



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

热力设备检修 基础工艺

(第二版)

赵鸿逵 编



中国电力出版社

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



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

热力设备检修 基础工艺

(第二版)

赵鸿逵 编
傅小平 高武德 主审



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书主要讲述火力发电厂热力设备检修的基础工艺,其内容包括设备检修过程中的拆卸、修理、装配和测量,重点突出各类设备在检修时的共性工艺及其测量工作,同时对新工艺、新机具及新的测量仪器也作了较详细的叙述。

本书可作为职业技术学院电力技术类专业教材,也可作为火力发电厂热动专业检修人员的培训教材和自学用书,还可供其他相关专业的检修人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

热力设备检修基础工艺/赵鸿逵编.—2版.—北京:中国电力出版社,2007.2

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978-7-5083-5185-8

I. 热... II. 赵... III. 火电厂—热力系统—检修—职业教育—教材 IV. TM621.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 006335 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

1999 年 2 月第一版

2007 年 2 月第二版 2007 年 2 月北京第七次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 375 千字

印数 169001—172000 册 定价 23.60 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

《热力设备检修基础工艺》于1999年2月出版，至今已使用7年多时间。无论是电力工业发展，还是教学体制改革都需要对教材的内容进行修改。

本次修订坚持原教材的编写原则，即突出基础工艺与实用性，以技能培训为目的，适用于职业技术教育。此次修订，删除或简化了已过时的或很少采用的检修内容，增加了新工艺、新技术、新标准及检修实例，增强了本书的实用性。同时在修订中也完善了原教材的不足之处，如在滑动轴承检修中增添了轴颈与油系统检修，在滚动轴承检修中增添了润滑脂的知识等。

使用本书时，应注意以下几点：

- (1) 全书共分13章，原则上每一章就是技能培训的一个实习课题；
- (2) 实现全部课题的基础工艺实习，其实习时间不得少于6周（即30天）；
- (3) 本书的工艺讲解，可以将每章内容分别与本课题的实习同步进行，也可以采用集中授课；
- (4) 电工常识、急救及消防未编入本教材中，但在校内实习时，应列为实习内容。

本书的修订工作由赵鸿逵完成，江西电力职业技术学院傅小平、重庆电力教育培训中心高武德任主审。在修订工作中得到重庆电力教育培训中心的大力支持，在此深表谢意。对本书所在的问题和不足之处，恳请读者指正。

编者

2006年7月

目 录

前言

第一章 工具与量具	1
第一节 常用工具	1
第二节 量具	6
第三节 工具、量具保养及其使用注意事项	17
思考题	18
第二章 起重	19
第一节 索具及拴连工具	19
第二节 起重机具	25
第三节 重物的拖动及撬棍的使用	31
第四节 起重作业中应注意的事项	33
思考题	35
第三章 通用件装配工艺	37
第一节 机械设备拆装通则	37
第二节 轴上套装件的拆卸与装配	38
第三节 螺纹连接及螺栓的拆装	44
第四节 键、销装配与取出	57
第五节 V带（三角皮带）传动装置检修	59
第六节 齿轮与蜗杆传动装置检修	62
第七节 联轴器检修	68
思考题	69
第四章 直轴及晃动测量	71
第一节 直轴	71
第二节 晃动与瓢偏测量	78
思考题	81
第五章 滚动轴承检修	83
第一节 滚动轴承分类、代号及轴承钢	83
第二节 滚动轴承轴向固定及配合	84
第三节 滚动轴承安装与拆卸	86
第四节 滚动轴承检查及损坏原因	92
第五节 滚动轴承润滑及密封装置	94
思考题	96

第六章 滑动轴承与轴颈检修	97
第一节 概述	97
第二节 油膜与瓦形	98
第三节 滑动轴承的缺陷及检查方法	100
第四节 轴瓦刮削	104
第五节 轴瓦间隙与紧力测量	107
第六节 轴承合金及瓦的补焊	110
第七节 滑动推力轴承及非金属滑动轴承检修	113
第八节 轴颈与轴系统检修	115
思考题	117
第七章 管道检修及胀管	119
第一节 管道检修	119
第二节 管道的膨胀与补偿	128
第三节 管道支吊架的分类与维修	130
第四节 弯管及铜管的弯制和连接	134
第五节 管道金属监督	140
第六节 铜管胀接	142
思考题	145
第八章 阀门检修	147
第一节 阀门拆装与修理	147
第二节 阀门研磨	151
第三节 盘根	155
第四节 高压阀门自密封装置检修	159
第五节 阀门水压试验及质量标准	163
第六节 动态、静态密封材料	164
思考题	167
第九章 联轴器找中心	168
第一节 概述	168
第二节 找中心方法及步骤	169
第三节 运行状态下转子中心的变化	177
第四节 简易找中心及立式转动设备找中心	178
第五节 激光找中心	179
思考题	181
第十章 转子找平衡	182
第一节 概述	182
第二节 转子找静平衡	184
第三节 刚性转子高速找动平衡	190
第四节 加重法找动平衡	198
第五节 试加重的计算及平衡块的配制与固定	201

第六节	查找机组振动的原因	202
思考题		203
第十一章	特殊检修工艺	205
第一节	喷涂与涂镀	205
第二节	金属的粘接与密封技术	208
第三节	设备诊断技术简介	213
思考题		215
第十二章	泵与风机检修	216
第一节	多级泵（给水泵）检修	216
第二节	单级离心泵检修	224
第三节	离心风机检修	226
思考题		228
第十三章	水位计与安全门检修	230
第一节	水位计检修	230
第二节	安全门检修	234
思考题		239

