

ICS 45.080

CCS S 00

团体标准

T/JSCTS ××—××××

城市轨道交通钢轨探伤人员培训及认证 规范

Training and Certification Specification for Rail Inspection Personnel
in Urban Rail Transit
(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

×××××—××—××发布

×××××—××—××实施

江苏省综合交通运输学会 发布

目 录

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 2

5 工作职责 2

6 取证 3

7 换证 4

8 培训机构 5

9 考试机构 5

10 钢轨探伤检测人员管理 6

11 附则 6

附录 A（规范性） 钢轨检测人员资格申请表 7

附录 B（规范性） 钢轨探伤检测人员证(样式) 8

附录 C（规范性） 钢轨探伤检测人员考试大纲 9

附录 D（规范性） 培训班项目课时安排与权重表 33

附录 E（规范性） 考试方案 35

前言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由南京派光高速载运智慧感知研究院有限公司提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：高速载运设施无损检测监控技术工信部重点实验室、南京派光高速载运智慧感知研究院有限公司、南京地铁运营有限责任公司、南京地铁建设有限责任公司、苏州轨道交通运营有限公司运营二分公司、南京铁道职业技术学院、南京交通职业技术学院、无锡地铁运营有限公司、南通城市轨道交通有限公司运营分公司、徐州地铁运营有限公司、常州地铁集团有限公司运营分公司、郑州轨道交通运营有限公司、杭州杭港地铁五号线有限公司、西安市轨道交通集团有限公司运营分公司、合肥市轨道交通集团运营有限公司、南宁轨道交通运营有限公司维修中心、山东瑞祥模具有限公司。

本文件主要起草人：何继平、王平、刘勇、李开宇、贾银亮、徐维磊、乔小雷、李祥、郭满鸿、张永慨、陶庆春、刘建利、施红裕、钦佩、叶云飞、周静、刘妮娜、高越、杨婧文、朱蕾、王熙程、周少凡、李伟、陈林、倪昌业、董震、石志勇、李永、丁庆、陈剑、章志平、温永磊、贾栓航、谢伟伟、刘永、张楠、张鑫、阮小桐、吕文昊、唐吉宗、何辉、李晴、魏玉龙、孟倩倩、周永星、於涛。

引言

本标准实行的目标是构建城市轨道交通钢轨探伤人员的职业素质要求，并借鉴国内外钢轨探伤相关标准，以部分钢轨探伤业务开展且具有代表性的城市轨道交通运营单位为试点，进行数据获取和分析，确定适用于我国城市轨道交通钢轨探伤指标及标准。

通过建立适用于我国城市轨道交通钢轨探伤指标及标准，完善钢轨探伤人员职业准入制度，培养出业务能力过硬的钢轨探伤人员，提升轨道交通从业人员素质，从而提高城市轨道交通列车运营的安全性，促进城市轨道交通行业健康发展。

城市轨道交通钢轨探伤人员培训及认证规范

1 范围

本文件提供了我国城市轨道交通钢轨探伤人员培训和认证规范的指导,包括总则、工作职责、取证、换证、培训机构、考试机构、钢轨探伤检测人员管理以及附则等。

本文件适用于城市轨道交通运营单位的安全管理体系。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 11533-2011 标准对数视力表

GB/T 9445 无损检测人员资格鉴定与认证

GB/Z 43414 无损检测 无损检测培训大纲

TB/T 2658 工务作业

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1

城市轨道交通 urban rail transit

采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统,包括地铁、轻轨、单轨系统、有轨电车、磁浮、自动导向轨道、市域快速轨道系统。

3.2

道岔 turnout/switch

车辆从一股轨道转入或越过另一股轨道的线路连接设备。

3.3

轨面 top of rail

轨道顶面。钢轮钢轨系统中,一般指两股钢轨顶面的公切线;磁浮系统中,轨面指磁极面;跨座式单轨交通中,指轨道梁走行面中心点的位置。

3.4

轨道 track

承受列车荷载和约束列车运行方向的设备或设施总称。

3.5

轨道结构 track structure

轨道设备或设施中用于车辆支承和导向并将列车载荷传向下部结构的组合体。

3.6

钢轨 rail

直接支承列车荷载和引导车轮行驶的型钢。

3.7

扣件 track fastening

将钢轨固定在轨枕或其他轨下基础的连接部件。

3.8

无损检测工艺规程 NDT procedure

为对产品实施无损检测而按标准、法规或规范的要求来编写的含有全部基本参数和注意事项的书面说明书。

3.9

无损检测操作指导书 NDT instruction

依据无损检测工艺规程、标准、规范或技术条件编写的书面文件,它叙述检测时应遵循的步骤。

4 总则

4.1 城市轨道交通钢轨探伤人员是指在城市轨道交通工务作业中,使用专用探伤仪检测钢轨缺陷,并对探伤设备进行检测和维护的人员。钢轨探伤人员应当按照本规范的要求,取得相应的《钢轨探伤检测人员证》,方可从事相应的钢轨探伤工作,《钢轨探伤检测人员证》应符合附录 B 的要求。

4.2 本文件规定的无损检测方法,包括射线检测、超声检测、磁粉检测、渗透检测、涡流检测、漏磁检测。钢轨探伤检测人员级别,分为 1 级、2 级和 3 级。无损检测方法、项目、代号和级别的相关信息见表 1。

表 1 无损检测方法、项目、代号和级别

方法	项目	代号	级别
射线检测	射线胶片照相检测	RT	1、2、3
超声检测	脉冲反射法超声检测	UT	1、2、3
	超声导波监测	UGW	1、2、3
	衍射时差法超声检测	TOFD	2、3
	相控阵超声检测	PA	2、3
磁粉检测	磁粉检测	MT	1、2、3
渗透检测	渗透检测	PT	1、2、3
涡流检测	涡流检测	ECT	2、3
漏磁检测	漏磁检测	MFL	2、3

4.3 申请射线胶片照相检测(RT)、脉冲反射法超声检测(UT)、磁粉检测(MT)、渗透检测(PT)、涡流检测(ECT)和漏磁检测(MFL)项目《钢轨探伤检测人员证》的人员,应当向管理部门提出申请,经考试合格,由发证机关批准颁发《钢轨探伤检测人员证》。

4.4 《钢轨探伤检测人员证》有效期为 5 年。有效期满需要继续从事无损检测工作的,应当按照本规范的规定办理换证。

5 工作职责

5.1 钢轨探伤检测人员的工作职责参考TB/T 2658中的相关标准要求。

5.2 1级钢轨探伤检测人员的工作职责应包含以下内容:

- 1) 正确调整和使用无损检测仪器;

- 2) 按照无损检测操作指导书进行无损检测操作;
- 3) 记录无损检测数据, 整理无损检测资料;
- 4) 报告检测结果;
- 5) 了解和执行有关安全防护规范。

5.3 2级钢轨探伤检测人员的工作职责应包含以下内容:

- 1) 从事或者监督 1 级钢轨探伤检测人员的工作;
- 2) 按照工艺文件要求调试和校准无损检测仪器, 实施无损检测操作;
- 3) 根据无损检测工艺规程编制针对具体工件的无损检测操作指导书;
- 4) 辅助编制无损检测工艺规程(限持 2 级资格 4 年以上的人员);
- 5) 按照规范、标准规定, 评定检测结果, 编制或者审核无损检测报告;
- 6) 对 1 级钢轨探伤检测人员进行技能培训和指导工作。

5.4 3级钢轨探伤检测人员的工作职责应包含以下内容:

- 1) 从事或者监督 1 级和 2 级钢轨探伤检测人员的工作;
- 2) 负责无损检测工程的技术管理、无损检测装备性能和人员技能评价;
- 3) 编制和审核无损检测工艺规程;
- 4) 确定用于特定对象的特殊无损检测方法、技术和工艺规程;
- 5) 对无损检测结果进行分析、评定或者解释;
- 6) 对 1 级和 2 级钢轨探伤检测人员进行技能培训和指导工作。

