

I、II、III、IV 类

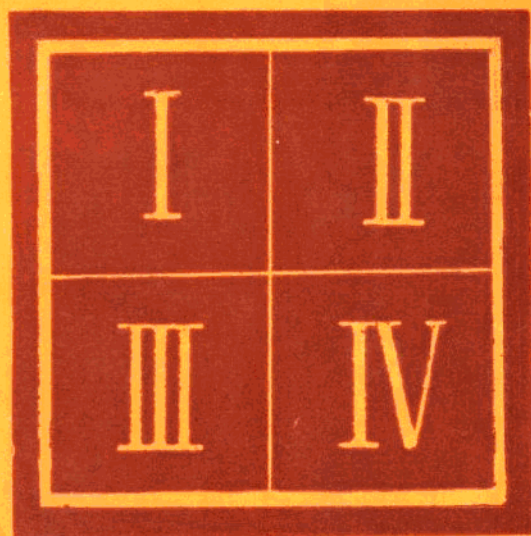
司炉工技术问答

—司炉工等级培训教材—

编著：吕志信 周瑞源

主审：郑德生 石宗扬

技术顾问：李 毅



北京科学技术出版社

前 言

锅炉是一种承压的特种设备，具有爆炸的危险性，爆炸后影响面大，因此司炉工人所从事的工作是一项特殊的作业。为了确保锅炉设备的安全、经济运行，必须对司炉工人进行特别的教育和培训。按照劳动人事部颁发的《锅炉司炉工人安全技术考核管理办法》，我们编写了《司炉工技术问答》。其内容只限于工业锅炉和中压电站锅炉。可作为广大司炉工人，锅炉管理人员和专业技术干部自学或考核的参考资料。

本书主要是以实用为主，用问答形式由浅入深地从结构、材料、制造、使用、检验等环节所必需的知识 and 从燃料燃烧过程，热量的传递过程，水的汽化过程以及烟气的排放过程等原理作了详细的介绍，使司炉工人能知其然，还知其所以然。同时还介绍了司炉工应该知道的相关知识，有利于司炉工人知识水平和操作能力的提高。

本书是在原《司炉工技术等级问答》一书基础上编写的，在编写过程中得到了有关省、市劳动局、省、市锅检所的领导和同志们的帮助，许多同志付出了辛勤劳动，在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，缺点和错误之处在所难免，敬请诸位批评指正。

编 者

1992年10月

66405/11

目 录

一、基础知识.....	(1)
1. 理化.....	(1)
2. 制图与识图.....	(13)
3. 流体力学与热、能.....	(19)
4. 计量单位及换算.....	(34)
5. 电工、钳工、管工、仪表、热工.....	(42)
6. 检验与检修.....	(78)
二、I类司炉工.....	(95)
三、II类司炉工.....	(140)
四、III类司炉工.....	(191)
五、IV类司炉工.....	(214)
六、试题卷例.....	(234)
附录：火力发电厂锅炉部分热力系统图例.....	(271)

一、基础知识

1. 理化

1. 什么叫内力和应力？

答：物体因受外力而变形，其内部各部分之间因相对位置改变而引起的相互作用力即是内力。

应力是指作用在单位面积上的力， $P_{\Sigma} = \Delta P / \Delta F$ 。 ΔP 是 ΔF 面积上内力的合力， P_{Σ} 即是 ΔF 上的平均应力。

2. 什么是正应力和切应力？

答：正应力是垂直于截面的法线方向上的应力，切应力是平行于截面的切线方向上的应力。正应力和切应力随截面的位置而变化。

3. 虎克定律的内容是什么？

答：虎克定律是指材料的应力低于比例极限时，应力与应变成正比。

拉、压虎克定律表示为 $\sigma = E\varepsilon$ 。 σ 为正应力， E 为弹性模量， ε 为应变。

剪切虎克定律表示为 $\tau = G\gamma$ 。 τ 为剪应力， G 为剪切弹性模量， γ 为剪应变。

4. 锅炉元件受到的应力有哪些？

答：（1）工作介质引起的“工作应力”；
（2）工艺制造中的“残余应力”；
（3）温差引起的“温度应力”；
（4）由不均变形引起的“二次应力”，
（5）还有“附加应力”和“峰值应力”等。

5. 锅炉部件产生裂纹的原因是什么，有何特征？

答：锅炉部件产生裂纹的原因如下：

（1）机械应力产生裂纹。此裂纹易发生在锅炉元件的板边部分和堆焊过高的部分，及水击现象引起管道弯曲部分和排污管弯曲部分。

（2）热应力作用下产生的裂纹。锅炉严重缺水造成金属在高温下过热，若温度达750~900℃，则裂纹产生只要几分钟时间。其次是金属温度虽不太高，但因经常反复变化会产生热疲劳裂纹。

发生热应力裂纹时往往会引起金相组织的变化。热疲劳裂纹多半是横向分布，且短而细，但数量多。

（3）苛性脆化裂纹。裂纹产生在胀口与铆缝处，这种裂纹的特征是多而细，裂纹初期是沿晶间发展，后期可能变成穿晶裂纹。

6. 杆件变形的形式有哪些？

答：杆件变形的形式归纳为以下四种基本变形形式。即：

(1) 拉伸或压缩；(2) 剪切；(3) 扭转；(4) 弯曲。

7. 四种强度理论的含义是什么？

答：材料破坏的主要形式是塑性破坏和脆性破坏，解释这两种破坏形式有如下四种强度理论：

(1) 第一强度理论（最大垂直应力理论）

是指材料的危险数值的到达是在绝对数值最大的垂直应力到达危险数值的时候。该理论适用于脆性材料。

(2) 第二强度理论（最大伸长长度理论）

危险状态的到达决定于最大伸长和缩短。该理论适用于脆性材料。

(3) 第三强度理论（最大剪应力理论）

危险状态的到达决定于最大剪应力。该理论适用于塑性材料。

(4) 第四强度理论（最大形变能理论）

危险的塑性变形产生原因，并不是全部的变形位能，而是和材料的单位体积的形状改变有关的那一部分能量。

8. 许用应力在数值上等于什么？

答：许用应力 $[\sigma]$ 在数值上等于材料的极限应力 σ 。除以安全系数，极限应力对于塑性材料等于屈服极限 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ ，对于脆性材料，极限应力应为强度极限 σ_b 。

