



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

热力设备 装配与检修

刘继申 郑志刚 主 编
牛建国 汪 溶 蒋建刚 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育实验实训规划教材

电力技术类

热力设备 装配与检修

主 编 刘继申 郑志刚
副主编 牛建国 汪 溶 蒋建刚
编 写 李孝亮 尹道烈 刘 磊
张润怀 胡 涛

江苏工业学院图书馆
藏书章



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育实验实训规划教材(电力技术类)。

本书是根据高职高专电力技术类“热能动力装置”专业教学大纲和电厂检修规程和工艺的要求进行编写的。全书有十二章,主要内容有:汽轮机拆装与检修工艺、水泵、阀门、风机、磨煤机的拆装及检修工艺,管路连接、热套工艺、胀管工艺等。

本书编写的目的是为电力生产培养出产、学、研相结合的技能型人才。在编写中理论联系实际,注意生产现场工艺与实践教学内容相结合,注重学生实际动手能力的提高。

本书可作为高职高专电力技术类电厂热能动力装置、火电厂集控运行及检测、供热等专业的教材,也可作为技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

热力设备装配与检修/刘继申,郑志刚主编. —北京:中国电力出版社,2009

普通高等教育实验实训规划教材. 电力技术类

ISBN 978-7-5083-8317-0

I. 热… II. ①刘…②郑… III. ①热力系统—设备—装配—高等学校—教材②热力系统—设备—检修—高等学校—教材
IV. TK17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 212033 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年1月第一版 2009年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 18.25印张 447千字

定价 29.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

本书是为高职高专电力技术类专业编写的教材，适用于电厂热动力装置、火电厂集控运行等专业，也可作为检测技术及应用、供热通风与空调工程技术等专业的装配实训教材。本书根据电厂的需要，结合各专业的教学大纲以及教学计划编写而成，以电厂中 300MW 和 600MW 机组检修规程作为依据组织编写。在编写过程中，根据电厂的检修过程，针对各电力类院校的实际设备，突出了工程的应用性。内容以实际操作为主，注重理论与实践的结合，重点介绍了汽轮机拆装与检修工艺及工艺标准；汽轮机的辅助设备，如水泵、阀门、风机、磨煤机等设备的检修工艺及工艺标准，同时也介绍了与检修工艺相关的内容，如起重设备与技术、胀管工艺、热套工艺、管路连接及管件配置等。为了加强对学生动手能力的培养，每节后都编写了工艺实习，每章后均有思考题；为了便于学生学习使用，在各章节的图表中列出所用物理量，方便学生操作计算时查找。

参加本书编写的有哈尔滨电力职业技术学院的刘继申、郑志刚、李孝亮、尹道烈，山西电力职业技术学院的牛建国、汪溶、张润怀、胡涛，保定电力职业技术学院蒋建刚，南京民用建筑设计研究院的刘磊。其中第一章、第三章第七节、第八章由刘继申编写；第二章由牛建国编写；第三章第一节、第二节、第六节由尹道烈编写；第三章第三节由张润怀编写；第三章第四、五节，第七章由李孝亮编写；第四、六、十章由刘磊编写；第五章由胡涛编写；第九章由蒋建刚编写；第十一章由汪溶编写；第十二章由郑志刚编写。本书由刘继申、郑志刚主编，牛建国、汪溶、蒋建刚副主编。哈尔滨华能电力设备制造有限公司高建平主审。

本书在编写过程中得到了校内外有关教师和专家的热情帮助与支持，吸取了他们许多宝贵的经验、意见和建议。一些操作内容的编写得到了生产专业技术人员的大力帮助，在此一并致以衷心的感谢。

在教材编写过程中，参考了有关电力行业的标准、规程及参考文献，恕不在此一一列出。

由于时间紧，水平所限，书中不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2009.1

目 录

前言	
绪论	1
第一章 工具与量具	3
第一节 常用工具的使用及保养	3
第二节 常用量具的使用方法	7
第二章 起重设备及技术	15
第一节 起吊用绳及系结方法	15
第二节 栓连工具	32
第三节 起重设备	37
第四节 起重机械	43
第三章 汽轮机拆装与检修	50
第一节 汽轮机的结构及作用	50
第二节 汽缸拆装及检修	56
第三节 轴承	70
第四节 转子	90
第五节 喷嘴、隔板和隔板套	105
第六节 汽封	109
第七节 汽轮机组找中心	116
第四章 泵的拆装及检修	128
第一节 泵的作用及分类	128
第二节 离心泵的结构	131
第三节 离心泵的检修	138
第四节 离心泵的组装	145
第五章 阀门检修	148
第一节 阀门的分类及型号	148
第二节 阀门的构造	150
第三节 阀门的拆装与检修	164
第四节 阀门研磨及盘根	173
第五节 阀门的校验	181
第六节 阀门的密封材料	184
第六章 转子静平衡	187
第一节 静平衡的概念	187
第二节 静平衡方法	188
第七章 胀管	194
第一节 胀管原理	194
第二节 胀管工艺	196

