

职业技能操作训练丛书

无损探伤工

吉化集团公司组织编写
邵泽波 等编著

● 依据《国家职业标准》

● 提炼核心操作技能

● 专家指导操作演练

● 从易到难各等级兼备



化学工业出版社

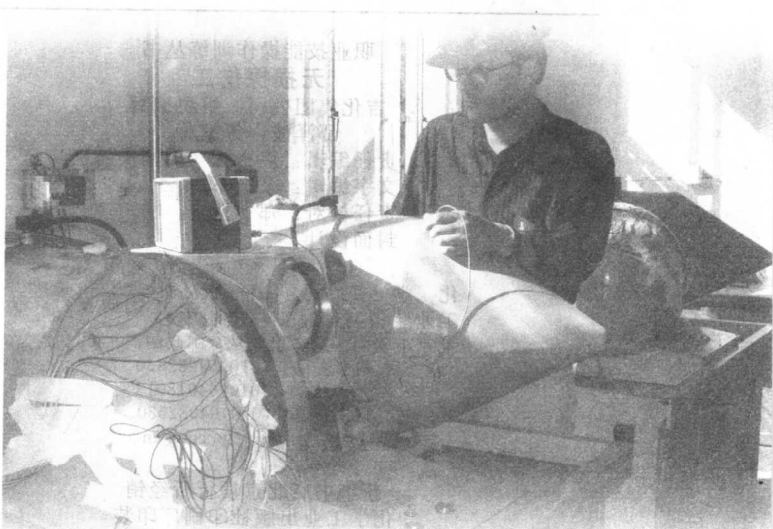
工业装备与信息工程出版中心

职业技能操作训练丛书

无损探伤工

吉化集团公司组织编写

邵泽波 等编著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

地址：北京市东城区东黄城根北街2号 邮编：100021 电话：(010) 64589552

本书是《职业技能操作训练丛书》的一个分册,是根据国家职业技能鉴定规范,由具有实践经验的技术专家编写而成,旨在帮助广大技术工人提高操作技能。

本书根据无损探伤工的工作要求,以近百个操作训练实例分别介绍了从事射线探伤、超声波探伤、磁粉探伤、液体渗透探伤和涡流探伤所涉及的各方面的操作技能,具有较强的实用性和指导性。

本书力求对从事无损探伤作业的技术工人提高实际操作技能有所帮助,也可供 I、II、III 级无损探伤考证人员学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

无损探伤工/邵泽波等编著. —北京:化学工业出版社, 2006.6

(职业技能操作训练丛书)

ISBN 7-5025-9024-2

I. 无… II. 邵… III. 无损检验-技术培训-教材
IV. TG115.28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 071101 号

职业技能操作训练丛书 无损探伤工

吉化集团公司 组织编写

邵泽波 等编著

责任编辑:卢小林 周国庆

文字编辑:余纪军

责任校对:郑捷

封面设计:于兵

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
化学工业出版社印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9¼ 字数 209 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-9024-2

定价:20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

国家劳动和社会保障部正在大力推行职业资格证书制度，并倡导企业以各种方式鼓励技术工人通过培训和自学来提升自己的知识与技能。技术工人需要通过考取职业资格证书，提高自己的操作技能，来增强自己的职场竞争力。为了帮助广大技术工人提高操作技能，化学工业出版社组织一批长期工作于生产一线、具有丰富实践经验的工程技术人员和高级技师，编写了《职业技能操作训练丛书》。

本套丛书根据国家职业标准，将各工种不同等级的核心操作技能提炼出来，用一个个训练实例的形式加以表现并分步骤进行讲解。通俗地讲，本套丛书就是各工种核心操作技能的实例集，每分册都包括了数十个极具典型性和代表性的实例，这些实例均来自生产一线或职业技能操作考试题库。书中对每个实例均作了细致的讲解，新颖的编排形式可以使读者对每个案例的操作全过程一目了然。本套丛书力求使读者尽快熟练掌握每个工种在各个等级的核心操作技能，力求对读者通过职业资格鉴定考试有所帮助。同时读者也可以将书中相应实例的讲解用于实际生产操作。