工具与量具

第一节 常用工具

一、电动工具

电动工具是由电力驱动、用手来操纵的一种手工工具统称。这类小型化电动工具是由电动机、传动机构和工作头三部分组成。

电动工具使用的电动机要求体积小、重量轻、过载能力大、绝缘性能好。最常用的电动机有：交直流两用串激电动机，转速在 10000r/min 以上；三相工频电动机（鼠笼型异步电动机），转速在 3000r/min 以下。

传动机构的作用是改变电动机转速、扭矩和运动形式。运动形式可分为：

（1）旋转运动。电动机通过齿轮减速，带动工具轴作旋转运动，如电钻、电动扳手等。也有电动机不经过减速直接带动工具的，如手提式砂轮机。

（2）直线运动。电动机经减速后带动曲柄连杆机构，使工具轴作直线运动，包括振动、往复运动和冲击运动，如电锯、电冲剪、电铲等。

（3）复合运动。工具作冲击旋转运动，如电锤、冲击电钻等。

工作头是直接对工件进行各种作业的刀具、磨具、钳工工具的统称，如钻头、锯片、砂轮片、螺帽套筒等。

在热力设备检修工作中，常用的电动工具有手电钻、角向砂轮机、电动扳手、电锤与冲击电钻。

1. 手电钻

手电钻的结构如图 1-1 所示。它分为手提式和手枪式两种电钻。手电钻除用来钻孔外，还可用来代替作旋转运动的手工操作，如研磨阀门等。手枪式电钻钻孔直径一般不超过 6mm。

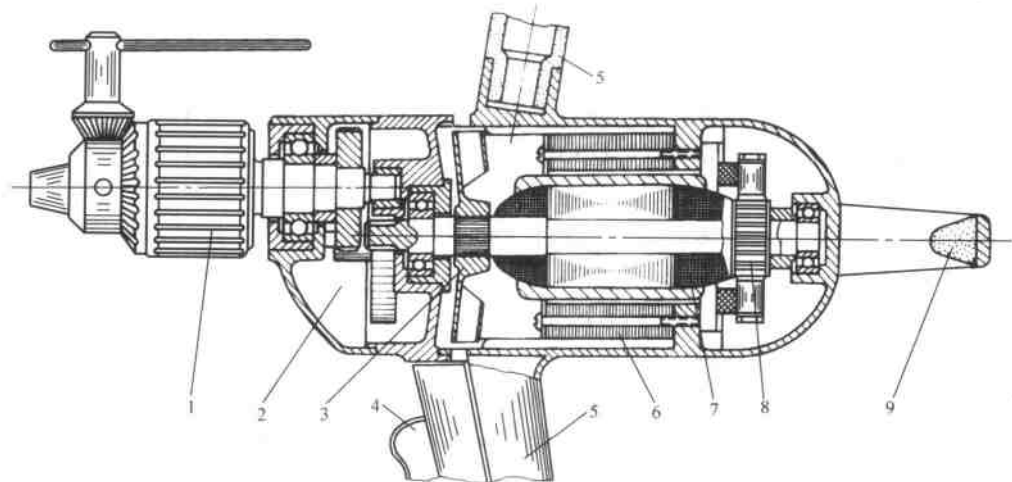


图 1-1 手电钻结构

1—钻夹头；2—减速机构；3—风扇；4—开关；5—手柄；6—静子；7—转子；8—整流子；9—顶把

2. 角向砂轮机

角向砂轮机的结构如图 1-2 所示。它有多种规格,以适应不同场合的需要。它主要用于金属表面的磨削、去除飞边毛刺、清理焊缝及除锈、抛光等作业,也可以用来切割小尺寸的钢材。

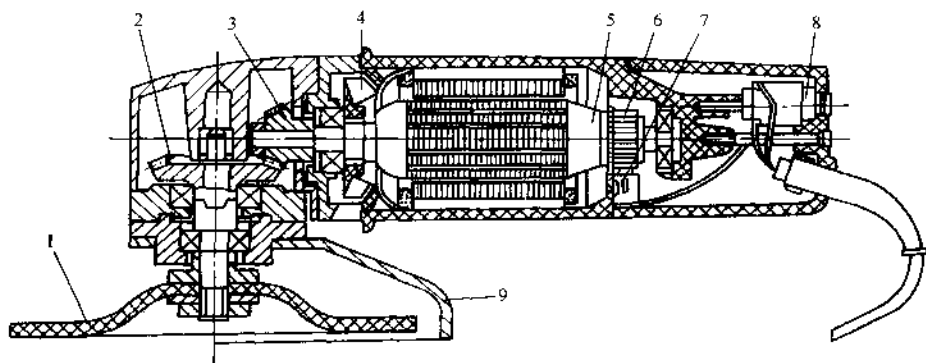


图 1-2 角向砂轮机结构

1—砂轮片；2—大伞齿轮；3—小伞齿轮；4—风扇；5—转子；
6—整流子；7—炭刷；8—开关；9—安全罩

在使用角向砂轮机时,砂轮机应倾斜 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ [图 1-3 (a)],并按图 1-3 (b) 所示方向移动,以使磨削的平面无明显的磨痕,且电动机也不易超载。当用来切割小工件时,应按图 1-3 (c) 所示的方法进行。

