

国家环境保护总局令 第45号

民用核安全设备焊工焊接操作资格管理规定（HAF603）

《民用核安全设备焊工焊接操作资格管理规定（HAF603）》已于2007年12月25日经国家环境保护总局2007年第四次局务会议审议通过，现予公布，自2008年1月1日起施行。

1995年6月6日国家核安全局发布的《民用核承压设备焊工及焊接操作工培训、考试和取证管理规定（HAF603）》同时废止。

国家环境保护总局局长 周生贤

二〇〇七年十二月二十八日

主题词：环保 法规 焊工焊接操作工 令

民用核安全设备焊工焊接操作资格管理规定（HAF603）

目 录

第一章 总则

第二章 机构与职责

第三章 考试内容和方法

第四章 考试结果评定、证书颁发与管理

第五章 监督检查

第六章 法律责任

第七章 附则

第一章 总 则

第一条 为了加强民用核安全设备焊工、焊接操作工的资格管理，保证民用核安全设备的焊接质量，根据《民用核安全设备监督管理条例》，制定本规定。

第二条 本规定适用于民用核安全设备焊工、焊接操作工的资格管理。

第三条 从事民用核安全设备焊接活动的焊工、焊接操作工依据本规定参加考核并取得资格证书后，方可从事民用核安全设备焊接活动。

第二章 机构与职责

第四条 国务院核安全监管部門负责核准颁发民用核安全设备焊工、焊接操作工资资格证书，其主要职责是：

（一）选定民用核安全设备焊工、焊接操作工考核中心（以下简称“考核中心”）；

（二）组织制定焊工、焊接操作工考试大纲、基本理论知识考试题库，并组织焊工、焊接操作工基本理论知识考试；

（三）监督检查考核中心的考核和管理工作；

（四）审查考核中心的考试计划和考试结果，并向考试合格的焊工、焊接操作工颁发资格证书；

（五）归档和保存持证焊工、焊接操作工的有关资料。

国务院核安全监管部門可以根据需要设立民用核安全设备焊工、焊接操作工资资格鉴定委员会，具体履行相关职责。

第五条 国务院核安全监管部門对符合下列条件的单位，可以选定为考核中心：

（一）建立了健全的焊工、焊接操作工考核质量保证体系，具有完善的考核和管理制度、考试细则、满足考试要求的焊接工艺规程和专项理论知识考试题库等；

（二）具有 5 年以上的核级焊工、焊接操作工考核业绩，且考核焊工、焊接操作工不少于 300 人次；

（三）具有与拟从事的焊工、焊接操作工考核活动相适应的场地，包括技能操作考试场地（至少 20 个工位）、理论考试教室、钢材库或者试件库、焊材库、检验场地、档案库或者资料库等；

（四）具有与拟从事的焊工、焊接操作工考核活动相适应的设备，包括焊接设备、焊条和焊剂烘干设备、试件和试样制作设备、理化检验和无损检验设备、热处理设备及测量工具等；

（五）人员组成至少包括：工程师职称以上的专职焊接专业技术人员 3 名，专职核 II 级以上表面和体积无损检验人员各 1 名；

（六）具备组织焊工、焊接操作工考试和管理焊工、焊接操作工焊接档案的能力。

第六条 考核中心负责组织实施焊工、焊接操作工专项理论知识和操作技能考试，其主要职责是：

（一）制定考试计划；

（二）审查报考焊工、焊接操作工的资格；

- (三) 确定专项理论知识考试内容和操作技能考试项目；
- (四) 制备和检验考试试件，并评定考试成绩；
- (五) 发放焊工、焊接操作工钢印；
- (六) 编制或者确认焊工、焊接操作工考试用焊接工艺规程；
- (七) 建立并管理焊工、焊接操作工档案。

第七条 拟从事民用核安全设备焊接活动的焊工、焊接操作工，应当向考核中心提出考试申请。申请考试的焊工、焊接操作工应当具备下列条件：

- (一) 具有初中或者初中以上学历；
- (二) 身体健康；
- (三) 有能力按照焊接工艺规程进行操作；
- (四) 有能力独立担任焊接工作。

第三章 考试内容和方法

第八条 焊工、焊接操作工考试包括理论知识考试和操作技能考试。

第九条 焊工、焊接操作工理论知识考试包括基本理论知识考试和专项理论知识考试。

拟从事基本理论知识未包括的特殊焊接方法和母材种类的焊接活动的焊工、焊接操作工，在参加操作技能考试前，还应当通过专项理论知识考试。

焊工、焊接操作工基本理论知识考试合格有效期限为 3 年。

第十条 焊工、焊接操作工基本理论知识考试应当包括下列内容：

（一）核电系统基本知识（包括辐射防护方面的知识）和核电质量保证基本知识；

（二）民用核安全设备知识，包括设备类别和核安全级别，有关制造标准和焊接规程，焊接接头分类原则和要求，常用母材和焊材、焊接方法的特点和主要制造技术要求（包括热处理和无损检验基本知识）；

（三）焊接设备、装置和测量仪表的使用和维护要求；

（四）焊接接头的形式、性能及其影响因素，焊缝代号和图样识别；

（五）焊接缺陷的产生原因以及防止措施；

（六）焊接应力和变形的产生原因以及防止措施；

（七）焊接安全技术。

第十一条 焊工、焊接操作工专项理论知识的考试内容应当根据特殊焊接方法和材料特点确定。

第十二条 考核中心应当根据焊接方法、试件形式、母材类别、焊接材料、焊缝形式、焊接位置、试件规格尺寸、焊接要素（衬垫、单面焊、双面焊）等，确定焊工、焊接操作工操作技能考试项目。

第十三条 焊工、焊接操作工操作技能考试试件的数量应当符合要求，不允许许多焊试件从中挑选。

试件的制备和焊接应当满足下列要求：

(一) 考试用试件的坡口表面和坡口两侧各 25mm 范围内应当清理干净，去除铁屑、氧化皮、油、锈和污垢等杂物。

(二) 焊条和焊剂应当按规定要求烘干，随用随取，焊丝应当除油、除锈。

(三) 焊工、焊接操作工应当按照评定合格的焊接工艺规程焊接考试试件。

(四) 操作技能考试前，应当在考核中心成员、监考人员与焊工或者焊接操作工共同在场确认的情况下，在试件上标注焊工或者焊接操作工考试编号。

(五) 水平固定试件和 45°固定试件上应当标注焊接位置的钟点标记，定位焊缝不得在“6 点”标记处；管材向下焊试件应当按照钟点标记固定试件位置，且只能从“12 点”标记处起弧，“6 点”标记处收弧；向上焊时应当从“6 点”位置起弧。

(六) 焊工的所有考试试件，第一层焊缝中至少应当有一个停弧再接头；焊接操作工考试时，每一焊道中间不得停弧。

(七) 机械化焊接考试时，允许加引弧板和引出板。

(八) 试件开始焊接后，焊接位置不得改变；对于管材对接和管板焊缝的 45°固定试件，管轴线与水平面间的夹角应当在 $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 范围内。

(九) 试件表面最后一层不允许修磨和返修。

(十) 试件坡口形式和尺寸应当按照焊接工艺规程制备，或者由考核中心按照相应国家标准和行业标准制备。

第四章 考试结果评定、证书颁发与管理

第十四条 焊工、焊接操作工基本理论知识和专项理论知识考试均采用百分制计分，60 分为合格。

第十五条 焊工、焊接操作工操作技能考试通过试件检验进行评定。考试试

件经检验合格后，该考试项目为合格。

第十六条 两名以上焊工、焊接操作工参加组合考试时，如果其中某考试项目不合格，且能够确定导致该考试项目不合格的施焊焊工或者焊接操作工的，则应当认定该焊工或者焊接操作工的考试项目不合格；不能确定导致该考试项目不合格的施焊焊工或者焊接操作工的，则应当认定参与该组合考试的焊工和焊接操作工均不合格。

第十七条 焊工、焊接操作工操作技能考试不合格的，允许在一个月内补考一次。补考不合格者可以重新申请考试，但与前次考试的时间间隔不得少于三个月。

第十八条 考核中心应当将焊工、焊接操作工考试的结果记入考试评定报告，将操作技能考试试件的检验结果记入考试检验记录表。

考核中心应当在考试结果评定后 10 个工作日内，将考试合格焊工、焊接操作工的考试评定报告，经中心主任签字并加盖公章后，报国务院核安全监管部门。

第十九条 民用核安全设备焊工、焊接操作工只能从事考试合格项目对应范围内的焊接活动。

第二十条 考核中心应当建立并管理焊工、焊接操作工档案，档案应当包括焊工、焊接操作工连续操作记录等。

焊工、焊接操作工聘用单位应当填写焊工、焊接操作工连续操作记录，并每六个月报相关考核中心备案。

第二十一条 国务院核安全监管部门应当自收到考试评定报告之日起 20 个工作日内，完成对焊工、焊接操作工考试结果的审查，并作出是否授予资格的决定。

国务院核安全监管部门应当自作出决定之日起 10 个工作日内，向考试合格的焊工、焊接操作工颁发资格证书。

第二十二条 焊工、焊接操作工资格证书应当包括下列主要内容：

（一）焊工、焊接操作工姓名及聘用单位；

（二）考试合格项目；

（三）有效期限；

（四）证书编号。

第二十三条 民用核安全设备焊工、焊接操作工不得同时在两个以上单位中执业。

持证焊工、焊接操作工变更聘用单位的，应当由聘用单位向考核中心提出资格证书变更申请，同时应当提供原聘用单位的意见，经国务院核安全监管部门审查同意后更换新的资格证书。更新后的证书有效期适用原证书的有效期。

