

HUODIAN JIZU JIANXIU GONGYI CONGSHU

火电机组检修工艺丛书

G U O L U F E N C E

锅炉分册

石家庄永泰电力培训中心

编

华能国际电力股份有限公司上安电厂



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

火电机组检修工艺丛书

GUOLUFENCE

锅炉分册

石家庄永泰电力培训中心

编

华能国际电力股份有限公司上安电厂



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《火电机组检修工艺丛书》分锅炉分册、汽轮机分册、电气分册和热控分册四本。本丛书在符合国家标准的基础上,力图站在生产实践角度将各专业检修工艺说清讲透,以满足电站检修人员的实际工作需要。本丛书对电站检修人员的工艺水平起到提升的作用。

本书从锅炉专业基础知识讲起,对锅炉基本原理、锅炉设备检修基本技能、锅炉设备选型等进行了叙述。然后分锅炉本体、锅炉辅机、管道阀门等三个大类,结合编者多年的检修经验与心得,以 300MW 和 600MW 等级火电机组配套锅炉设备为模型,比较系统、全面地阐述了设备的结构、原理、性能、检修工艺方法。接着对锅炉设备典型故障的诊断与处理进行了整理,以期对火电厂一线检修人员在设备故障处理方面有所帮助。最后,对节能减排、问题预控等新技术在锅炉设备上的应用进行了介绍。

本书可供电厂锅炉检修、维护人员参考使用,也可作为高等院校相关专业的师生参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

火电机组检修工艺丛书. 锅炉分册/石家庄永泰电力培训中心, 华能国际电力股份有限公司上安电厂编. —北京: 中国电力出版社, 2016. 10

ISBN 978-7-5123-8879-6

I. ①火… II. ①石…②华… III. ①火力发电-发电机组-设备检修②火力发电-锅炉-设备检修 IV. ①TM621.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 024662 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 10 月第一版 2016 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 548 千字

印数 0001—2000 册 定价 75.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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



火电机组检修工艺丛书

锅炉分册

本书编委会

主 任 赵宗锋

副主任 潘宇峰 闫书耕 刘庆伏 崔永平

主 编 周立辉

副主编 霍新华 赵宗锋 刘洪升

编 委 冯胜波 付 欣 霍新华 郝智元

冀秀贵 李午申 马建坤 余 凯

王 超 张会平 张 玮 胡育芳

高 源 韩 良 朱立贤



前 言

近年来,受国家宏观经济调整 and 环境保护形势的影响,火力发电面临一些困境。但随着煤电一体化工作的推进,火电机组高参数、大容量技术的发展,以及特高压输电技术的日益成熟,火力发电必将随着国家经济发展而面临新的机遇。在当前深化电力市场改革的形势下,火力发电行业更应练好“内功”,提高生产人员的技术素质,通过优化运行、检修技改,达到节能减排、安全增效的目的,提高企业在电力市场的竞争力。《火电机组检修工艺丛书》就是在这种背景下编写的,这套丛书的宗旨是面向一线生产人员,丛书的作者大都是来自生产一线的工程技术人员,可以说是“来自一线、服务一线”,是最了解生产情况和学习需求的一线技术人员写给一线生产人员看的一套丛书。

本套丛书各分册章节安排是:第一章为专业基础知识,介绍本专业的基础概念、基本技能、基本设备原理等专业基础知识,中间几个章节介绍生产实务,包括各专业各部分设备检修和典型故障诊断与处理,最后一章是新技术应用及拓展,介绍本专业最新的技术应用、前沿技术及与本专业相关的拓展知识。

本书为《锅炉分册》,由石家庄永泰电力培训中心组织编写,编写人员为华能上安电厂锅炉检修技术人员。第一章由王超、付欣编写;第二章第一节、第四节,第五章第一节由霍新华编写;第二章第二节、第四章第二节、第五章第二节、第六章由冯胜波编写;第二章第三节、第五章第五节由李午申编写;第二章第五节、第四章第一节、第五章第十节由张会平编写;第三章第一节由冀秀贵编写;第三章第二节,第五章第六节、第七节由冀秀贵、李午申编写;第三章第三节、第五章第四节由马建坤编写;第三章第四节、第五节,第五章第八节由郝智元编写;第三章第六节、第七节,第五章第九节由余凯编写;第四章第三节、第五章第三节由张玮编写。本书在编写期间得到石家庄永泰电力培训中心赵宗锋、崔永平及华能上安电厂潘宇峰、闫书耕、刘庆伏等专家的悉心指导。

