

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

机械设备修理工艺

(机电设备安装与维修专业)

主 编	姜秀华	
参 编	沈海群	胡细东
	刘 旭	黄维亚
责任主审	罗圣国	
审 稿	项 德	施东成



机 械 工 业 出 版 社

本书是机电设备安装与维修专业“面向 21 世纪中等职业教育国家规划教材”。

全书重点介绍了设备修理的基本知识，设备修理中机床几何精度检验，零件测绘，零件修复技术，典型零部件修理、装配、调整，设备修理工艺等内容。

全书共分 8 章，特点是设备维修基本知识与基本技能相兼顾，维修技术与应用实例相联系，其目的是使读者了解设备修理基本知识，学会设备修理基本技能，熟悉设备修理基本方法，了解新工艺、新技术、新材料在修理中的应用。本书实用性强，内容少而精。

本书可作为中专、职高、技工学校设备安装与维修专业，或其他机械类专业的教材，也可供从事设备安装与维修专业的工程技术人员、工人学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设备修理工艺/姜秀华主编. —北京：机械工业出版社，2002.4
中等职业教育国家规划教材全国中等职业教育教材审定委员会审定
ISBN 7-111-10109-X

I. 机… II. 姜… III. 机械维修—专业学校—教材 IV. TH17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 018535 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑：季顺利 版式设计：张世琴 责任校对：申春香
封面设计：姚 毅 责任印制：何全君
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2002 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·11 印张·265 千字
0 001—4 000 册
定价：13.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527
封面无防伪标均为盗版

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001 年 10 月

前 言

随着科学技术的迅猛发展，机械设备正向着复杂、自控、成套和机电一体化方向发展，设备修理工作面临新的挑战。怎样才能最短的时间，以最少的人力物力，有效地利用最先进的科学技术来完成维修工作，已成为机械设备维修学科急待解决的问题，也是设备安装与维修专业人才培养的需要。为实现这样的目标，落实教育部“面向 21 世纪教育振兴行动计划”，实施“职业教育课程改革和教材建设规划”和实施新教学大纲的培养目标，我们编写了这本教材。在编写中，我们遵循了理论教学以应用为主，以必须、够用为度，加强了实用性内容，突出了理论和实践相结合，并将“专业知识”与“维修技术”有机地融于一体，使教材内容尽量体现“宽、浅、用、新”，在教材结构上和叙述方式上遵循由浅入深，循序渐进的认识规律。为巩固所学知识，启发学生思考问题，各章后均附有思考题与习题。

全书共分 8 章，其特点是：维修基础知识与基本技能相兼顾，维修技术与应用实例相联系。其目的是使读者了解设备修理的基本知识，学会设备修理的基本技能，熟悉设备修理的基本方法，了解新工艺、新技术、新材料在设备修理中的应用。

本书可作为中专、职高、技工学校设备安装与维修专业，或其他机械类专业的教材，也可供从事设备安装与维修专业的工程技术人员、工人学习参考。

本书由重庆工业职业技术学院姜秀华主编，张家界航空工业学校胡细东、德阳安装工业学校刘旭、常州机械学校沈海群、重庆工业职业技术学院黄维亚参加编写。其中第一、三、五、七章由姜秀华编写，第二章由沈海群编写，第四章由黄维亚编写，第六章由刘旭编写，第八章由胡细东编写。

本书由晏初宏、陈义国担任主审。除编审人员外，贵州省机械工业学校周楠高级讲师、冯其毅高级讲师，芜湖机械学校朱志宏高级工程师，张家界航空工业学校刘坚高级讲师、赵学清高级讲师，东风汽车公司高级技工学校戴强讲师，江苏省镇江职教中心徐冬元一级教师参加了审稿会，并对本书修改提出了好的建议，在此表示感谢。

机械设备修理工艺的知识面很广。限于我们的水平，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 机械设备故障和修理的

一般程序 1

第一节 机械设备故障 1

第二节 设备的磨损 3

第三节 设备修理的一般程序 4

思考题与习题 6

第二章 机床几何精度检验 7

第一节 机床修理中常用的器具 7

第二节 机床几何精度检验 15

思考题与习题 26

第三章 设备的拆卸与清洗 28

第一节 设备的拆卸 28

第二节 清洗 35

思考题与习题 37

第四章 修理中的零件测绘 38

第一节 零件测绘的基本知识 38

第二节 轴类零件测绘 42

第三节 圆柱齿轮测绘 51

第四节 蜗轮蜗杆测绘 68

第五节 叉架类、箱体类零件测绘 74

思考题与习题 78

第五章 零件的修复技术 79

第一节 概述 79

第二节 钳工修复和机械修复 81

第三节 焊接修复法 90

第四节 热喷涂喷熔修复法 95

第五节 电镀修复法 99

第六节 胶接修复法 104

第七节 零件修复和强化新工艺 107

思考题与习题 110

第六章 典型零部件的修理、装配与

调整 111

第一节 机床导轨的修理 111

第二节 丝杠螺母副的修理和调整 113

第三节 齿轮和轴的装配 116

第四节 固定联接件的装配 118

第五节 轴承的装配与调整 122

第六节 主轴部件的修理、装配与调整 127

第七节 部件的装配 130

思考题与习题 131

第七章 尺寸链原理在机床修理中的

应用 132

第一节 实现修理尺寸链封闭环精度的 方法 132

第二节 修理基准和修理程序的确定 139

思考题与习题 141

第八章 典型设备的修理工艺 142

第一节 卧式车床的修理 142

第二节 试车验收 164

思考题与习题 165

参考文献 167

第一章 机械设备故障和修理的一般程序

第一节 机械设备故障

在机械设备维修中，研究机械设备故障的目的是要查明故障模式、追寻故障机理、探索改进的方法，以减少机械设备故障的发生，提高其可靠性和有效利用率。同时，把故障的影响和结果反映给机械设计和制造部门，以便采取对策，提高设备的可靠性。

一、故障定义

故障是指设备（系统）或零部件丧失其规定的功能。例如：某些零部件损坏，磨损超过极限，焊缝开裂，螺栓松动，发动机的功率降低，传动系统失去平衡和噪声增大，工作机构的工作能力下降，燃料和润滑油的消耗增加等。