6 取证

- 6.1 取证程序包括申请、受理、考试与发证。
- 6.2 取证程序中, 钢轨探伤检测人员的申请条件应参照 GB/T 9445 中相关标准要求。
- 6.3 钢轨探伤检测人员应符合以下申请条件。

- a) 年龄 18 周岁以上且不超过 60 周岁, 具有完全民事行为能力。
- b) 学历、无损检测经历等资历满足申请项目和级别的要求的相关信息见表 2。
- c) 申请射线检测、磁粉检测、渗透检测、漏磁检测的, 单眼或者双眼裸视力或者矫正视力达到 GB11533—2011 的 5.0 级以上, 申请超声检测、涡流检测的, 单眼或者双眼裸视力或者矫正视力达到 GB11533—2011 的 4.8 级以上。申请磁粉检测、渗透检测的, 不得有色盲。
- d) 具备相应的钢轨探伤人员检测知识和技能。持有有关行业或者专业组织颁发的 2 级、3 级无损检测资格证书, 并且满足表 2 所列学历要求的申请人, 在满足相应级别的学历和实践经历要求的情况下, 可以申请相应项目和级别的钢轨探伤检测人员资格, 并且免除理论知识考试闭卷科目的考试。

表 2 钢轨探伤检测人员申请资历条件

学历与无损检测经历(持证年限)						
无损检测方法 (项目)	级 别	理工类 本科及以上	理工类 大专	非理工类 本科及以上	非理工类大专, 工学类中专、 职高、技校	其他中专、 职高、技校 初、高中
RT、UT、MT、PT、ECT、 UGW、TOFD、PA、MFL	3	持 2 级 1 年		持 2 级 2 年		

表2 钢轨探伤检测人员申请资历条件（续）

无损检测方法 (项目)	级 别	理工类 本科及以上	理工类 大专	非理工类 本科及以上	非理工类大专， 工 学 类 中 专、 职高、技校	其他中专、 职高、技校 初 、 高 中
RT、UT、MT、PT、UGW	2	直接申请			持 1 级 6 个月	持 1 级 1 年
TOFD、PA		持 UT-2 级 2 年，或者持 UT-3 级可直接申请				
ECT、MFL		直接申请				
RT、UT、MT、PT、UGW	1	直接申请				
注：申请 2 级、3 级资格时，所持相应要求的证书应当在有效期内。						

6.4 申请人应当向发证机关提交以下申请资料并对所提交资料的合法性、真实性、有效性负责:

- a) 《钢轨探伤检测人员资格申请表》(以下简称《申请表》),内容应符合附录A的规定;
- b) 视力证明。

6.5 发证机关在收到申请后5个工作日内,应当作出是否受理的决定,需要申请人补充材料的,应当一次性告知申请人需要补正的内容。予以受理的,发证机关应当在申请网站上告知申请人受理结果。申请人持受理结果到发证机关委托的考试机构报名,并按时参加考试。自受理之日起,申请人应当在2年内参加全部科目的考试并合格,方可获得《钢轨探伤检测人员证》。不予以受理的,发证机关应当告知申请人不予受理结果,并说明原因。发证机关应当在申请网站上公告其委托的考试机构地址及其联系方式。

6.6 射线胶片照相检测、脉冲反射法超声检测、磁粉检测、渗透检测的钢轨探伤检测人员考试应符合本规范附录C规定的考试大纲进行,考试大纲应参照GB/Z 43414中相关要求。其他项目钢轨探伤检测人员的考试大纲由发证机关确认。

6.7 钢轨探伤检测人员的考试方式,包括理论知识考试(闭卷)和实际操作技能考试,考试安排应符合附录E的规定。

6.8 各科考试评分采用百分制,理论知识考试和实际操作技能考试均为70分合格。考试成绩未达到合格标准的科目允许在原考试机构补考1次;自受理之日起2年内未通过全部科目的,应当重新申请。

6.9 发证机关应当在收到申请人的考试成绩后20个工作日内完成审批发证工作。

6.10 以欺骗、贿赂等不正当手段取得《钢轨探伤检测人员证》被发证机关撤销的,申请人在3年内不得再次申请。

7 换证

7.1 持证人证书有效期届满,需要继续从事持证项目和级别的无损检测工作,并且未违反、未涉及本规范第10.2条f)、g)、h)所规定的情况,应当在证书有效期届满的6个月以前、18个月以内,向发证机关提出换证申请。换证申请时,申请人年龄应当不超过65周岁,并且视力满足本规范第6.2条第c)项的规定。

7.2 换证包括免考换证和考试换证两种方式。2级、3级钢轨探伤检测人员满足下列要求的可以申请免考换证,1级钢轨探伤检测人员满足下列b)、c)项要求可以申请免考换证:

- a) 上次为考试换(取)证的;
- b) 申请换证的相应项目和级别的证书在有效期内,并且未中断执业6个月以上;
- c) 执业期间未发生过无损检测违规行为和责任事故。

7.3 不满足免考换证条件的,应当申请考试换证。考试换证采用实际操作技能考试的方式。

7.4 考试换证不合格的,允许1年内在原考试机构补考1次。

7.5 换证申请时,申请人应当向发证机关提交以下资料:

- a) 《申请表》;
- b) 视力证明。

7.6 已持有2级以上《钢轨探伤检测人员证》的人员,原《钢轨探伤检测人员证》失效不超过1年的,可以直接申请原项目和级别的考试换证;原《钢轨探伤检测人员证》失效1年以上不超过5年的,应当申请原项目和原级别以下(含原级别)的取证。

7.7 证书失效期间,禁止从事相关钢轨探伤检测工作。

8 培训机构

8.1 发证机关委托培训机构进行培训,并且对培训机构的培训工作进行监督管理。培训机构应当符合以下基本要求。

- a) 具有独立法人资质。
- b) 具有满足与所承担的培训项目相适应的资源条件,具备满足教学需要的标准教室、技能培训基地、演练场或作业现场,有技能培训必要的设备、工具、备品等。理论培训场地应配备投影仪、播放设备。实际操作培训场、演练场或作业现场应能满足培训要求的场地,且具有相应的设备、工具、备品,通风条件良好,光线充足,安全设施完善。
- c) 培训机构具有符合条件的拟任专职管理人员、教学教研人员、教学培训计划和培训材料及法律、法规和规章规定的其他事项。
- d) 培训机构师资要求:培训1、2级的教师应具有本行业3级资格证书或相关专业高级及以上专业技术职务任职资格;培训3级的教师应具有本行业3级资格证书满2年及以上或本专业的高级专业技术职务任职资格满2年及以上。

8.2 培训机构应当在每年在网上公布本年度培训计划,以及相关报名方式、报名截止日期、培训时间和培训项目等,每个项目和级别每年至少组织一次培训。各项目培训课时及各级别权重安排应符合附录D的规定。

9 考试机构

9.1 发证机关委托考试机构进行考试,并且对考试机构的考试工作进行监督管理。考试机构应当符合以下基本要求:

- a) 具备独立法人资质;
- b) 具有满足与所承担的考试项目相适应的资源条件,考试前在考场使用信息化手段进行人证比对,留存考试影像资料;
- c) 具有健全的考试管理、实际操作设备及试件管理、考评人员管理、保密管理、档案管理、财务管理、应急预案等各项规章制度及人证比对等计算机管理系统;制定有效的考场纪律规定及考评人员守则,并且有效实施。

