加编写,限于编者的水平,书中难免有疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第一章 机修钳工专业基础知识</b> .....	1
第一节 机修钳工工作内容与职业要求.....	1
第二节 常用量具及其使用方法.....	10
第三节 常用工具、设备及其使用方法.....	34
第四节 典型联接方式和传动机构的装配工艺.....	45
第五节 典型零部件的修理工艺.....	71
<b>第二章 机修钳工基本技能及其应用</b> .....	78
第一节 划线.....	78
第二节 錾、锯、锉.....	90
第三节 钻、扩、铰、绞.....	104
第四节 刮削与研磨.....	116
第五节 粘接与铆接.....	123
第六节 矫正与弯形.....	130
第七节 攻螺纹与套螺纹.....	132
第八节 刨削、插削与拉削.....	142
<b>第三章 金属切削机床维护与维修</b> .....	148
第一节 金属切削机床及其传动系统.....	148
第二节 典型部件、部位结构与调整.....	166
第三节 机床操纵与维护保养.....	191
第四节 机床故障诊断与维修.....	195
第五节 机床附件维护与维修.....	221

第四章 动力部件的维护与维修	230
第一节 液压泵的维护与维修	230
第二节 空压机的维护与维修	252
第三节 真空泵的维护与维修	268
第五章 机械与液压气动装置的维护与维修	288
第一节 液压装置的维护与维修	288
第二节 气动装置的维护与维修	320
第三节 内燃机的维护与维修	348
第六章 生产线辅助装置与设施的维护与维修	364
第一节 输送装置的维护与维修	364
第二节 送料机械和装置的维护与维修	383
第三节 监控系统及其故障处理	392

# 第一章 机修钳工专业基础知识

## 内容导读

钳工岗位作业包括手工作业和机床作业,手工作业包括基本操作技能应用和装配作业,机床作业主要是指钻床、刨床和插床的操作。初、中级机修钳工上岗需要掌握典型零件维修加工和基本拆卸、装配作业的知识与技能。要达到职业技能鉴定标准的要求,需要按鉴定标准进行自学和培训。机修钳工作业具有一定的作业规范和安全技术,掌握机修钳工作业必须遵守的规范和安全作业规程是上岗的基本要求。在机械加工和装配生产线进行设备维护和维修的机修钳工,需要了解装配线主要设备和辅助设备的维护保养及常见故障的排除方法。在设备和设施的维护维修中,需要掌握维修常用工量具、设备的使用方法,典型零部件的装配和维修工艺。

### 第一节 机修钳工工作内容与职业要求

#### 1—1 在制造企业中钳工的主要工作任务是什么?

答:钳工是机械制造的基本工种之一,在制造企业中,钳工是利用锉刀、手锯、錾子等各种手用工具,以及一些简单设备来完成目前采用机械加工方法不太适宜或还不能完成的工作。钳工的主要任务是对产品进行零件加工、装配和机械设备的维护修理。

(1) 零件加工 零件加工过程中有很多工序需要钳工完成,如大型工件的加工前的划线、借料;局部缺陷零件的修补加工等,又如精密的量具、样板、夹具和模具等的制造和使用都离不开钳工加工和维护。

(2) 装配与试车 装配、试车是钳工的重要工作内容之一。一台完整的机器是由各种不同零件组成的,这些零件通过各种加工方法加工完



成后,需要由钳工来进行装配,在装配过程中,有些零件往往还需经过钳工的钻孔、攻螺纹、配键、销等的补充加工后才能进行装配。有些精度并不高的零件,经过钳工的仔细修配,可以达到较高的装配精度。

(3) 设备的安装、维护和维修 设备的安装、维护和维修也是钳工的主要工作内容。企业购置的设备,通常需要钳工进行安装和调试,然后交付操作人员使用。在日常的使用和运行中,设备的日常维护也是钳工的工作内容之一。使用时间较长的机器设备,其自然磨损或事故损坏是免不了的,这就需要钳工来进行重点维护和故障修理。在现代制造业,由于大批量生产实现了自动化生产线加工,机械装置和各种辅助设施的维护和维修显得更为重要,因为一旦生产线某一台设备停机,将会造成很大的经济损失。

综上所述,钳工的任务是多方面的,而且具有很强的专业特点。由于现代工业的发展,钳工产生了专业性的分工,如装配钳工、机修钳工、工具钳工、模具钳工、数控机床维修钳工等。各种钳工的工作内容有所侧重,但基本知识和技能的要求是类似的。