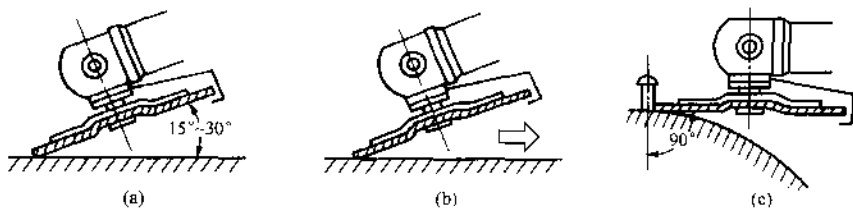


图 1-3 角向砂轮机的使用方法

3. 电动扳手

在检修中,由于螺栓类别繁多且地点分散,一般不采用电动扳手;但对大扭矩、高强度的螺栓,可采用定扭矩电动扳手。用这种扳手当扭矩达到某一定值后,则自动停机。

4. 电锤与冲击电钻

电锤用于清除铁锈、水垢、锅炉打焦、地面开孔等作业,其工作原理如图 1-4 所示。电锤作冲击—旋转运动,冲击力是靠活塞 4 产生的压缩空气带动锤头往复运动,锤头 3 冲击钻杆。若将钻杆换成短杆(图 1-4 中下图),由于压缩空气从排气孔 2 排出,锤头处于不动作状态,此时电锤则仅作旋转运动。

冲击电钻主要用于开孔作业,其结构如图 1-5 所示。冲击电钻的冲击作用是靠机械式冲击,无缓冲机构,故冲击装置易磨损。在只需作旋转运动的作业时,就不要使冲击装置投入工作状态。

使用电动工具时应注意的事项:

(1) 定期检测电动机绝缘性能(用绝缘电阻表测量),若绝缘不合格或已漏电的电动工

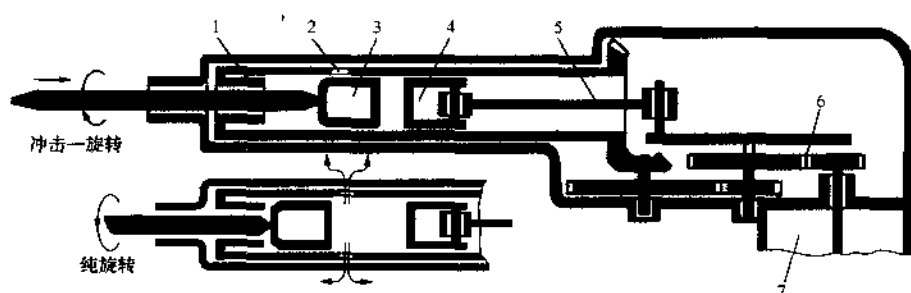


图 1-4 电锤工作原理

1—旋转空心轴（内部为气缸）；2—排气孔；3—锤头；4—活塞；
5—曲柄机构；6—减速齿轮；7—电动机

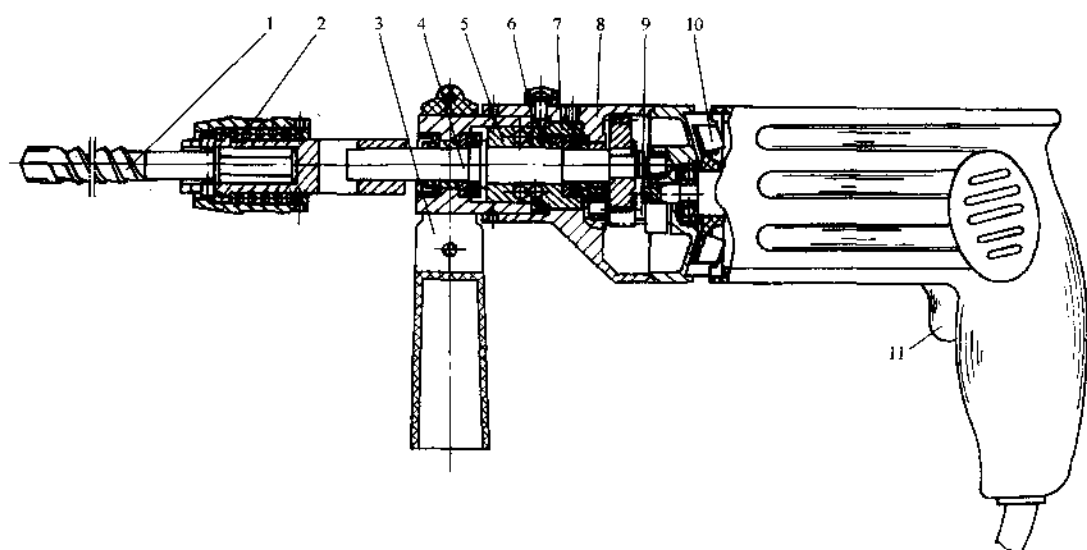


图 1-5 冲击电钻结构

1—硬质合金钻头；2—钻套；3—把手；4—钻轴；5—冲击块；6—调节环；
7—固定冲击块；8—机壳；9—主轴；10—风扇；11—开关

具，则严禁使用。

(2) 使用前检查电源电压是否与工具的使用电压相符，橡皮电缆、工具上的电气开关是否完好。

(3) 使用时待工具的转速到达额定转速，方可进行作业并施加压力。

(4) 使用电动工具是靠人力压着或握持着的，在工具吃力时要特别注意工具的反扭力或反冲力；使用较大功率的电动工具或进行高空作业时，必须要有可靠的防护措施。

(5) 在工作中发现电动工具转速降低时，应立即减小压力；若突然停转，则应及时切断电源，并查明原因。

(6) 移动电动工具时，应握持工具手柄并用手带动电缆，不允许拉橡皮电缆拖动工具。

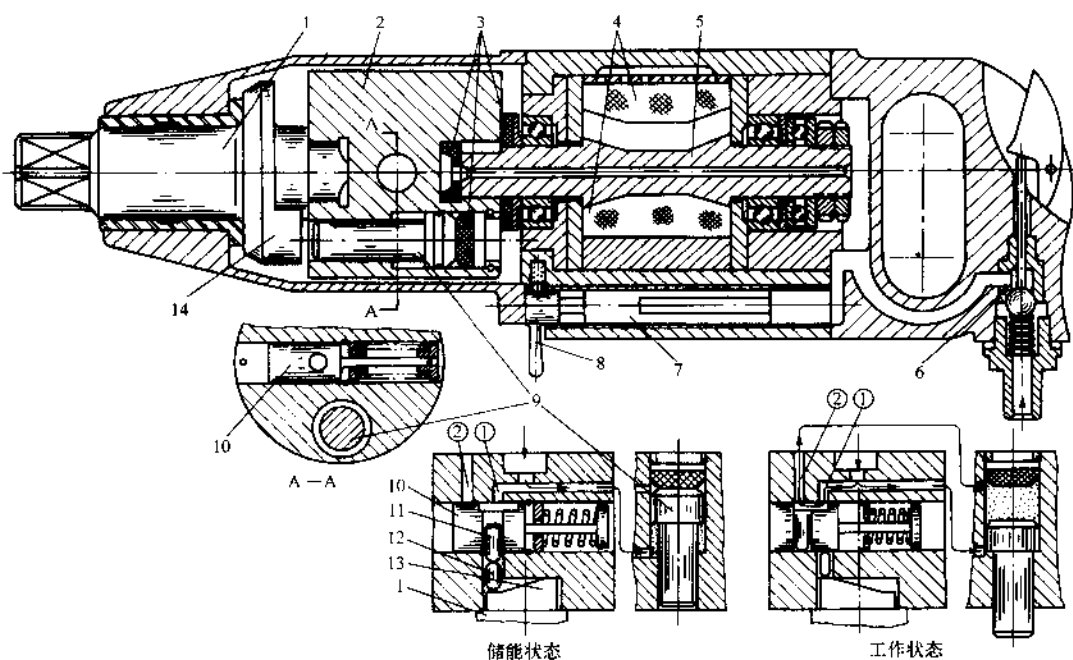
二、风动工具

在热力设备检修工作中，使用电动工具、风动工具可以大大减轻劳动强度，提高工效。如用人工紧固一台高压加热器的汽侧法兰螺栓（M45），需四个强劳动力工作 8h；使用风扳

机或电扳机,只要一个人 2h 就可以完成,且紧力均匀,螺栓也不承受弯矩。又如凝汽器更换铜管,使用风动或电动胀管机平均 3~4s 即可胀一个管口,比手工操作快 10 倍,并能自动控制胀口紧力,保证胀接质量。

风动工具的动力是压缩空气,工作气压一般为 0.6MPa。由于风动工具的动力部分无传动机构、活动件少,故工作可靠、维护方便、使用安全。这对于情况复杂的检修场地是非常可取的。

现以风扳机为例,简述旋转类风动工具的工作原理。图 1-6 为 SB 型储能风扳机结构与动作原理。



SB 型储能风扳机主要技术性能

型 号	螺栓直径 (mm)	最大扭矩 (N·m)	使用气压 (MPa)	机重 (kg)
SB5	50	5000	0.4~0.6	17
SB6	100	12000	0.4~0.6	28

图 1-6 SB 型储能风扳机结构与动作原理

1—扳轴；2—飞锤；3—橡皮垫；4—滑片；5—转子；6—进气阀；7—倒顺阀芯；8—倒顺手柄；
9—冲击销；10—离心阀；11—定时销；12—顶杆；13—扳轴凸缘；14—挡块

压缩空气经进气阀 6 进入机体后分两路：一路通过变向阀进入气缸驱动转子 5 旋转，并带动飞锤 2 旋转；另一路通过转子中心孔进入飞锤。当转子的转速达到一定值时，飞锤中的离心阀 10 克服弹簧张力向外滑出，滑到一定位置后，气道①与气道②接通，压缩空气推动冲击销 9 伸出飞锤，并冲动扳轴 1 上的挡块 14 带动扳轴转动，从而将螺帽拧紧。在拧紧螺帽过程中，随着阻力的增加，飞锤能量耗尽而转子的转速降低，离心阀 10 也因离心力减小

被弹簧拉回原位, 气道①与气道②被切断, 此时冲击销下部的压缩空气将冲击销压回飞锤内。这样, 飞锤不断地重复上述动作, 直至拧紧螺帽。

扳轴头部有一凸缘 13, 飞锤每转一周, 定时销 11 被凸缘顶起一次; 被定时销锁住的离心阀, 只有当定时销被顶起的瞬间方可滑出; 凸缘 13 与挡块 14 间错开一定的角度, 从而保证冲击销在伸出后再冲动挡块。