本丛书共包括 22 种：机械加工类包括《数控机床操作工》、《车工》、《检修钳工》、《装配钳工》、《铣工》、《气焊工》、《电焊工》、《磨工》、《镗工》、《管工》、《冷作钣金工》、《金属热处理工》；仪电类包括《仪表维修工》、《维修电工》、《变电站值班员》、《电机修理工》、《制冷设备维修工》；表面处理类包括《防腐蚀工》、《涂装工》、《电镀

工》；其他有《起重工》、《无损探伤工》。

本书为《无损探伤工》分册，全书以数十个操作训练的实例较全面地介绍了射线探伤、超声波探伤、磁粉探伤、液体渗透探伤和涡流探伤的操作过程和方法，力求为从事无损探伤的人员提供操作技能上的帮助和指导。

本书由邵泽波等编著，具体为：第1章由孙学芹、李铁锋编著；第2章～第4章由邵泽波编著；第5章由赵明炬编著；李晓光编写了附录。

本书由吉林化工学院教材出版基金赞助出版。

由于作者水平有限，时间仓促，书中不妥之处，恳请读者多提宝贵意见。

编者

2006年7月

目 录

第 1 章 射线探伤	1
第 1 节 射线探伤设备的使用与维护	1
训练 1.1 训机	1
训练 1.2 X 射线探伤机的使用方法	4
训练 1.3 X 射线探伤机的维护和保养	5
训练 1.4 γ 射线探伤机的使用	5
训练 1.5 换源	7
训练 1.6 γ 射线探伤机的维护和保管	8
第 2 节 射线探伤透照方法	8
训练 1.7 曝光曲线的制作方法	9
训练 1.8 纵缝单壁透照法	13
训练 1.9 纵缝双壁透照法	21
训练 1.10 环缝单壁外透法	26
训练 1.11 环缝内透中心法	32
训练 1.12 环缝内透偏心法	37
训练 1.13 环缝双壁单影法	43
训练 1.14 环缝双壁双影法	49
训练 1.15 二氧化硫储罐的射线探伤	55
训练 1.16 球罐的射线探伤	60
第 3 节 暗室处理技术	65
训练 1.17 胶片处理药液的配制方法	65
训练 1.18 胶片手工处理方法	68
训练 1.19 胶片自动处理方法	72
第 4 节 底片评定	73
训练 1.20 底片质量的评定	74

训练 1.21 焊接缺陷在底片上的影像分析	79
第 2 章 超声波探伤	84
第 1 节 仪器的使用与维护	84
训练 2.1 仪器的主要旋钮及其作用	84
训练 2.2 仪器的使用方法	86
训练 2.3 仪器的维护和保养	88
第 2 节 超声波探伤的主要性能测试	89
训练 2.4 探伤仪的主要性能测试	89
训练 2.5 直探头主要性能的测试	93
训练 2.6 斜探头主要性能的测试	98
训练 2.7 双晶直探头主要性能的测试	107
训练 2.8 水浸探头主要性能的测试	110
训练 2.9 超声波衰减系数的测试	111
训练 2.10 超声波传播速度的测试方法	114
训练 2.11 不同表面粗糙度对超声波能量损失的 测量	115
训练 2.12 不同耦合剂对超声波能量损失的 测试	116
训练 2.13 圆柱面反射波（三角形反射波）的 测试	118
训练 2.14 水浸探伤水层厚度的调整方法	120
训练 2.15 表面声能损失差的测定	121
训练 2.16 以声束指向性为基础确定缺陷尺寸的 方法	124
训练 2.17 焊缝超声波探伤距离-波幅曲线的 制作	128
第 3 节 原材料的超声波探伤	132
训练 2.18 薄钢板超声波探伤	132
训练 2.19 中厚钢板超声波探伤	135
训练 2.20 复合钢板超声波探伤	137