全书由马建坤、王超统稿,冯胜波初校,霍新华复校,周立辉主审。

因编写人员水平和条件有限,书中难免会有缺点和疏漏,恳请广大读者批评指正。

编 者

2016.1



目 录

前言

第一章 专业基础知识	1
第一节 锅炉工作原理及主要设备特点	1
第二节 锅炉检修基本技能	4
第三节 常见超临界锅炉热力系统设备选型	12
第四节 锅炉辅机配置及选型	20
第二章 锅炉本体检修	24
第一节 锅炉受热面设备检修	24
第二节 燃烧设备检修	53
第三节 空气预热器检修	65
第四节 炉墙及钢结构检修	88
第五节 吹灰器检修	95
第三章 锅炉辅机检修	111
第一节 辅机检修基本技术	111
第二节 制粉系统检修	131
第三节 风机系统检修	175
第四节 灰渣干式排放设备检修	199
第五节 锅炉泵类检修	217
第六节 静电除尘设备检修	231
第七节 空气压缩机检修	244
第四章 管道阀门检修	251
第一节 锅炉压力容器检修	251
第二节 汽水管道检修	256
第三节 阀门检修与调试	258

第五章 典型故障的诊断与处理	287
第一节 四管爆漏分析与对策	287
第二节 燃烧系统故障分析及对策	296
第三节 阀门故障分析及对策	301
第四节 风机故障分析及对策	306
第五节 回转式空气预热器常见故障分析及对策	312
第六节 给煤机常见故障分析及对策	314
第七节 磨煤机常见故障分析及对策	317
第八节 灰渣排放系统常见故障分析及对策	320
第九节 静电除尘器常见故障分析及对策	324
第十节 吹灰器常见故障分析及对策	327
第六章 新技术应用及拓展	330
第一节 磨煤机节能技术	330
第二节 空气预热器节能技术	333
第三节 低氮燃烧技术	336
第四节 金属热喷涂应用于受热面防磨防腐	339
第五节 用酸洗法清理奥氏体不锈钢管中氧化皮	342
第六节 红外热像仪在设备巡查中的应用	343
附录 本书常用词语中英文对照	345
参考文献	350



第一章 专业基础知识

第一节 锅炉工作原理及主要设备特点

一、火力发电厂锅炉的工作原理

火力发电厂的种类虽然很多,但从能量转换的观点分析,其生产过程却是基本相同的。概括地说火力发电生产过程就是把燃料(煤)中含有的化学能转变为电能的过程。整个生产过程可分为三个阶段:

(1) 燃料的化学能在锅炉中转变为热能,加热锅炉中的水使之变为蒸汽,实现该转换的系统称为燃烧系统;

(2) 锅炉产生的蒸汽进入汽轮机,推动汽轮机旋转,将热能转变为机械能,相应的系统称为汽水系统;

(3) 由汽轮机旋转的机械能带动发电机发电,把机械能变为电能,实现该转变的系统称为电气系统。

火电厂基本生产流程为:燃烧的热能 $\xrightarrow{\text{锅炉}}$ 高温高压水蒸气 $\xrightarrow{\text{汽轮机}}$ 机械能 $\xrightarrow{\text{发电机}}$ 电能 $\xrightarrow{\text{变压器}}$ 电力系统。

各种大型锅炉都是通过燃料燃烧放热和高温烟气与受热面的传热来加热给水,最终使水变为具有一定参数、品质合格的过热蒸汽。水在锅炉中要经过预热、蒸发、过热三个阶段才能变为过热蒸汽。实际上,为了提高蒸汽动力循环的效率,还有第四个阶段——再过热阶段,即将在汽轮机高压缸膨胀做功后压力和温度都有所降低的蒸汽送回锅炉中加热,然后再送到汽轮机中、低压缸继续做功。为适应这四个变化阶段的需要,锅炉中必须布置相应的受热面,即省煤器、水冷壁、过热器和再热器。过热器、再热器和省煤器一般布置在烟道,水冷壁则围合形成炉膛。为了利用烟气余热加热燃料燃烧所需要的空气,常在省煤器后再布置空气预热器。大型锅炉有的在炉膛中增设预热受热面或过热、再热受热面。

锅炉机组的基本工作过程是:燃料经制粉系统磨制成粉,煤粉流动的动力风来自一次风机,一次风将煤粉送入炉膛中燃烧,燃烧所需的空气由送风机提供,在炉膛中燃料的化学能转变为烟气的热能。高温烟气由炉膛经水平烟道进入尾部烟道,最后从锅炉中排出。锅炉排烟再经过烟气净化系统变为干净的烟气,由引风机送入烟囱排入大气中。烟气在锅炉内流动的过程中,将热量以不同的方式传给各种受热面。例如,在炉膛中以辐射方式将热量传给水冷壁,在炉膛烟气出口处以半辐射、半对流方式将热量传给屏式过热器,在水平烟道和尾部烟道以对流方式传给过热器、再热器、省煤器和空气预热器。于是,锅炉给水便经过省煤