三、其他工具

1. 喷灯

喷灯是一种加热工具, 其结构如图 1-7 所示。喷灯是将燃油汽化后与空气混合喷出点燃的, 产生高温火焰。

喷灯的使用方法: 从加油孔把燃油注入油桶, 油量只能加到油桶高度 h 的 $3/4$, 余下的油桶空间贮存压缩空气。将一小团浸饱了燃油的棉纱放入预热盘中, 然后点燃, 加热汽化管。待预热盘中的油棉纱快燃尽时, 用气筒打几下气, 将桶中燃油压入已灼热的汽化管, 再拧开调节阀, 燃油汽化气经喷嘴喷入喷焰管, 与空气混合后燃烧, 成为火焰。火焰必须由黄红色逐渐变成蓝色时, 方可将气打足投入使用。

熄灭喷灯时, 应先关闭调节阀, 使火焰熄灭; 待冷却数分钟后再旋松加油螺帽, 放出桶内空气。

喷灯常用的燃油是汽油或煤油, 但注意这两种油不能混合使用。同时, 用煤油的喷灯也不允许用汽油作燃油。使用时注意防火, 加完油或放完气后, 应将加油螺帽拧紧。点喷灯时, 喷火口的正前方要求宽敞, 更不能对着人或易燃物。

2. 射钉枪

射钉枪是一种快速安装工具。该枪利用火药爆发时产生的高压气体推动活塞, 由活塞顶杆将尾部有螺纹(或平头等其他形状)的钢钉射入钢板、混凝土或其他构件, 以代替打眼、钻孔、预埋螺钉等复合作业。它具有不损坏构件、效率高、强度高的优点。其结构示意图如图 1-8 所示。

目前国产的射钉枪有多种规格, 常用的枪口径为 8mm; 钢钉直径 4~8mm。子弹由制造厂供货, 子弹的爆发能量级别用弹壳的颜色区分(红、黄、绿、白), 这样便于施工时选择。钢钉从枪口直接装入, 钉尖处可用非金属垫定心。

使用时, 将枪口对准安装位置并压紧, 要求枪中心线垂直于工作面, 然后扣动枪机, 即将钢钉射入。

还有一种无活塞的射钉枪, 可将直径 8~10mm 钢钉射入两层 10mm 厚钢板, 其强度高于铆接 [图 1-8 (c)]。

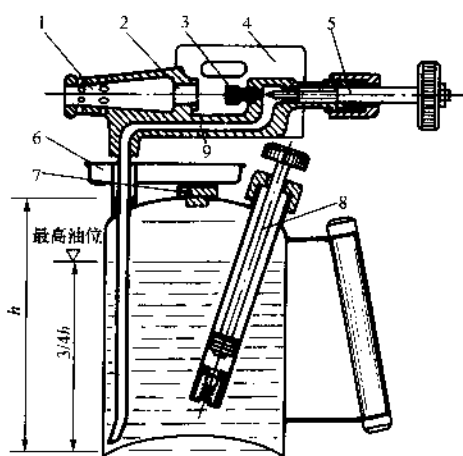


图 1-7 喷灯结构

- 1—喷焰管; 2—混合管(空气与燃气); 3—喷嘴; 4—挡风罩; 5—调节阀; 6—预热盘;
7—加油螺帽; 8—气筒; 9—汽化管

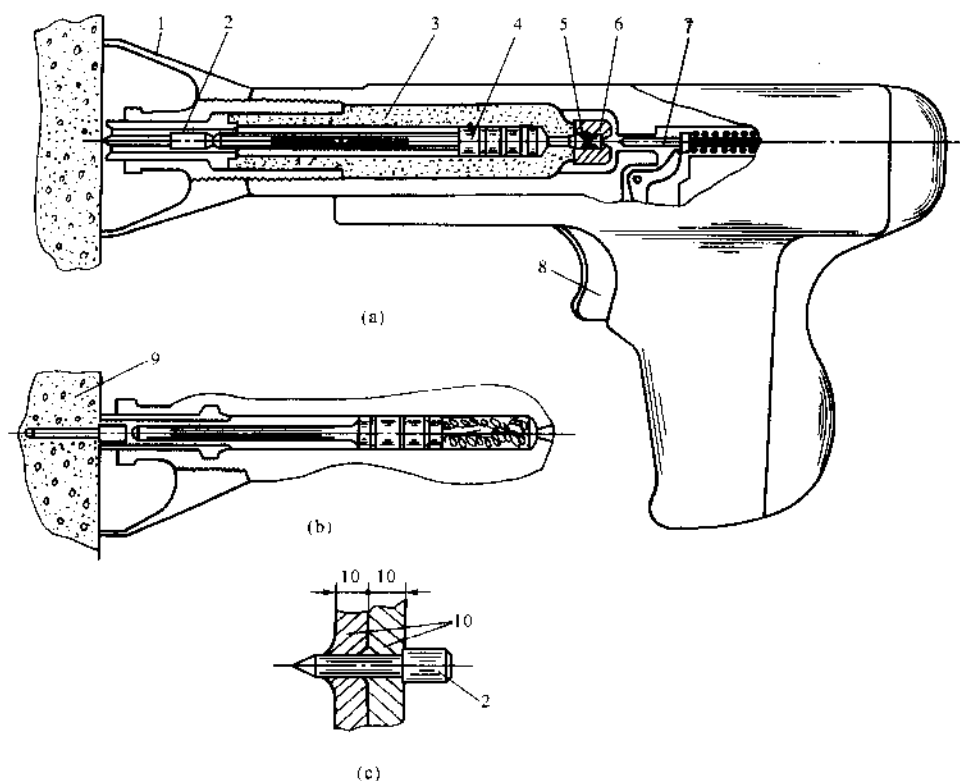


图 1-8 射钉枪结构示意图

(a) 结构示意图; (b) 爆发后状态; (c) 钢钉穿钢板后状态

1—安全罩; 2—钢钉 (高强度钢); 3—枪膛; 4—活塞; 5—子弹; 6—枪栓;