9.2 考试机构应当在考试前对申请人的身份证明原件、学历证明原件进行核查,发现申请人隐瞒有关情况或者提供虚假材料申请的,取消考试资格,并且报发证机关。

9.3 考试机构应当在考试结束后的20个工作日内公布考试合格人员名单,并将考试结果报送发证机关。申请人向考试机构查询成绩的,考试机构应当告知。

9.4 考试机构应当在每年2月底前在网上公布本年度考试计划,以及相关报名方式、报名截止日期、考试时间和考试项目等。每个项目和级别每年至少组织一次考试。

9.5 考试机构公布的考试地点应相对固定。考试机构按照公布的考试项目、考试时间组织考试。考试工作应当严格执行保密、监考等各项规章制度,确保考试工作公开、公正、公平、规范。

9.6 考试机构应当将考试试卷或者答题卡和机考记录、成绩汇总表、考场记录等资料(电子或者纸质)存档,保存时间不少于10年。

9.7 申请人如果对考试结果有异议,可以在考试成绩发布之日起的1个月以内向考试机构提出复核要求,考试机构应当在收到复核申请20个工作日以内予以答复;对考试机构答复结果有异议的,可以书面向发证机关提出申诉。

10 钢轨探伤检测人员管理

10.1 对考试作弊的申请人,根据情节轻重,由考试机构给予取消考试资格、考试成绩无效的处理,并将处理结果报告发证机关,发证机关记入档案。

10.2 钢轨探伤检测人员应当遵守如下执业要求:

a) 钢轨探伤检测人员取得《钢轨探伤检测人员证》后,应当承诺只在一个机构执业,变更执业机构的,应当办理变更注册手续;

b) 遵守法律、行政法规的规定,严格执行安全技术规范和管理制度,从事无损检测工作;

c) 客观、公正、真实地出具检测报告,并且对检测结果和鉴定结论负责;

d) 在检测中发现存在严重事故隐患时,立即告知相关单位,并及时向安全监管部门报告;

e) 在执业过程中,应当保守国家、行业、受聘单位及服务对象的商业、技术秘密,主动回避可能与本人发生利害关系的业务;

f) 坚持独立、客观、公正原则,拒绝签发虚假的检测报告;

g) 正确保管和使用本人的《钢轨探伤检测人员证》,不得涂改、倒卖、出租、出借或者以其他形式转让;

h) 不得同时在两个或者两个以上单位执业。

10.3 钢轨探伤检测人员提供虚假材料及承诺、不履行岗位职责、违反操作规程和有关安全规章制度的,发证机关依照相关法律法规处理并记入钢轨探伤检测人员档案。

11 附则

11.1 《钢轨探伤检测人员证》可加印二维码,也可采用电子证书形式颁发。

11.2 本文件所称的“以上”“以下”“以内”“届满”,包括本数;所称的“不超过”,不包括本数。

附 录 A

(规范性)

钢轨检测人员资格申请表

钢轨检测人员资格申请表见表 A.1。

表 A.1 钢轨检测人员资格申请表

申请编号：

档案号：

申请日期：

申请类别	☐ 取证考试	☐ 免试换证 ☐ 考试换证	☐ 取证补考 ☐ 换证补考	(近期1寸、免冠、 正面、白底彩色 照片)		
申请人姓名		性别				
身份证件类型		证件编号				
学历		专业				
技术职称		工作年限	年	移动电话		
电子邮箱				邮政编码		
通信地址	省市区(县)街道(乡)小区(村、路、巷)楼号					
申请项目与级别						
项目					级别	
☐ RT	☐ UT	☐ UWG	☐ TOFD	☐ PA	☐ 3 ☐ 2 ☐ 1	
☐ MT	☐ MFL	☐ PT	☐ ECT			
已持证项目与级别						
序号	代号	级别	初次取证日期		证书有效期	
1						
2						
3						
4						
5						
自我 承 诺	是否未中断执业6个月以上(含6个月,仅在换证时填写)					
	☐ 未中断 ☐ 中断					
	执业期间是否未发生过无损检测违规行为和责任事故(仅在换证时填写)					
	☐ 未发生过 ☐ 发生过					
申请人声明						
本人声明以上填写信息及所提交的资料均合法、真实、有效,并承诺对填写的内容负责。						
申请人(签字):		申请日期:		单位盖章:		

附 录 B
(规范性)
钢轨探伤检测人员证

钢轨探伤检测人员证(样式)见图 B. 1。

图 B. 1 钢轨探伤检测人员证(样式)

X X X X X X X X X X

LOGO
标志

照片

(身份证/ID)

单位: (Employer)

符合 GB/T 9445-2015 标准对于下列无损检测方法及其产品门类
Has met the requirements of standard GB/T 9445-2015 related to the following NDT method and product sectors

无损检测 级的要求 as NDT Level

方法 Method

认证日期 Date of Certification

有效日期 Date of Expiry

****年****月****日

****年****月****日

证书编号 Certificate No:*****

认证机构代表 Representative of Certification Body (盖章)

注释:
1、本证按照中国国家标准 GB/T 9445-2015(等同于国际标准 ISO 9712:2012)颁发, 版权归江苏省综合交通运输学会铁路(轨道)分会所有。This certificate is issued in accordance with the Chinese national standard GB/T 9445-2015 (equivalent to the international standard ISO 9712:2012), and the copyright belongs to the Railway (Rail) Branch of Jiangsu Comprehensive Transportation Society.
2、颁发的资格证书/卡片是认证机构为该人员的资格作证, 证书持有者的操作应有雇主或责任单位授权。The qualification certificate/card issued by the certification body serves as evidence of the person's qualifications, and the actions of the certificate holder should be authorized by the employer or responsible unit.

附 录 C
(规范性)
钢轨探伤检测人员考试大纲

钢轨探伤检测人员考试基本知识考试大纲见表 C.1，射线胶片照相检测考试大纲见表 C.2，脉冲反射法超声检测考试大纲见表 C.3，磁粉检测考试大纲见表 C.4，渗透检测考试大纲见表 C.5。

表 C.1 基本知识

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
C1.1 轨道基本知识			
C1.1.1 轨道结构基本知识			
(1) 轨道基本组成	●	■	—
(2) 钢轨接头	■	▲	—
(3) 扣件	●	■	—
C1.1.2 道岔基本知识			
(1) 普通单开道岔	■	▲	—
(2) 特殊道岔	■	▲	—
C1.1.3 钢轨基本知识			
(1) 钢轨作用和要求	■	▲	—
(2) 钢轨的分类和断面尺寸	●	■	—
(3) 钢轨的标志及说明	●	■	—
(4) 钢轨的生产过程	●	▲	—
(5) 钢轨的化学成分和机械性能	■	▲	—
C1.1.4 钢轨的受力			
(1) 竖向力	●	■	—
(2) 横向水平力	●	■	—
(3) 纵向水平力	●	■	—
C1.1.5 钢轨伤损			
(1) 钢轨伤损的定义、分类、标准和标记	●	■	▲
(2) 钢轨伤损编码	●	■	—
(3) 钢轨伤损产生原因及分布情况	●	■	▲
C1.2 钢轨焊接基本知识			
C1.2.1 钢轨常用的焊接方法			
钢轨常用焊接方法的种类、特点和适用范围	■	▲	—
C1.2.2 钢轨焊接工艺简介			

(1)接触焊焊接工艺简介	●	■	—
--------------	---	---	---

表 C.1 基本知识(续)

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(2)移动式钢轨气压焊接工艺简介	●	■	—
(3)钢轨铝热焊工艺简介	■	▲	
C1.3 无损检测基本知识			
C1.3.1 无损检测概论			
(1)无损检测定义, 无损检测技术进展的三个阶段	●	■	▲
(2)无损检测的目的, 无损检测的应用特点	●	■	▲
C1.3.2 钢轨焊接缺陷种类及产生原因			
(1)外观缺陷种类、形成原因及危害	●	■	▲
(2)气孔缺陷种类、形成原因、危害及防止措施	●	■	▲
(3)夹渣种类、形成原因、危害及防止措施	●	■	▲
(4)裂纹种类、形态、发生部位、形成原因、危害及防止措施	●	■	▲
(5)未焊透种类、形成原因、危害及防止措施	●	■	▲
(6)未熔合种类、形成原因、危害及防止措施	●	■	▲
注: 符号说明: ●—掌握; ■—理解; ▲—了解; “—” —不要求。			