器、水冷壁、过热器变成过热蒸汽，汽轮机高压缸做功后抽回的蒸汽经锅炉重新加热变成再热蒸汽。

二、锅炉基本布置形式

火力发电厂的锅炉布置形式有很多种，形式的选择主要源于燃用的煤种、锅炉的功用、锅炉效率等多个方面。为了更好地进行锅炉检修工作，有必要了解各种锅炉的布置形式和结构特点，以便于分析在检修中遇到的问题。常见的锅炉布置形式有 π 形、 r 形、T 形、塔形、半塔形等，如图 1-1 (a)~(e) 所示。以下对其特点做一简要介绍。

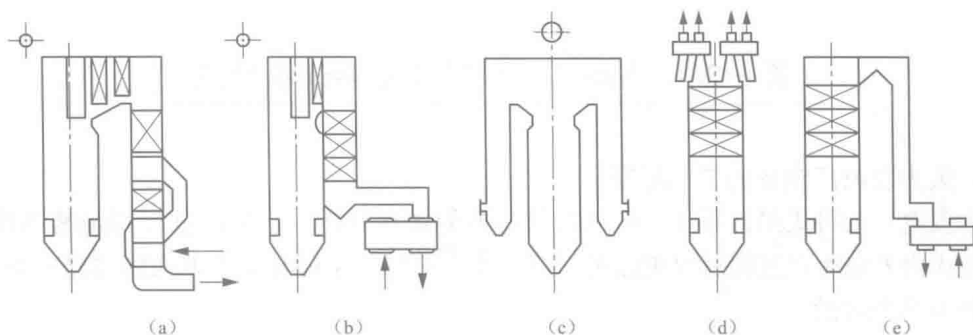


图 1-1 火力发电厂常见的锅炉布置形式

(a) π 形；(b) r 形；(c) T 形；(d) 塔形；(e) 半塔形

(一) π 形布置

在自然循环、控制循环和直流煤粉锅炉中，较大多数采用了 π 形布置，它是由辐射式受热面水冷壁组成的炉膛、布置有高温对流受热面的水平烟道以及布置有低温对流受热面的尾部竖井烟道三大部分组成。 π 形布置锅炉的结构特点是：

(1) 锅炉烟气的出口在锅炉下部，大而重的锅炉辅机如空气预热器、静电除尘器、引风机等可以布置在地面上，便于设备基础的建设，同时也使设备运输、安装、检修过程中的吊装作业得以简化。

(2) 通过折焰角的设计，使得水平烟道的纵深得到加长，从而可以布置各种对流受热面，便于检修和维护。同时，由于受热面可以较多地布置在水平烟道内，使得锅炉的高度得以降低。

(3) 尾部竖井烟道内也可以灵活布置多种受热面，使得锅炉结构紧凑。

(4) 由于存在水平烟道，锅炉总体纵深方向的尺寸有所增大，因此占地面积相对较大，锅炉的钢架、支吊结构也较复杂。

(5) 由于烟气在水平烟道入口和竖井烟道入口进行了两次转向，烟气中的灰粒在离心力的作用下偏向于外侧运动，导致进入烟道的烟气浓度不均，易造成局部对流受热面的磨损。

(二) r 形布置

r 形布置锅炉是在 π 形布置的设计基础上改进而成的，其最大的特点是取消了 π 形布置中的水平烟道。其结构特点是：

(1) 由于取消了水平烟道，锅炉的结构更加紧凑，占地面积小，节省了钢材。

(2) 由于结构紧凑，检修空间较小，因此安装、检修不方便。



(三) T形布置

该炉型布置比 π 形布置多一个水平烟道和尾部竖井烟道, 常见于苏联生产的锅炉。因其有两个水平烟道和竖井烟道, 钢架和支吊结构较 π 形布置更加复杂, 占地面积较大, 其余特点与 π 形布置基本相同。

(四) 塔形布置

塔形布置锅炉炉膛的上方就是烟道, 受热面全部布置在对流烟道内。塔形布置锅炉的结构特点是:

(1) 占地面积小。

(2) 烟气的流动自下而上, 进入布置有对流受热面的烟道没有转向, 减轻了受热面的磨损。

(3) 对流受热面可以采用水平布置, 易于疏水, 避免了立式悬吊屏受热面存在不能疏水的问题, 减轻了受热面管内壁腐蚀。

(4) 锅炉厂房较高, 加大了主蒸汽、再热蒸汽、给水等管道的金属耗量。

(5) 由于锅炉排烟口位于锅炉的上方, 空气预热器、除尘器、引风机等大型辅机均布置在锅炉的顶部, 安装、检修困难, 加重了锅炉钢架的荷载。

(五) 半塔形布置

半塔形布置锅炉是对塔形布置锅炉的改良, 将烟气通过烟道从锅炉顶部引至地面, 可以使空气预热器、除尘器、引风机等大型辅机布置在地面上。

此外, 为了促进低挥发分煤种的稳定着火与燃尽, 20 世纪 80 年代, 在 π 形布置锅炉的基础上, 经过对炉膛形式进行改良, 出现了 W 形火焰燃烧锅炉。这种锅炉在水冷壁上设计了拱部, 形成了下大上小的炉形, 燃烧器一般布置在拱部, 煤粉流向斜下方喷射, 通过这种设计延长了煤粉在炉内的行程, 从而使低挥发分煤种能够达到更高的燃烧效率。