训练 2.21 无缝钢管的超声波探伤	140
第 4 节 锻铸件超声波探伤	142
训练 2.22 钢锻件超声波探伤	142
训练 2.23 铸钢件的超声波探伤	146
第 5 节 焊缝超声波探伤	149
训练 2.24 对接焊缝超声波探伤	149
训练 2.25 管座角焊缝超声波探伤	154
训练 2.26 T 形焊缝超声波探伤	159
附录 2-1 对比试块	163
附录 2-2 CSK-I A 型试块	166
附录 2-3 CSK-II 型试块	167
附录 2-4 CSK-III A 型试块	168
附录 2-5 兰姆波探头参数选择参考表	169
附录 2-6 “ C_p-f_d 和 C_g-f_d ” 曲线举例	170
附录 2-7 水平分量 U 和垂直分量 V 的计算 公式	171
附录 2-8 ZGZ 系列对比试块	172
附录 2-9 透声性的补偿方法	174
附录 2-10 钢管超声波探伤对比试样的制备和 要求	175
第 3 章 磁粉探伤	178
训练 3.1 磁粉的磁性测定	178
训练 3.2 磁粉粒度测定 (显微镜筛选法)	180
训练 3.3 磁粉粒度测定 (酒精沉淀法)	182
训练 3.4 磁悬液的配制	185
训练 3.5 磁悬液的浓度测定	186
训练 3.6 磁悬液污染及剩磁测定	188
训练 3.7 水磁悬液润湿性测定	190
训练 3.8 白光照度和紫外线光 (黑光) 照度的 测定	191

训练 3.9	磁粉探伤综合性能测试	192
训练 3.10	通电导体的磁场测试	195
训练 3.11	螺线管磁场测试	196
训练 3.12	灵敏度标准试片使用试验	198
训练 3.13	工件 L/D 值对纵向磁化效果的 影响	200
训练 3.14	焊缝磁粉探伤	202
训练 3.15	退磁及剩磁测量	204
训练 3.16	磁粉探伤—橡胶铸型法	207
训练 3.17	磁痕记录试验	209
训练 3.18	反差增强剂的使用	210
训练 3.19	干法和湿法探伤灵敏度对比试验 ..	212
第 4 章	液体渗透探伤	215
训练 4.1	溶剂清洗型着色液性能的比较 试验	216
训练 4.2	后乳化型着色液的配制	217
训练 4.3	溶剂悬浮显像剂的配制	219
训练 4.4	荧光渗透剂亮度的比较测定	220
训练 4.5	渗透剂在紫外线下的稳定性测试	221
训练 4.6	渗透剂的热稳定性试验	223
训练 4.7	渗透剂的可去除性试验	224
训练 4.8	渗透剂的灵敏度测试	227
训练 4.9	显像剂的灵敏度测试	230
训练 4.10	显像剂的可去除性试验	232
训练 4.11	干粉显像剂的密度(松散性) 测定	233
训练 4.12	黑光源的间接评定方法	235
训练 4.13	焊缝着色探伤	237
训练 4.14	铸钢件渗透探伤试验	239
训练 4.15	锻件渗透探伤	241

训练 4.16	压力容器焊缝渗透检验	243
训练 4.17	小型不锈钢工件的渗透检验	245
训练 4.18	玻璃制品的渗透检验	247
附录 4-1	铝合金淬火裂纹对比试块 (A 型)	248
附录 4-2	不锈钢压痕裂纹对比试块 (B 型)	249
附录 4-3	镀铬裂纹对比试块 (C 型)	250
第 5 章	涡流探伤	251
训练 5.1	对比试样的制备	252
训练 5.2	探伤前的准备工作及仪器的调定	254
训练 5.3	涡流探伤设备综合指标的测定	260
训练 5.4	涡流探伤设备的使用方法	262
训练 5.5	钢管涡流探伤	264
训练 5.6	铝及铝合金冷拉薄壁管材涡流 探伤	268
训练 5.7	铜及铜合金无缝管涡流探伤	272
附录 5-1	日本用的对比试样	275
参考文献		279