9. 我国现在强度计算中采用哪种强度理论？

答：现代我国锅炉强度计算中应用第三强度理论，即是最大剪应力理论。

10. 什么是钢？

答：含碳量在0.02~2.06%之间的铁碳合金为钢。

11. 什么是铁？

答：含碳量 $<0.02\%$ 为工业纯铁，含碳量 $>2.06\%$ 为生铁。

12. 在铁碳合金中，铁与碳互相结合的方式怎样？

答：在液态时，铁和碳可以无限互溶；在固态时，碳可溶于铁中形成固溶体；当含碳量超过固态溶解度时，则出现化合物(Fe_3C)。此外，还可以形成由固溶体和化合物组成的混合物。

13. 铁碳合金在固态下出现的基本组织有几种？

答：有四种：

(1) 铁素体 碳溶解在 α 铁中形成的固溶体叫做铁素体（又称 α 固溶体），通常用“F”表示。

(2) 奥氏体 碳溶解在 γ 铁中形成的固溶体叫做奥氏体，（又称 γ 固溶体）通常用“A”表示。

(3) 渗碳体 铁与碳形成的稳定化合物 Fe_3C 叫做渗碳体。

(4) 珠光体 铁素体与渗碳体组成的机械混合物叫做珠光体，通常用“P”表示。

铁在1390~910℃时为面心立方晶格，叫 γ 铁；铁在910℃以下为体心立方晶格，叫 α 铁。

14. 珠光体的球化对材料的性能有什么影响?

答: 珠光体球化对钢的室温力学性能和耐热性均有一定影响。

对高温强度的影响: 珠光体球化会使钢的室温强度极限和屈服极限降低, 也使钢材的蠕变极限和持久强度下降。

对耐热性影响: 珠光体球化会使钢的蠕变极限和持久强度下降。对于不同的钢其下降的程度是不同的。但其影响是很大的。

15. 珠光体的石墨化对材料的性能有什么影响?

答: 石墨化就是钢中渗碳体分解成游离碳并以石墨形式析出, 在钢中形成了石墨“夹杂”现象, 根据钢中的石墨化的发展程度, 通常将石墨化分为四级, 石墨化对材料的强度有所影响, 当石墨化为2~3级, 强度极限降低8~10%。石墨化对材料的塑性影响不明显, 对钢的弯曲角和冲击韧性值 α_k 影响很大, 石墨化由1级变4级, 弯曲角由大于90°到大于20°, 室温冲击韧性值由大到小。

16. 什么是弹性变形?

答: 材料在外载荷作用下, 产生变形, 当外载荷消除后, 所产生的变形将全部消失材料恢复到原有状态, 这种变形称为弹性变形。

17. 什么是塑性变形?

答: 材料受力后发生弹性变形, 当变形超过弹性极限时, 材料除产生弹性变形外, 还存在卸载后不能全部消失的变形, 即残余变形, 这种变形称塑性变形。

18. 什么是金属的强度?

答: 金属的强度是其抵抗外力作用的能力。对塑性材料来说是表示金属抵抗塑性变形的能力。

19. 什么是金属的硬度?

答: 金属的硬度是指金属抵抗其它比较坚硬物体压入的能力。这种坚硬的压入物体通常是不发生变形的。

20. 什么是冲击韧性?

答: 冲击韧性是表示金属材料对冲击负荷的抵抗能力, 可以认为冲击韧性是综合地概括了材料的塑性性能和强度性能, 冲击韧性 α_k 等于撞断带缺口的标准方形截面试样在其单位截面积上所消耗的功。 $\alpha_k = A_k / F, \text{J/cm}^2$ (焦[耳]/厘米²)。 A_k 为撞断试样所需的功; F 为试样截面积。

21. 什么叫钢的热处理?

答: 钢的热处理就是把钢在固态下加热到一定温度, 进行必要的保温, 并以适当的速度冷却, 以改变钢的内部组织, 从而得到所需性能的工艺方法。

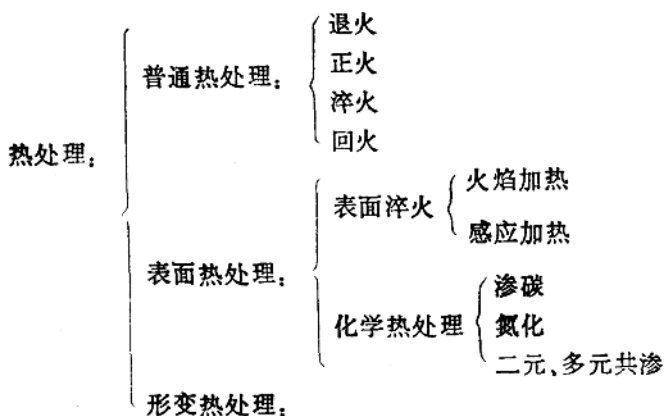
经过适当的热处理后, 可以提高零件的强度和硬度, 可以增强耐磨性或者改变金属的塑性和切削加工性能。

22. 钢的热处理一般分几个步骤?

