

牛存义 王超群等 编著

工厂实验室 物理测试技术问答

机械工业出版社

工厂实验室物理测试 技术问答

银戒三	屠世润	曹用涛	陈健生
张德万	王超群	陈洪育	赵伯琅
黄孝瑛	牛存义	刘末生	靳达申
	孙才荣	编著	



机械工业出版社

(京) 新登字054号

本书是根据原机械工业部修订的《工人技术等级标准(通用部分)》物理金相检验工、无损探伤工、热处理检查工的应知应会要求编写的。它包括上述工种初、中、高级工应知应会内容,并考虑了技师考评的需要。以金相、力学性能、无损探伤为主。金相包括:宏观和显微组织试验方法、技术标准及用金属材料 and 热处理的基本知识;力学性能包括:硬度、拉力、冲击、扭转、疲劳等实验;无损探伤以射线探伤为主,包括超声、磁粉、渗透检测等;并对X射线衍射分析、透射电镜、电子探针、扫描电镜、俄歇谱仪等方法的基本原理、适用范围、外协要求等入门知识作了简明实用的介绍。全书采用问答形式,共492道题,便于培训、考核时学习和掌握。尤其对高级工和技师的考评,目前还未见这方面教材和考试评题。本书中所列题目可供选择,直接用作培训考评试题。

工厂实验室物理测试技术问答

牛存义 王超群等 编著

责任编辑:程淑华

封面设计:郭景云

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业性许可出字第117号)

北京市大兴兴达印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店

开本787×1092¹/₃₂·印张11·字数227千字

1992年4月北京第1版·1992年4月北京第1次印刷

印数 0 001—3 000·定价:9.00元

ISBN 7-111-03149-0/TG·695

前 言

本书是根据原机械工业部修订的《工人技术等级标准（通用部分）》物理金相检验工、无损探伤工、热处理检查工的应知应会要求编写的。它包括上述工种初、中、高级工应知应会内容，并考虑了技师考评的需要。以金相、力学性能、无损探伤为主。金相包括宏观和显微组织试验方法、技术标准及常用金属材料 and 热处理的基本知识；力学性能包括硬度、拉力、冲击、扭转、疲劳等实验；无损探伤以射线探伤为主，包括超声、磁粉、渗透检测等；并对X射线衍射分析、透射电镜、电子探针、扫描电镜、俄歇谱仪等方法的基本原理、适用范围、外协要求、误差与数据分析等入门知识作了简明实用的介绍。全书采用问答形式，共492道题，便于培训、考核时学习和掌握，尤其是对高级工和技师的考评，目前还没有这方面的教材和考评试题。本书中有关题目可供选择，直接用作培训、考评试题，方便实用。

本书各章分别由以下同志编写：第一章金相试验由银戒三、屠世润同志；第二章金属力学性能测试由曹用涛同志；第三章无损探伤由陈健生、张德万同志；第四章X射线分析由王超群、陈洪育、赵伯琅同志；第五章电子显微镜由黄孝瑛同志；第六章电子探针由牛存义同志；第七章扫描电子显微镜由刘末生同志；第八章俄歇电子能谱由靳达申、孙才荣同志。全书由牛存义、曹用涛同志统稿。