第八章 热套 201

 第一节 热套紧力和加热温度的计算 201

 第二节 加热套装方法 204

第九章 管道的弯制 208

 第一节 弯管的基本知识 208

 第二节 弯管工艺 221

 第三节 弯管废品分析及校管 236

第十章 管件配制 239

 第一节 斜口圆管的展开 239

 第二节 圆柱形多节弯管的展开 240

 第三节 等径正交三通的展开 241

第十一章 风机的检修 243

 第一节 离心式风机的检修 243

 第二节 轴流式风机的检修 258

第十二章 制粉设备的检修 267

 第一节 给煤机的检修 267

 第二节 磨煤机的检修 271

参考文献 286

绪 论

在电力生产建设中，从事热力设备安装、检修的技术人员，不仅要掌握基本的操作技能，更要熟练掌握热力设备的装配及检修技能。

作为电力类高职高专院校，培养学生的目标是面向基层，面向生产、建设第一线，培养出实用型，产、学、研相结合的高技能型人才。热力设备装配与检修的内容包括电厂生产中用的工具与量具、起重设备与技术、汽轮机拆装与检修工艺、泵的拆装与检修工艺、阀门的拆装与检修工艺、转子静平衡、胀管工艺、热套工艺、弯管工艺、管件配制工艺、风机的检修工艺、制粉设备的检修工艺等。学生通过专业课的学习和各项工艺实训操作的训练，达到一定的技能要求。

一、“热力设备装配与检修”实训的意义

根据高等职业技术学院电厂热动力装置专业教学要求，为了培养德智体全面发展，适应社会主义现代化建设，从事火力发电厂热力设备运行、安装、检修及管理方面的高技能型人才，安排了“热力设备装配与检修”实训。

“热力设备装配与检修”实训是热动类专业在校学习中必不可少的一课。实训是使学生在学习一定的理论课基础上，亲身参加生产实践活动，获得一定的生产操作技能，初步掌握一定的生产技术和管理知识，加强理论联系实际的重要环节。为此，本实训安排在学生已学完全部基础课、专业基础课和部分专业课，并通过钳工实训和现场认识实训后，是一门专业性实训。通过专业性实训，不仅能使学生初步掌握火力发电厂热力设备的装配、检修、制作等基本技能，提高动手解决实际问题的能力，而且通过实际操作，对设备的结构、用途、技术要求等方面会有进一步的了解，为今后继续学好专业课打下坚实的基础，并掌握今后从事电力生产建设工作所需要的基本技能。因此，同学们一定要重视这项专业实训，且做到勤学苦练、刻苦钻研，真正掌握热力设备检修技能。

二、“热力设备装配与检修”课程的任务和要求

1. 熟悉起吊设备和起吊技术

要求基本掌握千斤顶、链条葫芦、吊车等起吊设备的使用方法。掌握栓连工具、钢丝绳的性能，并能正确地选择。

2. 熟悉检修时常用的工具和量具

要求掌握百分表、百分尺、游标卡尺、框式水平仪、合像水平仪、桥规、转速表、塞尺等量具的正确读数方法和使用方法。

3. 熟悉专用工具及专用设备

要求掌握风动扳手、气动扳手、液动扳手、电偶加热器、电动工具及普通扳手的性能和正确的使用方法。

4. 熟悉汽、水、油管道连接

在汽、水、油管道连接中，掌握弯管、胀管、管件配制、热套的工艺要求。通过实训练习能按图纸技术要求进行正确的管路连接。

5. 熟悉汽轮机安装检修工艺

(1) 熟悉汽封间隙、隔板间隙、轴颈扬度、转子晃动度、瓢偏度、轴弯曲度、轴瓦间隙、转子按联轴器找中心等工艺的测量方法。

(2) 熟悉汽缸、隔板、转子、轴瓦等设备的起吊工艺,基本熟悉汽缸、隔板、汽封、转子、轴瓦等设备的检修工艺。

6. 熟悉水泵、油泵、汽泵、阀门、风机、给煤机、磨煤机的测量和检修工艺

(1) 掌握泵、风机的对轮间隙、叶轮间隙、轴瓦间隙测量和调整,掌握汽封、水封、卡圈间隙的测量,掌握轴弯曲、瓢偏度、晃动度、轴颈扬度的测量。

(2) 掌握电厂常用泵、风机、给煤机、磨煤机的检修工艺。

(3) 掌握阀门拆装、阀门研磨工艺,阀门严密性检查工艺。

三、“热力设备装配与检修”课程的特点和学习方法

高职高专院校坚持以就业为导向,以职业素质教育为核心,产学紧密结合,培养适应电力生产、建设、管理等一线需要的高等技术应用型专门人才。本课程实践性强,又需要以较高的理论知识为基础,要求学生在操作前必须进行各项操作工艺内容的预习,在掌握了各项工艺要求后才能操作。因此,在学习和实训操作过程中要做到理论先行,做到理论联系实际;要求善于动脑,勤于动手,不能把各项实训操作当成单调的体力劳动和简单的工艺实习,而是要注重每一个环节,是技能、技巧和耐力的结合。只有在学习中做到师生互动,老师多动嘴,学生勤动脑、勤动手,经过反复思考、练习,科学、严格的实训操作,才能达到本课程的基本要求。

根据“热力设备装配与检修”课程的特点,在学习和工艺操作中应注意以下几点:

首先,在理论课上,必须专心听讲。听懂工艺要求的每一个环节,听懂每项工艺要求所用量具的正确读数方法和使用方法,听懂每项工艺的技术要求和质量标准。

其次,在每项工艺操作中,必须在认真完成每项工艺操作的内容时,具有坚韧的意志和吃苦的精神。在每项工艺操作中,精益求精,一丝不苟,坚持做好前一步再做下一步的操作。在操作中必需勤于动脑,不盲目动手,不蛮干,要培养学生解决实际问题的能力。