答: 一般分三个步骤: 加热, 保温和冷却。由于加热温度, 保温时间和冷却速度不同, 可使钢产生不同的组织转变; 在加热后要有一段保温时间, 实质就是加热的继续, 其作用不仅使工件内外温度趋于一致, 还可使钢组织获得充分的转变。

23. 主要的热处理工艺有哪些?

答:



24. 什么叫淬火?

答: 淬火是将钢加热到 A_{c3} 以上的温度, 经一定时间保温后, 急速冷却, 以获得以马氏体为主体的不平衡组织。淬火的目的是为了提高钢的强度和硬度。

25. 什么叫正火?

答: 正火是钢加热到 A_{c3} (亚共析钢) 或 A_{cm} (过共析钢) 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 保温一段时间后, 在静止空气中冷却的一种热处理工艺。正火的目的是使钢的晶粒细化。

26. 什么叫退火?

答: 退火是将钢加热到 A_{c3} 以上或 $A_{c1}\sim A_{c3}$ 之间, 保温一段时间后, 以足够缓慢的速度冷却, 以获得稳定的组织。退火的目的是使钢材晶粒细化, 降低硬度和消除内应力。

27. 什么叫回火?

答: 回火就是将钢加热到低于 A_{c1} 的温度, 并在此温度下停留一定时间, 然后在油或空气中冷却。回火的主要目的是消除焊接后残余内应力。

28. 什么叫调质?

答: 调质是将钢淬火后进行高温回火的热处理工艺。

29. 合金杂质及气体对钢材性能有什么影响?

答: 碳: 含碳量增大, 钢材的强度、硬度增大、塑性、冲击韧性降低, 可焊性降低。

硫: 当硫以 FeS 存在于晶粒之间时, 熔点较低, 钢材轧制时, 可能产生热脆。

磷: 磷在钢中具有严重偏析倾向, 钢中存在较多磷时, 会出现冷脆和回火脆性。

氧: 钢中含氧太多或脱氧不良, 会遗留部分氧化物, 夹杂于钢中, 导致钢的强度、塑性、韧性降低。

氮: 钢中氮会增加钢的时效硬化倾向, 即冷加工塑性变形后, 经一定时间出现的韧性、塑性下降, 强度、硬度增高的现象。

氢: 氢能使钢材内部形成白点, 产生氢脆性和应力腐蚀, 能使焊缝热影响区发生冷裂现象。

30. 温度对钢材性能有什么影响?

答: 温度对钢材性能有以下影响:

(1) 随着温度的升高, 钢材一般表现为强度降低, 塑性韧性升高。

(2) 钢材在高温下, 即使其所受应力低于在该温度的屈服点, 也会发生缓慢的连续的

塑性变形，即蠕变现象。钢材因材质不同而有不同的开始发生蠕变的温度，对碳素钢为300~350℃；对合金钢，大约400℃以上出现蠕变现象。温度波动将会使钢材的蠕变极限降低。

(3) 在温度长期作用下，碳钢约在450℃以上，0.5% Mo钢约在480℃以上开始石墨化。石墨化会导致钢材的强度、弯曲角和冲击韧性降低。

(4) 温度愈高，钢材的球化过程愈快。

(5) 合金钢材的时效过程与温度有很大关系，温度愈高，时效过程时间愈短。

(6) 钢材在一定应力状态下，因高温影响，将发生金属的松弛，金属在高温下易发生氧化和腐蚀。

31. 钢的热处理有哪些主要方法？它们的目的是什么？

答：钢的热处理有退火、正火、淬火、回火、调质和化学热处理。

退火和正火的主要目的大致可归纳为以下几点：(1) 降低硬度，以便进行切削加工；(2) 消除残余应力，以防钢件的变形、开裂；(3) 细化晶粒，改善组织以提高钢的机械性能；(4) 为最终热处理作好组织上的准备。

淬火的目的是得到稳定状态的组织，从而提高钢的强度、硬度和耐磨性。

回火目的是减少或消除淬火后存在于钢内的应力；降低淬火的脆性；获得工件所要求的机械性能；稳定工件尺寸；降低硬度，以利切削加工。

调质处理目的是使钢的综合力学性能得到重大改善。

钢的化学热处理目的是强化工件的表面质量，提高表面的硬度，耐磨性，疲劳强度，耐腐蚀性和耐抗氧化性等。

32. 什么叫物态？

答：物态，是指物质分子的集合状态。气态，液态和固态被称为物质三态。

33. 钢材的高温性能包括哪些？

答：钢材在高温时的性能包括蠕变强度、持久强度、抗高温氧化性能、高温下的组织稳定性、应力松弛、热疲劳、热脆性等。

34. 什么叫冷加工硬化？

答：金属材料在冷加工后，随着变形程度的增加，强度和硬度升高、塑性和韧性逐渐下降，这种因冷变形而引起的金属强化现象称为冷加工硬化。

35. 试述碳钢五元素对可焊性和机械性能有什么影响？

答：(1) C (碳)。它是一种强化元素，含碳量增多，钢的强度和硬度提高，但使钢的塑性降低。含碳量高、可焊性差，含碳量一般要求在 $\leq 0.24\%$ 以下。

(2) Mn (锰)。含锰量增加能提高钢的强度和硬度、增加钢的耐磨性，能脱氧或降低硫对钢的有害影响。但含锰量不能太高，当 $Mn > 1\%$ 时，则易产生裂纹和夹渣。碳钢中含锰量为 $0.35 \sim 0.65\%$ 。