ABD21 / 06

目 录

前言

第一章 金相试验 1

一、金相试样制备 1

1-1 金相试样的制备大体上有哪几个步骤? 1

1-2 金相试样截取的原则是什么? 需考虑哪些问题? 1

1-3 如何确定金相试样的检验面(磨面)? 横截面和纵截面的金相试样主要研究被检验的材料和零件的哪些测试项目? 1

1-4 粗磨的目的是什么? 粗磨时应注意哪些问题? 2

1-5 细磨的目的是什么? 细磨时应注意哪些问题? 3

1-6 抛光的目的是什么? 机械抛光时应注意哪些问题? 日常用的抛光微粉有哪几种? 3

1-7 铸造铝合金、变形铝合金及轴瓦合金等机械抛光时应注意哪些问题? 4

1-8 日常显示金相组织的方法有哪几种? 4

1-9 纯金属及单相合金(包括低碳钢)在进行化学浸蚀时,显示晶粒的具体浸蚀过程是怎样进行的? 4

1-10 二相合金的浸蚀过程是怎样的? 5

1-11 多相合金的浸蚀过程又是怎样的呢? 5

1-12 对钢铁材料通用的两种浸蚀剂是什么? 5

1-13 电解浸蚀的工作电压和工作电流一般在什么范围内? 5

二、光学显微镜 6

1-14 试说明光学金相显微镜借物镜、目镜两次放大

后, 得到组织放大的简单原理?	6
1-15 物镜有哪几项主要特征? 一般物镜外壳上刻有 哪些特性标志?	6
1-16 物镜的放大率是由哪两个因素决定的?	7
1-17 数值孔径在显微放大中的重要意义是什么? 物镜 上滴松柏油的作用是什么? 为什么能提高物镜 的鉴别能力?	7
1-18 什么叫鉴别能力(鉴别率)? 鉴别能力和数值孔 径及光源波长之间的关系是什么?	8
1-19 显微镜物镜的鉴别能力 d 和人眼的鉴别能力的关 系是什么?	8
1-20 在普通光源照明的情况下, 金相显微镜人眼实际 观察时, 所得到的有效放大倍数在什么范围内?	8
1-21 摄影的鉴别能力为什么比人眼观察试样金相组 织细微部分的能力为高? 摄影的有效放大倍数 在什么范围以内?	9
1-22 金相显微镜一般有哪几种照明方式? 暗场采取 什么照明方式?	9
1-23 孔径光阑的作用是什么? 摄影时怎样利用孔径 光阑的缩小和放大提高观察和摄影时的图象质量?	9
1-24 视场光阑的作用是什么? 怎样利用视域光阑提 高观察和照片的质量?	10
1-25 滤光片的作用是什么?	10
1-26 蔡司大型卧式金相显微镜由哪三个独立部分组成? 应怎样维护和保养?	10
三、照相及洗印	1
1-27 要得到一张优良的金相照片, 试验过程主要应注 意哪些问题?	11
1-28 感光底片具有哪五种特性?	12
1-29 负片、照片常有哪几种主要缺陷, 简要分析其	

形成原因？	12
1-30 显影液的一般配方，包括哪四类化学药品？	13
1-31 常用显影剂的化学药品是什么？它的作用是什么？	13
1-32 常用显影液中的促进剂有哪些？它们的作用是什么？	13
1-33 常用显影液中的保护剂有哪些？它们的作用是什么？	14
1-34 常用显影液中的抑制剂有哪些？它们的功能是什么？	14
1-35 负片定影的目的是什么？常用定影液的化学药品是什么？	14
四、浸蚀技术	14
1-36 宏观组织检验技术有几种？宏观组织检验的目的和意义是什么？	14
1-37 配制宏观浸蚀剂时，必须考虑哪些问题？	15
1-38 宏观浸蚀的作用和适用范围是什么？	15
1-39 一般常用的化学浸蚀剂由哪三种主要成分组成？	15
1-40 化学浸蚀钢中的珠光体，其反应怎样？	16
五、钢铁及有色金属金相检验	16
1-41 什么是金属学？研究金属学的重要意义是什么？	16
1-42 下列名词术语的定义是什么？晶体、晶胞、晶向指数、晶面指数、置换固溶体、间隙固溶体、间隙相、间隙化合物	16
1-43 什么是纯金属凝固时的过冷和过冷度？液态金属均匀形核的三要素是什么？	17
1-44 控制金属结晶时晶粒大小的途径或方法主要有哪三种？	17
1-45 什么叫相？什么叫相变？什么叫相界？什么是晶界？	17
1-46 铸造铝合金的针孔是怎样形成的？	18
1-47 铸造铝合金中针孔的一般形态如何？有哪几种	