第二十四条 焊工、焊接操作工资格证书的有效期限为 3 年。

资格证书有效期届满，在有效期内从事考试合格项目的焊接工作质量优良，需要继续从事焊接活动的持证焊工、焊接操作工，应当于有效期届满 60 个工作日前，向考核中心提出延续申请。

考核中心应当自收到延续申请之日起 10 个工作日内，完成延续申请的初步审查，提出是否准予延续的建议，并将延续申请和焊工、焊接操作工连续操作记录报国务院核安全监管部门审查。

国务院核安全监管部门应当在焊工、焊接操作工资格证书有效期届满前，作

出是否准予延续的决定。准予延续的，可以延长一次，延长期限为十二个月，延长期自焊工、焊接操作工考试合格项目有效截止日期算起。

不符合延期条件或者延长期满的焊工、焊接操作工，需要继续从事焊接工作的，可以重新提出申请。

第二十五条 连续中断焊接工作超过三个月的，焊工、焊接操作工所持资格证书自动失效。

连续中断考试合格项目对应的焊接工作超过六个月的，焊工、焊接操作工所持资格证书中的相应考试项目的合格记录自动失效。

第二十六条 考试评定报告和焊工、焊接操作工资资格证书中操作技能考试的合格项目应当用代号表示。代号的组合顺序为焊接方法分类号、试件形式代号、焊缝形式代号、母材类别号、焊接材料、试件规格尺寸、焊接位置代号、焊接要素分类号。

第二十七条 取得国外相关资质的境外单位焊工、焊接操作工，经国务院核安全监管部门核准后，方可在中华人民共和国境内从事民用核安全设备焊接活动。

第二十八条 民用核安全设备焊工、焊接操作工有舞弊行为的，由考核中心取消其考试资格，并停考 1 年。

第五章 监督检查

第二十九条 考核中心应当在进行焊工、焊接操作工考试 10 个工作日前，将考试计划、内容和地点书面通知国务院核安全监管部门。

第三十条 国务院核安全监管部门对考核中心的焊工、焊接操作工考核和管理工作进行监督检查。

监督检查分为综合性检查和专项检查：

(一) 综合性检查内容包括考核中心质量保证体系的运行、人员师资力量、考核管理制度和细则、考核活动的相关文件和记录、考核计划及实施等。

(二) 专项检查内容是对考核中心焊工、焊接操作工考核活动的抽查。

第三十一条 考核中心应当配合国务院核安全监管部门的监督检查，如实反映情况，提供必要的材料，不得拒绝和阻碍。

第六章 法律责任

第三十二条 考核中心有下列情形之一，由国务院核安全监管部門责令限期整改；情节严重的，停止其资格考核工作：

- (一) 考核中心条件变化，不满足规定要求的；
- (二) 不依据本规定进行焊工、焊接操作工考试的；
- (三) 拒绝或者妨碍国务院核安全监管部門监督检查的；
- (四) 工作管理混乱，考试工作质量低劣的；
- (五) 严重违规，弄虚作假的。

第三十三条 从事焊工、焊接操作工资格考核的工作人员，有下列行为之一，由考核中心停止其资格考核工作，并依据有关法律法规予以处罚：

- (一) 泄露考试内容的；
- (二) 考试过程中有徇私舞弊行为的；
- (三) 玩忽职守，导致考场纪律混乱，考试结果失实的；

(四) 有其他严重影响资格考试公正性行为的。

第三十四条 民用核安全设备制造、安装单位或者民用核设施营运单位提供虚假证明的，由国务院核安全监管部 门处 1 万元以上 3 万元以下罚款。

第三十五条 民用核安全设备焊工、焊接操作工超出考试合格项目范围从事焊接活动的，由国务院核安全监管部 门责令其停止民用核安全设备焊接活动，并依据《民用核安全设备监督管理条例》第四十九条的规定对聘用单位予以处罚。

第三十六条 伪造、变造民用核安全设备焊工、焊接操作工资格证书的，依据《中华人民共和国治安管理处罚法》第五十二条的规定，处 10 日以上 15 日以下拘留，可以并处 1000 元以下罚款；情节较轻的，处 5 日以上 10 日以下拘留，可以并处 500 元以下罚款。

第三十七条 民用核安全设备焊工、焊接操作工违反操作规程，导致严重焊接质量问题的，由国务院核安全监管部 门吊销其资格证书。

第七章 附 则

第三十八条 本规定以外的焊接方法、材料种类的焊工、焊接操作工考试，其内容、方法和评定标准由企业和考核中心按照有关产品设计和制造技术条件制订，并报国务院核安全监管部 门备案。

第三十九条 本规定自 2008 年 1 月 1 日起施行。1995 年 6 月 6 日国家核安全局发布的《民用核承压设备焊工、焊接操作工培训、考试和取证管理规定（HAF603）》同时废止。

附表 1 [民用核安全设备焊工焊接操作工考试计划](#)

附表 2 [民用核安全设备焊工焊接操作工考试评定报告](#)

附表 3 [民用核安全设备焊工焊接操作工操作技能考试检验记录](#)

附表 4 [《民用核安全设备焊工焊接操作工资格证》式样](#)

附表 5 [民用核安全设备焊工焊接操作工连续操作记录](#)

附件 1 [操作技能考试要求](#)

附件 2 [考试试件的检验要求](#)

附件 3 [特殊情况的举例](#)

附表 1 民用核安全设备焊工焊接操作工考试计划

聘用单位：_____

考核中心编号：_____

序号	姓名	性别	证书编号	民用核安全设备焊接工龄	考试项目(代号)	考试类别 <small>注</small>	考试日期	考试地点

注：考试类别主要分为初试和复证。初试是指第一次参加考试；复证是指考试合格项目期满再重新考试。

附表 2 民用核安全设备焊工焊接操作工考试评定报告

聘用单位：_____

资格证书编号：_____

姓名			性 别			身份证号码			
文化程度			钢印号			民用核安全设备焊接工龄			
基本理论考试	考试日期	试卷编号	考试成绩	专项理论考试	考试日期	试卷编号	考试成绩	主考人签字	

焊接操作技能考试	考试日期	试件编号	焊接工艺规程编号	考试项目代号	考试结果	主考人签字
考核中心结论：				审批意见：		
<p style="text-align: center;">民用核安全设备焊工、焊接操作工 考核中心签章 年 月 日</p>				<p style="text-align: center;">民用核安全设备焊工、焊接操作工 鉴委会签章 年 月 日</p>		

附表 3 民用核安全设备焊工焊接操作工操作技能考试检验记录

焊工、焊接操作工姓名：

试件编号：

焊接方法		焊接位置			
焊接工艺规程编号		焊条牌号、直径			
母材钢号		焊丝（带）牌号、规格			
试件板材厚度		焊剂牌号			
试件管材外径和壁厚		钨极牌号、直径			
试件形式		保护气体和流量			
考试项目代号					
试件外观检	原始状态				
	焊缝余高		裂 纹		咬 边
	焊缝余高差		未熔合		背面凹坑
	比坡口每侧增宽		夹 渣		变形角度
	宽度差		气 孔		错边量

验	焊缝边缘直线度		焊 瘤		角焊缝凹凸度	
	背面焊缝余高		未焊透		焊脚尺寸	
	堆焊焊道高度差		堆焊凹下量		通球检验	
	堆焊焊道平面度					
	外观检验结果（合格、不合格）				检验人员	
	检验人员证书号				检验日期	
无损检验	检验人员		检验人员证书号			
	射线检验结果		射线检验报告编号		检验日期	
	其他检验结果		检验报告编号		检验日期	
弯曲试验	面弯	背弯	侧弯	弯曲试验结果		
				试验报告编号	试验日期	
断口检验结果				检验报告编号	检验日期	
金相检验结果				检验报告编号	检验日期	
化学成分检验结果				检验报告编号	检验日期	
硬度检验结果				检验报告编号	检验日期	
<p>本民用核安全设备焊工、焊接操作工考核中心确认该焊工（焊接操作工）依据《民用核安全设备焊工焊接操作工资格管理规定》进行焊接操作技能考试，检验数据正确，记录无误。</p> <p>该操作技能考试项目（合格、不合格）。</p> <p>考核中心主任 _____ 年 月 日</p>						

附表4 《民用核安全设备焊工焊接操作工资格证》式样
(封面)

<p>民用核安全设备焊工焊接操作工资格证</p> <p>(国务院核安全监管部门标志)</p>

国务院核安全监管部
门

正本第一页（中文）

民用核安全设备焊工焊接操作工资格证

（国务院核安全监管部
门标志）

国务院核安全监管部
门

正本第二页（英文）

（国务院核安全监管部
门标志）

CERTIFICATE

FOR

WELDER AND WELDING OPERATOR

FOR CIVIL NUCLEAR SAFETY

附表 5 民用核安全设备焊工焊接操作工连续操作记录

聘用单位：

年 月至 年

月

姓名	钢印号	证书编号	产品名称及编号	合格项目代号	焊缝编号	施焊和终止日期	填表人	施焊质量
焊接检验员			日期		申报单位 签章			
焊接责任工程师			日期					

附件 1 操作技能考试要求

1.1 焊接方法

1.1.1 民用核安全设备制造、安装和维修中常用的焊接方法的分类和代号见表 1，表 1 中的各类焊接方法之间不能互相代替。

1.1.2 操作技能考试可以由一名焊工或者焊接操作工在同一个试件上采用一种焊接方法进行，也可以由一名焊工、焊接操作工在同一个试件上采用不同焊接方法进行组合考试；或者由两名以上焊工、焊接操作工在同一个试件上采用相同或不同焊接方法进行组合考试。由三名以上焊工、焊接操作工的组合考试试件的厚度不得小于 20mm。每个焊工、焊接操作工焊接整体焊缝的有效长度不小于 150mm。