表 C.2 射线胶片照相检测

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
C2.1 射线基本知识			
C2.1.1 原子与原子结构			
(1) 元素和原子	■	▲	—
(2) 核外电子运动规律	■	▲	—
(3) 原子核结构	■	▲	—
C2.1.2 射线的种类和性质			
(1) X 射线的产生及其特点	●	■	—
(2) γ 射线的产生及其特点	●	■	—
(3) 工业检测常用放射性同位素的特性	●	■	—
C2.1.3 射线与物质的相互作用			
(1) 光电效应、康普顿效应、电子对效应和锐利效应	●	■	—
(2) 各种相互作用发生的相对几率	●	■	—
(3) 窄束、单色射线的强度衰减规律	●	■	—
(4) 宽束、多色射线的强度衰减规律	●	■	—
(5) 连续 X 射线吸收(衰减)系数测试和吸收(衰减)曲线	●	■	—
(6) 截面与吸收系数	●	■	—
C2.1.4 射线照相法的原理与特点			
(1) 射线照相法的原理	●	●	—
(2) 射线照相法的特点	●	●	—
C2.2 无损检测仪器及器材			
C2.2.1 无损检测仪器			
C2.2.1.1 X 射线机			
(1) X 射线机的种类和特点	●	■	▲
(2) X 射线管	●	■	—
(3) 高压发生电路	■	▲	—
(4) X 射线机的基本结构	●	■	▲
(5) X 射线机的主要技术条件	■	▲	—
(6) X 射线机的使用和维护	■	●	▲
C2.2.1.2 γ 射线机			
(1) γ 射线源的主要特性参数	●	▲	—
(2) γ 射线检测设备的特点	■	▲	▲

表 C.2 射线胶片照相检测 (续)

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(3) γ 射线检测设备的分类与结构	■	▲	▲
(4) γ 射线探伤机的操作	■	■	▲
(5) γ 射线探伤机的维护和故障排除	■	■	▲
C2.2.2 无损检测器材			
C2.2.2.1 射线照相胶片			
(1) 射线照相胶片的构造与特点	●	■	▲
(2) 感光原理及潜影的形成	●	▲	—
(3) 底片黑度	●	●	—
(4) 射线胶片的特性	●	■	▲
(5) 卤化银粒度对胶片性能的影响	●	▲	—
(6) 胶片的光谱感光度	●	▲	—
(7) 工业射线胶片系统的分类	●	●	—
(8) 胶片的使用与保管	●	●	▲
(9) 颗粒度测量	●	—	—
C2.2.2.2 射线照相辅助设备器材			
(1) 黑度计(光密度计)	■	■	▲
(2) 增感屏	●	●	▲
(3) 像质计	●	●	▲
(4) 其他照相辅助设备器材	●	●	▲
C2.3 照相质量控制			
C2.3.1 射线照相灵敏度的影响因素			
(1) 概述	●	■	—
(2) 射线照相对比度	●	■	—
(3) 射线照相清晰度	●	■	—
(4) 射线照相颗粒度	●	▲	—
(5) 射线照相裂纹检出研究	●	—	—
(6) 信噪比	●	—	—
C2.3.2 射线照相的缺陷检出研究			
(1) 最小可见对比度 $\Delta D_{\min}$	■	▲	—
(2) 射线底片黑度与相灵敏度	●	▲	—
(3) 缺陷检出试验	■	—	—

表 C.2 射线胶片照相检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(4)几何因素对小缺陷检出的影响	▲	—	—
(5)不同缺陷的灵敏度关系公式	▲	—	—
C2.4 射线检测工艺			
C2.4.1 透照工艺条件的选择			
(1)射线源和能量的选择	●	●	—
(2)焦距的选择	●	●	—
(3)曝光量的选择和修正	●	●	—
C2.4.2 透照方式的选择和一次透照长度的计算			
(1)透照方式的选择	●	●	—
(2)一次透照长度的计算	●	■	—
C2.4.3 曝光曲线的制作及应用			
(1)曝光曲线的构成和使用条件	●	●	▲
(2)曝光曲线的制作	●	●	▲
(3)曝光曲线的使用	●	■	▲
C2.4.4 散射线的控制			
(1)散射线的来源和分类	●	■	—
(2)散射比的影响因素	●	■	—
(3)散射线的控制措施	●	■	—
C2.4.5 焊缝透照工艺			
(1)焊缝透照工艺的分类和一般内容	●	■	—
(2)焊缝透照专用工艺卡示例	●	●	—
(3)焊缝透照工艺编制和审核	●	■	—
(4)焊缝透照的基本操作	●	●	—
C2.5 暗室处理			
C2.5.1 暗室基本知识			
(1)暗室布置知识	●	■	—
(2)暗室设备器材使用知识	●	●	▲
(3)配液注意事项	■	■	▲
(4)胶片处理程序和操作要点	●	●	▲
(5)胶片处理的药液配方	■	■	—

表 C.2 射线胶片照相检测 (续)

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(6)控制使用单位的胶片处理条件的方法	●	●	—
C2.5.2 暗室处理技术			
(1)显影	●	■	▲
(2)停影	●	■	▲
(3)定影	●	■	▲
(4)水洗和干燥	●	■	▲
C2.5.3 自动洗片机特点和使用注意事项	■	▲	▲
C2.6 评片			
C2.6.1 评片工作的基本要求			
(1)底片的质量要求	●	●	—
(2)设备环境条件要求	●	●	—
(3)人员条件要求	●	●	—
(4)与评片基本要求相关的知识	●	▲	—
C2.6.2 评片基本知识			
(1)观片的基本操作	●	●	—
(2)投影的基本概念	■	▲	—
(3)焊接的基本知识	■	▲	—
(4)焊接缺陷的危害性及分类	●	▲	—
C2.6.3 底片影像分析			
(1)焊接缺陷影像	●	■	—
(2)常见伪缺陷影像及识别方法	●	■	—
(3)表面几何影像的识别	●	■	—
(4)底片影像分析要点	●	■	—
C2.6.4 焊接接头的质量等级评定			
(1)焊接接头质量分级规定	●	●	—
(2)射线照相检验的记录与报告	●	●	—
C2.7 安全防护			
C2.7.1 辐射防护的定义、单位与标准			
(1)描述电离辐射的常用辐射量和单位	■	▲	—
(2)描述辐射防护的常用辐射量和单位	●	■	▲
C2.7.2 剂量测定方法和仪器			

表 C.2 射线胶片照相检测 (续)

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(1) 辐射监测内容和分类	■	■	▲
(2) 剂量测定仪器的工作原理	▲	▲	—
(3) 剂量仪器的选择及其校准	■	▲	—
(4) 场所辐射监测仪器	●	■	■
(5) 个人剂量监测仪器	●	■	■
C2.7.3 辐射防护的原则、标准和辐射损伤机理			
(1) 辐射防护的目的和基本原则	●	■	▲
(2) 剂量限值规定	●	●	●
(3) 辐射损伤的机理	■	▲	▲
C2.7.4 辐射防护的基本方法和防护计算			
(1) 辐射防护的基本方法	●	■	▲
(2) 照射量的计算	■	■	—
(3) 防护计算	●	●	—
(4) 屏蔽防护常用材料	■	▲	▲
C2.7.5 辐射防护安全管理			
(1) 辐射防护法规与标准	●	■	▲
(2) 辐射防护管理责任部门	●	▲	—
(3) 射线装置申请许可制度	●	■	—
(4) 辐射防护培训	●	■	■
(5) 辐射工作人员证书与健康的管理	●	■	▲
(6) 辐射事故管理人员管理的主要内容	●	■	▲
C2.8 其他射线方法			
C2.8.1 高能射线照相			
(1) 电子回旋加速器和电子直线加速器	●	▲	—
(2) 高能射线照相的特点	●	▲	—
(3) 高能射线照相的几个技术数据	●	▲	—
(4) 电子直线加速器的结构、原理及操作	●	▲	—
(5) 高能射线的辐射防护	●	▲	—
C2.8.2 射线实时成像检测技术			
(1) 射线实时成像检测系统的进展	■	▲	—