(3) Si (硅)。硅能脱氧，使焊缝致密性均匀，但含量过大时宜使焊缝夹渣。碳钢中含硅量为 $0.15 \sim 0.37\%$ 。

(4) S (硫)。以FeS形态存在于钢的晶粒之间。熔点低，加热到900℃以上锻造、轧制时，可导致晶间裂开（热脆）。碳钢含硫量为 $0.040 \sim 0.045\%$ 。

(5) P (磷)。会在钢中产生严重偏析现象，使钢在室温或更低温度下冲击值下降（冷脆性）。钢中含量 $< 0.04\%$ 。

36. 锅炉用钢的组织有哪几种？

答：铁素体、渗碳体、珠光体、马氏体、屈氏体、奥氏体等。

37. A_3F 、 A_3 、 A_3R 、 A_3g 、20g、16Mng、16MnR 分别属于什么钢种、其中各字母代表什么意义？

答： A_3F ——甲类 3 号普通碳素钢（沸腾钢）；

F ——沸腾钢；

A_3 ——甲类 3 号普通碳素钢（镇静钢）；

A_3R ——甲类 3 号普通碳素钢（镇静钢）容器用钢；

R ——容器专用钢；

A_3g ——甲类 3 号普通碳素钢（镇静钢）；

g ——锅炉专用钢（镇静钢）；

20g——20号优质锅炉专用钢（镇静钢）；

16Mng——普通低合金锅炉用钢（镇静钢）；

16MnR——普通低合金容器用钢（镇静钢）。

38. 对于制造锅炉受压元件的金属材料有哪些要求？

答：锅炉受压元件所用的金属材料，应具有规定的强度、冲击韧性和延伸性，以及良好的抗疲劳性能和抗腐蚀性能。

39. 什么叫镇静钢？

答：镇静钢是指用锰铁、硅铁和铝进行完全脱氧的钢。用于制造锅炉的受压元件。

40. 什么叫沸腾钢？

答：沸腾钢是指脱氧不完全的钢，只用锰铁脱氧。钢水中留有 FeO 与碳发生反应后产生一氧化碳气体，造成沸腾现象。凝固后，部分一氧化碳气体以气泡形式残留在内，布满整个钢锭，使钢锭结构疏松，轧制过程中，会产生夹渣分层现象。另外，钢材容易脆化，特别是在温度250—300℃条件下长期使用会随着时间的增加而缓慢变脆，即出现时效硬化。

41. 什么叫半镇静钢？

答：半镇静钢，其质量介于镇静钢与半沸腾钢之间，用“b”（半）表示。一般用于制造锅炉非受压元件的构件。

42. 碳素钢的机械性能、化学成份、对锅炉用材有何影响？

答：碳素钢是以铁为基体，含碳量低于2%的铁碳合金。当含碳量低于0.25%时称为“低碳钢”，因其有良好的加工工艺性能，在锅炉制造中广泛用于温度450℃以下的受压元件。钢材中的含碳量越多，其强度越高，同时塑性和韧性降低，可焊性变差；反之如含碳量过低时，塑性和韧性增加，可焊性变好，但强度降低较多。因此，锅炉受压元件使用钢材的含碳量，规定在一定的范围内。

锅炉受压元件必须选用优质碳素钢制造，且应具有一定的机械性能及化学成份，还要严格限制有害杂质硫和磷的含量。钢材中含有过量的硫时，在高温（400~600℃）下工作或在热加工过程中易发生热脆。当钢材中含有过量的磷时，在较低温度下工作或在冷加工过程中容易发生脆化，使塑性和韧性降低。

优质碳素钢是用两位阿拉伯数字来表示，如常用的20号优质碳素钢，其平均含碳量为0.20%，实际含碳量在0.16~0.24%范围内，有08、10、15、20等十多种。有些具有专门用

途的优质碳素钢。用在钢号后边再加相应的字母的方式来表示，如专门用于锅炉制造的有15g、20g等。如20g表示平均含碳量为0.20%的锅炉钢板钢。这是因为对锅炉用钢的杂质控制严格，检验项目也较多。除了一般必须保证的化学成份，抗拉强度(σ_b)，屈服强度(σ_s)、伸长率(σ_{10})断面收缩率(ψ)、冲击韧性值(α_k)和冷弯等项目外，还增加了时效冲击韧性和断口分析等项目。

43. 制造锅炉受压元件用的合金钢有什么特点？

答：合金钢是在冶炼过程中加入一种或多种合金元素的钢材。因其具有良好的机械性能和工艺性能等特点，所以在锅炉制造中越来越多地采用一些普通低合金钢代替优质碳素钢，以减少钢材用量。如1台中压锅炉的锅筒，采用“20g”碳钢来制造，壁厚需要46mm，而改用低碳合金钢(16Mng)壁厚可减至32mm，节省钢材约30%。

44. 锅炉用钢在化学元素含量上有什么要求？

答：要求氧、氮、氢含量极低，含碳在0.12~0.26%、含硫不超过0.045%，含磷不超过0.040%、含锰在0.15~1.65%、含硅在0.12~0.6%的范围。