最后,在实训操作中,必须树立安全第一,预防为主的思想,在每项工艺操作前,首先要了解使用设备的性能和操作方法。把安全实训放在第一位,做好事故预想。工艺操作时要精力集中,自觉遵守实训规章制度,严格按电力安全操作规程进行。

第一章 工具与量具

在电力建设和生产工作要用到很多工具、量具和仪表。正确地掌握其使用方法，合理地选择工具和量具，能节省人力和时间，提高生产率。下面介绍一些常用工具、量具的使用方法和适用范围。

第一节 常用工具的使用及保养

在电厂的检修和安装中常用的工具有各种扳手、管钳、喷灯、铰刀、刮刀、手电钻等。本节主要介绍工具的适用范围，构造和保养，以及各种工具的使用方法。

一、喷灯

喷灯是一种加热设备，具有携带方便、操作简单等优点。

1. 喷灯的作用

喷灯适用于小型设备的拆卸和套装前的加热。例如，轴承的拆卸和套装、联轴器的拆卸和套装等都采用喷灯加热。

喷灯的工作过程：喷灯容器中的燃油由于受压经过滤油器进入输油管，燃油再经过喷嘴喷出与空气混合汽化，点燃后形成蓝色的火焰。

2. 喷灯的结构

喷灯的结构见图 1-1，它主要由喷焰管、预热盘、喷嘴、气筒等组成。

3. 喷灯的使用方法

拧开注油螺丝 7，将燃油注入燃油器（注量不超过容器的 $3/4$ ）。用气筒 8 向燃油器内打气加压，将燃油压入输油管，向预热盘 6 内加酒精并且点燃，对输油管进行加热，在预热火焰将要熄灭前，逆时针拧开调节阀 5，使受压的燃油喷入空气混合管 2 中而汽化，汽化了的燃油利用预热盘中的明火点燃。燃烧时所需要的氧气通过气流自然吸入。工作时，可旋转调节阀来控制火焰。

喷灯熄灭时，顺时针关闭调节阀 5，使其达到关闭状态，停止供燃油，火将自然熄灭。待喷灯冷却后，松开注油螺丝 7，使燃油容器内的压力降到大气压，然后关紧注油螺丝。

喷灯安全装置：安全杆上端与容器用锡焊焊住，下端装在容器底上。当容器中压力

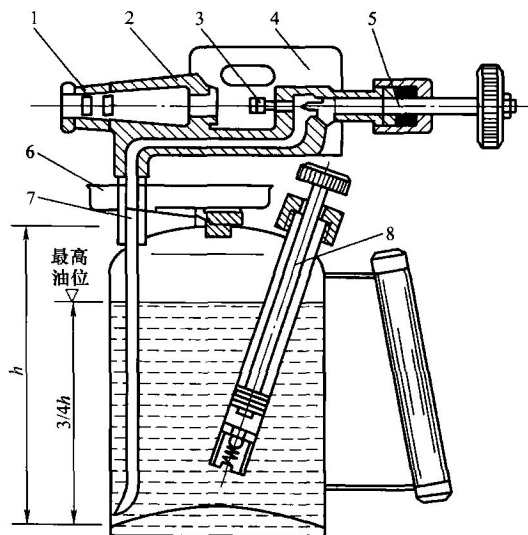


图 1-1 喷灯的结构

1—喷焰管；2—混合管；3—喷嘴；4—风罩；
5—调节阀；6—预热盘；7—注油螺丝；8—气筒

过高时，底部就会向外凸出，并将安全杆向下拉动，使安全杆上端的锡焊点拉开，容器就与大气相通，高压气体从焊点处逸出，避免了容器因压力超载而爆炸。

二、手电钻

手电钻的种类较多，常用的有三相电钻（电压 380V）、单相电钻（电压 220V）。手电钻具有携带方便，操作简单，使用灵活的特点，常用在不便于使用钻床钻孔的地方。

1. 手电钻的结构

手电钻主要由电动机、两级减速齿轮组成，见图 1-2。

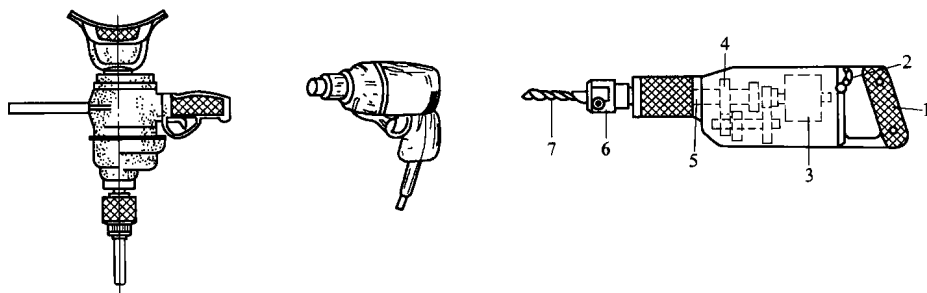


图 1-2 手电钻

1—手柄；2—开关；3—电动机；4—齿轮；5—钻轴；6—钻夹头；7—钻头

2. 手电钻的使用方法

手电钻是用手扶持，用人工压力进刀的钻削设备，因此，要求钻头必须锋利。使用前将钻头旋紧在钻夹中，保证钻头中心与钻轴中心一致。接好电源。为保证被钻孔的中心与图纸上要求的中心重合，先将被钻孔的中心打上样冲眼，钻头中心对准样冲眼，打开电源开关，加一定的压力。手电钻本身有一定的负载力，钻孔时压力不要过大，如发现手电钻转速降低，应立即减轻压力。