表 C.2 射线胶片照相检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(2) 射线实时成像检测系统的图像特点	■	▲	—
(3) 射线实时成像检测技术的工艺要点	■	▲	—
(4) 图像增强器射线实时成像系统的优点和局限性	▲	▲	—
C2.8.3 计算机射线照相技术	▲	▲	—
C2.8.4X 射线层析照相技术(X-CT)			
X 射线层析照相技术的特点	▲	▲	—
C2.9 射线检测工作管理			
C2.9.1 射线检测质量管理			
(1) 射线检测人员的管理	●	▲	—
(2) 射线检测设备和器材的管理	●	■	—
(3) 射线检测工艺的管理	●	●	—
(4) 射线检测环境的管理	●	■	—
C2.9.2 射线检测报告、底片及原始记录控制和档案管理			
(1) 射线检测报告的管理	●	■	—
(2) 射线检测记录的管理	●	■	—
(3) 射线检测底片的管理	●	■	—
(4) 射线检测档案的管理	●	■	—
C2.10 射线检测标准	●	■	▲
注：符号说明：●—掌握；■—理解；▲—了解；“—” —不要求。			

表 C.3 脉冲反射法超声检测

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
C3.1 声波基础知识			
C3.1.1 机械振动与机械波			
(1) 机械振动、谐振动、阻尼振动、受迫振动	▲	—	—
(2) 机械波的产生与传播, 波动方程	■	▲	—
(3) 波长、周期、频率和波速	●	●	▲
(4) 波的分类, 次声波、声波、超声波, 超声波的应用	●	■	▲
C3.1.2 波的类型			
(1) 纵波、横波、表面波	●	●	▲
(2) 平面波、柱面波、球面波、波前、波线、波阵面	■	▲	—
(3) 连续波、脉冲波	■	▲	—
C3.1.3 波的迭加、干涉和衍射			
(1) 迭加原理、波的干涉	■	▲	—
(2) 惠更斯原理、波的衍射(绕射)	■	▲	—
C3.1.4 超声波的传波速度			
(1) 无限大固体介质中的纵波、横波与表面波声速	■	▲	—
(2) 声速与温度、应力及介质材质均匀性的关系	■	▲	—
(3) 兰姆波的相速度和群速度	▲	—	—
C3.1.5 超声场的特征值			
(1) 声压、声阻抗、声强	■	▲	—
(2) 分贝与奈培	●	■	—
C3.1.6 超声波垂直入射到界面时的反射和透射			
(1) 单一平界面的反射率与透射率	●	●	—
(2) 薄层界面的反射率与透射率	●	■	—
(3) 声压往复透过率	■	▲	—
C3.1.7 超声波倾斜入射到界面时的反射和折射			
(1) 波型转换与反射、折射定律	●	●	▲
(2) 声压反射率	●	■	—
(3) 声压往复透射率	■	▲	—
(4) 端角反射	●	■	—
C3.1.8 超声波的聚焦与发散			

表 C.3 脉冲反射法超声检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(1) 声压距离公式	●	■	—
(2) 球面波在平界面上的反射与折射	■	▲	—
(3) 平面波在曲界面上的反射与折射	■	▲	—
(4) 球面波在曲界面上的反射与折射	■	▲	—
C3.1.9 超声波的衰减			
(1) 衰减的原因	●	■	▲
(2) 衰减方程与衰减系数	■	▲	—
(3) 衰减系数的测定	●	■	—
C3.2 超声检测工作原理			
C3.2.1 纵波发射声场			
(1) 圆盘波源辐射的纵波声场	●	■	—
(2) 矩形波源辐射的纵波声场	●	■	—
(3) 纵波声场近场区在两种介质中的分布	■	▲	—
C3.2.2 横波发射声场			
(1) 假想横波波源	■	▲	—
(2) 横波声场的结构	●	■	—
C3.2.3 聚焦声源发射声场			
(1) 聚焦声场的形成	■	▲	—
(2) 聚焦声场的特点与应用	■	▲	—
C3.2.4 规范反射体的回波声压			
(1) 平底孔回波声压	●	●	—
(2) 短横孔回波声压	●	■	—
(3) 长横孔回波声压	●	■	—
(4) 球孔回波声压	●	■	—
(5) 大平底面回波声压	●	●	—
(6) 圆柱曲底面回波声压	●	■	—
C3.2.5 AVG 曲线			
(1) 纵波平底孔 AVG 曲线	▲	—	—
(2) 横波平底孔 AVG 曲线	▲	—	—
C3.3 无损检测仪器、探头和试块			

表 C.3 脉冲反射法超声检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
C3.3.1 无损检测仪器			
C3.3.1.1 超声检测仪			
(1) 超声检测仪的作用和分类	●	●	▲
(2) A 型显示	●	●	▲
(3) B 型显示、C 型显示	■	▲	—
(4) 模拟式超声检测仪	●	●	▲
(5) 数字式超声检测仪	■	▲	—
(6) 仪器的维护保养	●	●	▲
C3.3.1.2 超声测厚仪			
(1) 共振式测厚仪、脉冲反射式测厚仪、兰姆波测厚仪	■	▲	—
(2) 测厚仪的调整与应用	●	●	●
C3.3.2 超声探头			
(1) 压电效应与压电材料	■	▲	—
(2) 压电材料的主要性能参数	■	▲	—
(3) 探头的结构	●	■	—
(4) 直探头、斜探头、双晶探头、聚焦探头、水浸探头	●	■	▲
(5) 高温探头、电磁探头、爬波探头	▲	▲	—
(6) 探头型号	●	●	▲
C3.3.3 试块			
(1) 试块的分类和作用	●	●	▲
(2) 标准试块的要求	●	●	▲
(3) 常用的标准试块，2W 试块、2W2 试块、CSK-1A 试块	●	●	■
(4) 对比试块	●	■	■
(5) 模拟试块	▲	▲	—
(6) 试块的使用和维护	●	●	●
C3.3.4 仪器和探头的性能及其测试			
(1) 超声检测仪、探头的主要性能及其组合性能	●	■	▲
(2) 超声检测仪、探头及其组合性能的测试方法	●	■	—
C3.4 超声检测方法和基本检测技术			
C3.4.1 超声检测方法概述			

