

法国核电锅炉设备设计建造规则协会
核电站设计建造规则

1983年1月版

压水堆核岛机械设备设计建造规则

RCC-M

第V卷 F册

制 造

机械工业部核电设备规范编制组

中文出版说明

“压水堆核岛机械设备设计建造规则(RCC-M)”由法国核电锅炉设备设计建造规则协会(AFCEN)编制,于1983年1月出版。

这次翻译出版的RCC-M规则共五卷十二册:

第 I 卷

- | | |
|-------|------------|
| A 册 | 总论 |
| B 册 | 1 级设备 |
| C、D 册 | 2、3 级设备 |
| G、H 册 | 堆内构件、设备支承件 |
| Z 册 | 技术性附录 |

第 II 卷

- | | |
|-----------|-----------|
| M册(第一部分上) | 非合金钢 |
| M册(第一部分下) | 合金钢 |
| M册(第二部分上) | 不锈钢 |
| M册(第二部分下) | 特殊合金及其它材料 |

第 III 卷

- | | |
|------|------|
| MC 册 | 检验方法 |
|------|------|

第 IV 卷

- | | |
|-----|----|
| S 册 | 焊接 |
|-----|----|

第 V 卷

- | | |
|-----|----|
| F 册 | 制造 |
|-----|----|

以上各卷的翻译出版分工:

第 I 卷 A、B、C、D、Z 册由上海发电设备成套设计研究所负责翻译出版, G、H 册由武汉锅炉厂负责翻译出版;

第 II 卷 M 册由上海材料研究所负责翻译出版(其中第一部分下合金钢册由上海发电设备成套设计研究所负责翻译);

第 III 卷 MC 册由上海材料研究所负责翻译出版;

第 IV 卷 S 册由哈尔滨焊接研究所负责翻译出版;

第 V 卷 F 册由上海发电设备成套设计研究所翻译出版。

本规则包括容器、泵、阀门、管道、反应堆内部构件、支承件的材料、设计、制造、检验、试验等方面的规定。

本册由胡立业(F1000~F5000、F7000、F8000)、胡洪庆(F6000)翻译,冯吉祥校对整理,吴祖乾技术审定,汪洋编辑。

由于译校水平有限,如有错误,正式引用以法文版为准。

机械工业部核电设备规范编制组

一九八四年三月

原 版 序

法国核电锅炉设备设计建造规则协会(AFCEN)由法国电力公司(EdF)、法马通原子能公司(Framatome)和诺瓦通原子能公司(Novatome)于1980年10月19日组成。

AFCEN的主要任务是:

- 编制电站核岛设备的设计、制造、安装与投运的具体与实用规则;
- 特别是根据所积累的经验、技术进步和规章演变修订这些规则;
- 颁布这些规则及其修改的相应条文。

AFCEN颁布的这套法国压水堆核岛机械和设备设计建造规则(RCC-M)的文集,将安全分级设备置于首位。本文集供买卖双方签订合同时使用,因而附有适用的设备一览表。

RCC-M中所汇集的设计规则借鉴了“ASME锅炉与压力容器规范第三部份核电站部件(NB、NC、ND、NF)各节”的有关内容,同时吸收了法国在工业发展实践中所取得的成果。

RCC-M的制造与检验规则系法国本身核工业实践经验的具体体现。

本文件是AFCEN发行的RCC-M第二版。这新版本吸取了第一版在法国核工业中应用的经验教训,特别是编入了对第一版作连续性定期修改的全部修订和补充内容。此新版本将像上一版一样,定期公布。

AFCEN委托法国标准协会(AFNOR)发行。

AFCEN对其所颁布的各项条文、报告以及发表的见解的具体应用概不负责。

第 V 卷

制 造

F1000	引言	1
F2000	标记方法	2
F2100	原则	2
F2200	方法	2
F2300	文字或符号	2
F2400	临时标记	2
F3000	切割, 不作焊补的整修	3
F3100	概述	3
F3200	剪切	3
F3300	氧气切割	3
F3400	等离子切割和惰性气体保护电弧切割	3
F3500	碳弧气刨切割和开槽	4
F3600	不作焊补的整修	4
F3610	概述	4
F3620	不作焊补的整修	4
F4000	成形和尺寸公差	5
F4100	成形	5
F4110	概述	5
F4111	目的	5
F4112	需制定的文件	5
F4113	伸长率的确定方法	5
F4120	成形工艺的评定	6
F4121	评定的目的和要求作评定的场合	6
F4122	需制定的文件	6
F4123	评定的有效范围	6
F4124	评定试验	8
F4125	复试(重试)的条件	10
F4126	试验报告	10
F4130	产品成形操作	11