检验针孔的方法？	18
1-48 HB963标准中的针孔低倍分级图片有哪几级？	
评定级别时的原则是什么？	18
1-49 金相组织中的共晶组织按形态分类有哪几种？	
常见的有哪三种？	19
1-50 一般结构钢钢材（原材料）的宏观组织和微观组织缺陷的检验项目有哪些？其组织缺陷的特征是什么？	19
1-51 钢的低倍组织缺陷检验的热酸浸法是怎样进行的？	20
1-52 什么是铸造铝合金的热处理过烧？其过烧组织的特征是什么？	21
1-53 什么是过烧三角？	21
1-54 什么是复溶球？	21
1-55 什么是复溶共晶体？	21
1-56 铸造铝硅合金在热处理时组织过热和过烧有什么原则区别？	21
1-57 铸造铝硅近共晶合金（ZL108、ZL109…）进行钠变质和磷变质时，其组织特征是什么？	22
1-58 铸造铝硅合金进行固溶加热时，随温度的升高，共晶硅的形态变化规律是什么？	22
1-59 铸造铝硅合金（ZL108、ZL109）活塞进行磷变质时，为什么形成过共晶型金相组织？	22
1-60 20高锡铝基轴承合金的主要特点是什么？它的铸态组织形态和分布情况怎样？为什么要对它进行轧制和退火处理？	23
1-61 铝锡镁轴承合金的相组成是什么？加镁的作用何在？	23
1-62 铜铅轴承合金显微组织的特点是什么？在使用中能表现哪些优良的性能？	24
1-63 灰铸铁的金相组织检验主要有哪些项目？	24

1-64	灰铸铁中珠光体型组织按片间距分为几级？其片间距的实际尺寸是多少？和硬度的关系怎样？	24
1-65	灰铸铁中珠光体数量与抗弯强度的关系怎样？	24
1-66	铸铁中常见的磷共晶类型有哪几种？二元和三元磷共晶的熔点是多少？	24
1-67	什么叫共晶团？我国灰铸铁的金相标准中，共晶团分为几级？共晶团等级与性能的关系怎样？	25
1-68	根据石墨的形成原因和分布特征，灰铸铁的国家金相标准将石墨分为哪六类，其各类石墨的分布形状特征是什么？	25
1-69	铸铁中A型石墨是怎样形成的？	26
1-70	铸铁中的B型石墨是怎样形成的？	26
1-71	铸铁中C型石墨是怎样形成的？	27
1-72	铸铁中D型石墨是怎样形成的？	27
1-73	铸铁中E型石墨是怎样形成的？	27
1-74	铸铁中F型石墨是怎样形成的？	28
1-75	我国国家标准将石墨长度分为几级？对石墨长度进行评级有何重要的实际意义？	28
六、铸铁热处理及金相组织		29
1-76	铸铁在高温下的损坏形式是什么？	29
1-77	普通灰铸铁在900~930℃加热保温后进行油淬火，随后分别在500~600℃、400~500℃、350~400℃进行回火处理各得到什么组织？	29
1-78	普通灰铸铁在850~900℃加热淬入280~320℃的硝酸盐或热油中进行等温处理后，其金相组织是什么？	29
1-79	普通灰铸铁在850~900℃加热后空冷，其金相组织是什么？	29
1-80	球墨铸铁经高温（900~940℃）完全奥氏体化后正火所得的金相组织是什么？	30

1-81 球墨铸铁经中温 ($800\sim 860^{\circ}\text{C}$) 部分奥氏体化 正火后的金相组织是什么?	30
1-82 球墨铸铁经 $880\sim 900^{\circ}\text{C}$ 淬火后, 分别进行 $550\sim 600^{\circ}\text{C}$ 、 $350\sim 500^{\circ}\text{C}$ 、 $140\sim 250^{\circ}\text{C}$ 回火后, 各得什么组织?	30
1-83 球墨铸铁进行完全奥氏体化, 在 $280\sim 320^{\circ}\text{C}$ 等 温淬火后的金相组织是什么?	30
1-84 球墨铸铁加热到 $790\sim 810^{\circ}\text{C}$ 后, 在 $300\sim 320^{\circ}\text{C}$ 的硝盐中进行所谓部分奥氏体化等温淬火后的金 相组织是什么?	30
1-85 球墨铸铁中球状石墨形成的必要条件有哪些?	30
1-86 球墨铸铁中常见的石墨形态有哪几种?	31
1-87 球墨铸铁为什么易产生反白口组织?	31
1-88 球墨铸铁为什么容易形成牛眼状组织?	31
1-89 可锻铸铁习惯上可分为哪两大类, 它们是怎样形 成的? 其组织特征是什么?	31
1-90 蠕虫状石墨, 在光学显微镜下观察有哪些主要特征?	32
1-91 JB2122—77 铁素体可锻铸铁金相标准中石墨由 紧密到松散逐渐过渡的特点, 排列了常见的哪五 种形状?	32
1-92 根据铁素体可锻铸铁石墨形状对力学性能的影响, 可分为哪五级?	32
1-93 JB2122—77 铁素体可锻铸铁的石墨分布对力学性 能的直接影响分为哪三级?	33
1-94 JB2122—77 铁素体可锻铸铁中石墨颗数分哪五级?	33
1-95 JB2122—77 标准中, 铁素体可锻铸铁的珠光体残 余量分为哪五级?	33
1-96 JB2122—77 中铁素体可锻铸铁的残余渗碳体分为 哪二级?	34
1-97 什么是铁素体可锻铸铁的表皮层? 怎样测试它的	