45. 常用锅炉钢板牌号适用范围如何？

答：制造锅炉受压元件的钢材应符合国家标准(GB)和冶金部标准(YB)，并在规定范围内使用。常用锅炉钢板材料见表1-1。

表1-1

钢种	钢 号	技术标准	蒸汽锅炉适用范围		热水锅炉适用范围	
			工作压力≤MPa	壁温≤ (°C)	工作压力≤MPa	壁温≤ (°C)
碳素钢	A ₃	GB700	(不适用)		仅限用于额定出口热水锅炉低于120°C的锅炉。其中A ₃ 限用于不与火焰接触之处，且锅炉额定供热量不超过0.7MW(60×10 ⁴ kcal/h)	
	15	GB699				
	20					
	A3g	GB713	5.88		1.57	450
	20g				5.88	
合金钢	12Mng 16Mng	GB713	5.88	400	5.88	400

46. 常用锅炉钢管的牌号适用范围？

答：常用锅炉钢管的牌号见表1-2。

47. 什么叫化学方程式？

用化学式表示化学反应的式子，叫化学方程式。式子的左边写反应物，右边写生成物，中间用等号连接，并在化学式的前面配上适当的系数。以保证遵循质量守恒定律。例如硫酸与氢氧化钠反应的化学方程式为 $H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$

48. 什么是溶剂，溶质和溶液？

答：凡是能溶解其它物质的物质称为溶剂；凡是被溶剂溶解的物质称为溶质；溶质和溶剂组成的均匀体系称为溶液。溶液是由溶剂和溶质构成的。水是最常用的溶剂，水溶液是最普遍最重要的溶液，通常不指明溶剂的溶液就是水溶液。

表1-2 工业锅炉受压元件用钢管

钢种	钢号	技术标准	用途	蒸汽锅炉适用范围		热水锅炉适用范围	
				(工作压力MPa)	壁温 $\leq$ ($^{\circ}\text{C}$)	工作压力 (MPa)	壁温 $\leq$ ($^{\circ}\text{C}$)
碳素钢	10 20	YB231	受热面管子	(不适用)		仅限用于额定出口热水温度低于120 $^{\circ}\text{C}$ 的锅炉	
	10 20	GB3087	受热面管子 集箱、管道	≤ 5.88	$\frac{480}{430}$	≤ 5.88	$\frac{480}{430}$
	20G	GB5310	受热面管子 集箱、管道	不限	$\frac{480}{430}$	不限	$\frac{480}{430}$

49. 什么是溶解度？与温度有什么关系？

答：在一定温度和压力下，对固体或液体物质在100克溶剂内达到饱和时所能溶解的克数，称为该物质的溶解度。

绝大多数固体或液体物质的溶解度随温度升高而增大。少数固体物质的溶解度受温度影响很小，例如：食盐。还有少数物质的溶解度随温度升高而减小，如氢氧化钙。气体物质的溶解度，与固体不同，一般随温度升高而降低。

50. 什么是摩尔单位制？什么叫摩尔质量？

答：摩尔是国际单位制的基本单位之一，它表示物质的量单位，符号用mol表示，1摩尔物质表示 6.02×10^{23} 个该物质的基本微粒（如分子、原子或离子等）。1摩尔物质的质量称为摩尔质量，即表示 6.02×10^{23} 个微粒的质量，其单位为g/mol，在数值上等于元素的原子量或物质的分子量。例如：1摩尔的钠含有 6.02×10^{23} 个钠原子，质量为23克，即23g/mol。1摩尔的水含有 6.02×10^{23} 个水分子，质量为18克，即18g/mol。1摩尔的氢氧根含有 6.02×10^{23} 个氢氧根离子，质量为17克，即17g/mol。

51. 什么叫当量、克当量和毫克当量？

答：当量是物质相互反应时，彼此所需相当的量。因为物质相互反应时生成新物质的分子与元素或原子团的化合价有关，在任何分子中正负价的代数和等于零。所以当量和化合价

之间存在下列关系：元素的当量 = $\frac{\text{原子量}}{\text{该元素的化合价}}$ ，

化合物的当量 = $\frac{\text{分子量}}{\text{参加反应的离子或原子团化合价}}$ 。

物质的当量，如果用克作单位表示，称为克当量，用毫克作单位表示，则称为毫克当量。例如：1克当量Ca=20克；1毫克当量Na=23毫克；1克当量 H_2SO_4 =49克。

52. 什么叫浓度？常用哪几种表示方法？

答：浓度是表示在一定量的溶液或溶剂中所含溶质的量。浓度是非常重要的概念，在水处理中，几乎都是用浓度表明水中杂质的多少和水处理效果的好坏；在水质分析中通常是用配制成一定浓度的溶液来测定水中某些杂质的浓度。

浓度的表示方法很多，常用的浓度表示方法有比例浓度，重量百分浓度，摩尔浓度和当量浓度。在水质分析中通常采用一些更小浓度单位来表示水中杂质的含量，常用浓度单位含义如下。

(1) ppm=mg/L (毫克/升) ; (2) ppb=μg/L (微克/升) ; (3) mol/mL=摩[尔]/毫升。

53. 什么叫电解质？什么叫非电解质？

答：物质根据导电性可以划分为导体和绝缘体，但是有很多物质，在固体状态时不导电，而在制成溶液或溶化时却可以导电。由于可将物质分成两大类：其溶液或溶化状态能够导电的物质称为电解质，如酸、碱、盐都是电解质；反之，其溶液或溶化状态不能导电的物质称为非电解质，如酒精和蔗糖都是非电解质。

