

中美锅炉压力容器焊工考试规则对比

全国锅炉压力容器标准化技术委员会 戈兆文
合 肥 通 用 机 械 研 究 院

中美锅炉压力容器焊工考试规则对比

全国锅炉压力容器标准化技术委员会

戈兆文

合肥通用机械研究院

一、《特种设备焊接操作人员考核细则》简况

特种设备焊接操作人员考核细则（以下简称“焊考规”）是由国家质量监督检验检疫总局即将在年底前颁布的特种设备安全技术规范。2008年1月，中国特种设备检测研究院组织起草，2009年10月提交国家质量监督检验检疫总局特种设备安全技术委员会审议，最终由国家质量监督检验检疫总局批准。

“焊考规”是在2002年版《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》（以下简称“原考规”）基础上修订的。“焊考规”具有下列特点：

1.1 “焊考规”编写结构有重大调整，现改为：

第一章 总则

第二章 考试机构

第三章 考试程序与要求

第四章 附则

附件 A 特种设备金属材料焊工考试范围、内容、方法和结果评定

附件 B 特种设备非金属材料焊工考试范围、内容、方法和结果评定

附件 C 特种设备焊接操作人员考试申请表

附件 D 特种设备焊工考试基本情况表

附件 E 特种设备金属材料焊工焊接操作技能考试检验记录表

附件 F 特种设备非金属材料焊工焊接操作技能考试检验记录表

附件 G 特种设备焊接操作人员记录表

附件 H 特种设备焊工焊绩记录表

1.2 焊工考试范围扩大

特种设备行业分为：承压类设备：锅炉、压力容器（含气瓶）、压力管道。

机电类设备：电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施、场（厂）内专用机动车辆。

焊接承压类设备称为承压焊，焊接机电类设备称为结构焊。

“焊考规”适用于承压类设备和机电类设备。

1.3 焊接母材增加：从钢材扩大到铝材、钛材、铜材和镍材

1.4 焊接方法增加：增加了非金属材料聚乙烯管道的焊接。金属材料熔化焊接方法中增加了等离子弧焊和气电立焊。

1.5 增加了角焊缝试件形式

1.6 撤消了“焊工考试监督管理委员会”。将“焊工考试委员会”更名为“考试机构”。

1.7 提高了考试机构条件

(1) 领导层中增加了焊接技术负责人，要求主任（或副主任）都具备工程师职称，为本单位正式人员。

(2) 焊接操作技能教师要具备焊工考试合格项目，并经质检总局或省质监部门考核。

考试机构的焊接操作技能教师所持有的项目，即为该考试机构承担焊工考试的项目范围。

(3) 焊工考试机构要有三种焊接方法和 10 个考试工位，所有设备、设施不能租赁或者借用。

(4) 焊工考试机构要有焊接工艺评定能力。

1.8 申请考试与复审地点不限

“原考规”规定“焊工申请考试可以向本地的或具备跨省考试资格的考试委员会……”，“焊考规”则规定“报名参加考试的焊工，应当向考试机构申请”，也即可以向任一个省级质监部门或国家质检总局公布的特种设备作业人员考试机构报名，不再限“本地”了。

到期复审时，“原考规”规定为“应向所属焊工考试委员会提出申请”，而“焊考规”变更为“焊工个人或委托考试机构向发证机关提出复审申请”，“跨地区作业的焊工，可以向作业所在地的发证机关申请复审”。

1.9 焊工合格证的有效期限

“原考规”规定焊工合格证（合格项目）有效期为 3 年；“焊考规”规定每四年复审一次。

1.10 复审内容

“原考规”规定：首次取得的合格项目，在第一次有效期满后，应全部重新考试，第二次及以后的有效期满后，对已建立焊工焊接档案，且内容齐全、真实的，可由负责管理焊工档案的考试委员会，根据焊工焊绩等情况向发证的安全监察机构提出免试申请。

“焊考规”规定：“第一次复审时，首次取得的合格项目，应当重新进行考试，在第二次以后（含第二次）复审时，在合格项目内抽考”。

二、我国特种设备焊接操作人员考核细则的背景

特种设备安全法规有 2003 年 6 月 1 号施行的《特种设备安全监察条例》（中华人民共和国国务院第 373 号令）

国家质检总局令第 70 号公布的《特种设备作业人员监督管理办法》2005 年 1 月 10 日公布，2005 年 7 月 1 号施行。

国家质检总局 2005 年 9 月 16 日颁布《特种设备作业人员考核细则》（TSG Z6001-2005）。

所以说，特种设备焊接操作人员考核是政府行为是具有强制性特点。

三、“焊考则”与 ASMEIX 比较：

3.1 术语

3.1.1 “焊考规”术语

焊工：从事焊接操作的人员。焊工分为手工焊焊工、机动焊焊工和自动焊焊工。机动焊焊工和自动焊焊工合称焊机操作工。

3.1.2 “ASMEIX”术语

焊工：进行手工焊或半自动焊操作的工人，而操作机动焊或自动焊设备的人则称为焊机操作工。

可见，“焊考规”中的焊工含义与“ASMEIX”中不同。

3.2 焊工考试的性质

“焊考规”是遵照政府部门的法令，要求特种设备焊接操作人员进行考核，这是强制性的政府行为，由政府发证机关颁发《特种设备作业人员证》。

而“ASMEIX”中讲得很清楚，要求制造商或承包商按 ASME 制造焊接构件时，负责对焊工和焊机操作工进行技能评定，并由制造商或承包商对技能

评定记录、签证和保存，并经授权检验师认可。

当焊工或焊机操作工接受新业主聘用时，只要满足下列条件时，可以不需要重新进行技能评定，而继续使用原 WPQ。

- a 新业主对 WPQ 负责；
- b 原施焊试件用 WPS 改用新业主名称；
- c 在质量保证手册中应如实反映这些 WPS 的来源。

由焊工考试性质决定了美国锅炉、压力容器和压力管道焊工或焊机操作工技能评定特点：

- a 没有考试机构，只需要业主负责；
- b 也没有发证机关，只需要授权检验师认可；
- c 也没有焊工合格证的有效期以及复审事宜。

3.3 使用范围

3.3.1 焊接方法

“焊考规”与“ASME IX”比较如表 1。

表 1 焊接方法对比

焊接方法	“焊考规”	“ASME IX”
气焊	√	√
焊条电弧焊	√	√
钨极气体保护焊	√	√
熔化极气体保护焊	√	√
埋弧焊	√	√
电渣焊	√	√
等离子弧焊	√	√
气电立焊	√	√
摩擦焊	√	√
螺柱电弧焊	√	√
热熔对接焊（PE 管）	√	
电熔对接焊（PE 管）	√	
电子束焊		√
激光焊		√
电阻焊		√
内光焊		√
堆焊	√	√