3. 使用电钻时注意事项

在钻削工作中，如发现手电钻突然停转时，要及时切断电源，查明原因。移动手电钻时，应握持手柄，严禁拉橡皮软线拖动手电钻。钻孔完毕时，将钻头拔离孔后，再切断电源。用完手电钻后要擦拭干净放入盒中保管。

三、铰刀

1. 铰刀的作用

铰刀是一种多刃切削刀具。在电厂的检修工作中，常利用铰刀加工精度要求较高，粗糙度要求较低的孔。如设备上的定位销孔，有一定配合间隙的孔都采用铰刀铰孔。

2. 铰刀的结构

常用的铰刀有手用和机用两种，见图 1-3。铰刀具有导向性好、切削阻力小、尺寸精度高等特点。

铰刀主要由切削部分、颈部、起削刃和尾部组成。刀齿的数目根据铰刀直径不同有 4~12 条，刀刃的形状为楔形，因为它的切削用量很小，所以前角为 0° 。

3. 铰刀的使用方法

铰孔的前道工序（钻孔或镗孔）必须留有一定的加工余量，供铰孔时加工。根据底孔的直径（按图纸要求）选择铰刀，按要求确定铰孔次数。铰刀在铰杠上装夹后，持铰刀插入被

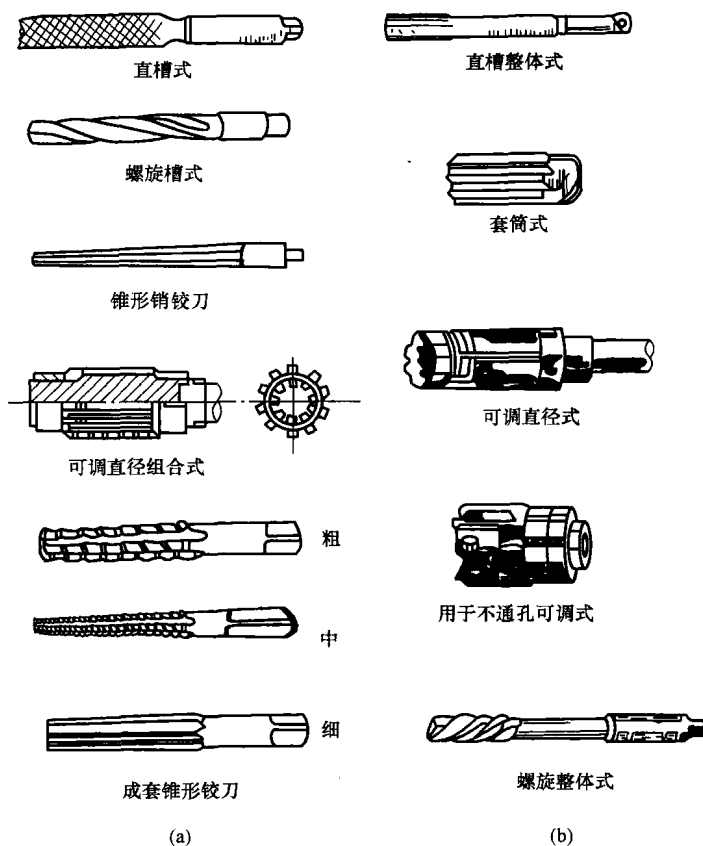


图 1-3 各种形式的铰刀
(a) 手用铰刀; (b) 机用铰刀

铰孔内, 用直角尺检查铰刀与孔端面的垂直程度。两手握持铰杠柄部, 稍加均衡压力, 按顺时针方向扳动铰杠进行铰削。

铰刀是精加工刀具, 用后应将切削部分清理干净, 涂油放入专用盒内, 以防生锈或被破坏。

四、刮刀

刮削工艺的主要工具就是刮刀。在电厂的检修工作中很多的设备都要进行刮削, 如汽缸结合面、推力盘、轴瓦等。

刮削工艺具有精度高、表面粗糙度低的特点, 所以它的用途很广。刮刀的种类很多, 对于不同形状的工作选用不同形式的刮刀。

1. 刮刀的结构

刮刀分为平面刮刀和曲面刮刀。

平面刮刀又分为直头刮刀和弯头刮刀两种, 主要用于刮削平面, 如图 1-4 所示。

曲面刮刀分为匙形刮刀、三角刮刀和圆头刮刀, 主要用于刮削曲面, 如图 1-5 所示。

刮刀一般采用 T12A 钢制成, 对于较硬的工件采用焊接合金钢刀头和硬质合金刀头的方法进行加工。

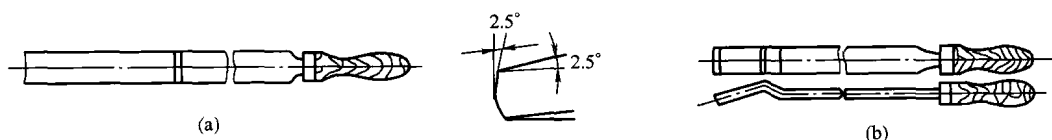


图 1-4 平面刮刀

(a) 直头刮刀; (b) 弯头刮刀

2. 刮刀的使用方法

(1) 平面刮刀的使用方法。用右手握住刀柄，左手握刀杆（距刀头大约 50mm），刮削时，右臂利用上身摆动向前推，左手向下压，并引导刮刀的方向。左足前跨，上身随着向前倾斜，这样可以增加左手的压力。