表 C.3 脉冲反射法超声检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(1) 脉冲反射法	●	■	▲
(2) 衍射时差法、穿透法、共振法	■	▲	—
(3) 纵波法、横波法	●	●	▲
(4) 表面波法、板波法、爬波法	▲	—	—
(5) 单探头法、双探头法、多探头法	●	■	—
(6) 直接接触法、液浸法	●	■	—
(7) 超声波检测方法的应用	●	■	—
C3.4.2 仪器和探头的选择			
(1) 仪器的选择	●	■	—
(2) 探头的选择	●	●	—
C3.4.3 耦合与补偿			
(1) 耦合剂的作用、要求、种类及应用	●	■	▲
(2) 影响声耦合的主要因素	●	■	▲
(3) 表面耦合损耗的测定和补偿	■	▲	—
C3.4.4 检测仪的调节			
(1) 扫描速度的调节	●	●	●
(2) 检测灵敏度的调节	●	●	●
C3.4.5 缺陷位置的测定			
(1) 纵波（直探头）检测时缺陷定位	●	●	—
(2) 表面波检测时缺陷定位	●	●	—
(3) 横波检测时缺陷定位	●	●	—
(4) 横波周向探测圆柱曲面时缺陷定位	●	■	—
C3.4.6 缺陷大小的测定			
(1) 当量法：当量试块比较法、当量算法、当量 AVG 曲线法	●	■	—
(2) 测长法：相对灵敏度测长法、绝对灵敏度测长法、端点峰值法	●	●	—
(3) 底波高度法：F/BF 法、F/BG 法、BG/BF 法	●	●	—
C3.4.7 缺陷自身高度的测定			
端部最大回波法、横波端角反射法、6dB 法、端点衍射波法	▲	—	—
C3.4.8 影响缺陷定位、定量的主要因素			
(1) 影响缺陷定位的主要因素	●	●	—

表 C.3 脉冲反射法超声检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(2)影响缺陷定量的因素	●	●	—
C3.4.9 非缺陷回波的判别			
(1)迟到波、61度反射、三角反射	●	■	—
(2)端角反射波、山形波	●	■	—
(3)其他非缺陷回波	●	■	—
C3.4.10 侧壁干涉			
侧壁干涉对检测的影响、避免侧壁干涉的条件	●	■	—
C3.4.11 超声检测工艺编制			
(1)超声工艺的分类和一般内容	●	■	—
(2)超声检测工艺编制和审核	●	■	—
C3.5 钢轨焊缝超声检测			
C3.5.1 钢轨焊接加工及常见缺陷			
(1)焊接过程、坡口形式和接头形式	●	■	—
(2)常见焊接缺陷	●	●	—
C3.5.2 钢轨焊缝超声检测			
(1)检测技术等级选择	●	■	—
(2)检测方法和检测条件选择	●	●	—
(3)标准试块	●	●	—
(4)扫描速度的调节	●	●	—
(5)距离—波幅曲线和灵敏度调节	●	●	—
(6)传输修正	●	■	—
(7)扫查方式	●	●	—
(8)扫查速度和扫查间距	●	●	—
(9)缺陷的评定和质量分级	●	●	—
C3.5.3 焊缝检测中缺陷性质与非缺陷波的判别			
(1)缺陷波形：静态波形、动态波形	■	▲	—
(2)缺陷类型识别和性质估判	▲	—	—
(3)非缺陷回波分析	●	●	—
C3.6 超声检测标准	●	■	▲
注：符号说明：●—掌握；■—理解；▲—了解；“—” —不要求。			

表 C.4 磁粉检测

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
C4.1 基本知识			
C4.1.1 漏磁场检测与磁粉检测			
(1) 磁粉检测原理	■	■	▲
(2) 磁粉检测适用范围	●	■	▲
(3) 磁粉检测优点和局限性	●	■	—
(4) 检测元件	●	■	■
C4.1.2 表面缺陷无损检测方法的比较			
(1) 方法原理及适用范围	■	■	—
(2) 能检测出的缺陷及表现形式	■	■	—
C4.2 磁粉检测物理基础			
C4.2.1 磁现象和磁场			
(1) 磁的基本现象	▲	▲	—
(2) 磁场的定义、特性	■	■	—
(3) 磁感应(力)线(定义、特性)	●	■	—
(4) 圆周磁场、纵向磁化	●	■	—
(5) 磁感应强度(定义、特性)	■	■	—
(6) 磁通量	■	■	—
(7) 毕奥—萨伐尔定律	▲	—	—
(8) 安培环路定律	●	●	—
(9) 磁介质(定义、分类)	■	■	—
(10) 极化强度的定义和基本概念	■	—	—
(11) 磁场强度(定义、特性)	●	■	—
C4.2.2 铁磁性材料			
(1) 磁畴(定义、特性)	■	▲	—
(2) 磁化过程特性及其应用	■	▲	—
(3) 磁化曲线定义、表征特性	■	▲	—
(4) 磁滞回线定义	■	■	—
(5) 铁磁性材料磁滞回线的特性	■	■	—

表 C.4 磁粉检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(6) 软磁材料、硬磁材料磁滞回线的特征	■	■	—
C4.2.3 电流与磁场			
(1) 通电圆柱导体的方向(右手定则)	■	■	—
(2) 通电圆柱导体的磁场强度计算	●	●	—
(3) 钢棒通电法磁化的磁场特征	■	■	—
(4) 通电钢管的磁场强度计算	●	●	—
(5) 通电线圈的磁场特征及方向(右手定则)	■	■	—
(6) 通电线圈磁场强度计算	●	●	—
(7) 线圈分类	■	■	—
(8) 开路磁化和闭路磁化	■	■	—
(9) 感应电流和感应磁场	■	■	—
C4.2.4 磁场的合成			
(1) 交叉磁轭的磁场合成	■	■	—
(2) 摆动磁轭的磁场合成	■	▲	—
C4.2.5 退磁场			
(1) 退磁场概念	■	■	—
(2) 有效磁场	■	▲	—
(3) 影响退磁场大小的因素	●	■	—
(4) 退磁场计算	■	■	—
C4.2.6 磁路与磁感应线的折射			
(1) 磁路的基本概念、磁路定律及表达式	■	▲	—
(2) 磁路定律的计算	●	—	—
(3) 磁感应线的折射定律及表达式，磁感应强度的边界条件	■	—	—
C4.2.7 漏磁场			
(1) 漏磁场的形成	■	■	—
(2) 缺陷的漏磁场分布	■	▲	—
(3) 影响漏磁场的因素	●	■	—
C4.2.8 磁粉检测的光学基础			
(1) 光度量术语及单位	■	▲	—
(2) 紫外线	▲	▲	—

表 C.4 磁粉检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(3) 黑光灯	■	■	—
C4.3 磁化电流、磁化方法和磁化规范			
C4.3.1 磁化电流			
(1) 交流电的定义、物理量、优点和局限性	■	■	—
(2) 交流电的趋肤效应	■	■	—
(3) 交流电断电相位的影响	■	■	—
(4) 非正弦交流电	▲	▲	—
(5) 整流电分类、物理量、优点和局限性	■	■	—
(6) 直流电优点和局限性	■	■	—
(7) 冲击电流	▲	▲	—
(8) 如何选用磁化电流	●	■	—
C4.3.2 磁化方法			
(1) 磁场方向与发现缺陷的关系	●	●	—
(2) 磁化方法的分类	■	■	—
(3) 轴向通电法的特点、优缺点和适用范围	■	■	—
(4) 中心导体法的特点、优缺点和适用范围	■	■	—
(5) 偏置芯棒法的特点、适用范围	■	■	—
(6) 触头法的特点、优缺点和适用范围	■	■	—
(7) 感应电流法的特点、优缺点和适用范围	■	▲	—
(8) 环形件绕电缆法的特点、优缺点和适用范围	■	▲	—
(9) 线圈法的特点、优缺点和适用范围	●	■	—
(10) 磁轭法的特点、优缺点和适用范围	●	●	—
(11) 永久磁轭法的特点、优缺点	▲	▲	—
(12) 交叉磁轭法的特点、优缺点和适用范围	●	●	—
(13) 直流电磁轭和交流通电法复合磁化的特点	■	▲	—
C4.3.3 磁化规范			
(1) 制定磁化规范考虑因素	●	●	—
(2) 制定磁化规范的方法	●	■	—
(3) 轴向通电法和中心导体法磁化规范	●	●	—