二、故障模式

故障模式是以不同的表现形式来描述故障现象的一种表征。它相当于医学上的“病症”。一般情况下，不同设备的结构原理和工作条件各异，因而故障模式也不同。

一些机电设备的常见故障模式见表 1-1。

表 1-1 常见故障模式举例

序号	设 备	常见故障模式
1	通用机械设备	疲劳、损耗、冲击、变形、折断和破裂等
2	齿轮	疲劳断裂、点蚀剥落、熔融烧伤、磨损、塑性变形等
3	滚动轴承	剥落、裂纹、压痕、磨损、腐蚀、烧伤、锈蚀、污斑、蠕变
4	设备支承结构	变动、松动、缺损、脱落

三、故障分类

将故障进行分类的目的是为了估计故障事件的影响程度和分析故障的原因，以便采取相应的对策。可以从不同角度对故障进行分类，如图 1-1 所示。

四、故障规律

通过大量的统计和分析研究发现，设备的故障率是时间的函数，如图 1-2 所示，通常称为浴盆曲线。浴盆曲线划分为早期故障（初始故障）、随机故障（偶发故障）、耗损故障（衰老故障）三个阶段。

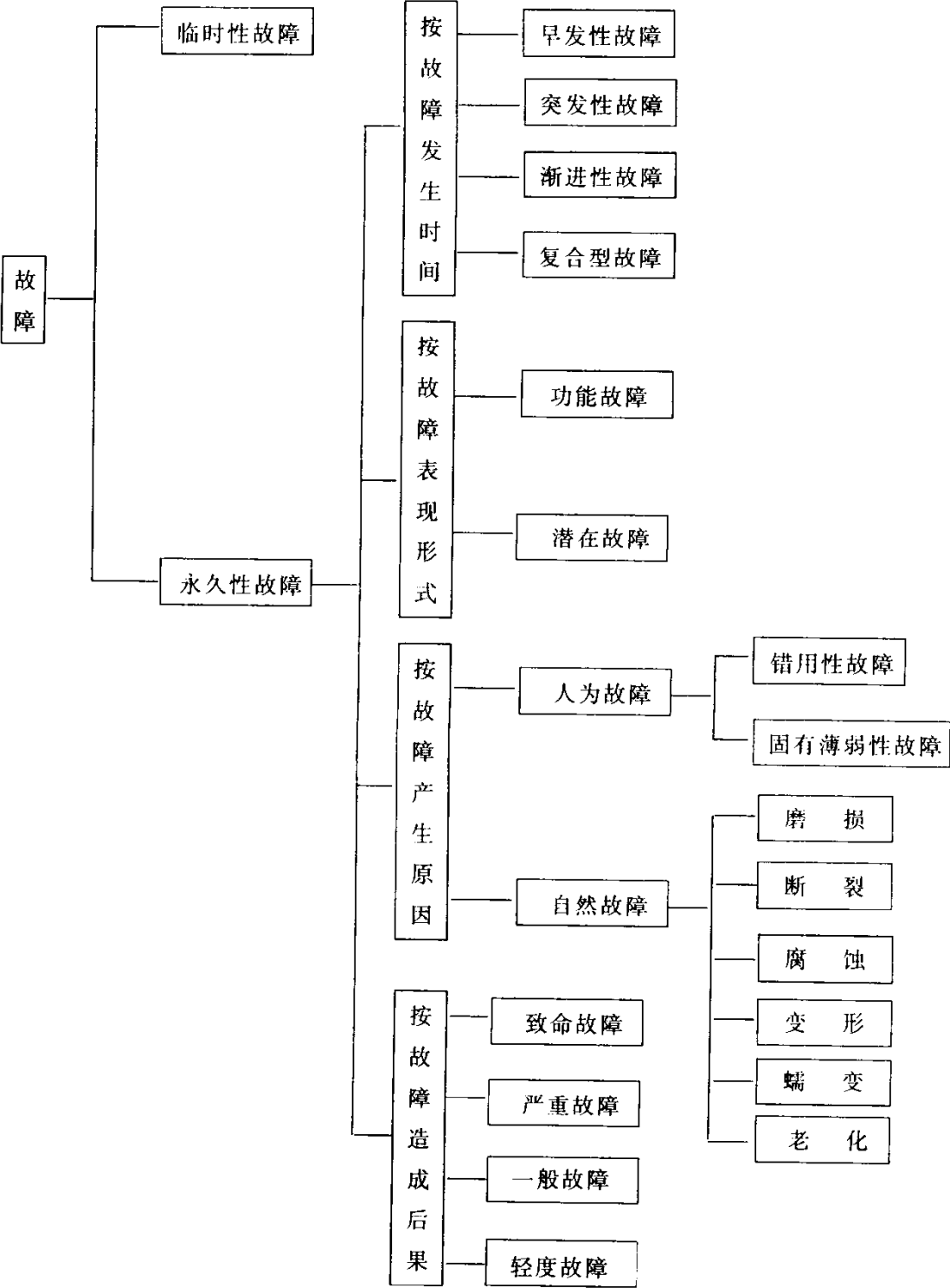


图 1-1 故障的分类

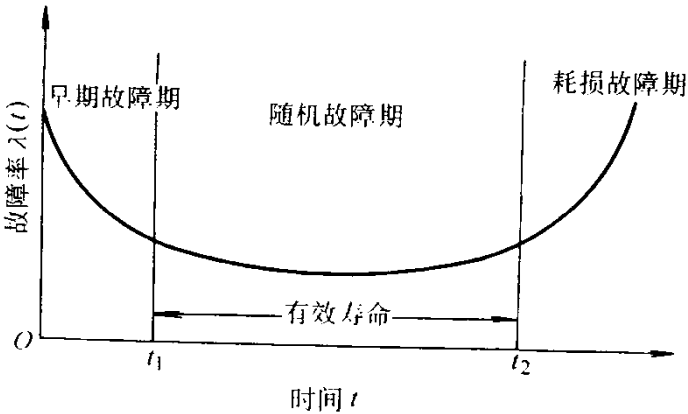


图 1-2 设备故障率曲线

第二节 设备的磨损

目前世界上的能源约有 1/3~1/2 消耗在各种形式的摩擦上。一般机械设备中约有 80% 的零件因磨损而失效报废。因此，研究磨损规律，找出影响磨损的原因，对于采取改善措施，防止或减少磨损有着重要意义。