3.3.2 金属材料

“焊考规”与“ASME IX”都包括钢质、铝质、钛质、铜质、镍质及它们的复

合材料，“ASMEIX”中还包括了锆材。

3.3.3 焊缝形式

“焊考规”与“ASMEIX”都对角焊缝、对接焊缝和堆焊规定了焊工考试方法。

“焊考规”还规定了管板角接头试件，这是“ASMEIX”中所没有的，这是根据国内承压设备行业中，管—板（管）接头中焊接质量事故的教训总结得出的，管板角接头试件实际上是考核焊工焊接角接头的本事。

3.4 焊接操作技能要素

影响焊工焊接操作技能的要素与焊接方法、焊接方法的机动化程度密切相关，由于“焊考规”参照采用了“ASMEIX”，所以它们的焊接操作技能要素类别相同，但在编制考试细则时从我国国家实际情况出发，而有不同规定。

《ISO 9606-1 焊工考试—熔化焊—第一部分：钢》中，焊工考试也有影响焊工焊接操作技能的要素，为与“焊考规”相比，列于表 2。

3.4.1 焊接方法

“焊考规”中螺柱焊指的螺柱电弧焊，“ASMEIX”中螺柱焊的焊接方法可采用弧焊、电阻焊、摩擦焊或其他适当的方法，在焊接工艺评定标准中是指电弧焊。

3.4.2 焊接方法的机动化程度

“焊考规”与“ASMEIX”相同

表 2 影响焊工焊接操作技能要素

序号	“焊考规”	ISO 9606-1: 2002
1	焊接方法	焊接方法
2	焊接方法的机动化程度	（只适用手工焊）
3	金属材料类别	材料类组（按 ISO 15608）
4	填充材料类别	焊接材料（焊条药皮类别 焊丝类别）
5	试件位置	焊接位置
6	衬垫	焊缝细节（衬垫）
7	焊缝金属厚度	尺寸（材料厚度）
8	管材外径	产品类型（板和管子）、尺寸和管子外径
9	焊接工艺因素（焊接种类、背面保护、极性、电弧种类、稳压系统、自动跟踪等 20 个因素）	焊缝细节（单面焊、双面焊、单层、多层、左焊法、右焊法）

从表 2 可见，“焊考规”与 ISO 9606-1 一样，都有九类焊接操作技能要素。

3.4.3 金属材料类别

3.4.3.1 “ASMEIX”根据焊接工艺评定规则，将金属进行分类、分组，在焊工考试时规定的替代（复盖）关系与焊接工艺评定时不同，见表3。

表3 “ASMEIX”试件母材与产品母材

试件用母材	适用于产品母材范围
钢材 1 类至 11 类，铜镍合金、镍 1 类至 9 类	钢材 1 类至 11 类、铜镍合金、镍材 1 类至 9 类
铝材 21 类至 25 类	铝材 21 类至 25 类
钛材 51 类至 53 类、锆材 61 类至 62 类	钛材 51 类至 53 类、锆材 61 类至 62 类

从表3可以看出“ASMEIX”焊工焊接操作技能考试时，在钢质母材（或铜镍合金或镍质母材）中任选一种金属材料，经考试合格后，当产品母材变更为任一钢质、铜镍合金质或镍质时，不需要重新进行考试。简单讲，除铜材外，焊工焊接操作技能考试在各自范围内与母材品种没有关系。

铝质母材、钛与锆质母材焊工焊接操作技能考试规定同钢材。

3.4.3.2 “焊考规”则将金属材料分为若干类，详见表4。

表4 “焊考规”中金属材料类别与示例

种类	类别	代号	型号、牌号、级别				
钢	低碳钢	Fe I	Q195	10	HP245	L175	S205
			Q215	15	HP265	L210	
			Q235	20		WCA	
			Q245R	25			
			Q275	20G			
	低合金钢	Fe II	HP295	L245	Q345R	15MoG	09MnD
			HP325	L290	16Mn	20MoG	09MnNiD
			HP345	L320	Q370R	12CrMo	09MnNiDR
			HP365	L360	15MnV	12CrMoG	16MnD
			Q295	L415	20MnMo	15CrMo	16MnDR
			Q345	L450	10MoWVNb	15CrMoR	16MnDG
			Q390	L485	13MnNiMoR	15CrMoG	15MnNiDR
			Q420	L555	20MnMoNb	14Cr1Mo	15MnNiNbDR
				S240	07MnMoVR	14Cr1MoR	20MnMoD
				S290	12MnNiVR	12Cr1MoV	
				S315	20MnG	12Cr1MoVG	07MnNiVDR
				S360	10MnDG	12Cr2Mo	08MnNiMoVD
				S385			10Ni3MoVD
				S415		12Cr2Mo1	06Ni3MoDG
				S450		12Cr2Mo1R	ZG230-450
				S480		12Cr2MoG	ZG20CrMo
						12CrMoWVTiB	ZG15Cr1Mo1V
						12Cr3MoVSiTiB	ZG12Cr2Mo1G
	Cr≥5%铬钼钢、铁素体钢、马氏体钢	FeIII	1Cr5Mo	06Cr13	12Cr13	10Cr17	1Cr9Mo1
			10Cr9MoVNb	00Cr27Mo	06Cr13A1	ZG16Cr5MoG	