### 1—2 机修钳工的主要工作内容是什么?

答:(1) 主要任务 机修钳工的主要任务是对各种各样的机械设备实施拆卸、修理(修复)、安装及调整试车。因此,要求机修钳工具有熟练的钳工基本操作技能。如划线、镗削、锉削、锯割、弯曲、矫正、铆接、钻孔、扩孔、铰孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、刮削和研磨等基本操作技术和加工方法,而且还应熟悉各种机械的结构特点;各种联接件的结构特点和配合关系;对设备的零件、一般部件和通用机械设备的故障原因和修理工艺,具有一定的分析、解决问题的能力。

(2) 工作对象 机修钳工的工作对象,主要是动力机械和工作机械两大类。动力机械如柴油机、汽油机、蒸汽机、水轮机和燃气轮机等;工作机械如空气压缩机、真空机组、制氧机、压力机以及大量的金属切削机床。在现代制造企业中,生产线的机修钳工需要对生产线的设备设施进行维护维修,机修钳工的工作对象有向机电一体化延伸的趋势。

### (3) 职业规范

① 选择和测定机械设备安装的场地、环境和条件。

- ② 进行设备搬迁和新设备的安装与调试。
- ③ 对机械设备的机械、液压、气动故障和机械磨损进行修理。
- ④ 更换或修复机械零部件,润滑保养设备。
- ⑤ 对修复后的设备进行运行调试和调整。
- ⑥ 巡回检修到现场,排除机械设备运行过程中的一般故障。
- ⑦ 对损伤的机械零件,进行金属切削钳加工。
- ⑧ 配合机械技术人员,预检机械设备故障,编制大修理方案,并完成大中小型修理。
- ⑨ 维护保养工夹量具,仪器仪表,排除使用过程中的故障。

### 1—3 机修钳工作业应掌握哪些安全作业规范?

答:(1) 机修钳工安全作业规范

① 工作开始前,先检查电、液、气动力源是否断开。在开关处挂“正在修理禁止开动”的警示牌。必要时应将开关箱上锁或设人监护。如果机器与动力未切断时,禁止工作。

② 在装拆侧面机件时,如齿轮箱的箱盖,应先拆下部螺钉,装配时应先紧上部螺钉,重心不平衡的机件拆卸时,应先拆离重心远的螺钉,装时先装离重心近的螺钉,装拆弹簧时,应注意防止弹簧崩出伤人。

③ 拆卸下来的零件,应尽量放在一起,并按规定安放稳妥,不要乱丢乱放,有回转机构者应卡死,不让其转动。

④ 用人力移动机件时,人员要妥善配备。多人搬抬应有一人统一指挥,工作时动作要一致。抬轴杆、螺杆、管子和大梁时,必须同步,要稳起,稳放、稳步前进。搬运机床或吊运大型、重型机件,应严格遵守起重工、搬运工的安全操作规程。

⑤ 铲刮设备或机床导轨面时,工件底部要垫平稳,结合面应保持水平。用千斤顶时,支承面要垫牢实,以保安全。

⑥ 刮研操作时,被刮工件必须稳固,不得窜动,校准工具必须装有固定的手环或吊环。两人以上做同一工件时,必须注意刮刀方向,不得对着人体部位挑刮。往复研合时,手指不准伸向研合面,研合板运行位置应适应其重心,不得超出工件研合面范围,防止滑落。机动研合时,需有专人看守电气开关或装有联锁装置。

⑦ 使用工具时,应按钳工常用工具安全操作规程正确操作。

⑧ 工作地点要保持清洁,油液污水不得流在地上,以防滑倒伤人。

⑨ 清洗零件时,严禁吸烟、点火或进行其他明火作业。不准用汽油清洗零件,擦洗设备或地面。废油要倒在指定容器内,定期回收,不准倒入下水道。

⑩ 机器设备上的安全防护装置在安装好之前,不准试车,不准移交生产。

⑪ 检修有毒、易燃、易爆物品的容器,事先必须经过卸压、清洗、置换或中和,清除室器内气、液、渣,并采取通风措施方可操作。

⑫ 遵守普通钳工安全操作规程。

(2) 钳工一般作业安全操作要求

① 工作场地要经常保持整齐清洁,搞好环境卫生,现场管理应符合企业规定的管理标准,如现代企业的6s管理标准,即整理、整顿、清洁、清扫、素养、安全六项要求。

② 使用的工具和加工的零件、毛坯和原材料等的放置要有序,并且要整齐稳固,以保证操作中的安全和方便,通常应符合企业的定置管理标准。使用工位器具摆放的零件,应符合工位器具使用的工艺规定。