三、锅炉的分类

(一) 按锅炉用途分类

锅炉按用途可分为电站锅炉(发电)、工业锅炉(工业生产工艺用汽或供暖)、热水锅炉(民用采暖或供热)。

(二) 按锅炉容量分类

按容量大小, 分为大容量锅炉、中等容量锅炉和小容量锅炉。习惯上, 把蒸发量大于 100t/h 的锅炉称作大容量锅炉, 把蒸发量为 20~100t/h 的锅炉称为中等容量锅炉, 蒸发量小于 20t/h 的锅炉称为小容量锅炉。但随着时代和技术的进步, 锅炉机组容量以大、中、小的排序和分类在不断演变, 目前 300MW 以上机组配置的蒸发量在 1000t/h 左右的锅炉为大容量锅炉。

(三) 按蒸汽压力分类

锅炉按蒸汽压力可分为低压 ($p < 2.5\text{MPa}$)、中压 ($p \approx 3.9\text{MPa}$)、高压 ($p \approx 10.8\text{MPa}$)、超高压 ($p \approx 14.7\text{MPa}$)、亚临界压力 ($p \approx 16.8 \sim 18.6\text{MPa}$)、超临界及超超临界压力 ($p \approx 25 \sim 40\text{MPa}$) 锅炉。

(四) 按燃烧方式分类

锅炉按燃烧方式可分为火床锅炉、煤粉锅炉(四角燃烧、对冲燃烧、W 形火焰燃烧)、旋风锅炉、流化床锅炉。

(五) 按蒸发受热面循环方式分类

锅炉按蒸发受热面循环方式可分为自然循环锅炉、控制循环锅炉、直流锅炉。

第二节 锅炉检修基本技能

一、检修钳工基础

(一) 钳工简介

钳工主要是利用手持工具对夹紧在钳工工作台虎钳上的工件进行切削加工,它是机械制造中的重要工种之一。钳工的基本操作可分为:

(1) 辅助性操作。辅助性操作即划线,它是根据图样在毛坯或半成品工件上划出加工界线的操作。

(2) 切削性操作。切削性操作包括錾削、锯削、锉削、攻螺纹、套螺纹、钻孔(扩孔、铰孔)、刮削和研磨等多种操作。

(3) 装配性操作。装配性操作即装配,指将零件或部件按图样技术要求组装成机器的工艺过程。

(4) 维修性操作。维修性操作即维修,指对在役机械、设备进行维修、检查、修理的操作。

(二) 钳工优、缺点

优点包括以下几方面:

(1) 加工灵活。在不适于机械加工的场合,尤其是在机械设备的维修工作中,钳工加工可获得满意的效果。

(2) 可加工形状复杂和高精度的零件。技术熟练的钳工可加工出比现代化机床加工的零件还要精密和光洁的零件,以及现代化机床也无法加工的形状非常复杂的零件,如高精度量具、样板、开头复杂的模具等。

(3) 投资小。钳工加工所用工具和设备价格低廉,携带方便。

缺点包括以下几方面:

1) 生产效率低,劳动强度大。

2) 加工质量不稳定,加工质量的高低受工人技术熟练程度的影响。

钳工基本操作技能是进行产品生产的基础,也是钳工专业技能的基础,因此,必须首先熟练掌握,才能在工作中逐步做到得心应手、运用自如。

(三) 普通钳工工作内容

(1) 加工前的准备工作,如清理毛坯或半成品工件上的划线等。

(2) 单件零件的修配性加工。

(3) 零件装配时的钻孔、铰孔、攻螺纹和套螺纹等。

(4) 加工精密零件,如刮削或研磨机器、量具和工具的配合面,夹具与模具的精加工等。

(5) 零件装配时的配合修整。

(6) 机器的组装、试车、调整和维修等。



(四) 钳工工作台和虎钳

1. 钳工工作台

钳工工作台简称钳台，常用硬质木板或钢材制成，要求坚实、平稳，台面高度为 800～900mm，台面上装虎钳和防护网。

2. 虎钳

虎钳是用来夹持工件的工具，其规格用钳口的宽度来表示，常用的有 100、125、150mm 三种，使用虎钳时应注意：

(1) 工件尽量夹在钳口中部，以使钳口受力均匀。

(2) 夹紧后的工件应稳定可靠，便于加工，并不产生变形。

(3) 夹紧工件时，一般只允许依靠手的力量来扳动手柄，不能用手锤敲击手柄或随意套上长管子来扳手柄，以免丝杠、螺母或钳身损坏。

(4) 禁止在活动钳身的光滑表面进行敲击作业，以免降低其配合性能。

(5) 加工时用力方向最好是朝向固定钳身。

(五) 钳工攻螺纹、套螺纹及其注意事项

常用的带螺纹工件，其螺纹除采用机械加工外，还可以用钳工方法中的攻螺纹和套螺纹来获得。攻螺纹（亦称攻丝）是用丝锥在工件内圆柱面上加工出内螺纹；套螺纹（或称套丝、套扣）是用板牙在外圆柱面上加工外螺纹。