表 C.4 磁粉检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(4) 偏置芯棒法磁化规范	●	●	—
(5) 触头法磁化规范	●	●	—
(6) 线圈法磁化规范	●	●	—
(7) 磁轭法磁化规范	●	●	—
C4.4 磁粉检测器材			
C4.4.1 磁粉			
(1) 荧光磁粉和非荧光磁粉(特性、要求和应用)	■	■	▲
(2) 磁粉的性能: 磁特性、粒度、形状、流动性和密度、识别度	■	■	—
(3) 磁粉的验收试验: 污染、颜色、粒度、灵敏度、悬浮性和耐用性	■	▲	—
C4.4.2 载液			
(1) 油基载液(特性及要求)	■	■	—
(2) 水载液(特性及要求)	■	■	—
C4.4.3 磁悬液			
(1) 磁悬液浓度(定义、要求和应用)	■	■	■
(2) 磁悬液配制(配制方法和要求)	■	■	●
C4.4.4 反差增强剂			
(1) 应用、配方、施加及清除	■	■	■
(2) 反差增强剂喷罐	■	■	■
C4.4.5 标准试片和标准试块			
(1) 标准试片(用途、分类、使用)	●	●	●
(2) 标准试块(用途、分类)	■	▲	—
(3) 自然缺陷试块	■	▲	—
C4.5 磁粉检测设备			
C4.5.1 磁粉检测设备的命名方法			
(1) 命名方法	▲	▲	—
(2) 命名参数	▲	▲	—
C4.5.2 磁粉检测设备的分类			
(1) 固定式探伤机(结构特征及应用范围)	■	■	—
(2) 移动式探伤机(结构特征及应用范围)	■	■	—
(3) 便携式探伤机(结构特征及应用范围)	■	■	—

表 C.4 磁粉检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
C4.5.3 磁粉检测设备的组成部分			
(1)磁化电源	■	▲	—
(2)工件夹持装置(装置特点及要求)	▲	▲	—
(3)指示装置(电流表、电压表的精度和量程)	▲	▲	—
(4)磁粉和磁悬液喷洒装置(装置组成和技术要求)	▲	▲	—
(5)照明装置	▲	▲	—
(6)退磁装置	▲	▲	—
C4.5.4 常用典型磁粉检测设备			
常用典型磁粉检测设备举例	▲	▲	—
C4.6 磁粉检测工艺			
C4.6.1 预处理			
预处理要求和注意事项	■	■	—
C4.6.2 磁化、施加磁粉或磁悬液			
(1)连续法操作要点和优缺点	●	●	—
(2)剩磁法操作要点和优缺点	●	●	—
(3)湿法操作要点和优缺点	●	●	—
(4)干法操作要点和优缺点	●	●	—
C4.6.3 磁痕观察、记录与缺陷评级			
磁痕观察方法、显示记录方法和缺陷评级	●	●	—
C4.6.4 退磁			
(1)剩磁的产生与影响	■	■	—
(2)退磁的原理	■	■	—
(3)退磁方法和退磁设备	■	■	—
(4)退磁注意事项	■	■	—
(5)剩磁测量	■	▲	—
C4.6.5 后处理与合格工件的标记			
(1)后处理	▲	▲	—
(2)合格工件的标记	▲	▲	—
C4.6.6 超标缺陷磁痕显示的处理和复验			
(1)超标缺陷磁痕显示的处理	▲	▲	—

表 C.4 磁粉检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(2)复验	■	■	—
C4.6.7 影响磁粉检测灵敏度的主要因素	■	■	—
C4.7 磁痕分析与质量分级			
C4.7.1 磁痕分析的意义			
磁痕产生的原因、磁痕分析的意义	■	■	—
C4.7.2 伪显示			
产生原因、磁痕特征和鉴别方法	●	●	—
C4.7.3 非相关显示			
产生原因、磁痕特征和鉴别方法	●	●	—
C4.7.4 相关显示			
(1)原材料缺陷磁痕显示	■	■	—
(2)热加工产生的缺陷磁痕显示	●	●	—
(3)冷加工产生的缺陷磁痕显示	●	●	—
(4)使用后产生的缺陷磁痕显示	●	●	—
(5)电镀产生的缺陷磁痕显示	■	■	—
(6)常见缺陷磁痕显示比较	●	●	—
C4.7.5 磁粉检测质量分级			
(1)磁痕分类	●	■	—
(2)磁粉检测质量分级	●	●	—
C4.8 磁粉检测应用			
C4.8.1 钢轨磁粉检测			
(1)钢轨检测的内容与范围	■	■	—
(2)检测方法选择	●	●	—
(3)钢轨检测实例	■	■	—
C4.9 质量控制与安全防护			
C4.9.1 磁粉检测质量控制			
人员、设备、材料、检测工艺、检测环境资格的控制	■	▲	—
C4.9.2 磁粉检测安全防护			
潜在危险因素，安全防护措施	■	●	●
C4.10 磁粉检测工艺编制			

表 C.4 磁粉检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
C4.10.1 磁粉检测工艺种类、一般内容和检测工艺程序	●	■	—
C4.10.2 磁粉检测工艺编制与审核	●	■	—
C4.11 国内、外磁粉检测标准对比分析			
磁悬液浓度、校验项目、线圈法磁化的有效磁化区、剩磁法的应用、检测质量分级	▲	▲	—
C4.12 磁粉检测标准	●	■	▲
注：符号说明：●—掌握；■—理解；▲—了解；“—” —不要求。			

表 C.5 渗透检测

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
C5.1 渗透检测的基础知识			
(1) 渗透检测的定义和作用	■	■	▲
(2) 渗透检测工作原理	■	■	▲
(3) 渗透检测方法的分类	■	■	▲
(4) 渗透检测的基本步骤	■	■	▲
(5) 渗透检测的优点和局限性	■	■	—
C5.2 渗透检测的表面化学基础			
C5.2.1 表面张力和表面张力系数			
(1) 表面张力和表面张力系数概念	●	■	—
(2) 表面张力产生机理	■	▲	—
(3) 表面过剩自由能	▲	—	—
C5.2.2 润湿现象			
(1) 润湿或不润湿现象	●	●	—
(2) 润湿方程与接触角	■	▲	—
(3) 润湿的三种方式和润湿的四个等级	■	▲	—
(4) 润湿现象的产生机理	■	▲	—
C5.2.3 毛细现象			
(1) 毛细现象	●	●	—
(2) 毛细管内液面高度	■	▲	—
(3) 渗透检测中的毛细现象	●	■	—
C5.2.4 吸附现象			
(1) 固体表面的吸附现象	●	■	—
(2) 液体表面的吸附现象	■	▲	—
(3) 渗透检测中的吸附现象	●	■	—
C5.2.5 溶解现象			
(1) 溶解现象及溶解度	■	▲	—
(2) 渗透剂的浓度	■	▲	—
(3) 渗透检测与溶解度、浓度	■	▲	—
C5.2.6 表面活性与表面活性剂			
(1) 表面活性、表面活性剂的定义	■	▲	—
(2) 表面活性剂的作用	■	▲	—