表 1 焊接方法的分类和代号^注

焊 接 方 法	代 号
气焊	HQ
焊条电弧焊	HD
手工钨极氩弧焊	HWS
自动钨极氩弧焊	HWZ
熔化极气体保护焊（自动和半自动）	HRZ、HRB
等离子弧焊接	HL
药芯焊丝电弧焊（自动和半自动）	HYZ、HYB
埋弧焊	HM
带极堆焊（埋弧和电渣堆焊）	HJD
电子束焊	HE
螺柱焊	HS

注：对于采用的焊接方法不属于表 1 的情况，考核中心应将新增的焊接方法分类代号报国务院核安全监管部门备案。

1.1.3 组合焊接方法的代号可用每种焊接方法的代号并列表示。例如：手工钨极氩弧焊打底，其余层采用焊条电弧焊的组合方法表示为“HWS/HD”。

1.2 母材类别

1.2.1 母材金属的分类和代号见表 2。表 2 的分类适用于轧制、锻造和铸造等材料。

1.2.2 焊工、焊接操作工在操作技能考试时应符合下列规定：

(1) 焊工采用同类材料中任一钢号考试合格后可免去该类其它材料的考试。

(2) 焊工采用 I ~IV类材料中类别较高的考试合格后，可免去类别较低材料的考试。

(3) 焊工采用VI~IX类材料的考试不能由其它类别材料互相代替。

(4) 对于异种材料的焊接，焊工若采用母材中的两类材料均包括在表 2 中第 I—IV类别内，并且对两者中较高类别的材料已考试合格，则可免考；若采用两类材料中有第VI类，且已对两类母材分别考试合格，则可免考，但焊接材料采用镍基合金材料时，仍须考试。

(5) 焊接操作工采用某类别任一钢号经焊接操作技能考试合格后，适用其他类别钢号。

表 2 母材金属的分类和代号

类别代号	母材类别	母材钢号示例
I	标准规定屈服强度下限 $\leq 300\text{MPa}$ 的碳钢	Q235,20g,20HD,20HR,ZG230
II	(1) 标准规定屈服强度下限 $> 300\text{MPa}$ 的碳钢、 碳锰钢、弥散强化钢 (2) 锰—钼钢 (3) 铬—钼钢 (0.5%Cr, 0.5%Mo) (4) 镍含量 $\leq 2\%$ 的钢	16MnR,16MnHR,20MnHR(A52) 20MnMo 12CrMo,14 Cr1Mo 15MnNi,20CrNiMo
III	轧制状态或调质型弥散强化钢	SA508-3,20MnNiMo(18MND5) 18MnMoNb,13MnNiMo54
IV	13%Cr 和马氏体或铁素体不锈钢	0Cr13,1Cr13,2Cr13
V	2.25%Ni——3.5%Ni 镍钢	
VI	奥氏体不锈钢	1Cr18Ni9Ti,0Cr18Ni9, 0Cr18Ni11Nb,0Cr18Ni10Ti, 0Cr19Ni9N,00Cr19Ni10, 0Cr17Ni12Mo2,0Cr19Ni13Mo3, 00Cr17Ni13Mo2N,00Cr18Ni10N, Cr25Ni20
VII	镍基合金	Inconel 600, Inconel 690, Incoloy 800
VIII	铜及铜合金	
IX	特种金属 钛、铬、锆、钴、高铬铁素体钢 (17~26%Cr) 等	TA1,TA2,Zr4

1.2.3 异种材料在考试项目代号中的表示方法用“X/Y”表示，X、Y表示母材金属的类别号。

1.2.4 当母材金属为表 2 之外的材料类别时，考核中心可根据材料焊接性能试验或者焊接工艺评定的结果对母材进行分类，并将分类意见报国务院核安全监管部门备案。

1.3 试件形式

1.3.1 操作和技能考试试件形式分为板、管及管-板（接管）三种形式，其代号分别为 P、T、P-T。

1.3.2 焊工、焊接操作工考试必须在板或管材上进行，焊工焊接外径 D 大于 25mm 管材焊缝的考试结果适用于板材的焊缝。

1.3.3 焊工焊接板状试件的考试结果适用于外径大于等于 500mm 的管材。在平焊（PA）、横角焊（PB）或横焊（PC）位置板材试件考试合格后，适用于管外径大于等于 150mm 的管材。

1.3.4 焊工焊接板材上接管的考试结果不能适用于管材上的接管，但管材上的接管考试结果可以适用于板材上的接管。

1.4 焊缝形式

1.4.1 操作技能考试试件的焊缝形式分为坡口焊缝（包括对接焊缝和接管焊缝）、角焊缝、堆焊三种形式，代号分别为 GW、FW、D。

1.4.2 坡口焊缝试件分带衬垫和不带衬垫两种。双面焊、部分焊透的坡口焊缝均视为带衬垫。

1.4.3 对接焊缝的考试结果可以适用于任何接头形式的对接焊缝，但 1.4.5 规定的接管焊缝除外。

1.4.4 产品上多数为角焊缝，焊工、焊接操作工应进行相应的角焊缝考试。产品上多数为对接焊缝，对接焊缝考试结果可以适用于角焊缝。

1.4.5 产品以接管焊接为主或者涉及到复杂的接管焊接，焊工应进行接管焊接的考试。焊工进行操作技能考试时，在符合下列条件时，应附加接管典型试件：

- (1) 对全焊透接管焊缝，主管外径 D1 与支管的外径 D2 的比值小于 5。

(2) 接管焊接的支管角度小于 75° (主管轴线或支撑板平面与支管轴线的角度)。

1.4.6 主管直径与支管直径比值评定的适用范围为大于或等于考试试件直径的比值。

1.4.7 支管角度评定的适用范围为大于或等于考试试件支管的角度 α 。

1.5 焊接位置

1.5.1 焊接位置的分类和代号见图 1、2、3。

1.5.2 焊接位置的适用范围见表 3。

1.5.3 管材试件 H-L045 和 J-L045 焊接位置认可了生产工件上所有的焊接位置。

1.5.4 焊接操作工采用螺柱焊试件，经仰焊位置考试合格后，适用于任何位置的螺柱焊试件，其他位置考试合格后，只适用相应位置的焊件。螺柱焊试件焊接位置见图 4。

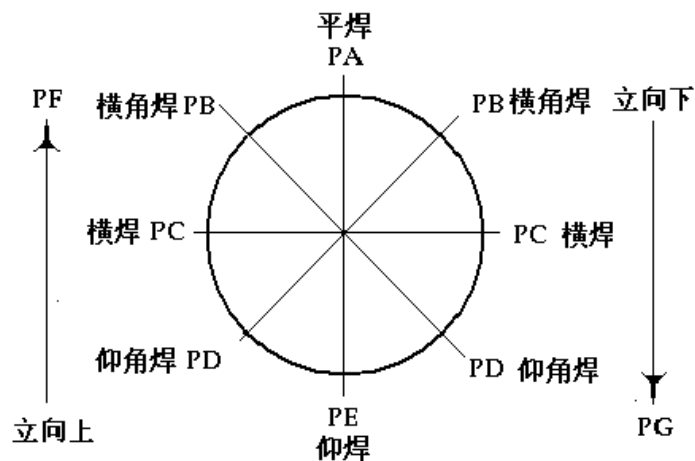


图 1 焊接位置用代号表示图

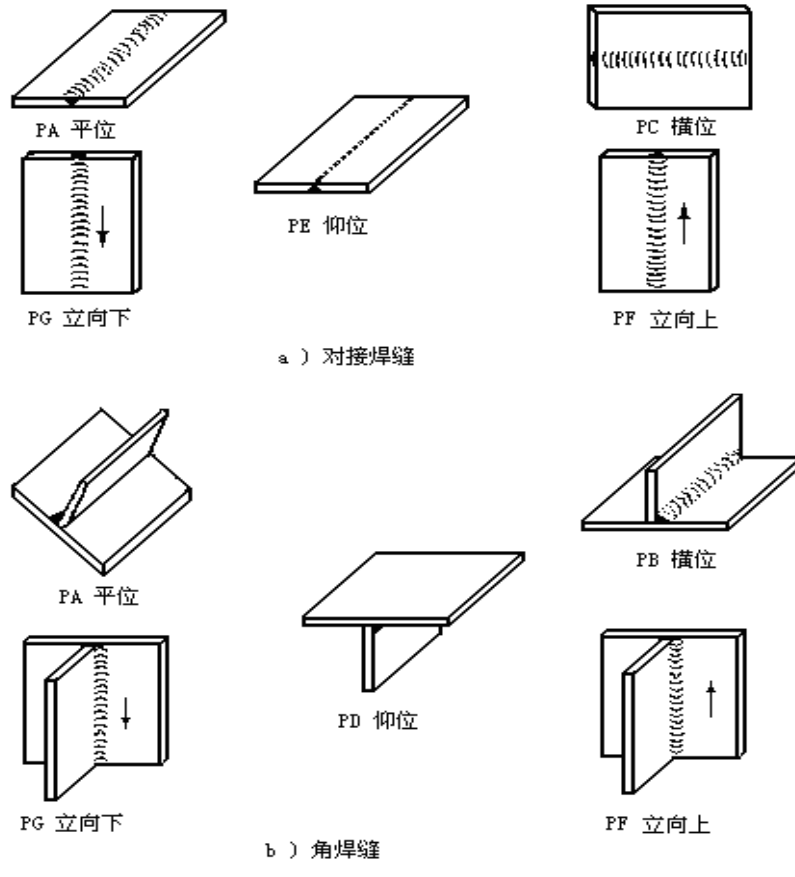
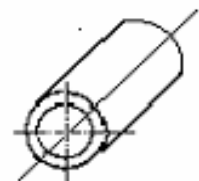
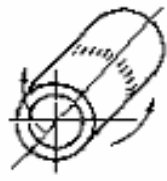