7—撞针; 8—枪机; 9—混凝土; 10—钢板

第二节 量 具

一、测速仪

测速仪是专门用来测量旋转机械转速的。常用的测速仪有机械式、光学式、电磁式三类。

1. 机械式转速表

图 1-9 是国产机械式手持转速表, 测转速范围为 $30 \sim 4800 \text{ r/min}$, 并可测量转体的线速度。

在测转速前, 应先将转速表上的调速盘转到所需要的测速档位。若被测物的转速不能预估, 则可用高速档位试测, 切不可用低速档位测高速。测速头接触被测物时, 动作要缓慢, 同时应使两者保持在同一旋转中心。测速头顶在被测物上不要过紧, 其松紧程度以不产生相对滑动即可。测速时间一般不要超过 1 min 。

2. 光学式速仪

这类测速仪多用光电管接受信号, 用数码管显示数字 (转速), 其精确程度高于机械式转速表。现以图 1-10 所示的数显式手持转速表为例, 简述其使用方法。

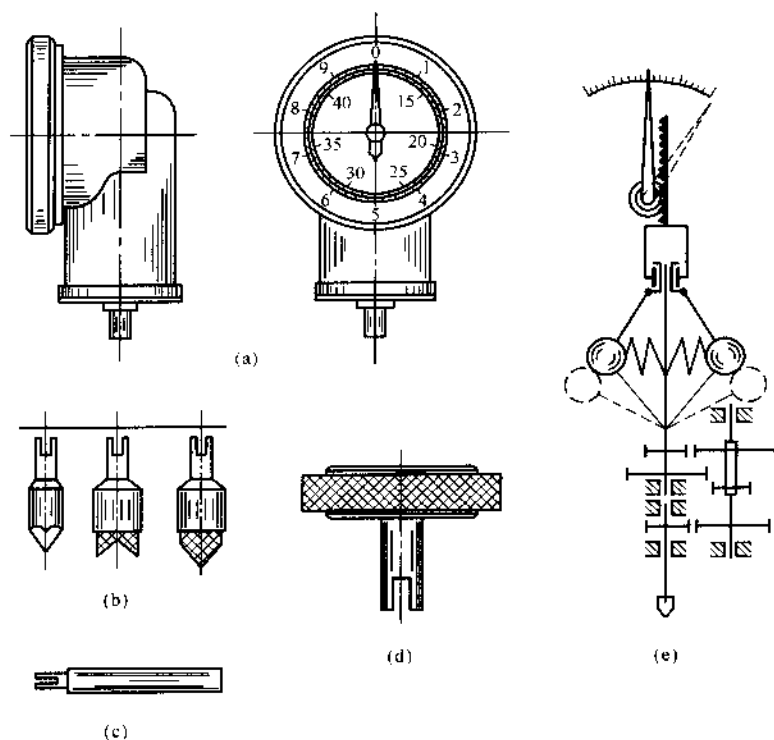


图 1-9 机械式手持转速表及其原理

(a) 转速表外形；(b) 测速头；(c) 加长杆；(d) 测线速度滚轮；
(e) 转速表动作原理

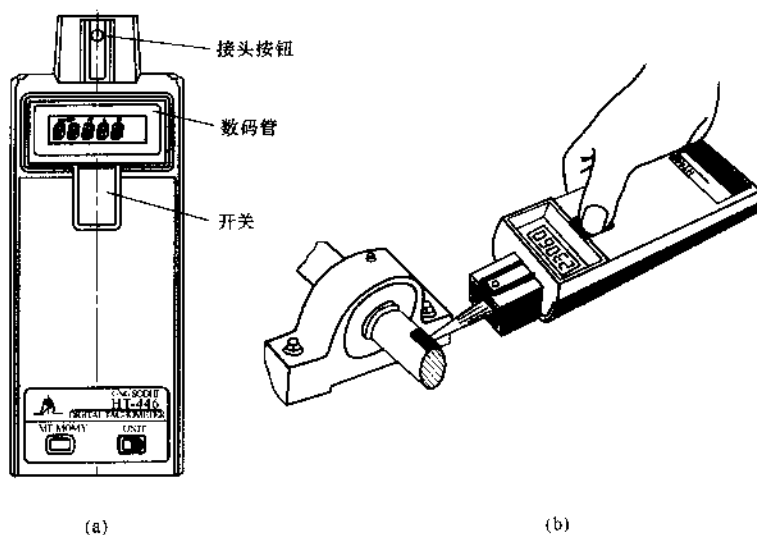


图 1-10 数显式手持转速表

(a) 外形；(b) 测试方法

- (1) 按箭头方向打开电池盖，按极性指示标志装入干电池。
- (2) 将一块反射片贴在被测转体上，非反射部位的面积应为反射面积的 2 倍以上。如果

转体表面镀铬或具有很光亮的表面,则应把转体测位涂黑或贴上黑胶布,同时要求被测段无油污。

(3) 将转速表正对测位并保持适当的距离,然后按下电源开关,使发光器发出的光正对反射片,数秒钟后即可显示出转体转速。

3. 测速电机

测速电机是由永磁式直流发电机和电压表组成的测速装置,其原理是利用直流发电机的电压与该机的转子转速成正比的关系,即根据电压表的指数得出转子的转速。在测速时,将直流发电机的轴与被测转体的轴用挠性联轴器对接,同时将发电机的引出线接在刻有转速刻度的电压表上。当被测转体带动测速电机旋转时,测速电机的电压值就反映了被测转体的转速。

二、测温仪

温度测量仪(计)种类较多,但从测量方法上分,只有接触式和非接触式两大类。

1. 红外测温仪

红外测温仪属非接触式测温仪,适用于高温测量。它是以检测物体红外线波段的辐射能来测量温度的。由于所测温度要受物体辐射率的影响,所以需要测量结果进行修正,操作时可将修正电位器调整到对应辐射率指示刻线处,即可得出正确的温度值。