1. 攻螺纹

(1) 丝锥及铰杠。丝锥是用来加工较小直径内螺纹的成形刀具，一般选用合金工具钢 9SiGr，并经热处理制成。通常 M6～M24 的丝锥一套为 2 支，称头锥、二锥；M6 以下及 M24 以上的丝锥一套有 3 支，即头锥、二锥和三锥。铰杠是用来夹持丝锥的工具，常用的是可调式铰杠。旋转手柄即可调节方孔的大小，以便夹持不同尺寸的丝锥。铰杠长度应根据丝锥尺寸大小进行选择，以便控制攻螺纹时的扭矩，防止因施力不当而扭断丝锥。

(2) 攻螺纹前钻底孔直径和深度的确定以及孔口的倒角。

1) 底孔直径的确定。丝锥在攻螺纹的过程中，切削刃主要是切削金属，但还有挤压金属的作用，因而造成金属出现凸起并向牙尖流动的现象，所以攻螺纹前，钻削的孔径（即底孔）应大于螺纹内径，底孔直径的确定一般可按照以下公式简易计算

$$d = D - (1.04 \sim 1.06)t \quad (1-1)$$

式中 d ——底孔直径，mm；

D ——螺纹大径，mm；

t ——螺距，mm。

2) 钻孔深度的确定。攻盲孔（不通孔）的螺纹时，因丝锥不能攻到底，所以孔的深度要大于螺纹的长度，盲孔深度的确定可按照以下公式简易计算

$$\text{钻孔深度} = \text{所需螺孔深度} + 0.7D \quad (1-2)$$

3) 孔口倒角。攻螺纹前要在钻孔的孔口进行倒角，以利于丝锥的定位和切入。倒角的深度应大于螺纹的螺距。

(3) 攻螺纹的操作要点及注意事项：

1) 根据工件上螺纹孔的规格，正确选择丝锥，先头锥后二锥，不可颠倒使用。

2) 工件装夹时，要使孔中心垂直于钳口，防止螺纹攻歪。

3) 用头锥攻螺纹时, 先旋入 1~2 圈, 然后检查丝锥是否与孔端面垂直 (可目测或用直角尺在互相垂直的两个方向检查)。当切削部分已切入工件后, 每转 1~2 圈应反转 1/4 圈, 以便切屑断落; 同时不能再施加压力 (即只转动不加压), 以免丝锥崩牙或攻出的螺纹齿较瘦。

4) 攻钢件上的内螺纹时要加机油润滑, 可使螺纹光洁、攻螺纹省力和延长丝锥使用寿命; 攻铸铁上的内螺纹时可不加润滑剂; 攻铝及铝合金、紫铜上的内螺纹时, 可加乳化液。

5) 不要用嘴直接吹切屑, 以防切屑飞入眼内。

2. 套螺纹

(1) 板牙和板牙架。

1) 板牙。板牙是加工外螺纹的刀具, 用合金工具钢 9SiGr 制成, 并经热处理淬硬。其外形像一个圆螺母, 只是上面钻有 3~4 个排屑孔, 并形成刀刃。板牙由切屑部分、定位部分和排屑孔组成。圆板牙螺孔的两端有 40° 的锥度部分, 是板牙的切削部分。定位部分起修光作用。板牙的外圆有一条深槽和四个锥坑, 锥坑用于定位和紧固板牙。

2) 板牙架。板牙架是用来夹持板牙、传递扭矩的工具。不同外径的板牙应选用不同的板牙架。

(2) 套螺纹前圆杆直径的确定和倒角。与攻螺纹相同, 套螺纹时有切削作用, 也有挤压金属的作用。故套螺纹前必须检查圆杆直径。圆杆直径应稍小于螺纹的公称尺寸, 一般可根据以下公式简易计算

$$d = D - 0.13t \quad (1-3)$$

式中 d ——圆杆直径, mm;

D ——螺纹大径, mm;

t ——螺距, mm。

对于脆性材料

$$d = D - (0.08 \sim 0.1)t \quad (1-4)$$

对于韧性材料

$$d = D - (0.12 \sim 0.18)t \quad (1-5)$$

套螺纹的操作要点和注意事项包括:

1) 每次套螺纹前应将板牙排屑槽内及螺纹内的切屑清除干净。

2) 套螺纹前要检查圆杆直径大小和端部倒角。

3) 套螺纹时切削扭矩很大, 易损坏圆杆的已加工面, 所以应使用硬木制的 V 形槽衬垫或用厚铜板作保护片来夹持工件。在不影响螺纹要求长度的前提下, 工件伸出钳口的长度应尽量短。

4) 套螺纹时, 板牙端面应与圆杆垂直, 操作时用力要均匀。开始转动板牙时, 要稍加压力, 套入 3~4 牙后, 可只转动而不加压, 并经常反转, 以便断屑。

5) 在钢制圆杆上套螺纹时要加机油润滑。

(3) 研磨。用研磨工具和研磨剂, 从工件上研去一层极薄表面层的精加工方法称为研磨。经研磨后的表面粗糙度 $Ra=0.8\sim0.05\mu\text{m}$ 。研磨有手工操作和机械操作两种方式。

二、常用检修工器具介绍

(一) 钢板尺 (钢直尺)

钢板尺是最普通且常用的量具之一, 其刚性好、自重小。钢板尺的规格长度有 100、



150、300、500、1000、1500、2000mm。钢板尺测量尺寸时常用规格为 300mm，划线时用 1000mm 以上规格较多。

(二) 钢(皮)卷尺

钢(皮)卷尺也是最普通且常用的量具之一，其体积小、自重小、测量范围广，常用的规格长度为 2m 与 5m。

(三) 游标卡尺

游标卡尺是比较精密的量具，可直接测出工件的长度、宽度、深度以及圆形工件的内、外径尺寸等。

游标卡尺按测量范围可分为 0~100mm、0~125mm、0~150mm、0~200mm、0~300mm、0~400mm、0~500mm、0~600mm、0~800mm、0~1000mm、0~1200mm 共 11 种规格，其测量精度有 0.10、0.05、0.02、0.01mm 四种。常用的为 0.02mm 精度的游标卡尺。

游标卡尺的读数方法分为三步：

- (1) 查出游标零线前主尺上的整数。
- (2) 在游标上查出与主尺刻线对齐的那一条刻线。
- (3) 将主尺上的整数和游标上的小数相加。具体公式为

$$\text{工件尺寸} = \text{主尺整数} + \text{游标格数} \times \text{卡尺精度}$$

使用注意事项：使用游标卡尺前，首先应检查主尺与游标的零线是否对齐，并采用透光法检查内、外测量爪量面是否贴合，如果透光不均，说明测量爪量面有磨损，这样的游标卡尺不能测量出精确的尺寸。

(四) 深度游标卡尺

深度游标卡尺由主尺、游标与底座（两者为一体）组成。用于测量深度、台阶的高度等。精度分为 0.05、0.02mm 两种，测量范围为 0~150mm、0~250mm、0~300mm 等多种。

(五) 高度游标卡尺

高度游标卡尺俗称高度尺，常用来测量工件的高度尺寸或精密划线，由主尺、游标、底座、划线爪、测量爪和固定螺钉等组成。下测量面为平面，用来测量高度；上测量面为弧形，用来测量曲面高度。当用高度游标卡尺划线时，必须装上专用的划线爪。

(六) 外径千分尺(千分尺)

外径千分尺用来测量工件的长、宽、厚及外径尺寸，测量精度为 0.01mm，其测量范围以每 25mm 为单位进行分挡。其规格有 0~25mm、25~50mm、50~75mm、75~100mm 及 100~125mm 等。

测微螺杆上螺纹的螺距为 0.5mm，当微分筒转动一周时，测微螺杆就轴向移动 0.5mm，固定套筒上刻有间隔为 0.5mm 的刻度线，微分筒圆周上均匀刻有 50 格。因此，当微分筒每转一格时，测微螺杆就移动 $0.5/50=0.01\text{mm}$ 。

测微头的读数可按下述方法确定：

- (1) 由固定套筒上露出的刻度线读出工件的毫米整数和半毫米数。
- (2) 从微分筒上由固定套筒纵向刻度线所对准的刻度线读出工件的小数部分（百分之几毫米），不足一格的数（千分之几毫米）可用估读法确定。

(3) 将两次读数相加就是工件的测量尺寸。

使用注意事项:

1) 在使用外径千分尺之前, 应先将检验棒置于测砧与活动测轴之间, 检查固定套筒中线(基准线)和微分筒的零线是否重合, 如不重合, 则必须校验调整后再使用。

2) 测量时, 把被测件放入两测杆之间, 先用固定测杆抵住被测件的一面, 然后转动测微头螺母, 直至被测件另一面与活动测杆接触, 棘轮出现空转, 测微头发出嗒嗒的声响时, 即可读数。