③ 使用的机床、工具要经常检查(如砂轮机、钻床、手电钻和锉刀等),发现损坏要停止使用,修复或更换后才能使用。

④ 在一些作业中,如铣削、锯削、钻孔以及砂轮上修磨工具等,都会产生很多切屑,消除切屑时要用刷子等专用工具,不要直接用手去清除,更不可用嘴去吹,以免切屑飞进眼中,受到不必要的伤害。

⑤ 使用电器设备时,特别是使用手提移动电具,必须严格遵守有关操作规程,防止触电,造成人身事故。

#### 1—4 机修钳工操作砂轮机和机床设备应掌握哪些安全规范?

答:(1) 砂轮机安全操作规范

① 砂轮机的防护罩和吸尘器必须完好有效。

② 砂轮机应有专人负责日常检查、调换砂轮和加注润滑油,以保证正常运转和使用。

③ 砂轮机操作者应注意眼睛防护,戴上防护眼镜才能进行工作。

④ 对砂轮机性能不熟悉的人不能使用砂轮机。

⑤ 在开动砂轮机前,应认真查看砂轮机与防护罩之间有无杂物,确认无问题时才能开动砂轮机。

⑥ 砂轮经使用磨损严重时,必须及时调换新砂轮,旧砂轮不准继续使用。

⑦ 砂轮机因维修不良发生故障,或者砂轮轴晃动,砂轮安装不符合安全要求时,不准开动。

⑧ 更换新砂轮应由专人负责,并遵守磨工安全操作规程中砂轮调换的规定,新换砂轮必须经过严格选择,对有裂纹、有破损的砂轮,或者砂轮轴与砂轮孔配合不符合要求的不准使用。