种类	类别	代号	型号、牌号、级别						
	奥氏体钢、 奥氏体与铁 素体双相钢	FeIV	06Cr19Ni10 06Cr19Ni11Ti 022Cr19Ni10 CF3 CF8	06Cr17Ni12Mo2 06Cr17Ni12Mo2Ti 06Cr19Ni13Mo3 022Cr17Ni12Mo2 022Cr19Ni13Mo3 022Cr19Ni5Mo3Si2N	06Cr23Ni13 06Cr25Ni20 12Cr18Ni9				
铜 与 铜 合 金	纯铜	Cu I	T2	TU1	TU2	TP1	TP2		
	铜锌合金、 铜锌锡合金	Cu II	H62	HA177-2	HSn70-1	H62-1			
	铜硅合金	CuIII	QSi3-1						
	铜镍合金	CuIV	B19	BFe10-1-1	BFe30-1-1				
	铜铝合金	CuV	QA1 5	QA1 9-4	ZCuAL10Fe3				
镍 与 镍 合 金	纯镍	Ni I	N5	N6	N7				
	镍铜合金	Ni II	NCu30						
	镍铬铁合 金、镍铬钼 合金	NiIII	NS312	NS315	NS334	NS335	NS336		
	镍钼铁合金	NiIV	NS321	NS322					
	镍铁铬合金	NiV	NS111	NS112	NS142	NS143			
铝 与 铝 合 金	纯铝、铝锰 合金	Al I	1A85	1060	1050A	1200	3003		
	铝镁合金 (Mg≤4%)	Al II	3004	5052	5A03	5454			
	铝镁硅合金	AlIII	6061	6063	6A02				
	铝镁合金 (Mg>4%)	AlV	5A05	5083	5086				
钛 与 钛 合 金	低强纯钛、 钛钪合金	Ti I	TA0	TA1	TA9	TA1-A	ZTi1		
	高强纯钛、 钛钪镍合金	Ti II	TA2	TA3	TA10	ZTi2			

“焊考规”中规定

(1) 钢

焊工采用某类别任一钢号，经过焊接操作技能考试合格后，当发生下列情况时，不需重新进行焊接操作技能考试：

- ①手工焊焊工焊接该类别其他钢号；
- ②手工焊焊工焊接该类别钢号与类别号较低钢号所组成的异种钢号焊接接头；
- ③除 FeIV 类外，手工焊焊工焊接较低类别钢号；
- ④焊机操作工焊接各类别中的钢号。

(2) 铜与铜合金

焊工采用铜与铜合金中某类别任一牌号材料，经焊接操作技能考试合格

后，手工焊焊工焊接该类别其他牌号材料时，不需重新进行焊接操作技能考试；焊机操作工焊接各类别中的其他牌号材料时，不需重新进行焊接操作技能考试。

(3) 镍与镍合金

焊工采用镍与镍合金中某类别任一牌号材料，经焊接操作技能考试合格后，焊接各类别中的其他牌号材料时，不需重新进行焊接操作技能考试。

焊工进行焊接操作技能考试时，试件母材可以用奥氏体不锈钢代替。

(4) 铝与铝合金、钛与钛合金

焊工采用铝与铝合金（钛与钛合金）中某类别任一牌号材料，经焊接操作技能考试合格后，焊接各别铝及铝合金（钛及钛合金）中的其他牌号材料时，不需重新进行焊接操作技能考试。

对钢材分类的原始想法是从焊接工艺难易程度出发的。Fe I 类为低碳钢，焊前不要预热，焊后不要后热，线能量控制范围较大；Fe II 类则要求预热了，要求控制线能量上限。

Fe III 类不但要预热，后热，还要求将线能量控制在一个范围内，要求焊工有更高的素质。奥氏体不锈钢与奥氏体—铁素体双相不锈钢的焊接材料在施焊熔滴过度与碳钢、低合金钢不同，熔滴呈粘胶状，手工焊焊工操作不易，故又立一类。

3.4.4 填充材料

“ASME IX”中，焊工用填充材料经焊工焊接操作技能评定合格后，适用于焊件填充材料的范围见表 5。

表 5 试件用填充材料适用范围

评定使用	适用范围
任一 F-No.6（钢质焊材）	全部 F-No.6[注（1）]
任一 F-No.21 至 F-No.25（铝质焊材）	全部 F-No.21 至 F-No.25
任一 F-No.31, F-No.32, F-No.33, F-No.35, F-No.36 或 F-No.37（铜质）	仅限使用与评定时相同的 F-No.
F-No.34 或任一 F-No.41 至 F-No.45（镍质及镍铜合金）	F-No.34 和全部 F-No.41 至 F-No.45
任一 F-No.51 至 F-No.55（钛质焊材）	全部 F-No.51 至 F-No.55
任一 F-No.61（锆质焊材）	全部 F-No.61
任一 F-No.71 至 F-No.72（堆焊焊材）	仅限使用与评定相同的 F-No.
注（1）：使用 SFA 标准所不包括的，但其熔敷焊缝金属化学成分符合 QW-442 所列的裸焊条（焊丝），应认为其分类为 F-No.6。	

从表 5 可见，对于钢质、铝质、镍质、钛质、锆质填充材料表来说，任一种填充材料焊接试件，经焊接操作技能考试合格后，适用于该材质中所有的类别填充材料；对于铜质填充材料来说，任一种填充材料焊接试件经焊接操作技能考试合格后，只适用于该类别的所有填充材料。

以钢质填充材料为例，从表面上看将钢质填充材料，不分焊条、实芯焊丝、药芯焊丝，也不分气焊、埋弧焊、气体保护焊、电渣焊、气电焊用焊丝、可熔化嵌条，也不分碳钢、低合金钢和不锈钢全都归为钢材填充材料类，实际上填充材料与焊接方法、焊接方法的机动化程度以及母材类别有十分密切关系，进行焊接操作技能评定时肯定要划分清楚。

“焊考规”对填充金属材料类别划分见表 6。从表 6 可见，以钢质填充金属材料为例，是按焊条、焊丝（实芯与药芯）以及焊条药皮类别（钛钙型、纤维素型、钛型、低氢型和碱型）来划分的，试件用填充金属材料经焊工考试合格后，适用于焊体产品填充金属材料范围也见表 6。从中可见“焊考规”中焊工操作技能与药皮类型有关，这一点与“ASMEIX”有很大区别。“ASMEIX”中的焊条药皮虽然分为纤维素型、钛型、铁粉钛型、氧化铁型、低氢型、铁粉低氢型等，但“ASMEIX”认为焊工焊接操作技能与焊条药皮类型、钢质焊缝金属的合金含量都没有关系。