(2) 曲面刮刀的使用方法。曲面刮削是刀具作螺旋运动。使用时右手握住刀柄，左手握住刀杆（手掌向下横握）。刮削时，右手作半圆扭动，左手顺着曲面方向拉动或推动刀杆，与此同时，刮刀在轴向作螺旋运动。

五、扳手

扳手的种类较多，常用的扳手有活动扳手、套筒扳手、梅花扳手、开口扳手等，其作用都是在松、紧

螺丝时增长力臂，使螺丝旋紧到所需要的紧力。根据不同的设备，不同的螺丝，选用不同的扳手。下面就介绍部分不同扳手的结构、用途和使用方法。

1. 活动扳手

活动扳手俗称活扳子，其优点是可以调整扳手开口的大小，松、紧不同尺寸的螺丝。活动扳手由手柄、扳口、调整螺丝等部分组成，其规格有 100mm×14mm、150mm×19mm、…、600mm×65mm 等八种。

使用方法：把扳手套在将要松紧的螺丝上，用调整螺丝将扳口调整到大于被拧螺丝的最大直径，再将扳口调整到与螺帽紧密接触，此时，就可以加力旋转手柄（正螺纹紧螺丝时，顺时针扳动手柄，松螺丝时，逆时针扳动手柄；反螺纹与其相反）。

2. 套筒扳手

套筒扳手由套筒、加力杆、摇把等组成。常用的套筒扳手一般每套由 32 件组成，适用于 $\phi 6 \sim \phi 32$ 螺丝的松紧。此种扳手使用方便，套筒与螺帽结合良好，不易损坏螺帽，工作效率比较高。但是加力杆较短，不适于紧力较大螺丝的松紧。

使用时，可以根据螺丝的尺寸选择与其对应的套筒，将套筒套在螺帽上，将摇把或加力杆装到套筒上加力旋转。紧螺丝时（对于正螺纹）顺时针旋转，反螺纹与其相反。使用后，将套筒和摇把、加力杆卸下，擦拭干净，清点数目，装入专用的扳手盒内。

3. 梅花扳手

梅花扳手俗称眼镜扳手。两头为扳口，中间部分为加力杆。常用的梅花扳手每套由 8 件组成，适用于 $\phi 5 \sim \phi 27$ 螺丝的松、紧。扳口与螺帽接触良好，使用方便，但是加力杆较短，

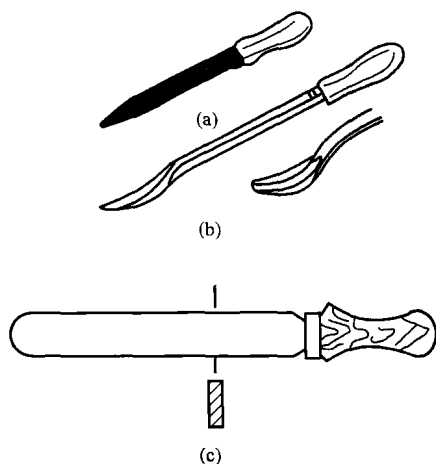


图 1-5 曲面刮刀

(a) 三角刮刀; (b) 匙形刮刀; (c) 圆头刮刀

不适合紧力较大螺丝的松、紧。

使用时,根据螺丝的直径选择与其对应的扳手。将扳口套在螺帽上加力旋转,旋向与螺丝松、紧的关系与活动扳手相同。

4. 开口扳手

开口扳手俗称呆扳子。扳子的两头为开口的扳口,中间连接两扳口部分为加力杆。此种扳手结构简单,造价低、使用方便。

使用时,根据螺丝的直径选择与其对应的扳手,将扳口对准螺丝加力旋转,旋向与螺丝松、紧的关系与活动扳手相同。

[工艺实习]

- (1) 能正确地使用喷灯,并能利用喷灯对工件进行加热。
- (2) 能正确地选择和刃磨钻头,用手电钻钻削 $\phi 3 \sim \phi 13$ 的孔。
- (3) 掌握平面刮刀的使用方法,能用直头刮刀刮削平面(如水泵结合面、轴承座结合面等);掌握曲面刮刀的使用方法,用三角刮刀刮削轴瓦。
- (4) 正确地选择各种扳手,能熟练使用扳手松、紧各种形式的螺丝。

第二节 常用量具的使用方法

电厂生产中常用的量具和仪器很多。正确地选择和使用量具,能提高检修和安装的质量和效率。本节主要介绍一些常用量具的精度、读数方法、使用方法,了解适用范围和保养方法。

一、百分尺

1. 外径百分尺

外径百分尺是常用的测量量具,主要用于测量工件的长、宽、高和外径。测量时能准确地读出尺寸,精度可达到 0.01mm 。测量范围为 $0 \sim 25\text{mm}$ 是一种规格, $25 \sim 50\text{mm}$ 为一种规格,以此类推,每隔 25mm 为一种规格,最大测量尺寸为 300mm 。

(1) 外径百分尺的结构。外径百分尺的结构见图 1-6。它主要由弓架、测砧、测轴、制动销、固定套筒、活动套筒、棘轮组成,其中弓架、测砧和测轴都经过热处理和磨光。

(2) 外径百分尺的读数方法。外径百分尺固定套筒(见图 1-7)的圆柱表面一侧刻有一条纵向线,在线的上方刻有毫米格,在线的下方刻有 $1/2\text{mm}$ 格,活动套筒锥形表面上刻有 50 等分的小格。