⑨ 调换砂轮装螺钉时应均匀用力,不要旋得过紧或过松。安装砂轮时,要加垫、平衡,经过修正、平衡校验合格之后才能使用。

⑩ 新装的砂轮必须经过试运转 2~3 分钟后才能使用。

⑪ 磨工件和刀具时,不能用力过猛,不准撞击砂轮。

⑫ 在同一块砂轮上禁止两人同时使用,不准在砂轮的侧面磨削工件。操作者应站在砂轮机的侧面,不准站在砂轮旋转平面内,以防砂轮崩裂发生事故。

⑬ 磨刀具的专用砂轮,不准磨其他任何工件和材料。

⑭ 对细小的、大的和不能用手拿的工件,不准在砂轮机上磨削。特别是小工件要用专用夹具夹紧,以防工件轧入砂轮机内或轧在砂轮和托板或罩壳之间,将砂轮挤碎。

⑮ 砂轮不准沾水,要保持干燥,以防沾水后失去平衡发生事故。

## (2) 钻床安全操作规范

① 工作前对所用的钻头和工、夹具进行全面检查,确认无误并熟悉机床使用方法后方可进行钻孔操作。

② 工件应使用夹具装夹,严禁用手抓握工件钻孔,工件装夹应注意限制工件钻孔加工中的转矩。

③ 使用钻床严禁戴手套操作,操作中应正确使用防护用品。

④ 使用自动进给时,应合理选择进给速度,正确调整行程限位挡块。手动进给时,一般应按照逐渐增压和逐渐减压的方法进行,以免用力过猛,造成事故。

⑤ 钻头绕有长切屑时,应停机清除,禁止用风吹和用手拉,应使用刷子或铁钩清除。

⑥ 不准在旋转的刀具下翻转、装夹或测量工件,手不准触摸旋转的刀具和主轴,严禁用棉纱、油布擦拭旋转的主轴。

⑦ 使用摇臂钻时,横臂回转范围内不准有障碍物。工作前,横臂必须锁紧。

⑧ 横臂和工作台上下,不准乱放物件。

⑨ 工作结束时,将横臂降低到最低位置,主轴箱靠近立柱,并应锁紧,切断电源。

⑩ 经常检查电源线蛇皮管及接地线,检查照明线路,使用安全电压。

⑪ 机床周围场地应及时清扫,工件堆放整齐,保持道路通畅。

⑫ 搬运、吊装或多人一起抬放工件时,应由一人指挥,仔细操作,防止事故。

### (3) 刨床安全操作规范

① 工件装夹要牢固,增加虎钳夹固力可用接长套筒,不得用铁榔头敲打扳手。

② 刀具不得伸出过长,刨刀要装牢。工作台上不得放置工具。

③ 调整牛头冲程要使刀具不接触工件,用手动或点动试验其行程,满足要求后,再扳紧行程调整螺母。滑枕前后不准站人。

④ 机床调整后,随时将摇手柄取下。

⑤ 刨削过程中,头与手不得伸到车头前检查,不得用棉纱擦拭工件和机床转动部位。车头不停稳,不得测量工件。

⑥ 装卸较大工件和夹具时,应注意安全吊装,防止滑落伤人。

⑦ 经常检查电源线蛇皮管及接地线,检查照明线路,使用安全电压。

### (4) 插床安全技术操作规程

① 检查设备传动、电气部分各操作手柄以及防护装置等,保证良好,否则严禁运行。

② 用的扳手与螺母尺寸必须相符,用力要适当,防止滑倒。

③ 装夹工件要选好基准面,压板和垫铁要平稳可靠,压紧力应适当,保证工件在切削中不松动。

④ 工作台的直线(纵、横向)和圆周运动,不允许同时动作。

⑤ 禁止在运动中变换滑枕速度、行程和插程位置,滑枕调好必须锁紧。

⑥ 工作中操作者的头部不许伸入滑枕冲程范围内观察加工情况。

⑦ 工作台和机床导轨上不允许堆放杂物。

⑧ 测量工件,清理铁屑,必须停车进行。

⑨ 工作完毕后,垂直滑轨要用木头支住,防止自动滑下,各手柄放至“空位”。

⑩ 经常检查电源线蛇皮管及接地线,检查照明线路,使用安全电压。

### 1—5 机修钳工的职业技能鉴定有哪些主要内容和要求?

#### 答: 1) 职业功能和工作内容

以中级机修钳工职业技能鉴定标准为例,机修钳工的职业技能鉴定的主要职业功能包括机械设备安装与调试、机械设备零部件加工、机械设备维修。

(1) 机械设备安装与调试 工作内容包括设备安装;设备调试。

(2) 机械设备零部件加工 包括划线操作;锯削、锉削、錾削加工;孔加工和螺纹加工;刮削和研磨。

(3) 机械设备维修 包括故障诊断;传动机构维修;典型零部件维修;液压气动系统维修;机械设备保养。

#### 2) 技能要求和相关知识

技能鉴定标准中各项工作内容有具体的技能要求和相关的知识,详见有关标准,现示例如下。

[示例1] 职业功能机械设备安装与调试中的工作内容:设备调试,包括以下技能要求和相关知识。

##### (1) 技能要求

① 能进行车床、铣床、刨床等中型通用设备的安装精度调整。

② 能进行车床、铣床、刨床等中型通用设备的试车。

##### (2) 相关知识

① 车床、铣床、刨床的安装精度检测项目与要求。

② 车床、铣床、刨床的调试安全规程。

[示例2] 职业功能机械设备零部件加工中的工作内容:划线操作,

包括以下技能要求和相关知识。

(1) 技能要求

- ① 能进行箱体、床身等较大型工件及形状复杂工件的立体划线。
- ② 能进行锥体和多面体等有相贯线的钣金组合件的展开划线。

(2) 相关知识

- ① 形状复杂工件的划线方法。
- ② 划线基准的选择、找正和借料等相关知识。
- ③ 多面体的展开和钣金开料知识。

[示例3] 职业功能机械设备维修中的工作内容:故障诊断,包括以下技能要求和相关知识。

(1) 技能要求

- ① 能直观诊断车床、铣床、刨床等中型通用设备的故障。
- ② 能用通用量具检测车床、铣床、刨床等中型通用设备的几何精度。
- ③ 能通过试加工方法检测车床、铣床、刨床等中型通用设备的工作精度。

(2) 相关知识

- ① 车床、铣床、刨床的结构和工作原理。
- ② 车床、铣床、刨床的常见故障。
- ③ 正弦规的工作原理和用途。

[示例4] 职业功能机械设备维修中的工作内容:液压气动系统维修,包括以下技能要求和相关知识。

(1) 技能要求

- ① 能更换液压、气动系统中的元件。
- ② 能进行液压、气动系统中的管件配接。
- ③ 能进行液压、气动系统中的压力调整。
- ④ 能进行液压、气动系统中的流量调整。