表 C.5 渗透检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(3) 乳化作用，乳化形式、乳化作用的机理	■	▲	—
C5.3 渗透检测的光学基础			
(1) 光的本性，光的波动性和粒子性	▲	▲	—
(2) 发光及光致发光	▲	▲	—
(3) 渗透检测用光	●	■	—
(4) 光度学相关概念的物理意义及其应用	■	▲	—
(5) 对比度和可见度	●	■	—
(6) 缺陷显示及裂纹检出能力	●	●	—
C5.4 渗透检测剂			
C5.4.1 渗透剂			
(1) 渗透剂的分类、渗透剂的组成、各成分的作用和对渗透剂性能的影响、渗透剂的性能	●	●	▲
(2) 着色渗透剂：水洗型、后乳化型、溶剂去除型着色渗透剂基本成分、特点及应用	●	■	▲
(3) 荧光渗透剂：水洗型、后乳化型、溶剂去除型着色渗透剂基本成分、特点及应用	●	■	▲
C5.4.2 去除剂			
(1) 乳化剂，乳化剂分类及组成、乳化剂的性能	●	■	—
(2) 溶剂去除剂，溶剂去除剂的分类、溶剂去除剂的性能	●	■	▲
C5.4.3 显像剂			
显像剂的分类及组成、显像剂的性能	●	■	▲
C5.4.4 渗透检测剂系统			
(1) 渗透检测系统的定义及同组族定义及构成	●	■	—
(2) 渗透检测系统的选择原则	●	■	—
C5.5 渗透检测设备、仪器和试块			
C5.5.1 渗透检测设备			
(1) 便携式(压力喷罐)、固定式设备	▲	▲	▲
(2) 检测光源，白光灯、黑光灯及照度、亮度测量仪器	▲	▲	▲
C5.5.2 渗透检测试块			
(1) 铝合金淬火试块、不锈钢镀铬辐射状裂纹试块、黄铜板镀铬裂纹试块特征及应用	●	●	—
(2) 缺陷试块，选择原则	●	■	—

表 C.5 渗透检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
C5.6 渗透检测方法			
C5.6.1 水洗型渗透检测法			
检测程序、适用范围、方法的优缺点	●	●	—
C5.6.2 后乳化型渗透检测法			
检测程序、适用范围、方法的优缺点	●	●	—
C5.6.3 溶剂去除型渗透检测法			
检测程序、适用范围、方法的优缺点	●	●	—
C5.6.4 特殊的渗透检测方法	■	▲	—
C5.6.5 渗透检测方法的选用			
渗透检测方法选择因素、渗透检测方法应用	●	■	—
C5.7 渗透检测工艺			
C5.7.1 施加渗透剂			
渗透液施加方法及要求、渗透时间和温度与检测灵敏度的关系	●	●	—
C5.7.2 去除多余的渗透剂			
各种渗透剂的去除要求、去除与检测灵敏度和检测可靠性的关系	●	●	—
C5.7.3 干燥			
干燥的目的和时机，常用的干燥方法，干燥温度和时间	●	●	—
C5.7.4 显像			
显像方法、显像时间、干式显像与湿式显像比较、显像剂的选择	●	●	—
C5.7.5 观察和评定			
观察时机、观察光源、观察注意事项	●	■	—
C5.7.6 后清洗及复验			
目的、方法和要求，复验	●	■	—
C5.8 显示的解释和缺陷的评定			
C5.8.1 显示的解释和分类			
相关显示、非相关显示和虚假显示定义及显示特征、区别	●	■	—
C5.8.2 缺陷的评定			
(1)缺陷显示的分类，线性、圆形、密集形、纵横向缺陷显示；缺陷的分类，原材料缺陷、工艺缺陷和使用缺陷；常见缺陷及其显示特征	●	■	—

表 C.5 渗透检测（续）

内容及知识点	各级要求		
	3	2	1
(2) 缺陷显示的评定，缺陷显示等级评定的一般原则，定位、定量、定性和定级，影响缺陷评定准确性的因素，显像时间和观察时机	●	■	—
C5.9 质量控制与安全防护			
C5.9.1 质量控制			
(1) 渗透检测剂、乳化剂、溶剂去除剂及显像剂的性能校验内容、方法和要求	●	■	—
(2) 渗透检测剂系统灵敏度鉴定内容、方法和要求	●	■	—
(3) 渗透检测剂的质量控制，新购进的渗透检测剂的质量控制项目，渗透检测剂在使用过程中的校验内容、方法和要求	●	■	—
(4) 渗透检测设备、仪器和试块的质量控制，渗透检测工艺设备的质量控制(包括黑光灯、紫外线辐照计、荧光亮度计、白光亮度计、紫外线辐照计校正仪的控制等)	■	▲	—
(5) 渗透检测用标准试块的质量控制	●	●	—
(6) 渗透检测工艺操作的质量控制	●	●	—
C5.9.2 渗透检测安全防护			
(1) 防火安全：防火注意事项、防火安全措施和灭火设置	▲	▲	●
(2) 卫生安全：大气中有害物质的允许浓度、有毒化学药品对人体危害的途径、卫生安全防护措施、强紫外线辐射的卫生安全防护	■	▲	■
C5.10 渗透检测应用			
C5.10.1 钢轨的渗透检测方法选择和质量控制	●	■	—
C5.11 渗透检测工艺编制			
C5.11.1 渗透检测工艺种类、一般内容和检测工艺程序	●	■	—
C5.11.2 渗透检测工艺编制与审核	●	■	—
C5.11.3 国内、外渗透检测标准对比分析	■	▲	—
C5.12 渗透检测标准	●	■	▲
注：符号说明：●—掌握；■—理解；▲—了解；“—” —不要求。			

附 录 D

(规范性)

培训班项目课时安排与权重表

培训班项目课时安排表见表 D. 1，其中理论知识权重见表 D. 2，实际技能操作权重见表 D. 3。

表 D. 1 培训班项目课时安排表

培训项目		UT			RT			MT			PT			UGW			PA		TOFD		ECT		MFL	
级别		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
课时	理论知识	60	60	66	60	60	66	42	42	36	42	42	36	42	42	36	60	66	60	66	42	36	42	36
	实际技能操作	48	72	54	48	72	54	36	36	36	36	36	36	36	36	36	72	54	72	54	36	36	36	36
小计（天）		18	22	20	17	22	20	13	13	12	13	13	12	13	13	12	22	20	22	20	13	12	13	12

表 D. 2 理论知识权重表

项目		1 级 (%)	2 级 (%)	3 级 (%)
基本要求	无损检测相关知识	5	5	5
	钢轨基础知识	20	10	5
相关知识	作业准备	20	20	10
	缺陷检测	45	45	15
	结果处理	10	20	20
	技术管理	/	/	25
	培训指导	/	/	20
合计		100	100	100

表 D.3 实际技能操作权重表

项目		1 级（%）	2 级（%）	3 级（%）
技能要求	作业准备	30	25	10
	缺陷检测	55	50	15
	结果处理	15	25	20
	技术管理	/	/	30
	培训指导	/	/	25
合计		100	100	100

附录 E

(规范性)

考试安排

理论知识考试安排见表 E. 1，实际操作技能考核安排见表 E. 2。

表 E. 1 理论知识考试（考试时间 60 分钟）

题型	题库参数				
	考核方式	题库量	鉴定题量	分值	配分
判断题	闭卷 (笔试/机考)	≥1500 题	30 题	1 分/题	30 分
单选题		≥2500 题	50 题	1 分/题	50 分
多选题		≥500 题	10 题	2 分/题	20 分
小计	/	≥4500 题	90 题	/	100 分

表 E. 2 实际操作技能考核（考试时间 90 分钟）

职业（工种）		城市轨道交通钢轨探伤工		考 核 方 式	题 库 量	选 考 方 法	考 核 时 间 （分钟）	配 分	等级		
职业代码									1 级	2 级	3 级
序 号	项目 名称	单元 编号	单元内容								
1	作业 准备	1	探伤作业防护准备	操 作	10	抽 一	60 分钟	100	√	/	/
		2	调试检测设备						√	√	/
2	钢轨 探伤	1	钢轨缺陷检测	操 作					√	√	√
		2	伤损处理和分析						√	√	√
		3	伤损判定，出具伤损通知书						/	√	√
3	技术 管理	1	根据给定工件，编制操作指导书	笔 试					5	抽 一	30 分钟
		2	实际探伤工作需要，编写探伤工 艺		/	√	√				
		3	确定特定对象的特殊无损检测 方法、技术和工艺规程		5	/	/	√			
备 注											