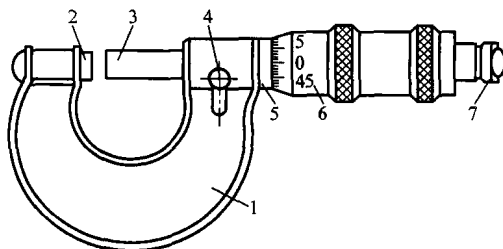


图 1-6 外径百分尺的构造

- 1—弓架; 2—测砧; 3—测轴; 4—制动销;
5—固定套筒; 6—活动套筒; 7—棘轮

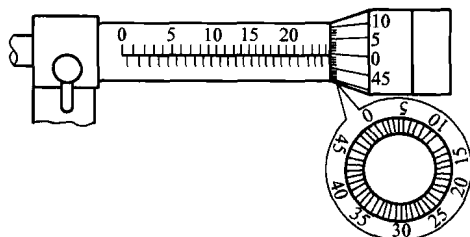


图 1-7 外径百分尺的刻线原理

测量时,活动套筒每转动一周,测轴与测砧两测量面就变动 0.5mm,活动套筒顺时针转动一周,测轴与测砧两测量面的距离就缩短 0.5mm,逆时针转动一周,就离开 0.5mm。如果活动套筒转 1/50 周(即一小格),测轴与测砧两测量面的距离就变动 0.01mm。测量时,测距变动的数值在固定套筒纵向线上方读出毫米整数,下方读出 1/2mm 数,不足 1/2mm 的小数就在活动套筒锥形表面上读出格数。

被测尺寸 = (固定套筒纵向线上方 mm 数 + 下方 1/2mm 数 + 活动套筒格数) × 0.01mm

外径百分尺读数实例见图 1-8。

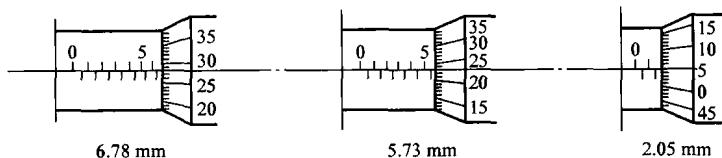


图 1-8 外径百分尺的读数实例

(3) 百分尺的使用方法。使用前,应先将检验棒置于测砧与测轴之间(0~25mm 的外径百分尺不用检验棒),检验固定套筒纵向刻线和活动套筒端头边线是否重合,活动套筒的轴向位置是否正确。如固定套筒纵向线和活动套筒端头边线不重合,则必须调整。调整方法是,松开紧固螺母,用制动销固定住测轴,拧动固定套筒,调整到两线重合后,再紧固定螺母即可使用。

测量时,拧动棘轮,两个测量表面接触被测件,当棘轮出现空转并发出咔咔响声,此时就可以读出尺寸。但需注意,测量时绝对不能拧动活动套筒,否则所测的尺寸不准确。如受条件限制不能读出尺寸时,可先旋转制动销,然后取下百分尺再读数。

(4) 百分尺的保养。百分尺在使用时不能摔或碰,测轴不能弯曲,测砧表面不能打磨。使用前要将两个测量表面用软布擦拭干净。用后涂上防腐油,装入盒内保管。

2. 内径百分尺

内径百分尺是用来测量内径尺寸的,分普通式和杠杆式两种,其结构如图 1-9 所示。测量直径较小的孔时,用普通式内径百分尺。这种百分尺的刻线方向与外径百分尺和杠杆式内径百分尺均相反。当活动套筒顺时针旋转时,活动套筒连同左侧卡脚一起向左移动,测距越来越大,如图 1-9 (a) 所示。

测量较大孔径时,选用杠杆式内径百分尺,如图 1-9 (b) 所示。它由两部分组成,一

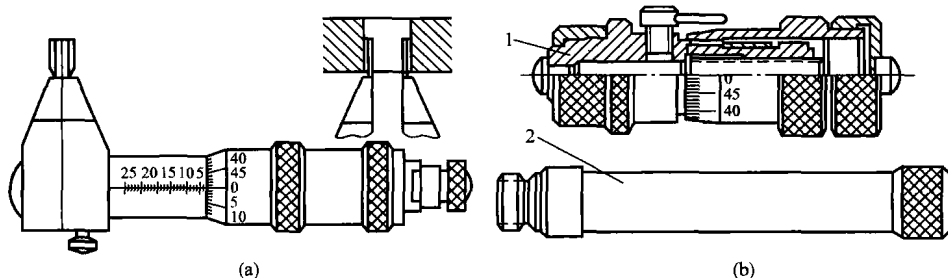


图 1-9 内径百分尺的构造

(a) 普通式; (b) 杠杆式

1—尺头部分; 2—加长杆

是尺头部分，二是加长杆。螺杆的最大行程是 25mm。为了增加测量范围，可在端头上旋入加长杆。成套的内径百分尺，加长杆可以测至 1500mm。杠杆式内径百分尺无棘轮装置，测力大小，由手的感觉来掌握。

在使用内径百分尺时，先要进行校验。其方法可用外径百分尺来测量，看其测得的尺寸是否与内径百分尺的标准尺寸相同；如不相同，应该松开紧固螺母进行调整。

测量时，一只手扶住固定端，另一只手旋转套筒，做上、下、左、右移动，这样测得的尺寸比较准确。

二、塞尺（薄厚规）

塞尺是由一些不同厚度的薄钢片组成的测量工具，其结构见图 1-10。每片上都标有厚度尺寸。在设备的安装和检修工作中用于测量结合面的间隙（如汽缸结合面、联轴器的对轮间隙、轴瓦间隙等）。