厚度？测试中应注意些什么？34

七、钢的热处理及金相组织34

1-98 钢按退火后的金相组织可分为哪几类？34

1-99 钢按正火后的金相组织可分为哪几类？35

1-100 钢按化学成分是怎样分类的？35

1-101 碳钢经退火、正火、淬火及不同温度下等温处理后直接由奥氏体转变产生的组织从形态上看，大体有哪几类？35

1-102 亚共析碳钢中先共析铁素体的金相组织形态大体上分哪三类？36

1-103 过共析碳钢中先共析渗碳体的金相组织形态大体上有哪两类？36

1-104 什么是珠光体？共析钢中珠光体类型组织的形成温度对其层片间距和硬度有何影响？36

1-105 在低碳 ($C < 0.2\%$) 低合金高强度钢中，贝氏体有哪三种不同的金相组织形态？37

1-106 什么叫马氏体？在碳钢中含碳量对马氏体组织形态有什么影响？37

1-107 碳钢中回火马氏体、回火屈氏体、回火索氏体是怎样产生的，其组织形态特征是什么？37

1-108 钢经淬火后回火，其回火过程各个阶段的转变实质是什么？38

1-109 铸造碳素钢（亚共析钢）常出现何种组织缺陷，其形成原因是什么？38

八、钢的化学热处理及感应加热热处理39

1-110 什么叫化学热处理？其目的何在？39

1-111 影响钢件化学热处理效果的主要因素有哪些？39

1-112 常用的化学热处理方法有哪几种？其应用范围如何？40

1-113 渗碳的目的是什么？渗碳工艺方法有哪几种？40

1-114	固体渗碳的方法和原理是什么？其适用范围如何？	40
1-115	气体渗碳工艺的特点是什么？	41
1-116	零件渗碳后需进行何种热处理？	41
1-117	通常渗碳后渗层的金相组织是什么？如何测定 渗碳层的深度？	42
1-118	渗碳件常见的缺陷有哪些？如何防止和补救？	43
1-119	什么是渗氮处理？渗氮处理的目的是什么？	44
1-120	如何评定渗氮层的质量？	44
1-121	什么是低温氮碳共渗（软氮化）处理？其工艺 特点和性能如何？	45
1-122	如何评价低温氮碳共渗（软氮化）处理零件的 质量？	46
1-123	什么是气体碳氮共渗？其工艺和应用范围如何？	46
1-124	气体碳氮共渗层的金相组织有何特点？常见的 金相组织缺陷有哪几种？	47
1-125	什么是感应加热热处理？其基本原理及工艺特 点是什么？	48
1-126	如何评价感应加热表面淬火工艺的质量？有哪 几项技术指标？感应加热表面淬火零件金相组 织的特点是什么？	49
1-127	如何测量高、中频表面淬火硬化层的深度？	50
1-128	常见的感应加热表面淬火的缺陷有哪几种？如 何防止？	51
九、	工具钢、高速钢、硬质合金的金相组织	51
1-129	碳素工具钢退火状态的组织缺陷是什么？形成 的主要原因是什么？	51
1-130	碳素工具钢在淬火和回火状态有哪些组织缺 陷？形成原因是什么？	52
1-131	碳素工具钢热处理后的一般技术要求是哪些？	53