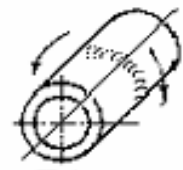
图2: 板状焊接位置



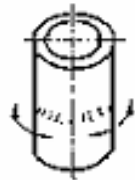
PA 管: 转动
轴线: 水平
焊接: 平焊



PF 管: 固定
轴线: 水平
焊接: 向上立焊



PG 管: 固定
轴线: 水平
焊接: 向下立焊



PC 管: 固定
轴线: 垂直
焊接: 横焊

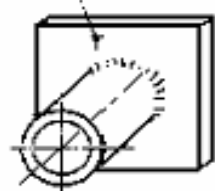


H-L045 管: 固定
轴线: 倾斜45度
焊接: 向上立焊

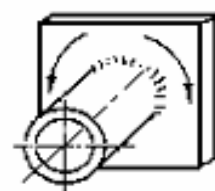


J-L045 管: 固定
轴线: 倾斜45度
焊接: 向下立焊

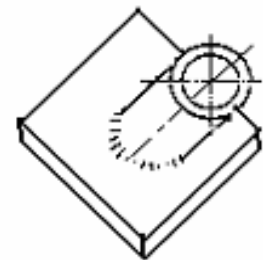
a) 对接焊缝



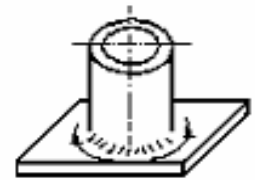
PB 管: 转动
轴线: 水平
焊接: 平角焊



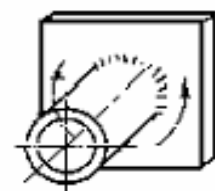
PG 管: 固定
轴线: 水平
焊接: 向下立焊



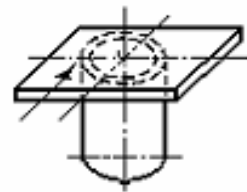
PA 管: 转动
轴线: 倾斜
焊接: 平焊



PB 管: 固定
轴线: 垂直
焊接: 平角焊



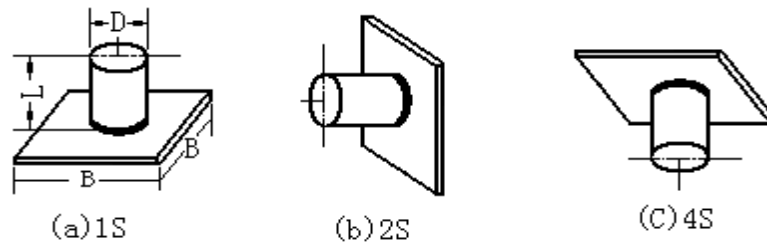
PF 管: 固定
轴线: 水平
焊接: 向上立焊



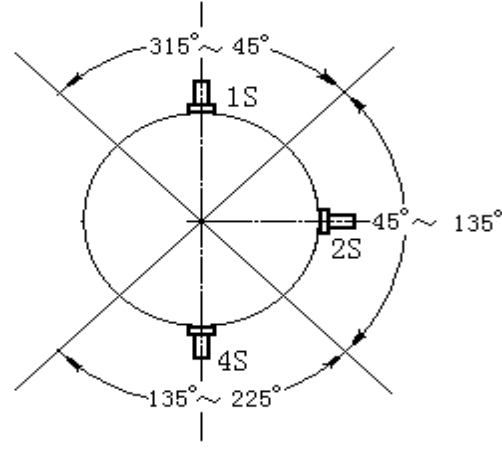
PD 管: 固定
轴线: 垂直
焊接: 仰角焊

b) 角焊缝

图3 管子的焊接位置



A 螺柱焊缝——试验位置



B 螺柱焊缝——焊接位置

图 4 螺柱焊试件焊接位置

表 3 焊接位置的适用范围

考试位置	适用范围 ⁽¹⁾										
	PA	PB ⁽²⁾	PC	PD ⁽²⁾	PE	PF(板)	PF(管)	PG(板)	PG(管)	H-L045	J-L045
PA	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB ⁽²⁾	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PC	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
PD ⁽²⁾	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-
PE	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-
PF(板)	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-
PF(管)	X	X	-	X	X	X	X	-	-	-	-
PG(板)	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
PG(管)	X	X	-	X	X	-	-	X	X	-	-
H-L045	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	-
J-L045	X	X	X	X	X	-	-	X	X	-	X

(1) 此外还必须参阅 1.3 和 1.4 的要求。

(2) PB 和 PD 的考试位置适用于角焊缝（见 1.4.4），而且仅适用其他位置上的角焊缝。

注：

X 表示评定的焊接位置

- 表示未评定的焊接位置

1.6 焊缝金属厚度和管材外径

1.6.1 焊工采用坡口焊缝试件进行操作技能考试合格后，试件焊缝金属厚度的适用范围见表 4。t 为每名焊工采用一种焊接方法在试件上的坡口焊缝金属厚度(余高不计)，当某焊工用一种焊接方法考试且试件截面全焊透时，t 与试件母材厚度 T 相等。

焊接操作工采用坡口焊缝或角焊缝试件考试时，母材厚度 T 自定，经焊接操作技能考试合格后，适用于焊件焊缝金属厚度 t 不限。

表 4 手工焊板或管材坡口焊缝试件焊缝金属厚度的适用范围

焊缝金属厚度 (mm)	适用范围 (mm)
$t < 3$	$t \sim 2t^{(1)}$
$3 \leq t < 12$	$3 \sim 2t^{(2)}$
$t \geq 12$	$5 \sim 2t$ 或 $5 \sim 2t + h^{(3)(4)}$

注：(1) 气焊： $t \sim 1.5t$ 。

(2) 气焊： $3 \sim 1.5t$ 。

(3) 对于厚度大于 50mm，考核中心有选择权，或用产品实际厚度，或在带有挡板装置的厚度 $T > 20\text{mm}$ 的钢板上进行，但挡板装置 h 的坡口开度和深度应模拟实际产品（见图 5）。

(4) 在用挡板进行试验时，为实施表面焊道，应去掉挡板。

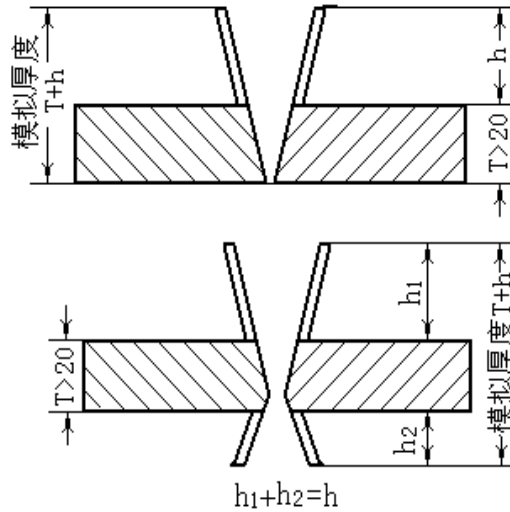


图5 模拟厚板焊接试样

1.6.2 焊工采用坡口焊缝试件进行操作技能考试合格后，管材外径的适用范围见表5。

表5 手工焊管材坡口焊缝试件外径的适用范围

试件外径 D (mm)	适用范围 (mm)
$D < 25$	$D \sim 2D$
$25 \leq D < 76$	≥ 25
$D \geq 76$	≥ 76
$D > 300$ 注	≥ 76

注：管材向下焊试件

焊接操作工采用管材坡口焊缝或角焊缝考试时，管外径自定，经操作技能考试合格后，适用于管材坡口焊缝和角焊缝试件管外径的最小值为试件外径，最大值不限。

1.6.3 对于接管焊缝，表4中的管材焊缝金属厚度和表5中的管材外径是指：

- (1) 骑座式：支管焊缝金属厚度及外径；
- (2) 插入式：主管或壳体焊缝金属厚度及支管外径。

1.6.4 手工焊角焊缝试件的材料厚度的适用范围见表6。

表6 手工焊角焊缝试件材料厚度的适用范围^注

试件的材料厚度 T (mm)	适用范围 (mm)
T < 3	T ~ 3
T ≥ 3	≥ 3

1.6.5 堆焊试件材料厚度的适用范围见表 7。

表 7 堆焊试件材料厚度的适用范围

堆焊试件材料厚度 T (mm)	适用范围(mm)	
	最小值	最大值
< 50	T	不限
≥ 50	50	不限

1.7 焊接材料

1.7.1 焊接材料分类同母材组别，见表 2。如填充材料与母材同组别时，无需单独在项目代号中注明，如填充材料与母材不同组别时，应在考试项目代号中母材代号后以括号注明焊接材料的代号。