(七) 百分表

使用百分表测量时, 测量杆移动 1mm, 大指针正好回转一圈, 在百分表的表盘上沿圆周刻有 100 等分格, 其刻度值为 $1/100=0.01\text{mm}$ 。测量时, 大指针转过 1 格刻度, 表示零件尺寸变化 0.01mm。应注意测量杆要有 0.3~1mm 的预压缩量, 以保持一定的初始测力, 以免负偏差测不出来。

(八) 量块

量块是一种精密的标准量具, 它主要用于调整、校正或检验量仪、量具及各种精密工件。其精度等级分为 0 级、1 级、2 级和 3 级。量块的外形一般为长方体, 它具有两个经精密加工、表面粗糙度值极小的平行测量面, 两测量面之间的距离为测量尺寸, 也就是量块的尺寸。

使用方法: 为了工作方便和减少测量积累误差, 应尽量选最少的块数。87 块一套的量块, 选用一般不超过 4 块; 42 块一套的量块, 选用一般不超过 5 块。

(九) 塞尺

塞尺也称厚薄规, 是一种用于测量两表面间隙的薄片式量具。它由一组厚度尺寸不同的弹性薄片组成, 其测量范围有 0.02~0.1mm 和 0.1~1mm 两种。前者每隔 0.01mm 一片, 后者每隔 0.05mm 一片。

使用方法: 使用塞尺时, 应根据被测两平面间隙的大小, 先选用较薄的一片插入被测间隙内, 若仍有间隙, 则选择较厚的依次插入, 直至恰好塞进而不松不紧, 则该片塞尺的厚度即为被测间隙的大小。若没有所需厚度的塞尺, 可选取若干片塞尺相叠代用, 被测间隙即为各片塞尺厚度之和, 但这种方法测量误差较大。

(十) 刮刀

刮削是利用不同形式的刮刀, 在工件表面刮去一层很薄的金属, 使其能获得很高的形位精度和尺寸精度的一种加工方法, 刮削出的花纹可增加工件表面的美观。

刮刀分为平面刮刀和曲面刮刀两大类。刮刀主要用于刮削主辅机的轴瓦、机械的平面等。

(十一) 铰刀

铰刀具有一个或者多个刀齿, 用于铰削工件上已钻削(或扩孔)加工后的孔, 主要是为了提高孔的加工精度, 降低其表面的粗糙度, 是用于孔的精加工和半精加工的刀具, 加工余量一般很小。经过铰刀加工后的孔可以获得精确的尺寸和形状。用来加工圆柱形孔的铰刀比较常用; 用来加工锥形孔的铰刀是锥形铰刀, 比较少用。按使用情况来看有手用铰刀和机用铰刀, 机用铰刀又可分为直柄铰刀和锥柄铰刀。手用铰刀则是直柄型的。

铰刀主要由工作部分及柄部组成。工作部分主要起切削和校准功能, 校准处直径有倒锥



度。而柄部则用于被夹具夹持，有直柄和锥柄之分。铰刀按不同的用途可分许多种，因此关于铰刀的标准也比较多，较常用的一些标准有 GB/T 1131.1—2004《手用绞刀 第1部分：型式和尺寸》，GB/T 1131.2—2004《手用绞刀 第2部分：技术条件》GB/T 1132—2004《直柄和莫氏锥柄机用铰刀》，GB/T 1139—2004《莫氏圆锥和米制圆锥铰刀》等。

(十二) 虎钳

虎钳是钳工工作中必不可少的夹持工具，有手虎钳、桌虎钳等种类，常用一般为桌虎钳。虎钳上不允许放置工具，以防滑下伤人。使用转座虎钳工作时，必须把固定螺钉把紧。虎钳的丝杆、螺母要经常擦洗和加油，保持清洁，如有损坏，不得使用。钳口要经常保持完好，磨平要及时修理，防止因钳口被磨平导致工件滑脱伤人；钳口紧固螺钉要经常检查，以防松动。用虎钳夹持工件时，只许使用钳口最大行程的 $2/3$ ，不得用管子套在手柄上或用手锤敲击手柄。工件必须放正夹紧，虎钳手柄朝下。工件超出钳口部分太长时必须加支承。装卸工件时，还必须防止工件掉下伤人。

(十三) 手锤

手锤柄必须用硬质木料做成，大小长短要适宜；锤柄还应有适应的斜度，锤头上必须加铁楔，防止甩掉锤头。两人击锤，站立的位置要错开方向；扶钳要稳，落锤要准，动作要协调，以免击伤对方。使用前，应检查手锤锤柄与锤头是否松动，是否有裂纹，锤头上是否有卷边或毛刺。如有缺陷必须修好后再使用。手上、手锤柄上、锤头上都不得有油污。锤头淬火要适当，不可直接敲打硬钢及淬火的部件，以免崩伤。抡大锤时，不得戴手套，对面和后面不允许站人，并要注意周围人员的安全。