54. 什么叫电离？为什么电解质溶液能导电？

答：电解质是由离子键或共价键的极性键所组成的化合物，它在水中、由于受到水的极性分子吸引，而或多或少地离解成带电荷的离子，形成了离子溶液，这个过程称为电离。

由于电离，电解质溶液是离子溶液，里面有自由移动的阴、阳离子存在，所以电解质溶液具有导电性。

55. 哪些离子决定溶液的酸碱性？

答：溶液中的 H^+ 离子决定了溶液的酸性。 H^+ 离子浓度越大，溶液酸性越强； H^+ 离子浓度越小，溶液的酸性越弱。溶液中的 OH^- 离子决定溶液的碱性， OH^- 离子浓度越大，溶液的碱性越强， OH^- 离子浓度越小，溶液的碱性越弱。

56. 什么是PH值？

答：pH值是表示溶液中 H^+ 离子的含量，即表明溶液酸碱性强弱的一项指标。pH值代表 H^+ 摩尔浓度的负对数，即

$$pH = -\lg[H^+] = \lg \frac{1}{[H^+]}$$

式中 $[H^+]$ 表示溶液中 H^+ 的摩尔浓度 (mol/L) 。

当pH=7时溶液呈中性，pH<7时溶液呈酸性，pH>7时溶液呈碱性。天然水pH为6.5至8.5。锅炉水pH为10至12。

57. 什么是水的硬度、什么是硬水、软水？

答：水的硬度是表示水中某些高价金属离子含量的多少。这些高价金属离子有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 等。天然水中主要是 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} ，其他离子在水中含量很少。含有这类离子水，在受热蒸发浓缩过程中，易生成难溶盐类，沉积在锅炉受热面上，形成水垢。通常把含有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 较多的水称为硬水。相反，把含有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 较少的水称为软水。

58. 水的硬度通常有哪些种类？

答：水的硬度通常有以下几类：

- (1) 总硬度：表示 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 总含量；
- (2) 钙硬度：表示水中 Ca^{2+} 的含量；
- (3) 镁硬度：表示水中 Mg^{2+} 的含量；
- (4) 碳酸盐硬度：表示水中钙镁的重碳酸盐和溶解的碳酸盐的含量；

(5) 暂时硬度：表示水中钙、镁重碳酸盐含量。因为这种盐类在水沸腾时就从溶液中析出而成沉淀物。又因为钙镁的碳酸盐溶解度很小，所以碳酸盐硬度近似于暂时硬度，通常这两种硬度可以不加区分；

(6) 非碳酸盐硬度：表示水中钙镁的硫酸盐、氯化物等的含量。由于这种硬度在水沸腾时不能析出沉淀物，所以又称为永久硬度；

(7) 负硬度：表示水中重碳酸钠的含量。

59. 水垢和水渣的区别是什么？

答：水垢是锅内沉淀物牢固地附着在受热面上，形成坚硬、致密的结晶体。而水渣是存在于锅水中，形成疏松絮状或细小晶粒状的悬浮物。

60. 水垢如何分类？有哪几类？

答：水垢绝大部分是由难溶的盐类形成的，而且还包括一部分腐蚀产物。因此水垢可按组成的阳离子分类，也可按组成的阴离子分类。按阳离子分类，水垢可以分为钙镁垢和氧化铁垢。按阴离子分类，可分为碳酸盐水垢、硫酸盐水垢、硅酸盐水垢及混合水垢。

61. 水垢有哪几种、各有什么特征？

答：水垢有以下几种：

(1) 碳酸盐水垢：常发生在锅炉水循环较慢的部位和给水管道的进口处。水垢呈白色，质硬，也有呈疏松的海绵状；

(2) 硅酸盐水垢：容易沉积在温度高的蒸发面上。水垢为灰色或灰白色，非常坚硬，导热性小，难于消除；

(3) 硫酸盐水垢：沉积在受热强度最大的地方，水垢呈现白色或黄白色，坚硬致密；

(4) 混合水垢：由各种水垢组合而成，可以分出层次，多结生在锅炉高、低温区的交界处；

(5) 含油水垢：多结生在锅炉内温度最高的部位上，多呈黑色，有坚硬的，也有松软的。

62. 水垢对锅炉运行有什么影响？

答：锅炉结垢后将产生以下几种后果：

(1) 浪费燃料：水垢的导热性能很差，锅内结垢后会使受热面传热情况恶化，增加排烟温度，降低锅炉热效率，浪费燃料；

(2) 损坏受热面：因为水垢导热差，热量是通过受热面经水垢传到炉水或蒸气，所以受热面壁温升高，严重时造成金属过热，导致爆管、鼓包等事故，甚至本体爆炸，危及安全运行；

(3) 金属温度升高，增加金属膨胀量。

(4) 破坏水循环：锅炉水管内结垢，流通截面积减少，增加了水循环的流动阻力，严重时会将管子完全堵塞，影响正常水循环而引起事故；

(5) 降低锅炉出力：随着结垢厚度增加，因炉膛容积和炉排面积一定，燃料消耗受到限制，所以，增加燃料来达到额定蒸发量是不可能的，这样锅炉的出力降低了；

(6) 消耗化学除垢药剂：受热面上结垢，必须清除，除垢就需要大量除垢剂，造成经济浪费；

(7) 产生腐蚀：锅炉结垢没有及时清除，容易产生垢下腐蚀，导致管子穿孔等。

63. 氧对金属腐蚀的影响和产生氧腐蚀的原理是什么?