一、典型磨损过程

不同的机件虽然磨损情况不同，但磨损规律相同。机械零件正常运行的磨损过程一般分为磨合阶段（Ⅰ阶段）、稳定磨损阶段（Ⅱ阶段）、急剧磨损阶段（Ⅲ阶段），如图 1-3 所示。

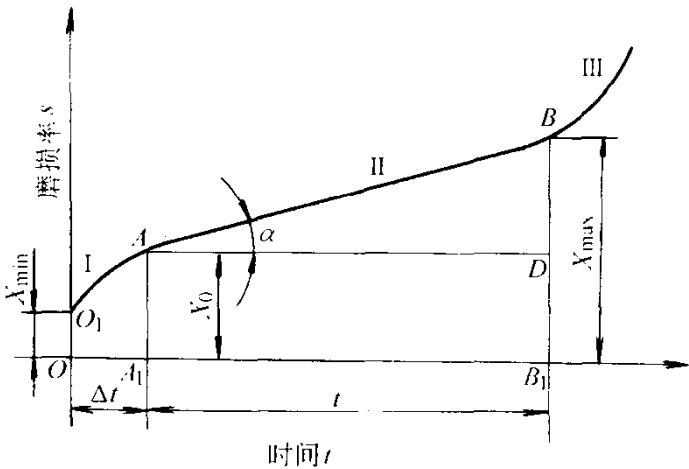


图 1-3 典型磨损过程

二、磨损的类型和特点

磨损的类型、原因、特点和举例见表 1-2。

表 1-2 磨损的基本类型

类 型	原 因	特 点	举 例
粘着磨损	摩擦副作相对运动，由于固相焊合，接触点表面的材料由一个表面转移到另一个表面的现象	接触点粘着剪切破坏，表面呈现擦痕、锥形坑、鱼鳞片状、麻点、沟槽	缸套、活塞杆、轴瓦、轴、滑动导轨副
磨粒磨损	在摩擦过程中，因硬的颗粒或凸出物刮擦微切削摩擦表面而引起材料脱落的现象	磨粒作用于材料表面而破坏，表面呈现刮伤、沟槽、擦痕	球磨机衬板与钢球、农业和矿山机械零件
疲劳磨损	两接触表面作滚动或滚滑复合摩擦时，因周期性载荷作用，使表面产生变形和应力，导致材料裂纹和分离出微片或颗粒的磨损	表层接触应力反复作用而破坏，表面呈现裂纹、麻点、剥落	滚动轴承、齿轮副、凸轮副、钢轨与轮箍
腐蚀磨损	在摩擦过程中，金属同时与周围介质发生化学反应，产生材料损失的现象	有化学反应或电化学反应的表面腐蚀破坏，表面有反应产物（形成膜、颗粒）	曲轴轴颈氧化磨损、化工设备中的零件表面磨损

三、防止或减少磨损的方法与途径

对于几种基本的磨损类型，防止或减少磨损的方法与途径见表 1-3。

表 1-3 防止或减少磨损的方法与途径

磨损类型		防止或减少磨损的方法与途径
粘着磨损		1) 正确选择摩擦副材料，如适当选用脆性材料、互溶性小的材料、多相金属等 2) 合理选用润滑剂，保证摩擦面间形成流体润滑状态 3) 采用合理的表面处理工艺
磨粒磨损		1) 选用硬度较高的材料 2) 控制磨粒的尺寸和硬度 3) 根据工作条件，采用相应的表面处理工艺 4) 合理选用并供给洁净的润滑剂
疲劳磨损		1) 合理选用摩擦副材料 2) 减小表面粗糙度，消除残余内应力 3) 合理选用润滑剂的粘度和添加剂
腐蚀磨损	氧化磨损	1) 当接触载荷一定时，应控制其滑动速度，反之则应控制接触载荷 2) 合理匹配氧化膜硬度和基本金属硬度，保证氧化膜不受破坏 3) 合理选用润滑油粘度，并适量加入中性极压添加剂
	特殊介质腐蚀磨损	1) 利用某些特殊元素与特殊介质作用，形成化学结合力较高、结构致密的钝化膜 2) 合理选用润滑剂 3) 正确选择摩擦副材料

第三节 设备修理的一般程序

任何设备，经长期使用后，某些零件因磨损或损坏，造成设备的工作性能、精度和效率降低。为保证设备正常运行和安全生产，就需要对设备进行修理。在修理中，根据设备的使用时间和损坏程度，将修理类别分为小修、中修、大修三种。本节主要介绍设备大修的内容、技术要求及修理程序。

一、设备大修的内容及技术要求

1. 大修的内容

设备大修一般包括以下内容：①对设备全部或大部分部件解体检查；②修复基准件；③更换或修复磨损的全部零件；④修理电器系统；⑤修复附件；⑥翻新外观等。

除上述外，尚应考虑以下内容：①对多发性故障部位，可用改进设计来提高其可靠性，即进行改善维修；②根据产品工艺要求，在不改变设备原结构的条件下，采取工艺措施来提高个别主要部件的精度，即进行提高精度修理。