1.7.2 电焊条根据涂料的特性分类见表 8。进口焊条可参照本规定进行。

1.7.3 焊丝的制品型式：采用无填充焊丝、实心焊丝的代号分别为 01、02（药芯焊丝代号可通过焊接方法代号体现）。

1.7.4 带填充金属的考试合格后，不带填充金属的焊接可免考，反之则需重新考试。

1.7.5 实心焊丝和药芯焊丝不能互相等效。

1.7.6 熔化衬环：当使用熔化衬环时，熔化衬环的形状和截面变化时要进行重新考试。

1.7.7 当采用奥氏体不锈钢焊接材料进行耐蚀堆焊时，堆焊金属的类别号用“A”表示。采用镍及镍合金的焊接材料堆焊时，堆焊金属的类别号用“Ni”表示。耐磨堆焊用“H”表示。

表 8 焊条分类及适用范围

焊条分组 (代号)	(a)	(b)	(c)	(d)
	考试用焊条	EXX20	EXX12	EXX15
EXX22		EXX13	EXX16	EXX11
EXX27		EXX14	EXX18	
		EXX03	EXX40	

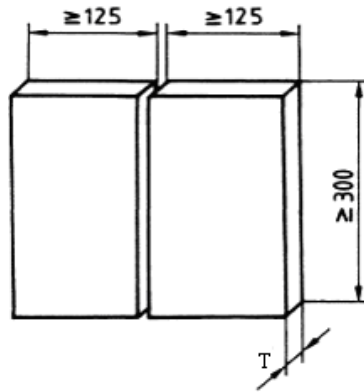
		EXX01		
(a) EXX20 氧化铁型	(×)			
(b) EXX12 钛型焊条	×	(×)		
(c) EXX15 低氢型焊条	×	×	(×)	
(d) EXX10 纤维素型焊条				(×)

注：(×) 为考试用焊条，×为可替代焊条

无衬垫打底焊道所使用的药皮类型应与实际生产相同。

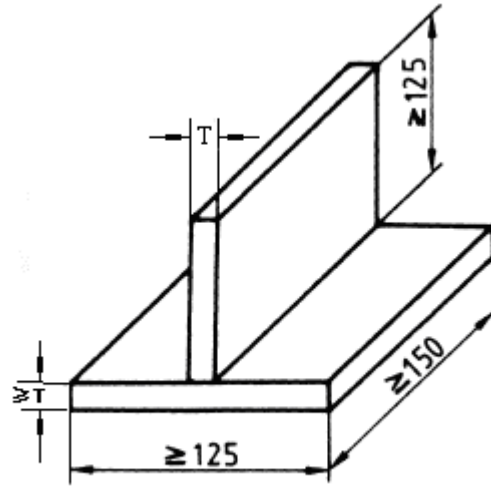
1.8 试件规格尺寸

1.8.1 板材对接焊缝和角焊缝考试试件的尺寸分别见图 6、7。对于机械化焊，图 6 中的试板长应大于等于 400mm。



T 为试板厚度

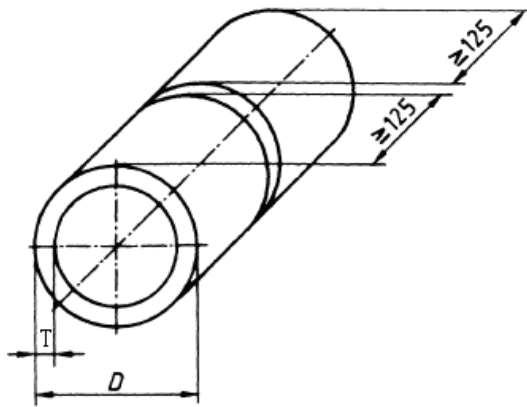
图 6 板材对接焊缝试件尺寸 (mm)



T 为试板厚度

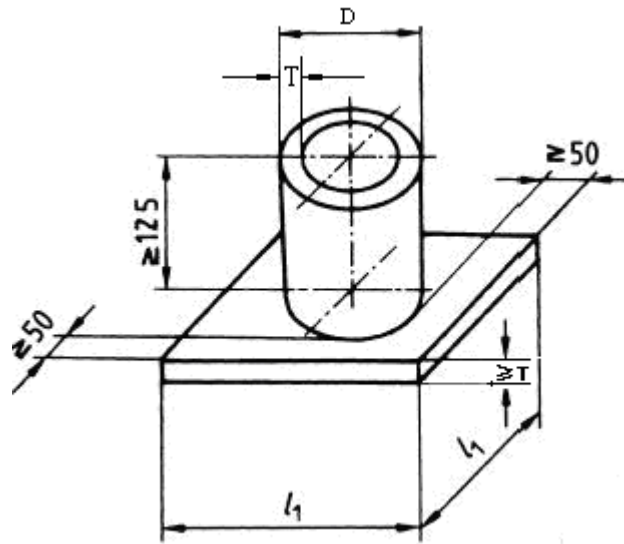
图 7 板材角焊缝试件尺寸 (mm)

1.8.2 管材对接焊缝考试试件的尺寸见图 8。管板考试试件的尺寸见图 9。



D 为管外径 T 为管壁厚

图 8 管材对接焊缝试件尺寸 (mm)



l_1 为试板长度 D 为管外径 T 为管壁厚

图 9 管板试件尺寸 (mm)

1.8.3 堆焊试件

试板尺寸不小于宽 150mm×长 150mm，堆焊层尺寸不小于 宽 38mm×长 150mm。如在管子上堆焊，最小管长应为 150mm，最小直径应能满足取样数量的要求，且应绕圆周连续堆焊。

对耐蚀堆焊焊接操作工技能考试,当焊道熔敷宽度大于 13mm 时,首层堆焊应至少由三个焊道组成。

1.8.4 螺柱焊试件：图 4(a)中 L 为 $(8-10) D$ ， B 大于等于 50mm。

1.9 焊接要素

表 9 为一些焊接要素及其代号。表 10、11 为焊接要素的适用范围。

焊接操作工在操作技能考试时，每面坡口内多层焊考试合格后，可以适用单层焊；反之不适用。

自动钨极惰性气体保护焊无稳压系统考试合格后，可以适用有稳压系统的，反之不适用；机械化焊无自动跟踪系统的可以适用有自动跟踪系统的，反之不适用。

使用气焊方法进行焊接时，左焊法改成右焊法或反之均要求新的考试。

表 9 焊接要素和代号

焊接要素		代号	
手工钨极惰性气体保护焊填充金属焊丝	无	01	
	有	02	
机械化焊	钨极惰性气体保护焊自动稳压系统	无	03
		有	04
	自动跟踪系统	无	05
		有	06
	每面坡口内焊层	单层	sl
		多层	ml

表 10 坡口焊缝焊接要素的适用范围

试件的焊接要素	适用范围		
	单面焊/不带衬垫 (ss nb)	单面焊/带衬垫 (ss mb)	双面焊 (bs)
单面焊/不带衬垫 (ss nb)	X	X	X
单面焊/带衬垫 (ss mb)	-	X	X
双面焊 (bs)	-	X	X
注： X 表示得到认可的那些焊缝 - 表示未得到认可的那些焊缝			

表 11 角焊缝焊接要素的适用范围^注

试件	适用范围	
	单层 (sl)	多层 (ml)
单层 (sl)	X	-
多层 (ml)	X	X
注： X 表示认可的焊层种类 - 表示未认可的焊层种类		

1.10 项目代号举例

示例 1

技能考试项目代号：HM P GW PA bs ml 05

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	HM	埋弧焊	埋弧焊
试件形式	P	板	板
焊缝形式	GW	坡口焊缝	坡口或角焊缝均可
焊接位置	PA	平焊位置	PA、PB
焊接要素	bs	双面	双面焊
	ml	每面坡口内多层焊	每面坡口内单层或多层焊均可
	05	无自动跟踪系统	有无自动跟踪系统均可

示例 2

技能考试项目代号： HD PGW III c t15 PC ss nb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	HD	焊条电弧焊	焊条电弧焊
试件形式	P	板	板或管 $D \geq 150$
焊缝形式	GW	坡口焊缝	坡口焊缝或角焊缝
母材类别	III	III	I ~ III
焊接材料	c	低氢型焊条	a、b、c
焊缝金属厚度	t 15	焊缝金属厚度 15mm	5~30
焊接位置	PC	横焊	PA、PB、PC
焊接要素	ss nb	单面焊 无衬垫	单面焊或双面焊、 无衬垫或带衬垫

示例 3

技能考试项目代号： HD P GW III c (VII) t20 PA ss nb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	HD	焊条电弧焊	焊条电弧焊
试件形式	P	板	板或管 $D \geq 150$
焊缝形式	GW	坡口焊缝	坡口焊缝或角焊缝
母材类别	III	III	I ~ III
焊接材料	c (VII)	镍基合金、低氢型焊条	镍基合金、a、b、c

焊缝金属厚度	t 20	焊缝金属厚度 20 mm	5~40
焊接位置	PA	平焊	PA、PB
焊接要素	ss nb	单面焊 无衬垫	单面焊或双面焊、 无衬垫或带衬垫

示例 4

技能考试项目代号：HD T GW VII/VI c (VII) t30 D300PFss nb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	HD	焊条电弧焊	焊条电弧焊
试件形式	T	管	板或管
焊缝形式	GW	坡口焊缝	坡口焊缝或角焊缝
母材类别	VI与VII	VI类与VII类异种钢焊	同质钢焊接：采用VII组焊条焊接VI组材料。 异种钢焊接：采用VII组焊条焊接VII组和VI组材料。
焊接材料	c (VII)	镍基合金低氢型焊条	镍基合金、a、b、c
焊缝金属厚度	t30	焊缝金属厚度 30 mm	5~60
管材外径	D300	管外径 300mm	≥76
焊接位置	PF	水平固定立向上	PA、PB、PD、PE、PF
焊接要素	ss nb	单面焊 无衬垫	单面焊或双面焊、 无衬垫或带衬垫