答: 氧对金属腐蚀的影响是两方面的:

(1) 一方面是形成氧化物对金属起保护作用, 当在金属表面上形成均匀完整的保护膜时, 可以保护里面的金属不再遭受腐蚀。

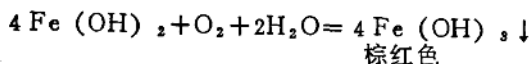
(2) 另一方面是氧对金属的破坏作用, 即当保护膜形成的不完整或被局部破坏时, 水中溶解氧起着阴极去极化剂的作用, 使金属腐蚀加速。而且, 正是由于氧对金属的双重作用, 往往使大部分金属表面被保护, 因而腐蚀核心的数量减少, 腐蚀面积小, 腐蚀强度大, 往往能达到很深的溃疡程度, 以至穿孔。因此, 氧腐蚀是锅炉金属最常见最普遍的腐蚀形式, 其电极反应如下:

阳极反应: $\text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2e$

阴极反应: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e = 4\text{OH}^-$

总的电池反应: $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_2$

如果两极间的扩散作用强烈, 给水中又不断有氧进入, 还会发生以下二次过程:



这就是铁锈的成因。

64. 金属腐蚀有哪些类型?

答: 金属腐蚀很复杂, 类型也很多, 主要有以下三种分类方法, 分析问题时可以灵活运用。

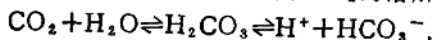
(1) 根据腐蚀的形貌不同, 可分为全面腐蚀和局部腐蚀。全面腐蚀又有均匀腐蚀和不均匀腐蚀之别; 局部腐蚀从宏观上看有溃疡腐蚀、斑点状腐蚀、针孔状腐蚀、垢下腐蚀等。从微观上看有穿晶腐蚀和沿晶腐蚀。

(2) 根据腐蚀机理不同, 可分为化学腐蚀和电化学腐蚀。

(3) 根据腐蚀原因不同, 也可直接称为汽水腐蚀、氧腐蚀、二氧化碳腐蚀、酸腐蚀、碱腐蚀、中性盐腐蚀、苛性脆化腐蚀等等。

65. 钢铁在潮湿空气里为什么会遭受腐蚀?

答: 在潮湿的空气里, 钢铁表面会吸附一层薄薄的水膜。水是弱电解质, 它能电离出来少量的 H^+ 和 OH^- 。由于空气中 CO_2 的溶解, 会使水膜中的 H^+ 浓度加强:

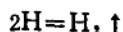


结果使钢铁表面形成一层酸性的电解质溶液的薄膜, 于是钢铁表面就等于形成了无数的腐蚀微电池, 铁是阳极, 碳是阴极, 其电极反应如下:

阳极上反应是: $\text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2e$;

Fe^{2+} 进入溶液, 也就是被腐蚀掉。

阴极上反应是: $2\text{H}^+ + 2e = 2\text{H}$;



整个电池反应是: $\text{Fe} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$

由上述可见, 钢铁在潮湿空气里发生的是电化学腐蚀, 由于在腐蚀过程中有 H_2 放出, 所以也叫析氢腐蚀。

66. 锅炉受热面的腐蚀有那几种类型?

答：锅炉受热面的腐蚀一般有以下几种腐蚀：

(1) 锅炉承压部件的内部腐蚀。这种腐蚀主要是垢下腐蚀，多发生在水冷壁管内；

(2) 锅炉承压受热管子的外部腐蚀。这种腐蚀多发生在过(再)热器管和液态排渣煤粉炉水冷壁管上；

(3) 低温受热面烟气侧腐蚀。这种腐蚀是在受热面的温度低于烟气的露点，烟气中的水蒸气和硫燃烧后生成的三氧化硫结合成硫酸会凝结在受热面上，严重腐蚀受热面，多发生在空气预热器的冷端及温度较低的省煤器中。

67. 锅炉哪些部位易产生腐蚀，原因是什么？

答：易产生腐蚀的部位有：

(1) 锅炉的内部水位线附近与积结水垢处；

(2) 锅筒与炉墙、底座的接触处；

(3) 人孔、手孔、法兰接口或管子胀口渗漏处；

(4) 钢板的扳边处或铆钉接缝的附近。

(5) 燃烧室的炉排附近；

(6) 位于烟道部分的对流管子的外壁。

产生腐蚀的原因是：

(1) 经常受气、水或潮湿空气的侵蚀，产生氧化腐蚀；

(2) 炉水中含有溶解气体和杂质引起酸、碱、盐类的化学腐蚀；

(3) 潮湿的炉灰和煤渣中含有硫质，造成酸性腐蚀。

68. 怎样防止锅炉腐蚀？

答：防止锅炉腐蚀的措施有：

(1) 控制pH值。给水pH值控制在8~9为宜，锅水pH值控制在10~12为宜；

(2) 锅炉给水要除氧；

(3) 控制炉水中所含腐蚀性盐类。腐蚀性盐类主要是指硫酸盐、氯化物等。

69. 热流与应力的腐蚀有什么关系？

答：热负荷大的地方，由于热流会降低保护膜的程度，锅炉传热面腐蚀较严重。另外金属应力集中的地方，腐蚀速度也较大，如锅炉扳边部位等。促使锅炉金属产生附加应力的因素很多，例如结构上的缺陷使锅筒、集箱、排管、水冷壁管等不能自由地热膨胀；进入锅炉的给水与锅炉水温差过大，或引进方式的不合理；点火时、低负荷时，水循环不良等，从而使锅炉因各部分温度不均匀而造成弯曲，都能使锅炉产生高的局部附加应力，加速腐蚀过程。

70. 锅炉哪些部位容易产生蒸气腐蚀？

发生水蒸气腐蚀的部位，一般在以下两处：汽水停滞部分，如锅炉的水平或倾斜度较小的沸腾管段，因水循环不畅而发生气塞或气水分层，蒸汽将严重过热而发生蒸汽腐蚀；在蒸汽过热器中，如果过热器的热负荷和温度波动很大，黑色的四氧化三铁(Fe_3O_4)保护膜遭到破坏，过热器管壁就会遭受严重的水蒸汽腐蚀。