一般情况下，在设备大修前应进行预检。通过预检，全面了解设备存在的缺陷，然后提出大修的具体内容和应更换或修复的零部件。

2. 大修的技术要求

对设备大修的技术要求是：①全面消除修理前存在的缺陷；②修理后应达到设备出厂的性能和精度标准。

在实际工作中，应从企业生产需要出发，根据设备大修后在一定时期内产品工艺的要求，制订设备大修精度标准。

二、设备大修过程

设备大修过程可分为准备工作、施工和修后工作三个阶段。

1. 准备工作

设备大修准备工作的内容及程序见图 1-4。各企业的设备维修组织和管理分工可能有所不同，但大修准备工作内容及程序应大致相同。

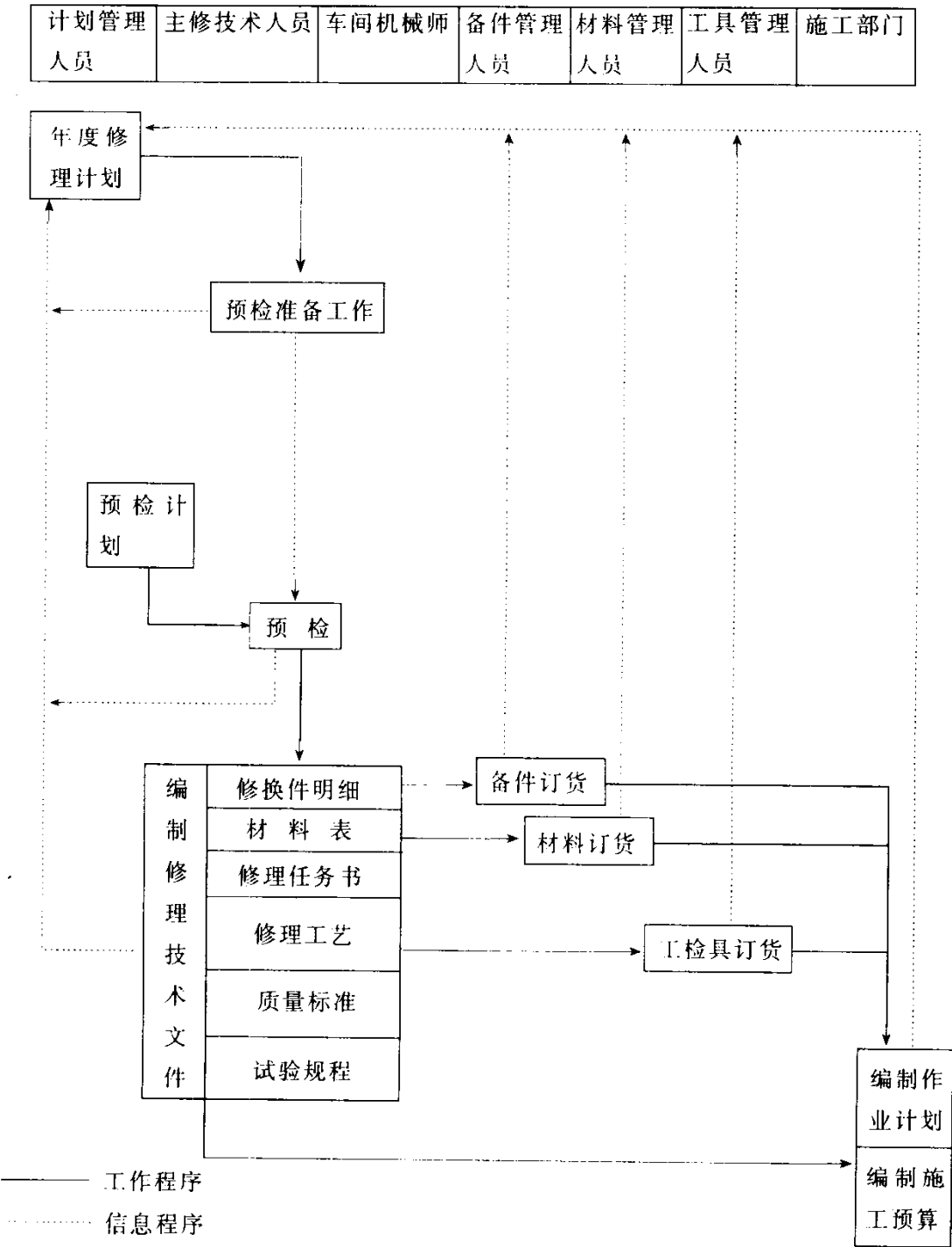


图 1-4 设备大修准备工作的内容及程序

2. 施工

由于在设备大修前难以预测得十分准确，因此，在施工阶段，应从实际出发，不失时机地采取措施来弥补修前预测的不足，并保证修理工期按计划完成。在实际工作中按作业计划施工。在施工阶段，应按施工程序（如图 1-5 所示）着重抓好各管理环节。

3. 修后的保养

设备大修后一般应有不少于三个月的保修期。在保修期内，施工单位应定期访问用户听取意见。对设备运转中发现的异常现象，应利用生产间隙加以排除，对由于修理质量不良而发生的故障应及时检修。

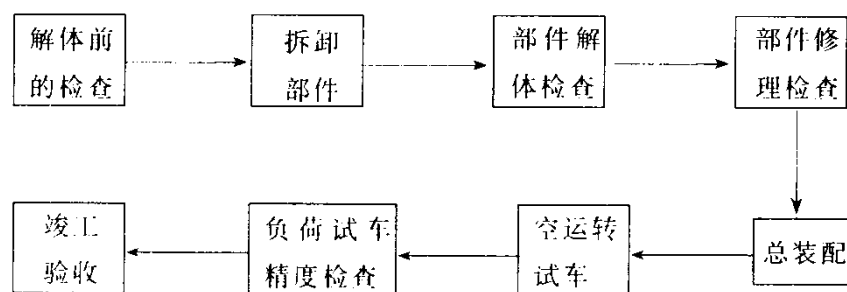


图 1-5 设备大修的施工程序

思考题与习题

- 1-1 磨损的类型和特点是什么？
- 1-2 防止或减少磨损的方法与途径有哪些？
- 1-3 设备大修包括的内容有哪些？
- 1-4 设备大修程序所包括的内容有哪些？

第二章 机床几何精度检验

第一节 机床修理中常用的器具

在机床修理过程中对机床进行几何精度检验，应根据本单位的具体条件和机床的精度要求，配置一些常用及通用的仪器和工具。本节主要介绍机床几何精度中常用的测量仪器和工具。

一、平尺

平尺主要作为测量基准，用来检验工件的直线度和平面度误差，也可以作为机床导轨刮研的基准，有时还可用来检验机床零、部件间的相互位置精度。

平尺有两种基本形式，即具有单一面的桥形平尺（见图 2-1a）和具有两个平行面的平行平尺（见图 2-1b）。此外，还有角形平尺（见图 2-1c）等。平尺的精度分为 00、0、1、2 四个等级。在普通机床几何精度检验中，推荐采用 1 级精度或高于 1 级精度的平行平尺。