表 6 填充金属类别、示例与适用范围

填充金属		试件用填充金属类别代号	相应型号、牌号	适用于焊件填充金属类别范围	相应标准
种类	类别				
钢	碳钢焊条、低合金钢焊条、马氏体钢焊条、铁素体钢焊条	Fef1（钛钙型）	EXX3	Fef1	JB/T 4747.2[GB/T 5117、GB/T 5118、GB/T 983（奥氏体、奥氏体与铁素体双相钢焊条除外）]
		Fef2（纤维素型）	EXX10 EXX11 EXX10-X EXX11-X	Fef1 Fef2	
		Fef3（钛型、钛钙型）	EXXX（X）-16 EXXX（X）-17	Fef1 Fef3	
		Fef3J（低氢型、碱性）	EXX15 EXX16 EXX18 EXX48 EXX15-X EXX16-X EXX18-X EXX48-X EXXX（X）-15 EXXX（X）-16 EXXX（X）-17	Fef1 Fef3 Fef3J	
	奥氏体钢焊条、奥氏体与铁素体双相钢焊条	Fef4（钛型、钛钙型）	EXXX（X）-16 EXXX（X）-17	Fef4	JB/T 4747.2[GB/T 983（奥氏体、奥氏体与铁素体双相钢焊条）]
		Fef4J（碱性）	EXXX（X）-15 EXXX（X）-16 EXXX（X）-17	Fef4 Fef4J	

填充金属		试件用填充金属类别代号	相应型号、牌号	适用于焊件填充金属类别范围	相应标准
种类	类别				
	全部钢焊丝	Fef4S	全部实芯焊丝和药芯焊丝	FefS	JB/T 4747.3
铜与铜合金 铜与铜合金	纯铜焊条	Cuf1	ECu	Cuf1	GB/T 3670
	铜硅合金焊条	Cuf2	ECuSi-A ECuSi-B	Cuf2	GB/T 3670
	铜锡合金焊条	Cuf3	ECuSn-A ECuSn-B	Cuf3	GB/T 3670
	铜镍合金焊条	Cuf4	ECuNi-A ECuNi-B	Cuf4 NifX	GB/T 3670 GB/T 13814
	铜铝合金焊条	Cuf6	ECuAl-A2 ECuAl-B ECuAl-C	Cuf6	GB/T 3670
	铜镍铝合金焊条	Cuf7	ECuAlNi ECuMnAlNi	Cuf7	GB/T 3670
	纯铜焊丝	CufS1	HSCu	CufS1	GB/T 9460
	铜硅合金焊丝	CufS2	HSCuSi	CufS2	GB/T 9460
	铜锡合金焊丝	CufS3	HSCuSn	CufS3	GB/T 9460
	铜镍合金焊丝	CufS4	HSCuNi	CufS4 CufSX	GB/T 9460 GB/T 15620
	铜铝合金焊丝	CufS6	HSCuAl	CufS6	GB/T 9460
	铜镍铝合金焊丝	CufS7	HSCuAlNi	CufS7	GB/T 9460
镍与镍合金	纯镍焊条	Nif1	ENi-1	Nif1 Nif2 Nif3 Nif4 Nif5 Cuf4	GB/T 13814
	镍铜合金焊条	Nif2	ENiCu-7		
	镍基类镍铬铁合金焊条、镍铬钼合金焊条	Nif3	ENiCrFe-1 ENiCrFe-2 ENiCrFe-3 ENiCrFe-4 ENiCrMo-2 ENiCrMo-3 ENiCrMo-4 ENiCrMo-5 ENiCrMo-6 ENiCrMo-7		
	镍钼合金焊条	Nif4	ENiMo-1 ENiMo-3 ENiMo-7		
	铁镍基镍铬钼合金焊条	Nif5	ENiCrMo-1 ENiCrMo-9		
	纯镍焊丝	NifS1	ERNi-1		
	镍铜合金焊丝	NifS2	ERNiCu-7	NifS1 NifS2 NifS3 NifS4 NifS5 CufS4	GB/T 1562
	镍基类镍铬铁合金焊丝、镍铬钼合金焊丝	NifS3	ERNiCr-3 ERNiCrFe-5 ERNiCrFe-6 ERNiCrMo-2 ERNiCrMo-3 ERNiCrMo-4 ERNiCrMo-7		
	镍钼合金焊丝	NifS4	ERNiMo-1 ERNiMo-2 ERNiMo-3 ERNiMo-7		

填充金属		试件用填充金属类别代号	相应型号、牌号	适用于焊件填充金属类别范围	相应标准
种类	类别				
	镍基类 镍铬铁合金焊丝、 镍铬钼合金焊丝	NiFS5	ERNiCrMo-1 ERNiCrMo-8 ERNiCrMo-9 ERNiFeCr-1		
铝与铝合金	纯铝焊丝	A1fS1	ER1100、ER1188	A1fS1 A1fS2 A1fS3	JB/T 4747.6
	铝镁合金焊丝	A1fS2	ER5183 、 ER5356 、 ER5554 ER5556、ER5654		
	铝硅合金焊丝	A1fS3	ER4145、ER4047 ER4043		
钛与钛合金	纯钛焊丝	TifS1	ERTi-1、ERTi-2 ERTi-3、ERTi-4	TifS1 TifS2 TifS4	JB/T 4747.7
	钛钒合金焊丝	TifS2	ERTi7		
	钛钼镍合金焊丝	TifS4	ERTi-12		

3.4.5 试件位置

“ASMEIX”中试件分为对接焊缝试件（分板状与管状）和角焊缝试件（分为板状与管状），焊工考试用焊缝位置，适用于产品焊件的焊缝位置范围见表 7。

“焊考规”认为焊工考试是在试件上考试。试件的位置基本上决定了焊缝位置。焊工考试用试件位置，适用产品焊件及焊缝的位置范围见表 8。

表 8 基本参照采用了表 7 的规定，但有两类需要说明：

（1）“焊考规”中规定了管板角接头试件。故在表 8 中必然要写出适用于焊件管板角接头位置。

（2）与“ASMEIX”不同的是，表 8 中并没有对特殊位置（SP）作出规定，这是因为，在 ASMEIX QW-461.1 和 QW-461.2 的焊缝位置中已对角焊缝和对接焊缝位置范围作出规定，可以对空间任意曲线状焊缝的位置作出十分明确划分，不存在“特殊位置焊缝”。SR 翻译成“指定位置”或“特定位置”更加合理。比如某焊工专门焊接三通管件单一型号产品，他就可以用三通管件当作考试试件，考试合格后他只能取得三通管件的焊缝位置和平焊位置资格。