塞尺的规格按长度有 50、100、150、200、300mm 等，最小厚度每片可以达到 0.01mm。

使用时要注意将各钢片一定擦拭干净；不能使钢片对折使用，使用后涂上防腐油。

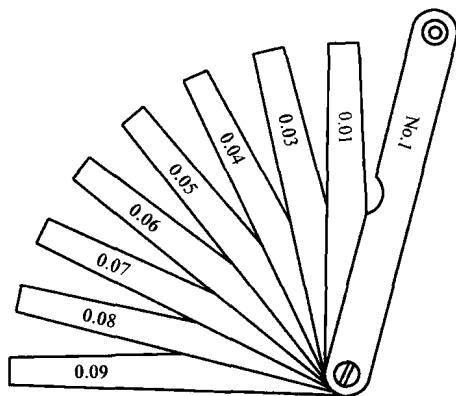


图 1-10 塞尺

三、百分表

百分表是一种常用的精密测量工具。它能测量工件的几何形状及相对位置，如平面度、平行度、同轴度、圆柱度和径向跳动等。在电厂的安装检修工作中用来测量转子的瓢偏度、晃动度，两个对轮的平行度，轴的弯曲度等。

1. 百分表的构造

百分表主要由触头、测量杆、大指针、小指针、表盘、套筒、外壳等部件组成，如图 1-11 所示。

百分表的测量范围为：0~3，0~5，0~10，测量精度为 0.01mm。大圆盘沿圆周共分为 100 格，当测量杆上或下移动 0.01mm 时，大指针转动一个格；当测量杆上或下移动 1mm 时，大指针转一周，小指针转动一格（即 1mm）。

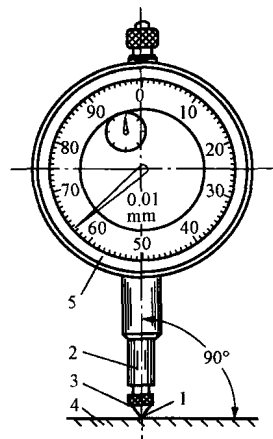


图 1-11 百分表的构造

1—触头；2—测量杆；3—测头；
4—工件；5—活动表圈

2. 百分表的使用方法

百分表在使用时，可装在专用的表架上。图 1-12 (a) 所示为 H 形底座的表架。底座能很好地与平台或基准面结合。现场大多都采用磁力表架，投磁后能使底座牢固地吸合在基准面上，使测量的稳定性很好。用百分表测量轴的晃动度（径向跳动）如图 1-12 (b) 所示。测量时，先将触头抬高一定数值（一般为 1~2mm），然后转动表盘，使大指针调整到零，这样在测量的时候避免出现负值（具体的测量方法见汽轮机的拆卸及组装）。

3. 使用百分表时的注意事项

百分表使用时不能碰撞；不能使触头突然触及工件；不

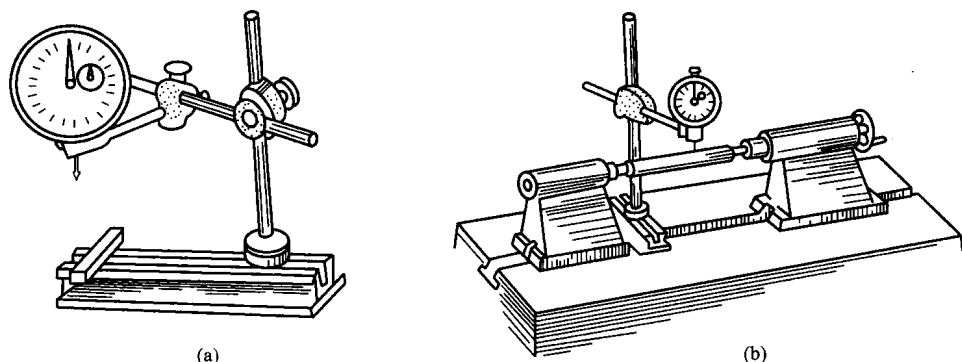


图 1-12 百分表的使用

(a) 百分表的表架；(b) 用百分表测量轴的径向跳动

能将固定表的螺丝拧得太紧，否则将套筒夹扁，测量杆移动受阻；被测表面应擦干净；避免受潮，用后放入专用盒内。

四、水平仪

水平仪用来检验转动机械和工件的平行度、平面度、垂直度和设备安装时相对的水平位置。常用的水平仪有普通水平仪、框式水平仪和合像水平仪。

1. 普通水平仪

(1) 普通水平仪的结构。普通水平仪由工作底面和水准器组成，如图 1-13 (a) 所示。

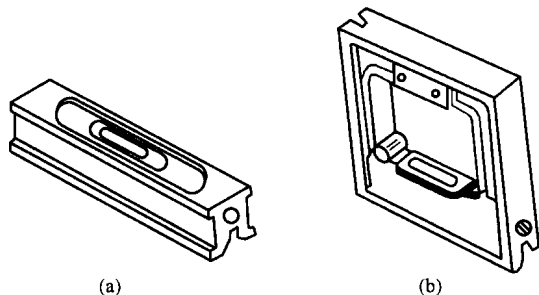


图 1-13 水平仪的构造

(a) 普通水平仪；(b) 框式水平仪

水准器与工作底面平行，有封闭的玻璃管，表面刻有刻度。当水平仪放在标准的水平位置时，水准器的气泡正好在中间位置；当被测表面稍有倾斜，水准器的气泡就向高处移动，在水准器的刻度上可读出两端高低的差值。水平仪的精度较低，用在一般找平的设备上。