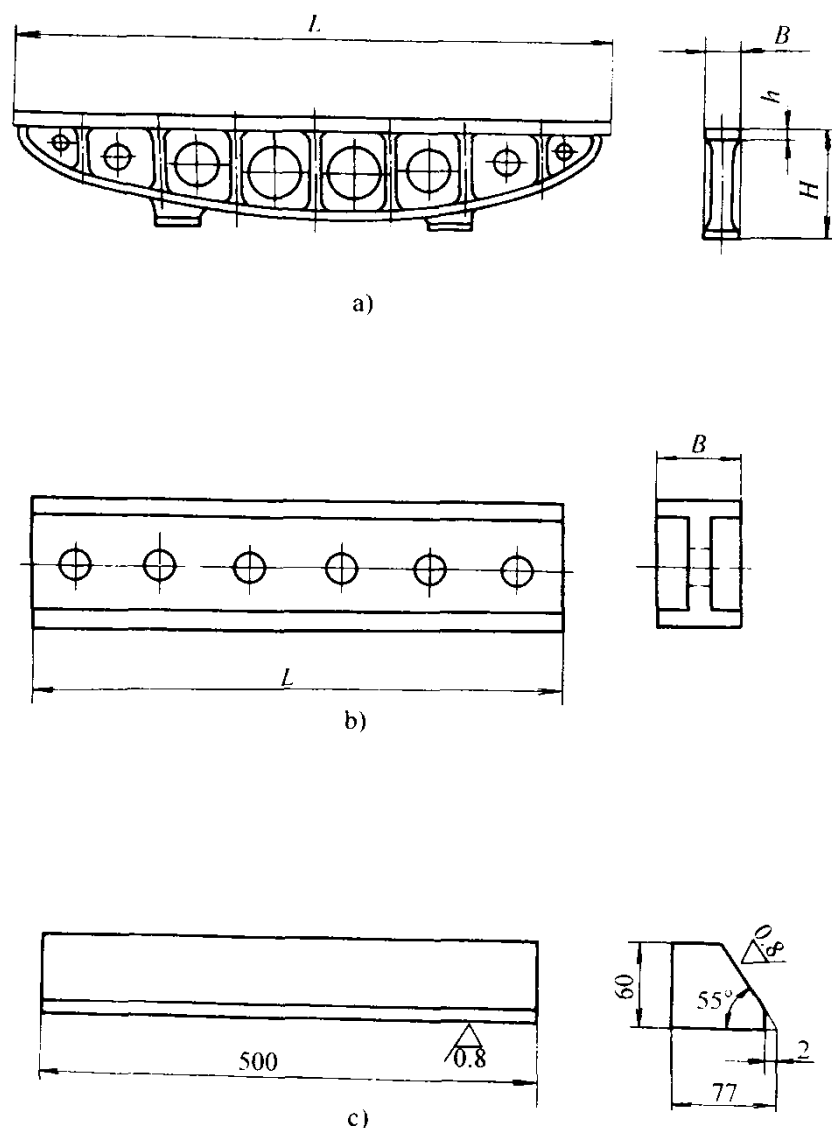


图 2-1 平尺

a) 桥形平尺 b) 平行平尺 c) 角形平尺

桥形平尺用优质铸铁经稳定性处理和去磁后制成, 刚性好, 使用时受温度变化的影响较大。平行平尺使用时最佳支承点在距两端 $2L/9$ 处, 当不在最佳支承点使用时, 应考虑其自然挠度对测量精度的影响; 平行平尺受温度变化的影响较小, 使用轻便, 故其应用较桥形平尺广泛。角形平尺用于检查燕尾导轨的直线度、平面度和与其他表面的相互位置精度, 其结构形式、尺寸大小视被测导轨而定, 如燕尾导轨角度为 55° , 则角形平尺的角度亦应设计为 55° 。

二、平板

平板可作为检验工件时的基准平面、划线时的基准平面和平面刮研时的研具, 其结构如图 2-2 所示。平板的精度分为 000、00、0、1、2、3 六个等级。一般情况下, 2、3 级精度的平板为划线平板, 其余精度的平板为检验平板。机床几何精度检验推荐使用 00、0 级平板。

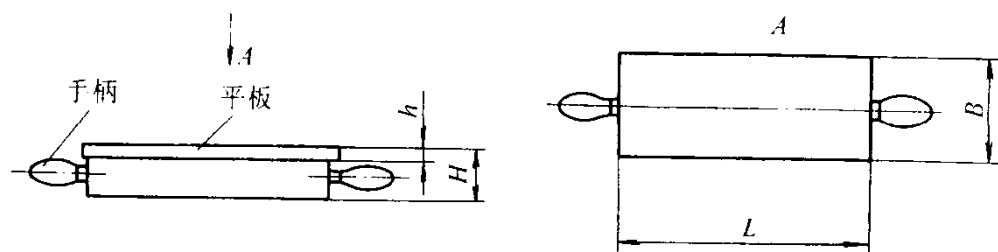


图 2-2 平板

铸铁平板采用优质铸铁经时效处理和去磁并按严格的技术要求制成。岩石平板可采用大理石或花岗岩制成。由于岩石平板具有不生锈、易于维护、不变形、不起毛刺等优点, 正获得日益广泛的应用, 但其缺点是受温度的影响较大, 不能用涂色法检验工件, 且不易修理。

三、 90° 角尺

90° 角尺用于检验机床零、部件之间的垂直度误差, 也可用来划线; 测量长度一般不超过 500mm, 其结构如图 2-3 所示。 90° 角尺的精度分为 00、0、1、2 四个等级。在机床精度检验中, 当垂直度公差在每米 $0.03 \sim 0.05\text{mm}$ 时, 推荐使用 00 级和 0 级 90° 角尺; 当高于上述要求时, 应考虑角尺本身的误差对测量结果的影响, 或选用其他的测量方法。 90° 角尺一般采用合金工具钢或碳素工具钢制造, 经淬火和稳定性处理并去磁。