1-132 对合金刀具钢工件热处理后的金相组织要求是什么？	53
1-133 “JB2406—79 工具钢热处理金相检验” 中回火程度的检查方法是怎样规定的？	53
1-134 Cr12钢淬火后的正常组织、过热组织和过烧组织的特征是什么？	54
1-135 GCr15钢锻造后的正常金相组织是什么？可能产生哪些组织缺陷？形成原因是什么？	54
1-136 GCr15钢球化退火、淬火的正常组织是什么？组织缺陷是什么？形成的主要原因是什么？	55
1-137 高速工具钢铸态组织、退火状态的 组织各是什么？主要的组织缺陷是什么？	55
1-138 高速工具钢淬火、回火后的正常组织是什么？淬火后可能有哪些组织缺陷及形成原因？	55
1-139 W18Cr4V与45钢对焊后空冷的正常金相组织是什么？有哪些主要缺陷组织？形成原因是什么？	56
1-140 硬质合金中的钨钴类和钨钴钛类正常组织和缺陷组织各有那些？形成原因是什么？	56
十、裂纹的金相分析	57
1-141 何谓裂纹的金相分析方法？	57
1-142 钢锻件表面上产生龟裂的原因是什么？它的金相组织形貌怎样？	57
1-143 钢在热处理过程中形成龟裂的原因是什么？	58
1-144 焊接过程中产生龟裂的原因是什么？	58
1-145 磨削裂纹的形貌及产生的原因是什么？	58
第二章 金属力学性能测试	60
2-1 什么是“金属力学”？	60
2-2 “金属力学性能”又是什么？	60
2-3 什么是“金属力学性能判据”？	60
2-4 “金属力学试验”是什么？有哪些种？	60

2-5 “金属力学性能测试”又是什么？	61
2-6 什么是“应力”？什么是“标称应力”？	61
2-7 什么是“真应力”？什么是“工程应力”？	61
2-8 “正应力”、“主应力”又是什么？	61
2-9 什么是“应变”？“工程应变”？“真应变”？	61
2-10 什么又是“线性应变”、“轴向应变”、“径向应变”、“切应变”、“角应变”？	62
2-11 “宏观应变”、“微观应变”又是什么？	62
2-12 什么是抗拉强度？如何测定？	62
2-13 什么是“规定非比例伸长应力”、“规定总伸长应力”、“规定残余伸长应力”？	63
2-14 何谓“屈服点”？如何测定？	63
2-15 何谓“屈服点伸长率”、“最大应力下伸长率”、“断后伸长率”？	64
2-16 何谓“规定非比例伸长率”、“规定总伸长率”、“规定残余伸长率”？	64
2-17 何谓“断面收缩率”？	65
2-18 什么是弹性模量？泊松比？	65
2-19 “切变模量”又是什么？	65
2-20 金属压缩试验有何特点？主要用来测定哪些力学性能判据？	65
2-21 金属弯曲试验有何特点？可用来测定哪些力学性能判据？	66
2-22 金属扭转试验有何特点？可用来测定哪些力学性能判据？	66
2-23 何谓硬度？一般有哪几种？	67
2-24 布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度如何测定？其适用范围如何？	68
2-25 材料的硬度是否可换算成强度？	69
2-26 何谓“冲击韧度”？有哪些用途？	70

2-27 金属冲击试验通常有 哪几种？	71
2-28 如何测定金属的 韧脆转变温度？	71
2-29 何谓“金属蠕变”？	72
2-30 “金属持久强度”又是什么？	73
2-31 什么是“金属持久塑性”？有什么意义？	73
2-32 “蠕变极限”是什么？如何测定？	73
2-33 “持久强度极限”是什么？如何测定？	74
2-34 何谓“应力松弛”？有什么工程意义？	75
2-35 “金属疲劳”是什么？有哪几种？	75
2-36 如何区分“高周疲劳”和“低周疲劳”？	76
2-37 何谓“疲劳极限”？如何测定？	76
2-38 表征金属低周疲劳性能好坏的判据是什么？	77
2-39 金属疲劳断口有何宏观及微观特征？	77
2-40 什么是“应力集中”？有何作用？	78
2-41 如何设法减弱金属制件的应力集中？	79
2-42 何谓“线弹性断裂力学”？	79
2-43 什么是“应力强度因子”？“断裂韧度”又是 什么？	80
2-44 何谓“非线性弹塑性断裂力学”？	80
2-45 何谓“裂纹张开位移”？	81
2-46 金属力学性能测试用试样的取样原则和方法是 什么？	82
2-47 试述金属材料试验机的一般维护和保养原则。	82
2-48 试述试验数据的表示方法。	83
2-49 试述国内外先进的金属力学性能测试技术概况。	84
第三章 无损探伤	86
一、超声波探伤法	86
3-1 什么叫超声波？	86
3-2 超声波有几种波形？	86
3-3 超声波怎样产生的？	86