水蒸汽腐蚀属于化学腐蚀。它的腐蚀特征是管壁均匀地变薄，腐蚀产物常常呈粉末状或鳞片状，其成份多半是四氧化三铁(Fe_3O_4)。

防止水蒸汽腐蚀方法有：避免布置倾斜度小的沸腾管段，以保证正常的汽水循环；采用

耐热的奥氏体不锈钢做高温过热器。

71. 锅炉哪些部位容易产生低温硫腐蚀？

低温硫腐蚀常发生在锅炉空气预热器的冷端及给水温度低的省煤器中。当受热面的温度低于烟气的露点时，烟气中的水蒸气和硫燃烧后生成的三氧化硫结合成的硫酸会凝结在受热面上，严重地腐蚀受热面并造成“堵灰”。

2. 制图与识图

72. 什么是机械制图？

答：机械制图就是把机械零件的形状尺寸或组装配合，用投影方法将它绘制成图样。

73. 机械制图中有几种基本视图？

答：我国的图样画法，国家标准规定了六个基本视图，即主视图、俯视图、左视图，右视图，仰视图，后视图。通常只用主视图、俯视图和左视图就可以了。这三种视图就是通称的三视图。三视图就是在三个互相垂直的投影面内，以正前方向正面投影得到的视图称主视图；从正上方向水平面投影得到的视图称俯视图；从正左方向侧面投影得到的视图称左视图。图1-1表示零件A的三视图。

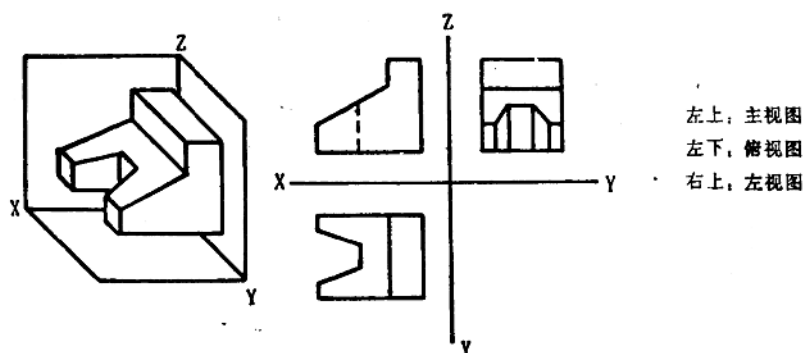


图1-1 零件A的三视图

74. 什么是剖视图？

答：对于较复杂的物体，仅采用基本视图就不够用了。为了能清楚地表示出物体的结构，假想用—个剖切平面把物体切开，拿去前面的部分后，画出留下部分的投影，并在切口处画上剖面符号，这样的图形就叫剖视图。如图1-2A-A即为轴B的剖视图。

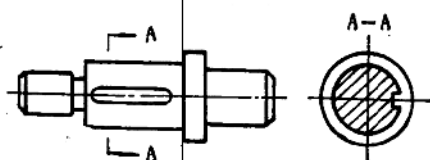


图1-2 轴B的剖视

75. 什么是剖面图?

答: 为了表示物体的断面形状, 假想用一剖切平面把物体某一部分切开, 单独画出该平面所切得的断面形状并画上剖面符号, 该图就是剖面图, 简称剖图。图1-3A-A为轴C的剖面图。

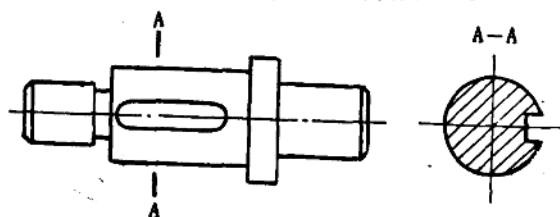


图1-3 轴C的剖面图

76. 什么叫零件图、装配图和总装配图?

答: 任何1台机器或1个部件, 都是由若干零件按一定的装配关系和技术要求装配起来的。零件图就是表达单个零件的图样, 它给出零件的结构形状, 尺寸和技术要求, 并根据它生产零件。装配图是表示机器或部件的图样, 它给出机器或部件的结构形状, 装配关系和技术要求。总装配图也叫总图, 是表达由许多部件及零件组成一台完整机器的图样。装配时根据装配图或总装配图把零件装配成部件或机器, 设计时要先设计装配图, 再根据装配图来画部件及零件图。

77. 什么是零件图?

答: 任何机器, 设备都是用一些相互有关的零件按一定要求装配而成的。制造和检验零件所依据的图样叫零件图, 零件图应准确而完整地表达出零件的各部分结构, 形状和尺寸以及加工要求内容。在图的右下角设标题栏, 其中应有零件的名称, 数量, 编号, 材料, 本图比例, 制图和校审者的姓名、制图日期等栏目。

78. 怎样标注零件尺寸?

答: 标注零件尺寸的目的是使人们了解零件各部分形状的大小, 形状之间的相互位置, 并且要便于加工制造。尺寸单位一般用毫米。在标注时首先选出一个面或一条线作为零件划线和加工的出发点, 此面或线称为基准面或基准线。常用的标注方法示于图1-4中。

尺寸名称	标注方法图示	说明
尺寸线、尺寸界线、数字位置、倒角。		1. 尺寸线与所注线段应平行。 2. 尺寸数字注在尺寸线上方或中断处, 位置不够时可以引出。 3. $2 \times 45^\circ$ 代表倒角, 2为厚度 45° 为角度。

图1-4