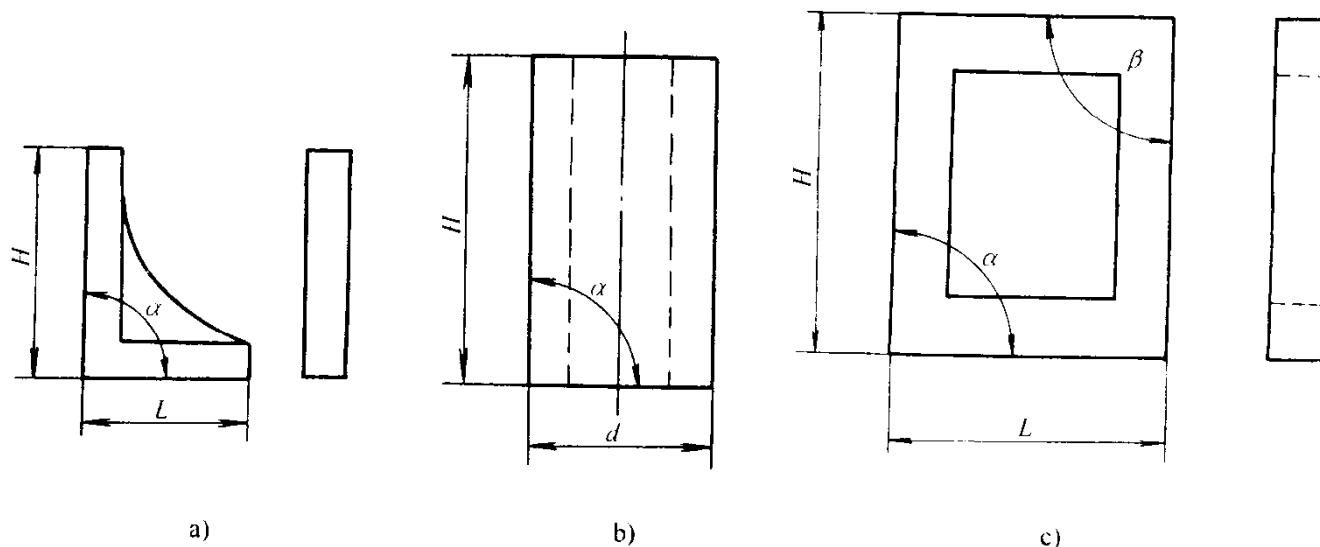


图 2-3 90° 角尺

a) 普通角尺 b) 圆柱形角尺 c) 矩形角尺

四、检验棒

检验棒主要用来检验主轴、套筒类零件的径向圆跳动、轴向窜动, 也可用来检验直线

度、平行度、同轴度、垂直度等误差。

1. 带锥柄的检验棒

带锥柄的检验棒由一个为插入被检验机床锥孔用的锥柄和一个作为测量基准的圆柱体组成，其结构如图 2-4 所示。它们用淬火并经稳定性处理的钢制成，可镀硬铬。

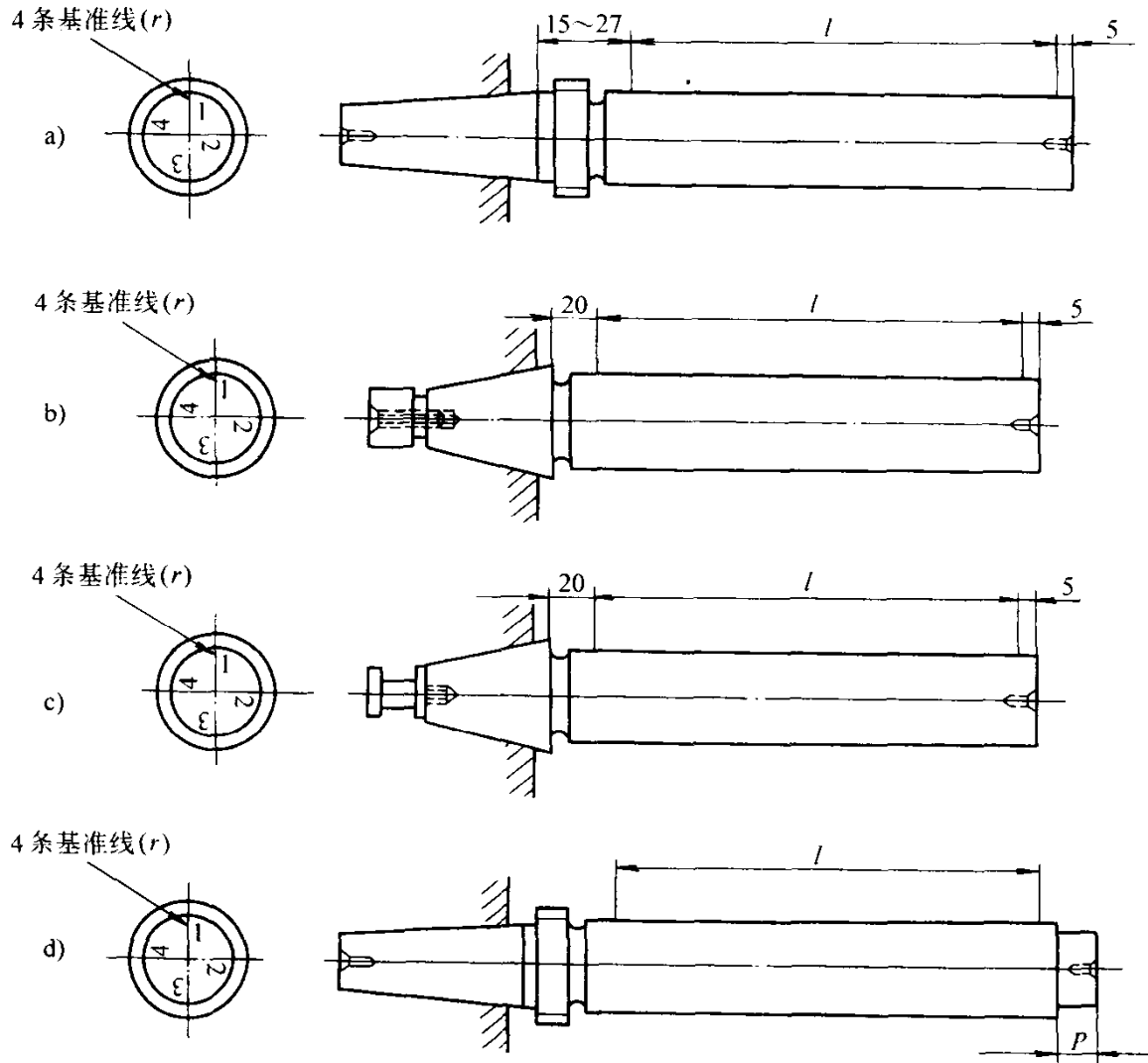


图 2-4 锥柄检验棒的结构

a)、d) 主轴锥孔与检验棒锥柄配合后具有自锁性的检验棒结构

b)、c) 主轴锥孔与检验棒锥柄配合后不具有自锁性的检验棒结构

2. 圆柱形检验棒

圆柱形检验棒用于检验两顶尖间连线相对于机床其他部件运动的平行度误差，其结构如图 2-5 所示。圆柱形检验棒一般由热轧，或冷拔、冷轧无缝钢管制成，圆柱体部分淬火后在精磨前应进行稳定性处理，并可镀硬铬提高它的耐磨性。