(2) 相关知识

- ① 液压、气动元件的种类和功用。
- ② 液压、气动控制阀的结构原理。
- ③ 油管的分类和型号。
- ④ 液压、气动元件的清洗知识。

⑤ 液压、气动基本控制回路的工作原理。

⑥ 液压油的选用知识。

### 1—6 机械维修有哪些基本工作形式和主要内容?

答:机械设备的维修工作的形式和内容是按机械设备的磨损或损坏的不同程度确定的。根据机械设备的磨损或损坏程度,应进行不同形式和内容的修理工作。

#### 1) 定期修理工作

包括大修、中修、小修、二级保养。有些企业的精密、大型、稀有设备还展开项修,同时又在修理的间隔期中进行定期性的精度检查和调整。实施设备的修理,一般都是在实行一级保养工作的基础上进行的。

(1) 大修 将设备全部解体,修理基准件,更换和修理磨损件,刮研或磨削全部导轨面,全面消除缺陷,恢复设备原有精度、性能和效率,接近或达到出厂标准。在大修过程中,对一些陈旧设备和专用设备部分零件可作适当的改装,以消除设计上的缺陷和满足某些工艺的需要。大修后一般需要进行空载、负荷试车;几何精度和工作精度检验。

(2) 中修 将设备局部解体、修复或更换磨损机件,拆卸修理经常出现故障的部件,校验各零、部件间的位置精度,调整配合间隙以恢复并保持设备的精度、性能、效率。

(3) 小修 清洗设备,部分拆检零、部件,更换和修复少量磨损件,调整、紧定机构,保证设备能满足生产工艺要求。

(4) 项修 项修即按设备部件项目所进行的修理,是指对设备经常出现故障的部件及精度下降的部件所进行的修理。实施项目修理应考虑到与所修理部件关联的零部件所产生的影响。如车床导轨拉毛后,修理导轨使用刨削、刮削等修复方法后,会影响机床主轴与尾座轴线的同轴度。项修是一种针对不便进行大修的精、大、稀设备所采用的修理方法。

(5) 二级保养 以维修工人为主,操作工人为辅,对设备进行部件解体检查和修理,修复或更换严重磨损机件,清洗检查,恢复局部精度达到工艺要求。

(6) 定期性的精度检查与精度调整 是指精密机床和担负关键加工工序的重点设备,特别是高精度设备,在修理间隔期中应进行定期性的



精度检查。检查以各类设备出厂精度标准为依据,若发现超差或异常现象则应进行调整和修理。

## 2) 维修工作

维修是设备维护和突发故障修理两项作业的总称。维护是一种保持规定技术性能的日常作业,主要是指日常的设备点检、润滑和一级保养等。突发故障修理是排除临时故障、恢复设备技术性能的作业,由机械设备发生事故或临时损坏而引起的临时性修理,其内容包括:

(1) 故障修理 设备临时损坏而组织的修理。

(2) 事故修理 设备发生了事故而进行的修理。

修理钳工的基本工作,就是运用所掌握的钳加工的基础操作技能,合理运用拆卸、修复、安装和调试方法,在上述各类形式和内容不同的修理工作中,恢复所修设备的机械精度和工作性能。在设备的修理过程中,对各种损坏零件或部件应采用不同的修复方法,常用的修理、修复方法,主要是指机械修复法、电镀法、喷涂法、焊接法和粘接法等。

## 第二节 常用量具及其使用方法

### 1—7 机修钳工有哪些常用的量具、量仪?

答:常用量具有游标量具、百分表、千分尺、塞尺、标准量块、正弦规等;常用的量仪有表面粗糙度检测仪、水平仪、测温仪、声级计、转速表、压力表、动平衡测量仪、光学平直仪等。对于一些精密机床设备的维修检测,需要使用一些精密的检测仪器,如双频激光干涉仪、经纬仪等。激光干涉仪可对机床各种定位装置进行高精度的校正,可完成各种参数的测量,如线性位置精度、重复定位精度、角度、直线度、垂直度、平行度及平面度等。最大检测长度可达60m,最小分辨精度为 $0.08\mu\text{m}$ ,最大位移速度为 $300\text{mm/s}$ ,检测精度为 $5 \times 10^{-7}L$ ( $L$ ——被测件长度)。一些激光干涉仪还具有选择功能,如数控系统的自动螺距补偿、机床动态特性测量、回转坐标分度精度标定、触发脉冲输入输出功能等。经纬仪适用于检测分度精度,如数控铣床和加工中心的水平转台和万能转台的分度精度的精确测量,通常与平行光管组成光学系统进行测量。