示例 5

技能考试项目代号：HWS T GW VI 02 t 6 D60 PF ss nb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	HWS	手工钨极氩弧焊	手工钨极氩弧焊
试件形式	T	管	管或板
焊缝形式	GW	坡口焊缝	坡口焊缝或角焊缝
母材类别	VI	VI	仅限VI类材料
焊接材料	02	带填充金属	带或不带填充金属均可

焊缝金属厚度	t 6	焊缝金属厚度 6 mm	3~12
管材外径	D60	管外径 60mm	≥25
焊接位置	PF	水平固定立向上焊	PA、PB、PD、PE、PF
焊接要素	ss nb	单面焊 无衬垫	单面焊或双面焊、 无衬垫或带衬垫

示例 6

技能考试项目代号： HWS/HD T GW VI02/c t 20 (5/15) D200 PA ss nb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	HWS/HD	手工钨极氩弧焊/焊条电弧焊	手工钨极氩弧焊/焊条电弧焊
试件形式	T	管	管或板
焊缝形式	GW	坡口焊缝	坡口焊缝或角焊缝
母材类别	VI	VI	仅限VI类材料
焊接材料	02/c	HWS:带填充金属 HD: 低氢型焊条	HWS:带或不带填充金属均可 HD: a、b、c
焊缝金属厚度	t 20	焊缝金属厚度 20 mm HWS: t=5 HD: t=15	HWS: 3~10 HD: 5~30
管材外径	D200	管外径 200mm	≥76
焊接位置	PA	管子水平旋转	PA、PB
焊接要素	ss nb	单面焊 无衬垫	HWS: 单面焊、无衬垫或双面焊、 带衬垫 HD: 单面焊、带衬垫; 双面焊

示例 7

技能考试项目代号： HWZ P-T FW01 D16 PF-PT ml04/05(GD^注)

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	HWZ	自动钨极氩弧焊	自动钨极氩弧焊
试件形式	P-T	管—板	管—板
焊缝形式	FW	角焊缝	角焊缝
焊接材料	01	无填充金属	无填充金属
管材外径	D16	管外径 16mm	见附件 3

焊接位置	PF-PT	立向上、立向下	PA、PB、PD、PE、PF、PG
焊接要素	ml	每面坡口内多层焊	每面坡口内多层焊或单层焊
	04	有钨极惰性气体保护焊自动稳压系统	有钨极惰性气体保护焊自动稳压系统
	05	无自动跟踪系统	有或无自动跟踪系统

注：GD 表示管端焊

示例 8

技能考试项目代号： HDP-T GW VIc t 10 D60/220 PC ss nb

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	HD	焊条电弧焊	焊条电弧焊
试件形式	P-T	接管	板与管、管与管的接管焊接
焊缝形式	GW	坡口焊缝	坡口焊缝或角焊缝
母材类别	VI	VI	仅限VI类材料
焊接材料	c	低氢型焊条	a、b、c
焊缝金属厚度	t 10	焊缝金属厚度 10 mm	3~20
管材外径	D60/220	主管外径 220mm 支管外径 60mm	≥25
焊接位置	PC	横焊	PA、PB、PC
焊接要素	ss nb	单面焊 无衬垫	单面焊或双面焊、 无衬垫或带衬垫

示例 9

技能考试项目代号： HD (D) P IIIc (A) T50 PA

变素	代号	含义	适用范围
焊接方法	HD	焊条电弧焊	焊条电弧焊
试件形式	P	板	板
焊缝形式	D	堆焊	堆焊
母材类别	III	III	I ~ III
焊接材料	c (A)	奥氏体低氢型焊条	奥氏体 a、b、c

试件厚度	T50	试板厚度 50 mm	≥50
焊接位置	PA	平焊	PA

示例 10

技能考试项目代号： HRB P FW I T10 PB ml

变 素	代号	含义	适用范围
焊接方法	HRB	半自动熔化极气体保护焊	半自动熔化极气体保护焊
试件形式	P	板—板	板或管 D≥150
焊缝形式	FW	角焊缝	角焊缝
母材类别	I	I 类	I 类
试件厚度	T 10	试板厚度 10mm	≥3
焊接位置	PB	角焊缝横焊位置	PA、PB
焊接要素	ml	多层焊	单层或多层焊

附件 2 考试试件的检验要求

2.1 试件的检验项目、检查数量和试样数量

焊工、焊接操作工操作技能考试试件的检验项目、检查数量和试样数量见表

1。每个试件应先进行外观检验，合格后再进行其他项目检验。

表 1 试件检验项目、检查数量和试样数量⁽¹⁾

试件形式		试件厚度或管径		检验项目						
		厚度	管外径	外观检验 (件)	射线检验 (件)	断口检验 (件)	冷弯试验 (个)			宏观金相检验 (个)
							面弯	背弯	侧弯	
坡口焊缝试件	板对接	<12	-	1	1	-	1	1	-	-
		≥12	-	1	1	-	-	-	2 ⁽²⁾	-
	管对接	-	<76	3	0	2	1	1	-	-
		-	≥76	1	1	-	1 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾	-	
	管材向下焊	<12	≥300	1	1	-	2	2	-	-
		≥12		1	1		-	-	4 ⁽³⁾	
板与	-	<76	2	1 (PT)	-	-	-	-	4 ^{(4) (5)}	

	管	-	≥ 76	1		-	-	-	-	4 ⁽⁴⁾
角焊缝试件	板、管、板与管			1		1				4 ⁽⁶⁾
堆焊试件 ⁽⁷⁾	耐蚀	-		1	1 (PT)	-	-	-	2	2
	耐磨			1					-	
螺柱焊试件	板与柱	板 B \geq 50 柱 L=(8~10)D		5		-	-	-	5(折弯)	-

注：

- (1) 表中外观检验试件数量即考试试件数量。
- (2) 当试件厚度 $\geq 10\text{mm}$ 时，可以用2个侧弯试样代替面弯和背弯试样。
- (3) 对于 PF、PG、H-L045 及 J-L045 焊接位置，应做两个面弯和背弯试验，当试件厚度大于等于 10mm 时，可以用 4 个侧弯试样代替面弯和背弯试样。
- (4) 当不能经无损检验做内部缺陷检验时，必须做金相检验；沿焊道在 4 个 90°横截面上分别取金相试样。
- (5) 任一试件取 4 个检查面。
- (6) 断口检验和金相检验任选其一。
- (7) 其他检验要求还需按附件 3 执行。

2.2 试件的外观检验

2.2.1 试件的外观检验，采用目视或 5 倍放大镜进行。手工焊的板材试件两端 20mm 内的缺陷不计，焊缝的余高和宽度可用焊缝检验尺测量最大值和最小值，但不取平均值，单面焊的背面焊缝宽度可不测定。

2.2.2 试件焊缝的外观检验应符合下列要求：

2.2.2.1 焊缝表面应是焊后原始状态，不允许加工修磨或返修。

2.2.2.2 焊缝外形尺寸应符合表 2 的规定以及下列要求：

- (1) 焊缝边缘直线度：手工焊 $\leq 2\text{mm}$ ；机械化焊 $\leq 3\text{mm}$ 。
- (2) 板材、管板或接管角焊缝凸度或凹度应不大于 1.5mm；板材、管板或接管角焊缝的焊脚尺寸 K 为 $T+(0\sim 3)\text{mm}$ （T 为板或管壁厚）。
- (3) 不带衬垫的板材试件、管板或接管试件和外径不小于 76mm 的管材试件背面焊缝的余高应不大于 3mm。
- (4) 外径小于 76mm 的管材对接焊缝试件进行通球检查。管外径大于或等于 32mm 时，通球直径为管内径的 85%；管外径小于 32mm 时，通球直径为管内径的 75%。

表 2 试件焊缝外形尺寸 (mm)

焊接方法	焊缝余高		焊缝余高差		焊缝宽度	
	平焊位置	其他位置	平焊位置	其他位置	比坡口每侧增宽	宽度差
手工焊	0-3	0-4	≤2	≤3	0.5-2.5	≤3
机械化焊	0-3	0-3	≤2	≤2	2-4	≤2

2.2.2.3 堆焊两相邻焊道之间的凹下量不得大于 1.5mm；焊道高度差应小于或等于 1.5mm。焊道间搭接接头的平面度在试件范围内不得大于 1.5mm。

2.2.2.4 各种焊缝表面不得有裂纹、未熔合、夹渣、气孔、焊瘤和未焊透。机械化焊的焊缝表面不得有咬边和凹坑。手工焊焊缝表面的咬边和背面凹坑不得超过表 3 的规定。

表 3 手工焊焊缝表面咬边和背面凹坑

缺陷名称	允许的最大尺寸
咬边	深度≤0.5mm；焊缝两侧咬边总长度不得超过焊缝长度的 10%。
背面凹坑	当 T≤6mm 时，深度≤15% T，且≤0.5mm；当 T>6mm 时，深度≤10% T，且≤1.5mm。除仰焊位置的板材试件不作规定外，总长度不超过焊缝长度的 10%。