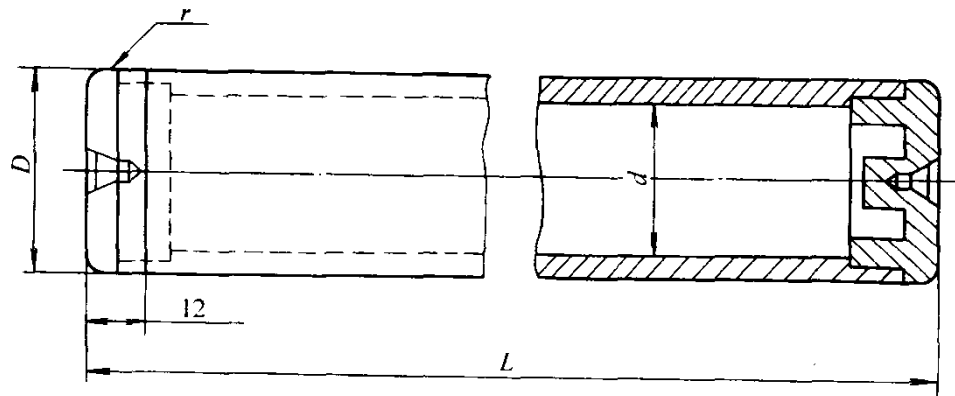


图 2-5 圆柱形检验棒示意图

五、垫铁

垫铁是为放置水平仪、读数显微镜和指示器表座等测量工具而制作的与导轨形状和精度相适应的专用检具，其结构如图 2-6 所示。垫铁材料多为铸铁，其形状由导轨确定，垫铁与导轨的接触面经精加工或与导轨配刮而成，长度有 200mm、250mm、500mm 几种。

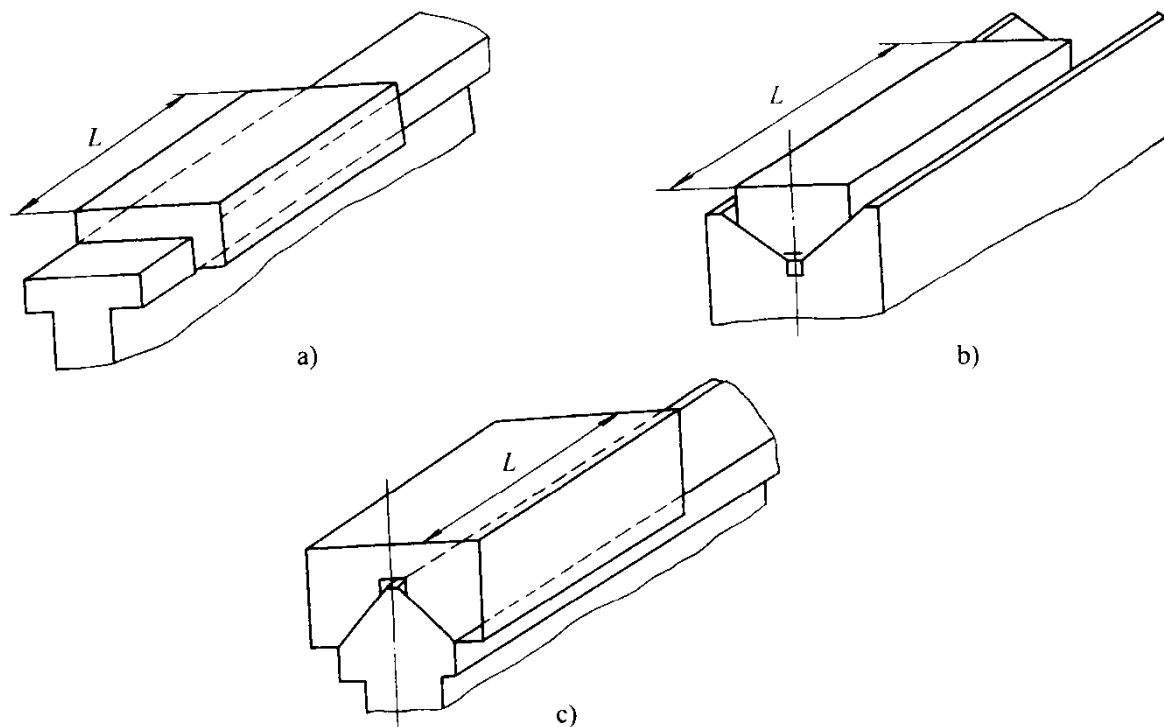


图 2-6 垫铁

a) 矩形垫铁 b) 山形垫铁 c) V形垫铁

六、检验桥板

检验桥板是测量床身导轨平行度误差的一种主要工具，常与水平仪配合使用。不同形式的导轨，应设计不同结构的检验桥板。检验桥板设计时与导轨的接触面小（如线接触）才能有较高的灵敏度。图 2-7 所示为四种不同结构形式的检验桥板。