表 7 ASMEIX规定技能评定——位置和直径范围

评定试验		取得资格的位置和焊缝类型[注 (1)]		
		坡口焊缝		角焊缝
焊缝	位置	板和外径大于 24in. (610mm) 的 管子	外径小于 24in. (610mm) 的管子	板和管
板-坡口焊缝	1G	F	F[注 (2)]	F
	2G	F, H	F, H[注 (2)]	F, H
	3G	F, V	F[注 (2)]	F, H, V
	4G	F, O	F[注 (2)]	F, H, O
	3G 和 4G 2G, 3G, 4G 特殊位置 (SP)	F, V, O 全部 SP, F	F[注 (2)] F, H[注 (2)] SP, F	全部 全部 SP, F
板-角焊缝	1F	...	...	F[注 (2)]
	2F	...	...	F, H[注 (2)]
	3F	...	...	F, H, V[注 (2)]
	4F	...	...	F, H, O[注 (2)]
	3F 和 4F 特殊位置 (SP)	...	...	全部[注 (2)] SP, F[注 (2)]
管-坡口焊缝 [注 (3)]	1G	F	F	F
	2G	F, H	F, H	F, H
	5G	F, V, O	F, V, O	全部
	6G	全部	全部	全部
	2G 和 5G 特殊位置 (SP)	全部 SP, F	全部 SP, F	全部 SP, F
管-角焊缝 [注 (3)]	1F	...	...	F
	2F	...	...	F, H
	2FR	...	...	F, H
	4F	...	...	F, H, O
	5F 特殊位置 (SP)	...	...	全部 SP, F

注：(1) 焊接位置见 QW-461.1 和 QW-461.2。
 F=平焊，H=横焊，V=立焊，O=仰焊。
 (2) 管子外径大于或等于 $2\frac{7}{8}$ in. (73mm)。
 (3) 见 QW-452.3、QW-452.4、QW-452.6 规定的直径限制。

表 8 “焊考规”规定试件适用焊件焊缝和焊件位置

试件		适用焊件范围			
		对接焊缝位置		角焊缝位置	管板角接头焊件位置
类别	代号	板材和外径大于 600mm 的管材	外径小于或等于 600mm 的管材		
板材对接焊缝 试件	1G	平	平 (注 A-2)	平	——
	2G	平、横	平、横 (注 A-2)	平、横	——
	3G	平、立 (注 A-1)	平 (注 A-2)	平、横、立	——
	4G	平、仰	平 (注 A-2)	平、横、仰	——

试件		适用焊件范围			
		对接焊缝位置		角焊缝位置	管板角接头焊件位置
类别	代号	板材和外径大于600mm的管材	外径小于或等于600mm的管材		
管材对接焊缝试件	1G	平	平	平	—
	2G	平、横	平、横	平、横	—
	5G	平、立、仰	平、立、仰	平、立、仰	—
	5GX	平、立向下、仰	平、立向下、仰	平、立向下、仰	—
	6G	平、横、立、仰	平、横、立、仰	平、横、立、仰	—
	6GX	平、立向下、横、仰	平、立向下、横、仰	平、立向下、横、仰	—
管板角接头试件	2FG	—	—	平、横	2FG
	2FRG	—	—	平、横	2FRG , 2FG
	4FG	—	—	平、横、仰	4FG , 2FG
	5FG	—	—	平、横、立、仰	5FG , 2FRG , 2FG
	6FG	—	—	平、横、立、仰	所有位置
板材角焊缝试件	1F	—	—	平(注 A-3)	—
	2F	—	—	平、横(注 A-3)	—
	3F	—	—	平、横、立(注 A-3)	—
	4F	—	—	平、横、仰(注 A-3)	—
管材角焊缝试件	1F	—	—	平	—
	2F	—	—	平、横	—
	2FR	—	—	平、横	—
	4F	—	—	平、横、仰	—
	5F	—	—	平、立、横、仰	—

注 A-1: 表中“立”表示向上立焊; 向下立焊表示为“立向下”焊。
注 A-2: 板材对接焊缝试件考试合格后, 适用于管材对接焊缝焊件时, 管外径应大于或等于 76mm。
注 A-3: 板材角焊缝试件考试合格后, 适用于管材角焊缝焊件时, 管外径应大于或等于 76mm。

3.4.6 衬垫

衬垫: 包括垫板与焊接软垫。从焊工考试来讲, 有无衬垫指下列几种情况:

- (1) 试件背面加衬垫焊接;
- (2) 双面焊, 背面清根后施焊也作为双面焊;
- (3) 角焊缝施焊也当作有衬垫;
- (4) 对接焊缝不要求全焊透的焊件, 因为对背面没有要求, 也作为有衬垫。

“焊考规”与“ASME IX”在焊工考试衬垫规定条款内容相同。电弧焊中认为

不带衬垫施焊操作技能要求高。而在气焊时带衬垫施焊操作技能要求要高于不带衬垫施焊。

值得注意的是在焊工考试用试件上无论是对接焊缝还是角焊缝都要求焊透。

3.4.7 焊缝金属厚度

焊工焊接操作技能考试就是要求焊工施焊出合格的焊缝，试件上焊缝金属的厚度表明了焊工在具体焊接条件下，掌握焙敷焊缝金属的本事。如果在试件上，反复三次都能熔敷合格的焊缝金属来，说明焊工已经掌握了焊接要领，具备上产品施焊条件。