2.2.2.5 板状试件焊后变形角度 $\theta \leq 3^\circ$ ，见图 1(a)。试件的错边量不得大于 10%T，且≤2mm，见图 1(b)。

2.2.3 属于一个考试项目的所有试件外观检验的结果均符合 2.2.2 各项要求，该项试件的外观检验为合格，否则为不合格。



图 1 板状试件的变形角度和错边量

2.3 无损检验

试件的无损检验应符合民用核安全设备产品一级焊缝的检验要求。

2.4 弯曲试验

2.4.1 弯曲试样应从无损检验中发现的缺陷最多的区域切取。板状试件可按图 2 的位置截取弯曲试样；管状试件可按图 3 的位置截取弯曲试样，弯曲试样的形式和尺寸见图 4。堆焊侧弯试样宽度至少应包括堆焊层全部、熔合线和基层热影响区。试样上的余高及焊缝背面的垫板应用机械方法去除，面弯和背弯试样的拉伸面应平齐，且保留焊缝两侧中至少一侧的母材原始表面。

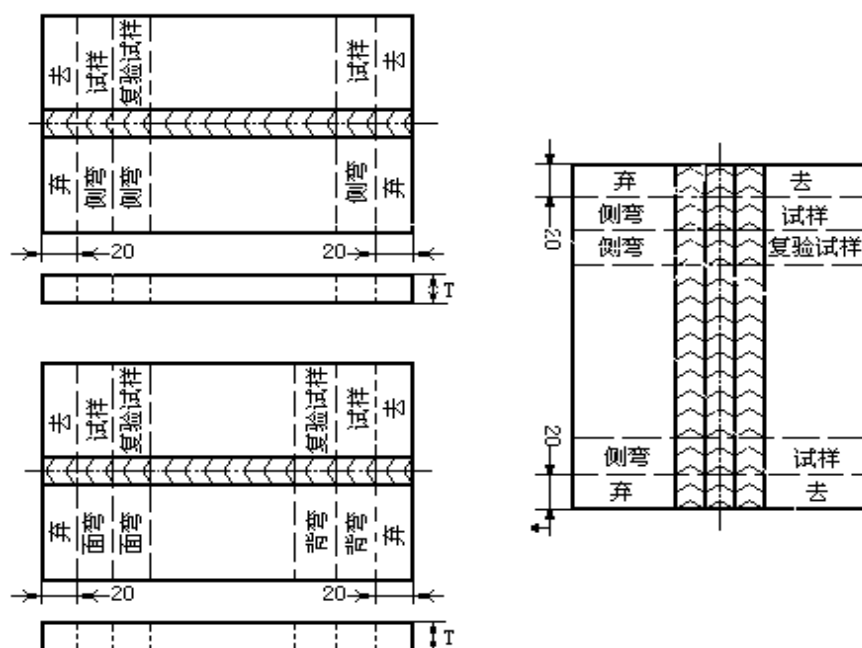
2.4.2 做面、背弯或者侧弯试验时，对于延伸率 $A \geq 20\%$ 的母材，弯头（或内辊）直径应为 $4T$ ，弯曲角度应为 180° 。而延伸率 $A < 20\%$ 的母材，应采用下列公式：

$$D_0 = 100S_1 / A - S_1$$

式中：D0 为弯头或内辊的直径；

S1 为弯曲试样厚度；

A 为母材标准要求的最低延伸率。



a) 板材对接焊缝试件

b) 板材堆焊试件

图 2 板材试件弯曲试样的截取位置

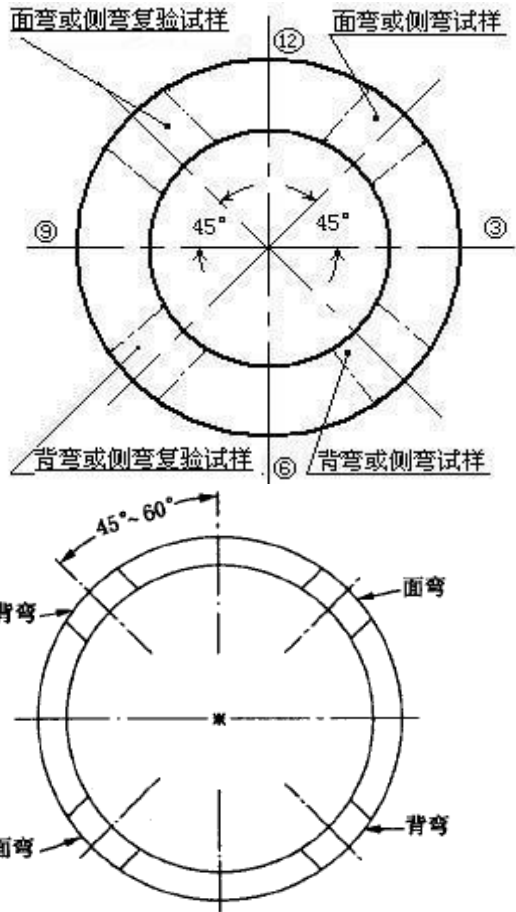
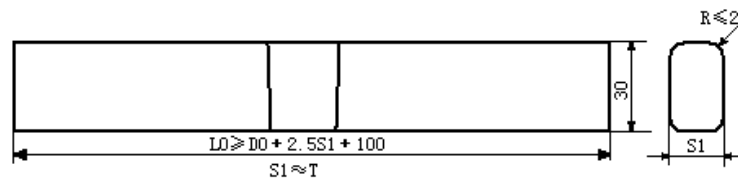
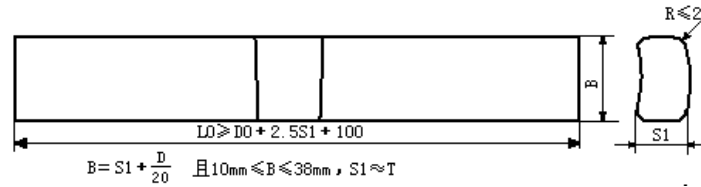


图 3 (a) 管材试件弯曲试样的截取位置

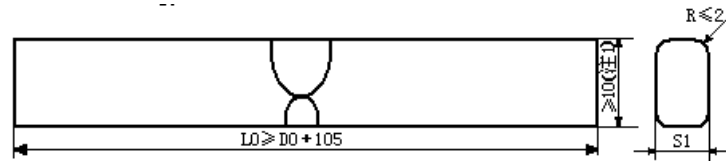
图 3 (b) 表 1 注 (3) 焊接位置弯曲试样的截取位置



(a) 板材试件的面弯和背弯试样



(b) 管材试件的面弯和背弯试样



$S1=10\text{mm}$

(c) 对接侧弯试样



(d) 堆焊侧弯试样

D0—弯轴直径，D—管子外径，T—试件厚度，S1—试样厚度 B—试样宽度，L0—试样长度

注 1：如果组合考试试件厚度 $\geq 20\text{mm}$ 时，则侧弯试样宽度 $\geq 20\text{mm}$

图 4 焊接接头弯曲试样的形式和尺寸

2.4.3 对于不均匀焊缝，在确定 D0 参数时，材料的最低延伸率 A 由两母材中较小的延伸率来确定。

2.4.4 弯曲试验时，应将试样弯到使其两端成平行为止，此时，材料的任何部分不再受到压力。

2.4.5 试件弯曲到规定的角度后，其拉伸面上不得有任何一个横向（沿试样宽度方向）裂纹或缺陷的长度不大于 1.5mm；或纵向（沿试样长度方向）裂纹或缺陷的长度不大于 3mm。试样的棱角开裂不计，但确因焊接缺陷引起试样的棱角开裂，其长度应进行评定。

2.4.6 试件弯曲试样的试验结果均合格时，弯曲试验为合格。两个以上试样均不合格时，不允许复验，弯曲试验为不合格。若其中一个试样不合格时，允许从原试件上另取一个试样进行复验，复验合格，弯曲试验为合格。

对于补考，弯曲试验试样不合格的，不允许复验，本次补考应认定为不合格。

2.4.7 在弯曲试验中压头位置相对于焊缝偏离时，弯曲试验结果无效。

2.5 金相检验

2.5.1 金相宏观检验应用机械方法截取、磨光、再用金相砂纸按“由粗到细”的顺序磨制，然后经适当的浸蚀，使焊缝金属和热影响区有一个清晰的界限，该面上的焊接缺陷用目视或 5 倍放大镜检查。若宏观检查显示出存在有疑问区域，则必须进行微观检查。

2.5.2 每个试样检查面经宏观检验应符合下列要求：

2.5.2.1 没有裂纹、未熔合、未焊透；

2.5.2.2 蒸汽发生器或热交换器的管子和管板焊缝根部线性缺陷应不超过 0.1mm；

2.5.2.3 气孔或夹渣的最大尺寸不得超过 1.5mm；当气孔或夹渣大于 0.5mm，

不大于 1.5mm 时，其数量不得多于 1 个；当只有小于或等于 0.5mm 的气孔或夹渣时，其数量不得多于 3 个。

2.6 断口检验

2.6.1 管材对接焊缝试件的断口检验，用机械方法在其焊缝上加工出一条 $1/3T$ 深，尖角 $\leq 45^\circ$ 的沟槽，然后将试件压断或折断，检查断口缺陷。