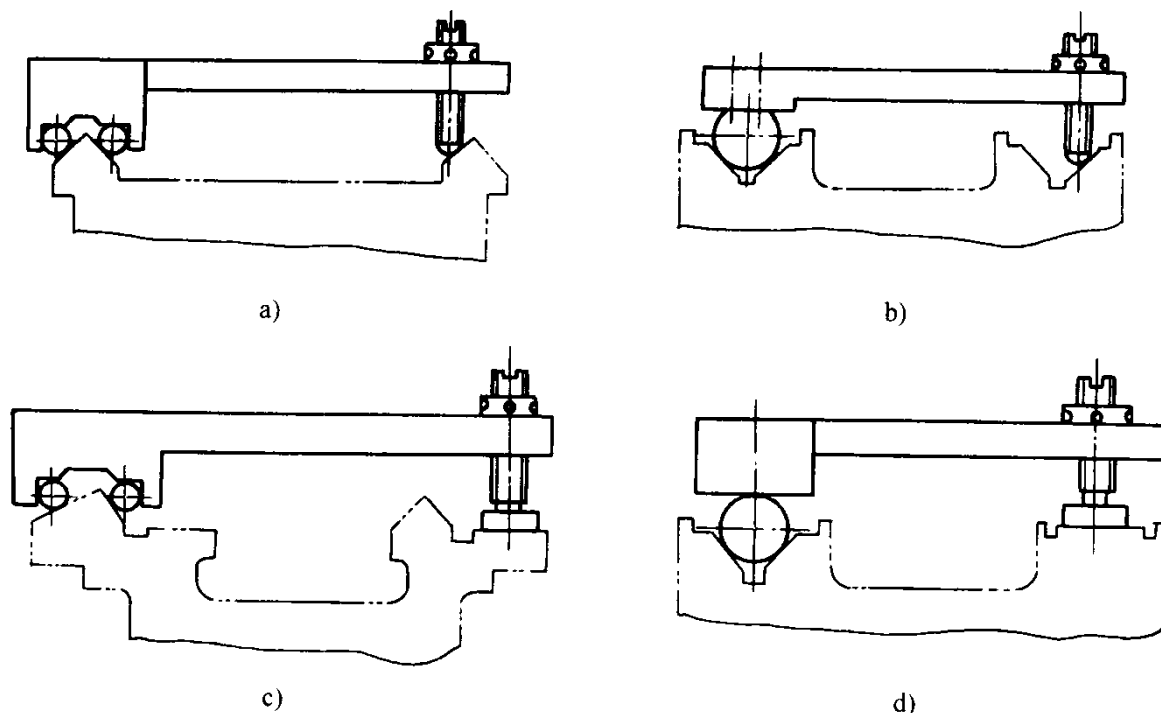


图 2-7 几种结构形式的检验桥板

a) 山—山形导轨用检验桥板 b) V—V形导轨用检验桥板
c) 山—矩形导轨用检验桥板 d) V—矩形导轨用检验桥板

七、水平仪

水平仪常用来校正基准件（如底座、床身、导轨、工作台等零部件）安装的水平度、检验导轨在垂直面内的直线度误差、工作台面的平面度误差以及零部件之间的平行度和垂直度误差。

水平仪有框式水平仪、条式水平仪、光学合像水平仪及电子水平仪等。

（一）条式和框式水平仪

常用的普通水平仪有框式和条式水平仪（见图 2-8）。水平仪的规格以底工作面的长度 L 表示。在普通机床几何精度检验中，当采用条式和框式水平仪时，推荐使用刻度值为 0.02mm/m 的水平仪。

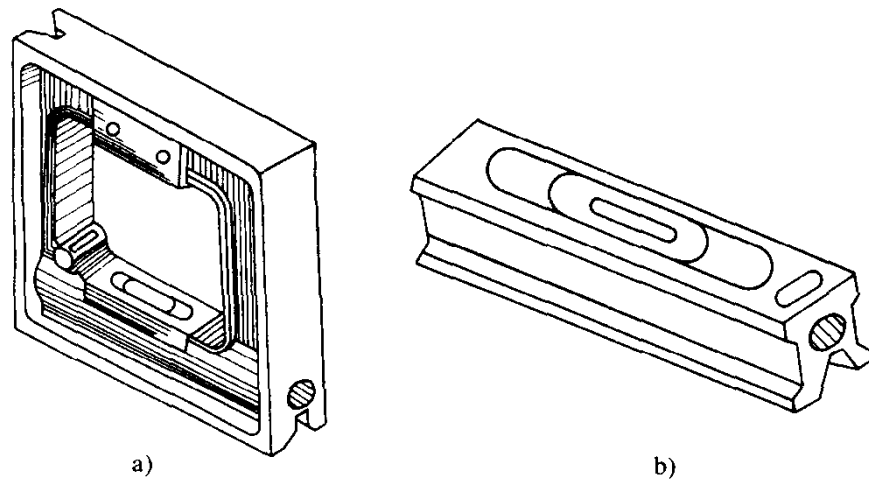


图 2-8 水平仪
a) 框式水平仪 b) 条式水平仪

水平仪的读数法主要有：

（1）绝对读数法 图 2-9a 是按水准器气泡的绝对位置读数。水平仪起端测量位置唯有气泡在中间时，才读作“0”，当气泡偏向起端时读“-”，偏离起端时读“+”，或用箭头表示气泡的偏离方向。

（2）相对读数法 图 2-9b 是按水准器气泡的相对位置读数。水平仪在起端测量位置的读数总是读作零，不管气泡位置是在中间或偏在一边。然后依次移动水平仪垫铁，记下每一位置的气泡与前一位置的气泡移动的方向和刻度格数。根据气泡移动方向来评定被检导轨的倾斜方向，如气泡移动方向与垫铁移动方向一致，读作正值，表示导轨向上倾斜，可用符号“+”或箭头“→”表示；如方向相反，则读作负值，用符号“-”或箭头“←”表示。

两种读数方法在实践中都采用。当安装水平较差的导轨，用相对读数法，可避免因安装水平的误差使误差曲线偏离自然水平线太多而无法作图；当安装水平已初步调平的导轨，采用绝对读数法，可为进一步调整导轨的安装水平作出直观的直线度误差曲线图。

（二）合像水平仪

合像水平仪是用来测量水平位置微小角度偏差的测量仪器。在修理中，常用来校正基准件的安装水平度，导轨或基准平面的直线度和平面度误差以及零、部件之间的平行度误差等，其结构如图 2-10 所示。图 2-10a 所示为光学合像水平仪的外形图，图 2-10b 所示为其结构原理图。水准器 2 内气泡两端的圆弧，通过反射至目镜 4，形成左右两半气泡合像