3-4 超声波探伤的原理是怎样的？	86
3-5 超声波探伤法有哪些优缺点？	87
3-6 超声波在介质中传播时为什么会产生衰减？	87
3-7 超声波探伤中为什么必须使用耦合剂？	88
3-8 有哪些类型的超声波探伤仪？	88
3-9 A型超声波探伤仪是由哪些部分组成的？	88
3-10 超声波探头有哪些种类？	88
3-11 超声波探伤用的参考试块有哪些用途？	89
3-12 什么叫设备的综合灵敏度？	89
3-13 怎样测定设备的综合灵敏度？	90
3-14 怎样测定设备的分辨力？	90
3-15 纵波探伤法有哪些主要用途？	91
3-16 横波探伤法有哪些主要用途？	91
3-17 表面波探伤法有哪些主要用途？	91
3-18 什么叫探伤波形？有哪些基本波形？	91
3-19 超声波探伤的基本过程有哪些？	92
3-20 在纵波探伤中有哪几种缺陷定位方法？	92
二、射线照象技术	93
3-21 什么是射线？X射线具有什么性质？	93
3-22 射线照象的理论依据是什么？	93
3-23 什么叫放射性物质、放射性同位素？	94
3-24 什么是射线照象的灵敏度？	94
3-25 什么叫核衰变？什么叫放射性同位素的半衰期？	95
3-26 什么叫放射性物质的活度？单位是什么？	95
3-27 什么叫放射性物质的比活度？它的物理意义是 什么？	95
3-28 电子伏特的物理意义是什么？X射线和 γ 射线常 用的能量单位是什么？	96
3-29 什么是射线照相的厚度宽容度？	96
3-30 X射线管是由哪些部件组成的？工作原理是什么？	96

3-31	什么是X射线管的焦点？	96
3-32	什么是X射线管的容量？影响X射线管容量的 因素有哪些？	97
3-33	新的或长期停止使用的X光机，使用前为什么要 进行X光管训练？如何训练？	97
3-34	X射线机的冷却系统结构简介？	98
3-35	X射线机常见的故障有哪些？	98
3-36	选购X光探伤机应考虑什么条件？	98
3-37	射线检验的三个基本要素是什么？射线检验有 哪些方法？	98
3-38	什么叫射线检验的灵敏度？用什么方法表示？	99
3-39	影响射线照相灵敏度的主要因素有哪些？	99
3-40	什么叫射线探伤的曝光量？如何计算和选择？	99
3-41	什么叫焦距？它与感光量和曝光量有何关系？	100
3-42	什么是散射线？它有什么特征？	100
3-43	散射线的产生对X射线胶片有何影响？通常采取 什么方法遮挡散射线？	101
3-44	什么是荧光现象？什么是荧光增感？	101
3-45	什么是增感和增感系数？增感屏的种类有哪些？	101
3-46	什么是曝光曲线及用途？有哪些类型？	102
3-47	X光胶片是怎样构成的？对X射线胶片有何特 殊要求？	103
3-48	乳剂层的组分及摄影作用是什么？	103
3-49	什么叫底片的黑度？	104
3-50	什么叫底片的清晰度？什么叫几何不清晰度？ 几何不清晰度对射线探伤的危害是什么？	104
3-51	使用胶片时要注意什么事项？	105
3-52	什么叫胶片的灰雾度？它对透照质量有何影响？	105
3-53	什么叫胶片的感光度？	105
3-54	胶片处理分哪几个程序？	105