2.6.2 试件的断口检验应符合下列要求：

2.6.2.1 断面上没有裂纹和未熔合；

2.6.2.2 背面凹坑深度不大于 $25\%T$ ，且不大于 1mm；

2.6.2.3 单个气孔沿径向不大于 $30\%T$ ，且不大于 1.5mm，沿轴向或周向不大于 2mm；

2.6.2.4 单个夹渣沿径向不大于 $25\%T$ ，沿轴向或周向不大于 $30\%T$ ；

2.6.2.5 在任何 10mm 焊缝长度内，气孔和夹渣不多于 3 个；

2.6.2.6 沿圆周方向 $10T$ 范围内，气孔和夹渣的累计长度不大于 T ；

2.6.2.7 沿壁厚方向同一直线上各种缺陷总和不得大于 $30\%T$ ，且不得大于 1.5mm。

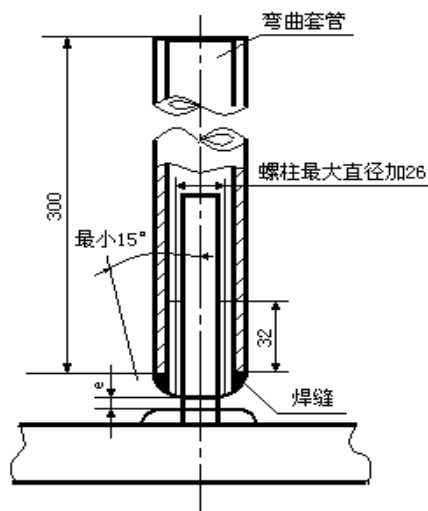
每个试件位置的两个断口试样检验结果均符合上述要求才合格，否则为不合格。

2.7 螺柱焊试件检验

对每个螺柱焊试件采用下列任何一种方法进行检验时，每个螺柱的焊缝和热影响区在锤击或弯曲试验后，没有开裂为合格：

2.7.1 锤击螺柱上端部，使 $1/4$ 螺柱长度贴在试件板上；

2.7.2 如图 5 所示，用套管使螺柱弯曲不小于 15° ，然后恢复原位。



螺柱直径	3	5	6	10	13	16	20	22	25
套管间隙 e	3	3	5	6	8	9	12	12	15

图 5 螺柱焊弯曲试验方法简图

附件 3 特殊情况的举例

例 1 奥氏体—铁素体不锈钢和镍基合金的堆焊和预堆边

(一) 试板的厚度应等于生产中要求堆焊的零件厚度，当板厚 $T > 50\text{mm}$ 时，试板的最小厚度应为 50mm。

(二) 应按照确定的堆焊层和隔离层（最高等级）制造条件进行渗透检验和超声波检验。

(三) 破坏检验包括弯曲试验、宏观金相检验、微观金相检验和化学分析（仅对不锈钢堆焊层）。

(1) 弯曲试验

试样数量为 2 个侧弯试样。取样应在垂直于焊缝的方向上，试样的尺寸为厚 10mm，宽 30mm，并且整个堆焊层厚度应包含在宽 30mm 的范围内。

试样的切取应在无损检验发现缺陷最多的地方。

检验标准：压头直径为试样厚度的 4 倍，弯曲 180° 检验区不应出现明显裂缝，

单个裂纹、气孔或夹渣的长度不得大于 3mm。

(2) 宏观金相检验和微观金相检验

在堆焊层的横截面上进行宏观检验和微观检验，对于多层堆焊，无论是第一层还是后面的焊层，这一检验的目的是证实符合搭接条件，在焊缝完好性检验中不存在任何大小的裂纹，未焊透或与母材结合不良，未熔合及任何不合格的气孔、夹杂物。

宏观检验有怀疑的区域，应进行微观检验以消除对观察到的缺陷痕迹的疑问（夹渣、致密性不好、裂纹、组织结构）。

(3) 化学分析（仅对不锈钢堆焊层）

对于焊工操作技能考试，要求进行堆焊层的化学分析。

在距最小评定厚度的堆焊表面层 2~3mm 范围内取钢屑进行化学分析，其含碳量应在下列范围内： $C(\%) \leq 0.035$ （力求 <0.030 ）。

如果晶间腐蚀加速试验的结果合格，并且含铬量高于 19.00%，则可允许含碳量高于 0.035%，但不超过 0.040%。

对于不锈钢隔离层堆焊（在合金钢或非合金钢上堆焊的隔离层），化学分析应从第一层堆焊金属的连续熔敷区取样，要求的值为： $Cr \geq 17.00\%$ ， $Ni \geq 9.00\%$ 。

例 2 热交换器或蒸汽发生器管板焊接

(一) 母材钢种（管子材料、管板材料或所涉及到的堆焊层材料）的要求同焊接工艺评定。

(二) 母材形状和尺寸

对于焊工，管子的公称直径或管壁厚度超过考试时采用的管子公称直径或管壁厚度的 10%时，应重新考试。对于焊接操作工，可不考虑这种变化。

(三) 填充金属和保护气体

对于焊工，填充金属和保护气体的要求同焊接工艺评定。对于焊接操作工，考试所采用填充金属应符合产品所用填充金属的技术条件，具有相同的几何特性和化学成分；填充材料的使用、取消及增加另外一种填充金属均应重新考试。

(四) 接头形式

对于焊工，由管子伸出管板表面变为管子凹入管板表面或与管板表面齐平，应重新考试；在气体保护焊情况下，管子的接头几何形状（包括间隙）发生任何改变时，应重新考试。

对于焊接操作工，可不考虑上述两种变化。

(五) 焊接位置只对评定的焊接位置有效。

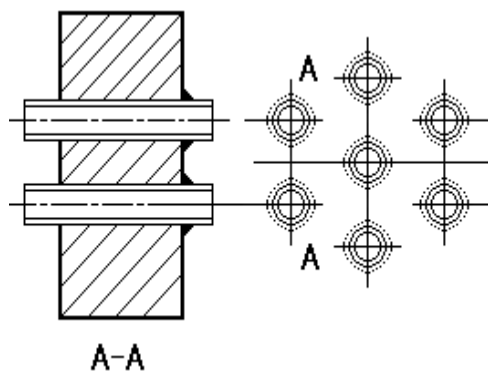


图 1 管子—管板示意图

(六) 焊接技术参数

对于焊工，对焊接技术参数的要求同焊接工艺评定；对于焊接操作工，机械化焊机商标和型号的改变需要重新评定。

(七) 每个焊工、焊接操作工要焊接的管子数量为 6 根。

(八) 对每一根管子，在通过最后焊道搭接区的径向截面上作两个宏观检验。

(九) 进行局部补焊的焊工必须通过试件的模拟补焊进行考试，即补焊一条稍微扩展到焊缝根部以下的沟槽。微观金相检验的截面必须通过补焊区。

例 3 特殊的密封焊缝（顶盖、 Ω 接头等）

对特殊的密封焊缝（顶盖、 Ω 接头等）的焊工、焊接操作工考试范围、试件的制备与检验等应与焊接工艺评定中所规定的条件相同，且要满足下列要求：

- (一) 必须对内外表面作外观检验，以验证焊缝是否焊透；
- (二) 应对每个焊工或焊接操作工分别进行考试。

例 4 管子的承插焊

管子承插焊焊工、焊接操作工的考核范围、试件的制备与检验等应与焊接工艺评定所规定的条件相同，且要满足下列要求：

- (一) 应进行宏观金相检验；
- (二) 应对每个焊工或焊接操作工分别进行考试；
- (三) 考试结果对等于或大于评定试件的直径和厚度有效；
- (四) 对于钨极氩弧焊方法，其考试结果对小于评定的焊丝直径有效；
- (五) 母材和焊接材料的评定范围应符合本规定附件 1 的规定。

例 5 摩擦焊

摩擦焊焊接操作工的考核范围、试件的制备与检验等应与摩擦焊的工艺评定相同，且要满足下列要求：

- (一) 应对每个焊接操作工分别进行考试；
- (二) 必须检查焊接操作工完成下述工作的能力：
 - (1) 校正焊机；
 - (2) 焊前检查焊件的状态；
 - (3) 焊机装料；
 - (4) 核查记录图表；
 - (5) 检查试件尺寸。

例 6 耐磨堆焊

(一) 母材应符合本规定附件 1 中 1.2 的规定，但如果产品是铸钢，只要有可能，应选择产品用钢进行考试。

(二) 考试用的试板形状及尺寸必须代表产品零件，同时要考虑到几何形状、刚性、可达性和热循环等因素。

(三) 焊接方法应符合本规定附件 1 中 1.1 的规定。

(四) 填充材料应符合本规定附件 1 中 1.7 的规定。

(五) 单层和多层的耐磨堆焊应分别进行考试。根据堆焊的层数 (n)，考试的有效范围 (N) 如下：

$$n=1 \quad N=1$$

$$n=2 \quad 2 \leq N \leq 4$$

$$n>2 \quad n \leq N < n+4$$

(六) 焊接位置应与工艺评定的焊接位置相同。

(七) 采用通过焊接工艺评定确定的焊接技术和参数范围进行考试，超出规定的范围应重新考试。

(八) 无损检验应按照确定的堆焊（最高等级）制造条件进行液体渗透检验和超声波检验。

(九) 破坏性试验应进行金相检验和最终状态表面硬度测定。金相试样应在与焊道垂直的方向上切取，并用 5 倍放大镜进行肉眼检验。

(十) 合格标准：

(1) 堆焊层外形尺寸应符合表 1 的规定；

(2) 堆焊层表面不得有裂纹、未熔合、夹渣、气孔和焊瘤；

表 1

单位：mm

堆焊层高	高低差	内径差 $\varphi_{\max}-\varphi_{\min}$	外径差 $\varphi_{\max}-\varphi_{\min}$
≥ 4	≤ 2	≤ 4	≤ 4

(3) 金相检验：要求基体和热影响区不得有裂纹、未熔合或其它线性缺陷；

(4) 表面硬度测定：在加工到最小尺寸的耐磨堆焊层表面上，至少必须测定 10 个 HRC 硬度值，确定这 10 个测点硬度值的平均值和这 10 个测点值中最大值和最小值之间的偏差，要求其平均值和偏差符合相应标准的规定。