红外测温仪的种类也较多,但大同小异,其基本结构如图 1-11 所示,主要由光学系统、红外探测器、调制器、显示器等部分组成。

2. 数字式测温笔

数字式测温笔属接触式温度计。它是一种新颖的电子温度计,测量范围一般为 $-15\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。使用时,只需将其探头端部轻压在被测点上,待显示值稳定之后,即为被测点温度值。该测温笔具有保持显示值的功能,特别适用于设备管理人员与维修人员对设备进行点检,其外形如图 1-12 所示。

使用数字式测温笔测温时,被测表面应清洁干净,以便探头接触良好,减小误差,保护探头端部。

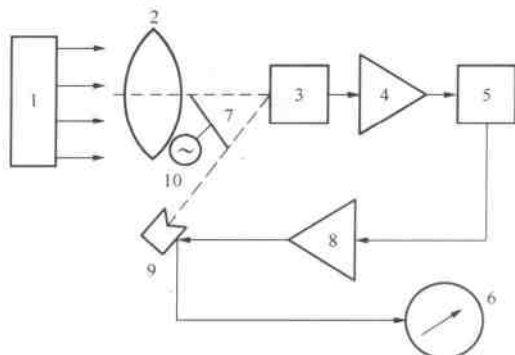


图 1-11 红外测温仪结构

- 1—目标；2—光学系统；3—红外探测器；4—放大器；
5—整流器；6—显示器；7—调制器；8—控制
放大器；9—参考源；10—电动机

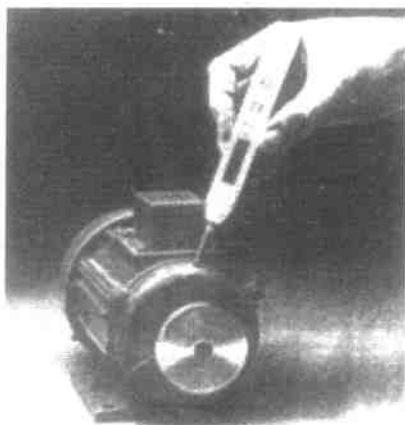


图 1-12 数字式测温笔外形

三、测振仪

1. 弹簧式振动表

弹簧式振动表是按照地震仪的原理制造的,其外壳的重量及支点的设计应使外壳具有较低的自身振动频率(300次/min)。因此,每个振动表只能测量在一定转速范围内的振动幅度,其结构如图1-13所示。

在测振时,将振动表放在被测物的平面上,被测物的振动大小,可从百分表指针的来回摆动范围看出。因为表的指针来回摆动频率较高,而且不在同一位置上,所以在读表时要仔细。比较准确的读法是:指针来回摆动重复次数最多的较稳定的一段弧长,即为被测物的振动振幅。

2. 电磁式测振仪

电磁式测振仪是目前广为采用的一种测振仪表。它由接收振动的拾振器与指示读数的测振表两部分组成。

(1) 拾振器(电磁式传感器)。它利用电磁感应原理将振动转为电信号,其结构如图1-14(a)所示。圆柱形的永久磁铁2用铝架4固定在外壳6内,使外壳与永久磁铁之间形成两个弧形气隙。工作线圈7放在右边的气隙中,阻尼环3放在左边的气隙中,它们之间用芯杆5连接,并用弹簧片1和8支承在外壳上。测量时,将拾振器与被测物接触,使拾振器随被测物一起振动。由工作线圈、阻尼环和芯杆组成的可动部分,由于支承弹簧的减振作用,可近似地看作保持不动,这样可动部分即与外壳产生相对运动,使工作线圈在气隙中切割磁力线而产生感应电动势。感应电动势通过电信号由接头9传出,输入到测量电路中去。