“焊考规”与“ASMEIX”在手工焊对接焊缝试件适用于对接焊缝焊件焊缝金属厚度范围规定相同，详见表 9、表 10。

表 9 手工焊对接焊缝试件适用于对接焊缝焊件焊缝金属厚度范围 mm

焊缝形式	试件母材厚度 T	适用于焊件焊缝金属厚度	
		最小值	最大值
对接焊缝	<12	不限	$2t$
	≥ 12	不限	不限

对于管板角接头试件焊缝金属厚度指在板上 S_0 圆形坡口内的焊缝金属厚度。

表 10 手工焊管板角接头试件适用于管板角接头焊件尺寸范围 mm

管板角接头试件管外径 D	适用于管板角接头焊件范围				
	管外径		管壁厚度	焊件焊缝金属厚度	
	最小值	最大值		最小值	最大值
<25	D	不限	不限	不限	当 $S_0 < 12$ 时， $2t$ ；当 $S_0 \geq 12$ 时，不限
$25 \leq D < 76$	25	不限	不限		
≥ 76	76	不限	不限		

3.4.8 管材外径

管材对接焊缝试件外径直接影响手工焊焊工焊接操作技能的原因是，手操纵焊钳（焊矩、焊枪）沿着管材圆周移动，随着前进方向不断改变则需不断变换手势以改变电弧相对熔池位置。随着管材外径的减小，曲率越大，操纵焊钳（焊矩、焊枪）手势的变化也越大，为不出现或少出现焊接缺陷，对焊工操作技能要求也就越高。因此，当其他条件相同时，掌握了较小外径管材试件焊接操作技能时，焊接较大直径焊件就容易得多。手工焊焊工在管材

对接焊缝试件上考试合格后，适应于焊件管材外径如表 10、表 11 所示，当管外径 $D < 25\text{mm}$ 时，则适应于焊件管材外径最小值为试件管外径 D ，最大值不限。

表 11 手工焊管材对接焊缝试件适用于对接焊缝焊件外径范围 mm

管材试件外径 D	适用于管材焊件外径范围	
	最小值	最大值
< 25	D	不限
$25 \leq D < 76$	25	不限
≥ 76	76	不限
≥ 300 (注 A-4)	76	不限

注 A-4: 管材向下焊试件。

“焊考规”与“ASMEIX”对试件管材外径适用于产品焊件外径范围规定相同。“焊考规”中对管板角接头试件上管外径规定见表 10，与表 11 也相同。

3.4.9 焊接工艺因素

焊接工艺因素实际上是影响焊工焊接操作技能的工艺因素和条件。“焊考规”参照“ASMEIX”规定，编制的焊接工艺因素见表 12。

表 12 焊接工艺因素及代号

机动化程度	焊接工艺因素		焊接工艺因素代号
手工焊	钨极气体保护焊、等离子弧焊用填充金属丝	无	01
		实芯	02
		药芯	03
	钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊和等离子弧焊时，背面保护气体	有	10
		无	11
	钨极气体保护焊电流类别与极性	直流正接	12
		直流反接	13
		交流	14
	熔化极气体保护焊	喷射弧、熔滴弧、脉冲弧	15
		短路弧	16
机动焊	钨极气体保护焊自动稳压系统	有	04
		无	05
	钨极气体保护焊	目视观察、控制	19
		遥控	20
	各种焊接方法自动跟踪系统	有	06
		无	07
	各种焊接方法每面坡口内焊道	单道	08
多道		09	
自动焊	摩擦焊	连续驱动摩擦	21
		惯性驱动摩擦	22

表 12 中焊接要素（代号）01，02，03，04，06 和 08 之一改变时，需重新进行焊接操作技能考试。要素改变的含意是：

01 改变含意：手工钨极气体保护焊增加或取消填充金属焊丝。

02 改变含意：手工钨极气体保护焊从实芯填充金属焊丝变为药芯填充金属焊丝，或取消填充金属焊丝。

03 改变含意：手工钨极气体保护焊从药芯填充金属焊丝变为实芯填充金属焊丝，或取消填充金属焊丝。

04 改变含意：自动钨极气体保护焊取消自动稳压系统。

06 改变含意：所有机械化焊接方法取消自动跟踪系统。

08 改变含意：所有机械化焊接方法在每面坡口内从单道焊变为多道焊。

3.5 试件检验

“焊考规”与“ASMEIX”对试件检验项目对比如下：

3.5.1 “焊考规”与“ASMEIX”首次考试时，对接焊缝试件检项目都规定有：外观检查、射线透照和力学性能试验（即弯曲试验）。但“ASMEIX”还规定在下列条件下，可以用射线透照替代外观检查和力学性能试验。

（1）对于焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊（短路过渡型除外）和等离子弧焊的手工焊焊工及焊机操作工。以及气电立焊的焊接操作工采用除铝质、钛质和锆质母材外的金属材料进行考试。

（2）钨极气体保护焊焊机操作工使用铝质、钛质和锆质母材进行考试。

3.5.1.1 “焊考规”与“ASMEIX”对首次考试的角焊缝试件检查项目不同。

“焊考规”规定检验项目为外观检查与金相检验（宏观）。

“ASMEIX”规定检验项目为金相检验（宏观）和断裂试验（分别见 QW-184 和 QW-182）。断裂试验是从角焊缝试件中取断裂试样在压力机作用下横向受载，使焊缝根部受拉，直到试样断裂或弯曲到自身贴合为止，观察断裂面有裂纹、根部未焊透及夹渣气孔缺陷。