(2) 使用方法。精度为 $1\text{mm}/1000\text{mm}$ 的水平仪，表示气泡移动一格，被测长度 1m 时，两端高度差为 1mm 。在实际测量中，

如气泡偏离中心 2 格时，说明在 1m 长内水平相对偏差为 2mm 。使用时需将被测量面和水平仪工作底座擦干净，不能粘有灰尘和杂物，否则将降低测量精度。

2. 框式水平仪

(1) 框式水平仪的结构。框式水平仪呈正方形，有四个相互垂直的工作平面，还有纵向、横向两个水准器，如图 1-13 (b) 所示。

因此，它除了具有普通水平仪的功能外，还能检验设备的垂直度和平行度。框式水平仪的规格有 $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ ， $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ ， $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 三种，最常用的是 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ 的，精度为 $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$ 。

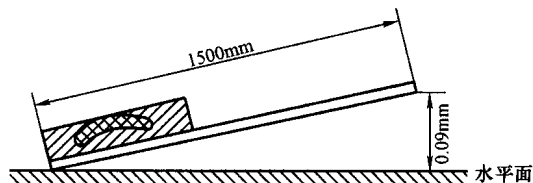


图 1-14 水平仪的使用

(2) 使用方法。读数方法是用精度为 $0.02\text{mm}/1000\text{mm}$ 的水平仪测量 1500mm 长的工件表面时, 当气泡偏离中心 3 格时, 工作表面的相对高度差见图 1-14。

计算方法为

$$\text{高度差} = 1500 \times 3 \times 0.02/1000 = 0.09(\text{mm})$$

使用时注意要保持工作底座的清洁, 各工作底面不能碰撞, 用完后涂油放入盒中。

3. 合像水平仪

合像水平仪用于检验工件表面和设备的微小倾斜度、平面度和设备的相对位置, 其测量精度很高, 并能直接读出测量结果。

(1) 合像水平仪的结构。合像水平仪主要由底盘、玻璃管、指针、刻度盘等组成, 见图 1-15。水准器的玻璃管装在水平仪内杠杆架上特制的底盘上, 其水平位置可由旋钮通过螺杆、螺母和杠杆等进行调节, 如图 1-15 (b) 所示。玻璃管内的气泡的两端圆弧分别由三个不同位置的棱镜反射到窗口内的圆形镜框内, 分成两半合像。

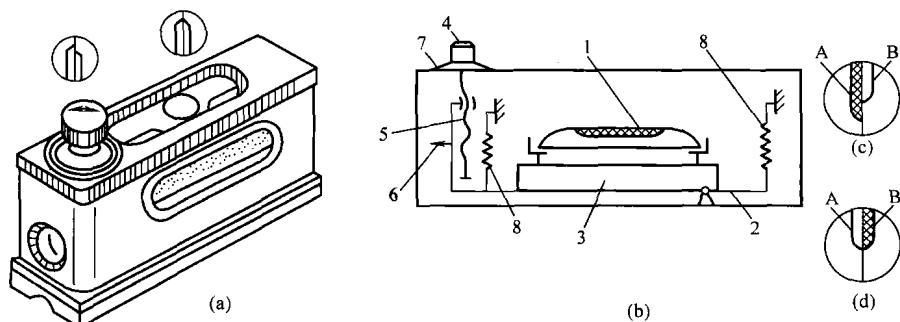


图 1-15 合像水平仪的构造

1—玻璃管; 2—杠杆; 3—底盘; 4—旋钮; 5—螺杆螺母; 6—指针; 7—刻度; 8—弹簧

(2) 合像水平仪的使用方法。水平仪底面在一个水平位置时两半合像同高 [见图 1-15 (d)], 若水平仪底面不在水平位置, 两半合像有高度差, 气泡 A、B 的像就不相合, 如图 1-15 (c) 所示。这时从指针窗口查看, 可读出高度差的值 (mm), 再从旋钮刻线处再读出高度差的刻线格数 (一格代表 1m 长度的高度差是 0.01mm), 将两个数值相加, 即为高度差的数值。

例如: 指针窗口的读数为零, 旋转刻线格数为 12 格, 它的高度差数值就是 $0 + 0.01 \times 12\text{mm}$, 即 1m 长的高度差为 0.12mm 。

五、角度尺

角度尺是用来检验工件和设备角度的。常用的角度尺有直角尺和万能角度尺。

1. 直角尺

直角尺是用来检查工件和设备内、外直角的, 直角尺分为整体式和组合式两种, 如图 1-16 所示。整体式直角尺是用整块金属钢板制成的, 组合式直角尺由两块金属制作组合为一体。直角尺由尺苗和尺座两部分组成, 长边叫尺苗, 短边叫尺座。

直角尺的使用方法: 将尺座一面靠紧被测件的基

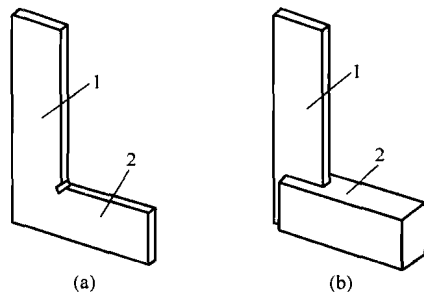


图 1-16 直角尺

(a) 整体式; (b) 组合式

1—尺苗; 2—尺座