(十四) 扁铲（鏨、凿）、冲子

不允许用高速钢做扁铲和冲子。使用时，柄上顶端切勿沾油，以免打滑；同时不允许对着人铲工件，防止铁屑崩出伤人。顶端如有卷边时，要及时修磨；有裂纹的严禁使用。不得铲、冲淬火材料。鏨子不得短于 150mm，刃部淬火要适当，不能过硬。不允许用废钻头代替冲子。必须戴防护眼镜作业。

(十五) 扳手

所选用的扳手应与螺帽配合适当，禁止扳口加垫或在扳把上接管；扳紧螺帽时，不可用力过猛。扳手不能当手锤用；使用活动扳手应把死面作为着力点，活面作为辅助面。使用电动扳手应按手持式电动工具有关规定执行。不允许使用爪部变形或破裂的扳手。

(十六) 手锯

使用手锯时，被锯工件必须夹紧，不允许松动，以防脱落伤人或别断锯条。锯割工件时，锯要靠近钳口，方向要正确，不允许歪斜。安装锯条时，松紧程度要适当，方向要正确，不允许歪斜。工件将要锯断时，要轻轻用力，以防压断锯条或者工件落下伤人。

(十七) 板牙、丝锥

攻套丝和绞孔时要对正对直，用力适当，以防折断。攻套丝和绞孔时，不要用嘴吹孔内的铁屑，以防伤眼；不要用手擦拭工件的表面，以防铁屑刺手。

(十八) 钳工平台和划线工具

平台必须放平放稳，台面上不允许放置杂物。用完的划针，夹头要朝下，以免伤人；工作结束后，应把工具放在工具箱内。划线用螺纹千斤顶，尖端要保持尖锐，升降要灵活，并应有防止螺纹全部松脱的保险装置。千斤顶放置的位置要适当，工件与平面间要放垫木，以

防工件翻倒伤人。

(十九) 行灯

行灯电源电压必须不大于 36V。使用的行灯必须绝缘良好，用前要检查以防止漏电。

(二十) 油压千斤顶

油压千斤顶应定期检验和修理，及时加油，做好日常维护保养。使用时，下面必须加平整木，受力点要选择适当，柱端不允许加垫，要稳起稳落，以免发生事故。

(二十一) 手电钻

使用手电钻必须执行 GB 3787—2006《手持式电动工具的管理、使用、检查和维修安全技术规程》。手电钻（Ⅰ类）必须有牢固可靠的接零（地）保护或加装防触电保安器使用。电钻导线要保护好，严禁乱拖，防止轧坏、割破；不允许把电线拖在油水中，防止腐蚀。使用当中如发现电钻出现漏电、异常振动、高热或异声时，应立即停止工作，找电工检修。电钻未完全停止转动时，不能卸、换钻头。停电、休息或离开作业现场时，必须切断电源。

三、检修材料分类及标识

(一) 金属材料

金属材料的种类很多，一座火力发电厂的金属材料就有数十种，各种金属材料有各自独立的性能，以及不同的应用场合，掌握金属材料的基本知识，正确选择和合理使用材料，对设备的安全经济运行具有十分重要的意义。

1. 钢的分类

钢是检修工作中使用最广泛的一种金属材料，有碳素钢与合金钢之分。

(1) 碳素钢的分类方法有很多种，几种主要方法为：

1) 按含碳量分类。可分为低碳钢（含碳量 $C \leq 0.25\%$ ）、中碳钢（含碳量 $C = 0.30\% \sim 0.55\%$ ）、高碳钢（含碳量 $C \geq 0.6\%$ ）。

2) 按质量分类。根据钢中有害杂质硫、磷的含量分为碳素结构钢（ $S \leq 0.050\%$ 、 $P \leq 0.045\%$ ）、优质碳素结构钢（ $S \leq 0.035\%$ 、 $P \leq 0.035\%$ ）、高级优质碳素钢（ $S \leq 0.020\%$ 、 $P \leq 0.030\%$ ）。

3) 按用途分类。碳素结构钢用于机械零件和工程构件，含碳量大多在 0.7%；碳素工具钢用于制造各种刀具、模具、量具，含碳量一般大于 0.7%。

(2) 合金钢的分类。

1) 按用途分。可分为合金结构钢、合金工具钢、特殊性能钢三大类。合金结构钢包括普通低合金结构钢、渗碳钢、调质钢、弹簧钢、滚动轴承钢等。合金工具钢包括刀具钢、量具钢、模具钢等。

2) 按合金元素含量分类。可分为低合金钢、中合金钢和高合金钢。低合金钢的合金元素总含量小于 5%，中合金钢的合金元素总含量为 5%~10%，高合金钢的合金元素总含量高于 10%。

2. 常用钢的选择原则

常用钢的选择应遵循以下原则：

- (1) 满足产品零件的力学性能。
- (2) 满足工艺性能的要求。
- (3) 满足材料的冶金质量。
- (4) 选材时必须考虑产品零件对理化性能的要求。