“焊考规”用增加金相试验（宏观）数量办法检查裂纹、焊透及焊接缺陷。

3.5.2 复试和重新考试的检验要求

3.5.2.1 “焊考规”对复试试件数量规定没有改变，仍与首次考试相同。

“ASMEIX”对复试试件数量规定与“焊考规”不同：

（1）外观检查不合格时，可以立即复试。手工焊焊工或焊机操作工需要

连续焊接两件试件，这两件试件都应通过外观检查。

(2) 力学性能试验不合格时，可以立即复试。手工焊焊工或焊机操作工需要连续焊接两件试件，这两件试件都应通过力学性能试验要求。

(3) 射线检测不合格时，可以立即复试。试件数量取两件。若手工焊焊工与焊机操作工在产品焊缝上接受射线检测，则复试焊缝长度应增加 1 倍。

3.5.3 “焊考规”与“ASMEIX”对重新考试的规定不完全相同：

(1) “焊考规”规定，某种焊接方法停止焊接 6 个月以上，需要将该方法中所有合格项目全部重新考试。

(2) “ASMEIX”规定，某种焊接方法停止焊接 6 个月以上，只要在原项目中任抽一项目重新进行考试，合格后则原所有项目全部继续有效。

3.5.4 检验项目的合格指标

3.5.4.1 外观检查

(1) “焊考规”要求所有试件必须进行外观检查。外观检查内容约有 20 项。

(2) “ASMEIX”只对对接焊缝试件进行外观检查，角焊缝试件不要求外观检查。对外观检查只要求焊缝金属与母材全焊透和全熔合。

3.5.4.2 力学性能试验

在“焊考规”与“ASMEIX”中对弯曲试验规定都是相同的，而且弯曲试样尺寸，弯曲试验方法与合格指标都相同。焊工考试的弯曲试验与焊接工艺评定弯曲试验相同。

3.5.4.3 射线检测

“焊考规”规定按 JB/T 4730《承压设备无损检测》进行射线透照；“ASMEIX”则要求按 ASME V 卷第 II 章进行射线透照。

四、对焊工考试的几点看法

1 焊工考试的目的

焊工焊接操作技能考试与焊接工艺评定是保证焊接接头质量的两个重要方面。焊接工艺评定的目的是要求评定出合格的焊接工艺以保证焊接接头的使用性能符合要求；而焊工焊接操作技能考试的目的则是要求焊工按照评定合格的焊接工艺，施焊出没有超标缺陷的焊缝，在进行焊工焊接操作技能考

试时要求焊接工艺是正确的，不能因为焊接工艺错误而干扰对焊工技能的评定。我们要求焊工，在施焊操作中严格遵守焊接工艺。

焊工考试不是上岗考试，也不是竞赛大比武，不能要求焊工对焊接接头的使用性能负责，也不能要求焊工对焊接变形与应力负责。

2 焊工考试的性质

焊工考试的性质是资格考试不是能力考试；是入门考试而不是上岗考试。取得《特种设备作业人员证》的焊工，具备了焊接承压设备的资格，为了进入施焊现场，还要根据所焊对象及环境条件进行培训与练习。例如，取得埋弧焊资格的焊工，去用窄坡口埋弧机焊接大厚度焊件。我们不同意将焊工考试要求按照压力容器 I 类、II 类、III 类划分，也不同意按照初级、中级、高级划分承压设备焊工，就是这个道理。

3 基本知识培训目的

新华书店里有关承压设备焊工考试培训教材不同版本越来越多、越来越厚、越来越深，究竟哪一个版本最适用，使人眼花缭乱。焊工基本知识培训时间越来越长，费用也越来越高，惹企业反感。某省会城市培训焊工需脱产 1 个月，费用 3000~4000 元/人。

“ASME IX”没有规定焊工和焊机操作工要求基本知识培训与考试。ISO 9606-1 中也只是建议进行基本知识考核，并不做硬性规定。以焊条电弧焊为例，基本知识要求：

(1) 焊接设备：

- ①主要部件和设备标识和装配；
- ②焊接电流种类；
- ③连接回路的正确连接。

(2) 焊接工艺：

- ①焊条保管与烘干；
- ②焊条种类差别；
- ③焊接坡口制备符合工艺规程要求；
- ④了解焊接规程和焊接参数。

(3) 母材：

- ①材料标识；

- ②预热方式和控制;
- ③道间温度的控制。
- (4) 焊接材料:
 - ①焊条标识;
 - ②正确选择焊条规格;
 - ③焊条清洁。
- (5) 焊接缺陷:
 - ①缺陷的标识;
 - ②原因;
 - ③预防及纠正。

焊工基本知识培训是重要的，只要对焊工基本知识培训目的认识一致了，才能有正确做法。我认为焊工基本知识培训的目的在于看懂焊接工艺卡，并且能够正确实施，按照这样一个目标，编写教材、培训焊工、考核焊工。

4 焊工考试中 WPS（焊接工艺指导书）的作用

在“焊考规”中对考试机构条件中特别规定应“具有焊接工艺评定能力，有满足焊工考试要求的焊接作业指导书……”。“ASMEIX”中规定“按评定的 WPS 对焊工和焊机操作工进行操作技能评定，这份 WPS 用于焊接承压设备产品。

采用评定合格的焊接工艺规程，编制试件焊接工艺卡的作用是证明焊接工艺的正确性。如果焊接方法没有掌握，材料的焊接工艺也不正确理解与认识，就不能够进行焊接工艺评定，能够顺利进行焊接工艺评定是焊接方法、焊接工艺成熟的表现。

按照评定合格的焊接工艺规程，结合焊接技能教师实践编制焊工考试用焊接工艺卡，并由焊接技能教师亲自焊一块试件，证明这份焊接工艺卡是可行的，才能交给报名焊工去考试。在“焊考规”中规定“焊工应当按照考试机构提供的焊接作业指导书焊接考试试件”，不允许被考焊工采用自由工艺或自带工艺卡焊接试件具有深刻含意。

5 弯曲试验、外观检查与射线检测

在“焊考规”编制过程中有不少意见与建议，要求参照“ASMEIX”中相关条款“对试件检验时，进行弯曲试验和外观检查，或者进行射线检测”。最终在出版稿中仍然规定，焊工对接焊缝试件检验项目仍为：外观检查、射线检测和

弯曲试验。这是因为：

(1) “ASMEIX”对外观检查只要求焊透与熔合两个内容，“焊考规”对外观检查有 20 个内容，用射线检测可以代替“ASMEIX”中的外观检查却代替不了“焊考规”中的外观检查内容。

(2) 在 ASME B31.3 第 V 章中就规定业主使用标准焊接工艺规程时，得有一名焊工进行操作技能评定，不能用射线检测代替弯曲试验。所以说，在 ASME 规范内也有不允许采用射线检测代替弯曲试验的规定，说明弯曲试验有无可替代的作用。

(3) 焊接接头弯曲试验无可替代的作用是可以测焊接接头中材料的致密性（完好性、连续性），这正是检验焊工焊接操作技能的最好方式。

6 合格项目表达方式

不少承压设备行业人士，特别是管理部门反映最多的意见是合格项目代号太长，不便记忆、不便使用、不便管理，希望能够改进。甚至有人回想起 1988 年版《锅炉压力容器焊工考试规则》中合格项目代号，认为简单、好记。