第 1 章 射线探伤

射线探伤是工业无损检测中的一个重要检测手段，在锅炉、压力容器制造、检修行业得到广泛应用。这里介绍的射线探伤方法是指用 X 射线或 γ 射线穿透试件，以胶片作为记录信息的载体的无损检测方法，该方法是最基本的、应用最广泛的一种检测方法。

第 1 节 射线探伤设备的使用与维护

掌握射线探伤方法，首先必须熟练地操作和使用探伤设备。设备的正确使用和及时维护不仅能延长其使用寿命，还能保证检测质量、保障检测人员及公众的生命安全。

训练 1.1 训机

为了保证 X 射线管的使用寿命，对新出厂的或长期不使用的 X 射线探伤机应严格训机后才能使用。训机就是对不是连续使用的 X 射线探伤机按要求进行逐步升高电压的训练过程。训机一般按设备说明书进行。下面以常用的金属陶瓷管 2505 型 X 射线探伤机的训机方法为例进行介绍。

1. 手动训机

对于长期闲置不用或新出厂的 X 射线机，可按如下

步骤进行训机。

(1) 将电缆线一端与控制箱连接, 另一端与 X 射线机头连接; 将电源线的一端插入控制箱电源线插孔, 另一端插入外接电源插座, 保证各连接点接触良好, 并接好接地线。

(2) 检查所使用的电源电压是否是 220V, 如电压有较大波动, 需接一台稳压器。

(3) 接通电源后, 打开电源开关, 控制箱面板上的电源指示灯亮, 机头风扇开始转动, 表明系统已经准备好, 可以进行训机或曝光。

(4) 开始训机。

① 首先调节管电压旋钮, 使它指示最低值 150kV, 调整时间指示器为 5min, 按下高压通开关。此时高压指示灯 (红灯) 亮, 表示高压已接通。

② 在高压通的 5min 内, 以极其缓慢的速度旋转电压调整旋钮, 使旋钮指示在 160kV, 也就是使升压速度为 2kV/min。

③ 5min 后, 蜂鸣器响起, 红灯熄灭, 即高压切断。让机器休息 5min 后, 保持时间指示器不变, 然后按下高压通开关, 继续以 2kV/min 的速度调整电压旋钮, 调到 170kV。

④ 时间到, 再休息 5min, 重复以上操作, 直到管电压升到额定管电压 250kV 为止, 整个训机过程结束。

对于闲置一段时间的 X 射线机, 可按表 1-1 规定的升压速度和休息时间进行训机。

2. 自动训机

对于装有延时线路, 自动训机线路的 X 射线探伤机, 训机可以自动进行。

(1) 正确连接好设备后, 设备指示“准备工作”。在工作状态下, 按下“训机”键, 设备自动从最低电压 150kV

表 1-1 金属陶瓷管训机规定

闲 置 时 间	训 机 方 法
1 天	只需自动训机到使用电压值,若使用电压较前一天高,可自动训机到前一天使用的电压值后,手动按 2kV/min 的升压速度升到将使用的电压值
2~7 天	手动训机,从最低值开始,按 10kV/min 升到最高值(到 210kV 时,需休息 5min,然后继续训机)
7~30 天	手动训机,从最低值开始,每 5min 升电压 10kV,至最高值。每训机 10min,休息 5min
30~60 天	手动训机,从最低值开始,每 5min 升电压 10kV,升到最高值。每升 10kV 电压休息 5min
60 天以上	按上述方法进行,但需增加休息时间和训机次数