(2) 测振表。其作用是将拾振器送来的电信号进行阻抗变换、积分、微分、放大,最后通过表头读数取得被测物的振动振幅。

测振仪的用法是:手握拾振器筒形外壳,将顶杆压在被测物上,其压力的大小只需保持顶杆尖与被测物间不出现脱离现象即可。但要注意拾振器的稳定,以免由于拾振器的摇晃而引起读数的偏差。拾振器所接收的振动是沿着拾振器的轴线方向的,如被测物上A点[图1-14(b)],同时有 x 方向和 y 方向振动分量。当顶杆轴线沿 x 方向顶在A点时,所得的则是 x 方向的振动分量。当需要测A点 y 方向振动分量而又无处顶时,可采用图1-14(c)所示的方法进行测量。

使用时,用两头带有插头的导线连接拾振器与测振表,按下相应的开关键,此时表头的读数即为被测物的振动值。

这类测振仪式样较多,有指针指示的,也有液晶数字显示的,还有将拾振器与测振仪合为一体的。图1-15所示为数字式测振笔。无论采用哪一种,在读数时均应注意振动量的单位和振动量的档位。

四、测厚仪

测厚仪在热力设备检修中应用较广泛,它能在不破坏设备材料的情况下,对管壁、板材、轴类等的厚度进行方便、快捷、准确的测量。超声波测厚仪就是其中的一种。

超声波测厚仪是利用超声脉冲波反射的原理来进行测厚的。超声波从一种均匀介质传播到另一种均匀介质时,在分界面上会发生声波的反射。从探头发射晶片发射的超声波,经延

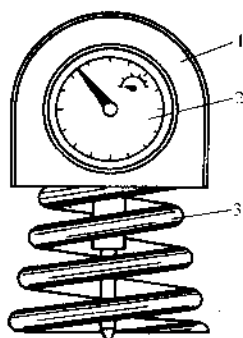


图 1-13 弹簧式振动表结构

1—外壳(配重); 2—百分表;
3—弹簧

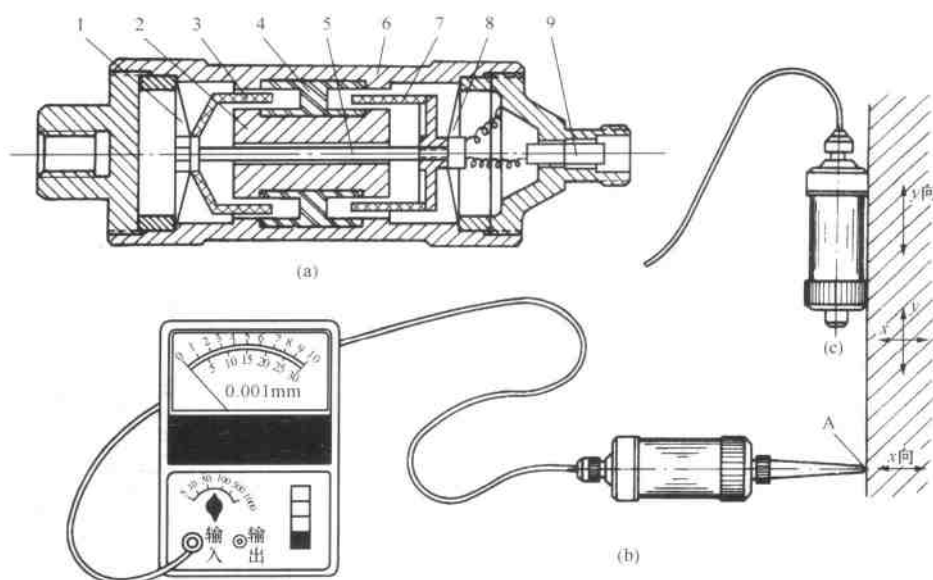


图 1-14 电磁式测振仪

(a) 拾振器结构; (b) 测 x 向振动; (c) 测 y 向振动

1, 8—弹簧片; 2—永久磁铁; 3—阻尼环; 4—铝架; 5—芯杆 (连接杆);
6—外壳; 7—工作线圈; 9—接头

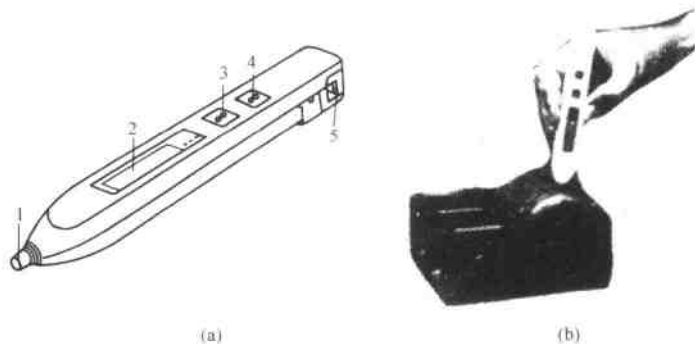


图 1-15 数字式测振笔

(a) 测振笔结构示意图; (b) 测振笔的使用

1—测量探头; 2—显示窗; 3—保持按钮; 4—开启按钮; 5—电池仓

迟块进入被测件, 超声波到达分界面时 (被测件的底面) 即被反射回来, 又通过延迟块被探头的接收晶片吸收。测出超声波经过被测件的时间, 根据声速、时间、距离三者的关系, 即可求出被测件的厚度, 如图 1-16 所示。

由于声波在不同的材料中传播的速度不同, 所以操作时应根据被测件的材料在测厚仪上选择相应的声速, 并使探头与被测件接触良好。

五、泄漏检测仪

热力系统由大量的管道、阀门和容器组成, 由于制造、安装、使用上的原因, 往往会造成