影响焊工焊接操作技能的要素有九类。而在每一类中还有若干个焊接工艺因素，用来表示这些类别、因素的符号、数字约有 115 个。写出实际代表某一项目的代号，则需排列与组合，“ASMEIX”采用表格形式，见表 13。ISO 9606-1 则采取符号加数字形式，见表 14。我国在 2002 年就采用了符号加数字形式。焊工考试国家标准也采取了符号加数字形式，这种方法简单，复盖性强，方便，便于管理，较为科学。经过八年实践，焊接专业人士，都赞同了这种表达方法，到现在为止，也没有设计出更好的表示方法，也没有看有更好方法来表达合格项目。

表 13 焊工技能评定的推荐格式 A (WPQ)

(参见 ASME 锅炉及压力容器规范第 IX 卷, QW-301)

焊工姓名: _____ 识别号码: _____

试验说明

遵照的 WPS No: _____ 试件 产品焊缝
母材标准号: _____ 厚度: _____

试验条件和评定范围

焊接变素 (QW-350)	实际值	评定范围
焊接方法	_____	_____
自动化程度 (即: 手工、半自动)	_____	_____
衬垫 (金属、焊缝金属、双面焊等)	_____	_____
<input type="checkbox"/> 板 <input type="checkbox"/> 管 (如为管子, 记入直径)	_____	_____
母材 P-No. 或 S-No. 与 P-No. 或 S-No.	_____	_____
填充金属或焊条标准 (SFA) (仅用作资料)	_____	_____
填充金属或焊条型号 (仅用作资料)	_____	_____
填充金属的 F-No	_____	_____
可熔化嵌条 (GTAW 或 PAW)	_____	_____
填充金属类型 (实芯/金属或焊剂芯/粉末) (GTAW 或 PAW)	_____	_____
每个焊接方法的熔敷厚度	_____	_____
方法 1: _____ 至少 3 层, <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	_____	_____
方法 2: _____ 至少 3 层, <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	_____	_____
评定的位置 (2G、6G、3F 等)	_____	_____
立焊前进方向 (上坡或下坡)	_____	_____
燃料气体的类型 (OFW)	_____	_____
惰性气体背面保护 (GTAW、PAW、GMAW)	_____	_____
过渡模式 (喷射/球状或脉冲到短路-GMAW)	_____	_____
GTAW 电流类型/极性 (AC、DCEP、DCEN)	_____	_____

结果

完成焊缝的外观检测 (QW-302.4) _____
 弯曲试验; 横向背弯和面弯 [QW-462.3 (a)]; 纵向背弯和面弯 [QW-462.3 (b)]; 侧弯 [QW-462.2];
 管子弯曲试样, 耐蚀金属堆焊 [QW-462.5 (c)]; 板材弯曲试样, 耐蚀金属堆焊 [QW-462.5 (d)];
 用于熔合的宏观试验* [QW-462.5 (b)]; 用于熔合的宏观试验* [QW-462.5 (e)]

类型	结果	类型	结果	类型	结果

改为射线透照检测的结果 (QW-191) _____

角焊缝-断裂试验 (QW-180) _____ 缺陷的长度和百分比 _____

宏观检测 (QW-184) _____ 角焊缝尺寸 (in.) _____ 凹凸 (in.) _____

其他试验 _____

底片或试样评定者 _____ 公司名称 _____

力学性能试验者 _____ 实验室试验编号 _____

焊接监督者 _____

兹证明本报告所述均属正确, 并且试验是根据 ASME 规范第 IX 卷的要求进行试件的准备、焊接或试验的。

组织 _____

日期 _____ 签字人 _____

此表 (E0008A) 可向 ASME 订购部购买; 地址: 22 Law Drive, Box 2300, Fairfield, NJ 07007-2300

*按条款号看, 应属表面加硬层堆焊技能评定的宏观检测, 参见 QW-453, 而非“熔合”, 但原文如此。——译者。

表 14-1 焊工考试合格项目代号及说明

焊工考试合格项目代号：EN ISO 9606-1 141/135 T BW 1.2 S t20 D200 PA ss nb ml

说明			认可范围
141 135	焊接工艺	TIG 焊（打底两层） MAG 焊，填充	141 135
T	管	—	板、管
BW	对接焊缝	—	BW、FW
1.2	材料类组 （按 CR ISO/TR 15608）	1.2 组：屈服强度 $275\text{N/mm}^2 < R_{eH} \leq 360\text{N/mm}^2$	1.1、1.2、1.4
S	焊接材料	实芯焊丝	141：S 134：S、M
t20	试件的材料厚度	141：s=5mm 135：s=15mm	141：3mm~10mm 135：≥5mm
D200	试验管外径	管子外径：200mm	≥100mm
PA	焊接位置	管子对接，管子水平旋转	PA、PB
ss nb ml	焊缝细节	单面焊 无衬垫 多层	141：ss、bs 135：ss+mb、bs 141：nb、mb 135：mbs sl、ml

表 14-2 焊工考试合格项目代号及说明

焊工考试合格项目代号：EN ISO 9606-1 111 P B W 2 B t13 PA ss nb ml

焊工考试合格项目代号：EN ISO 9606-1 111 P B W 2 B t13 PB ss ml

说明			认可范围
111	焊接工艺	手工焊	111
P	板	—	板、管（ $D \geq 150\text{mm}$ ）
BW FW	对接焊缝 角焊缝	—	BW、FW
2	材料类组 （按 CR ISO/TR 15608）	2 组：热机械处理的细晶粒 钢屈服强度 $R_{eH} > 360\text{N/mm}^2$	1、2、3、9.1、11
B	焊接材料	碱性焊条	除纤维素型以外的所有 药皮
t13	试件的材料厚度	材料厚度：13mm	≥5mm
PA PB	焊接位置	对接焊缝，平焊 角焊缝，水平立焊	PA、PB
ss Nb mb	焊缝细节	单面焊 无衬垫 多层	ss、bs nb、mb sl、ml

五、对“焊考规”的认识

- 5.1 持证焊工焊接的范围**
- 5.2 焊工基本知识培训与考核**
- 5.3 焊工考试机构条件**
- 5.4 监督管理**
- 5.5 焊工报名考试与复审单位**
- 5.6 复审抽考与重新考试**
- 5.7 “焊考规”范围以外的情况**