开始训机。机器本身的预置时间为 5min,并自动设置 1:1 休息程序。

(2) 训机开始后,控制面板显示倒计时,同时电压从 150kV 逐渐升高。当计时器显示为 0 时,训机中断开始休息。电压显示此时升高到的电压值。

(3) 机器休息 5min 后,语音提示“继续训机”。电压开始继续升高,计时器从 5min 开始倒计时。

(4) 以上过程“训机—休息—训机”循环进行,直到电压升高到最高负载电压 250kV 为止,语音提示“训机结束”。整个过程都是设备微机控制系统自动控制进行的。

自动训机的另一种方法是,设备提示“准备工作”后,输入需用管电压,若训机灯亮,则提醒您在该电压下工作需要训机。这时,调节训机时间(如 2min),在工作状态下,按开键,则机器根据输入的时间自动进行训机,管电压以最低值 150kV 开始逐渐升高。当管电压升到输入的管电压值时,训机灯灭,训机结束。这一训机过程中机器自动进行 1:1 工作与休息,即训机 2min,休息 2min。训机完成后,可以进行曝光操作。

训练 1.2 X 射线探伤机的使用方法

1. 操作步骤

(1) 将电源线、电缆线插头分别和控制箱、机头、高压发生器及冷却系统等牢固连接, 保证接触良好。

(2) 检查所使用的电源电压是否为 220V, 并观察其稳定性, 如波动较大, 波动范围超过 $\pm 10\%$ 额定电压时, 需加设一个调压器或稳压电源。

(3) 将控制箱上的接地线与外接接地插头连接好, 保证可靠接地。

(4) 按训练 1.1 的方法认真训机, 保证 X 射线管良好的使用状态, 以便延长射线机的使用寿命。

(5) 按要求划线、贴片、调整管电压和曝光时间, 准备曝光。

(6) 按下高压通开关, 高压显示灯和毫安指示灯同时闪亮, 开始曝光。曝光时计时器显示倒计时, 当计时器显示为 0 时, 曝光结束。蜂鸣器响起, 红灯熄灭, 高压自动切断。

(7) 一次曝光时间超过设备最大预置时间 5min 时, 需休息 5min 后, 调整计时器为剩余曝光时间, 按下高压通开关继续曝光。

2. 注意事项

(1) 通电前应检查电源线, 电缆线插头是否接触良好, 防止虚接触。

(2) 接通电源后, 检查冷却系统是否正常工作, 确保整个曝光过程中, 冷却良好。

(3) 曝光过程中, 如发现异常, 应按下高压断开关, 切断高压, 分析原因, 排除故障, 然后才能继续进行曝光。

(4) 工作结束后, 拔下电缆线时应手握接头根部, 顺

着接头方向拔下，不能强行拖拽，防止损坏电缆线。

训练 1.3 X 射线探伤机的维护和保养

为了减少 X 射线机的使用故障，应做经常性的维护和保养工作。

(1) X 射线机应摆放在通风干燥处，切忌置于潮湿、高温及腐蚀性环境中，以免降低绝缘性能。

(2) 运输、搬运时要轻拿轻放，并采取防振措施。避免因剧烈振动造成接头松动、高压包移位、X 射线管破损等故障。

(3) 保持机器表面清洁，经常擦拭机器，防止尘土、污物造成短路和接触不良。

(4) 保持电缆头接触良好，如因使用时间过长，导致磨损松动，接触不良，应及时更换。

(5) 经常检查机头是否漏油、漏气。如窗口有气泡产生即证明机头漏油；若压力表指示低于 0.34MPa，则机头可能漏气。发生上述情况应及时补充油、气，确保绝缘性能良好。

训练 1.4 γ 射线探伤机的使用

1. 操作步骤

(1) 根据探伤条件用 γ 射线曝光计算尺计算出最佳黑度的曝光时间。

(2) 检查 γ 射线监测仪，音响报警器是否正常工作。

(3) 检查设备有无明显损伤，驱动机构是否灵活，有无卡死现象，输源管有无明显砸扁或损坏现象。

(4) 利用定位架固定输源管曝光头，使其与实际拍片焦点重合。把主机平稳地安放在合适的位置，铺设输源管道，注意输源管曲率半径不得小于 500mm。如果工作场地允许，尽量使输源管伸直。

(5) 从屏蔽容器上取下源顶鞭，将其插入储存源顶鞭

管内，将输源管与探伤机机体输出端连接。

(6) 连接驱动机构。打开机体上的安全锁，旋转选择环，使其从“锁紧”位置转到“连接”位置，防护盖自动弹出；将控制缆连接套向后滑动，打开控制缆连接器上的卡爪，露出控制缆上的阳接头；用大拇指尖压下弹簧顶锁销，把阴阳接头嵌接好，放开锁销，检查是否连接妥当；收拢卡爪，盖住阴阳接头部件；向前滑动连接套，套住卡爪，并将连接套上的缺口销插入选择环定位环孔内；旋转选择环到“工作”位置。

(7) 沿顺时针方向迅速摇动驱动机构手柄，将源从屏蔽容器内送入输源管，直到照相头，手感摇不动为止，此时行程记录数字应与输源管长度相对应。如果中途发现移动手柄有困难，就应反向摇动手柄，把源收回到屏蔽容器中，然后用 γ 射线剂量率仪检测工作场所，确信放射源回到储存容器后，再检查控制缆和输源管是否异常，校正后再往外送源。

(8) 收源。曝光结束后，沿逆时针方向迅速转动手柄，直至摇不动为止，这时源被收回到储存容器内，用 γ 射线剂量率仪检查确认放射源已回到屏蔽容器中。

(9) 旋转选择环到“连接”位置，取下连接爪式定位环，打开连接爪，从阴接头中取出阳接头，盖上端盖，旋转选择环到锁紧位置，锁上安全锁，取下安全钥匙，卸下输源管，上好源顶鞭，整个操作过程结束。

2. 注意事项

(1) 工作前，应对操作区域进行划分，对射线剂量过大的区域要设立安全警示标志。

(2) 进入工作区，操作人员就应携带好 γ 射线剂量率仪和报警器，并打开仪器开关，检查仪器是否完好，损坏的仪器应马上更换。

(3) 整个操作过程中，操作人员要在远离放射源的地

方工作。当射线源输送到照相头后，应跑步离开，在有屏蔽物的地方或安全距离外等待曝光结束。曝光结束后，迅速将源收回，尽量减少受照射时间和剂量。

训练 1.5 换源

γ 射线源经过几个半衰期后，源的活度减小，曝光时间增加，生产效率下降。当无法满足生产需要时，则需购买新源，将旧源换掉，这个过程叫换源。换源包括两个内容，一是从探伤机中将旧源输入到换源器的空腔内；二是从换源器的另一个装有新源的腔体内取出新源送至 γ 射线探伤机的机体内。

1. 设备和器材

换源器， γ 射线探伤机， γ 射线剂量率仪，音响报警器。

2. 主要操作步骤

(1) 在探伤室内，将换源器、 γ 射线探伤机摆放平稳。按 γ 射线探伤机操作步骤（见训练 1.4）把驱动机构与探伤机主机连接，然后，将不带照相头的输源管两端分别与主机和换源器相连。

(2) 摇动驱动机构手柄，将旧源从探伤机中送入换源器空腔内。

(3) 从旧源鞭上取出驱动缆上的阳接头，从换源器旧源孔道接头上拆下输源管，将输源管与换源器上新源孔道接头相连。

(4) 将控制缆阳接头与新源鞭的阴接头连接，并合上导源管。

(5) 摇动驱动机构曲柄，将新源拉入探伤机机体内。

(6) 旋转选择环到“连接”位置，取下连接爪式定位环，打开连接爪，从阴接头中取出阳接头。

(7) 盖上端盖，旋转选择环到锁紧位置，锁上安全