F4131	操作规定	11
F4132	成形操作的生产检验	12
F4160	2级和3级热交换器管的弯曲	12
F4161	概述	12
F4162	弯曲后的尺寸公差	13
F4163	弯管工艺评定	13
F4164	评定结束需制定的文件	14
F4165	制造中对弯管的检查	14
F4200	设备的形位公差	15
F4210	承受内压容器的形位公差	15
F4211	概述	15
F4212	厚度	15
F4213	冷压制成的容器圆筒节和锥形筒节的形位公差	15
F4214	用管材制成的容器元件的形位公差	16
F4215	容器封头的形位公差	16
F4216	成形或弯管后的管件公差	16
F4217	承受外压的容器	16
F4218	圆筒形的孔和管嘴	18
F4300	焊接装配件的対正	18
F4310	概述	18
F4320	双面焊或单面全焊透的焊接接头的対正公差	18
F4330	单面不焊透的焊接接头	19
F4340	压制件和压制件焊成的封头	19
F4350	管子和管道	19
F4360	超差	19
F4400	胀管操作和管子胀接过渡区在热交换器管板上的除应力操作	19
F4410	概述	19
F4420	胀管操作	19
F4421	准备性试验	20
F4422	胀管工艺评定	20
F4423	胀管机的校准	22
F4424	胀管实施	22
F4430	降低胀管过渡区残余应力的除应力操作	24
F4431	概述	24
F4432	操作方法的说明	24
F4433	准备性试验	24
F4434	除应力操作的工艺评定	25

F4435	MgCl ₂ 应力腐蚀试验	25
F4436	胀管机(胀管器-芯杆)的整定	26
F4437	除应力操作的生产实施	26
F4440	蒸汽发生器的全胀和除应力操作的专门规定	27
F4441	全胀操作	27
F4442	降低胀管过渡区残余应力的除应力操作	28

附录 1: 沸腾氯化镁中的应力腐蚀试验操作规程28

F5000 表面处理30

F5100 镀铬30

F5110 概述30

F5120 基底金属30

F5130 规程30

F5140 评定30

F5150 零件的准备30

F5151 零件的状况30

F5152 清洗和清理30

F5160 镀铬31

F5161 在酸性槽中镀铬31

F5162 脱氢处理31

F5170 检验31

F5171 外观检查31

F5172 厚度检验31

F5173 附着性检验31

F5180 不合格镀层的更新32

F5200 采用磷酸锰的磷化处理32

F5210 概述32

F5220 基底金属32

F5230 规程32

F5250 零件的准备32

F5260 磷化处理32

F5261 表面活化32

F5262 磷化32

F5263 冲洗-钝化-干燥32

F5270 检验33

F5271 外观检查33

F5272 厚度检验33

F5273 抗拉强度超过 1450MPa 的钢的脱氢处理33

F5274	收尾工作	33
F5280	脱磷处理	33
F5300	涂漆	33
F5310	概述	33
F5320	涂漆层的分类和特性	33
F5321	分类	33
F5322	特性	34
F5330	需做评定试验的主要特性	34
F5331	在“设计基准事故”条件下的稳定性	34
F5332	清除放射性污染	35
F5340	耐腐蚀能力的保持时间	35
F5350	待涂表面的准备	35
F5351	除油	35
F5352	喷砂清理	35
F5353	表面准备的其它方法	35
F5360	涂漆实施的规定	36
F5370	规程	36
F5400	氮化处理	36
F5410	概述	36
F5420	基底金属	36
F5430	规程	36
F5440	零件的准备	36
F5441	零件的状况	36
F5442	清洗	37
F5450	氮化	37
F5460	检验	37
F5461	外观检查	37
F5462	硬度	37
F5470	存放	37
F6000	清洁	38
F6100	概述	38
F6110	清洁的目的-清洁度	38
F6120	适用范围	38
F6130	适用阶段	38
F6140	本章的组成	38
F6150	需制定的文件	38
F6200	分类	39
F6210	清洁的类别	39

F6220	设备清洁类别的指定	39
F6230	要求的工作区	39
F6240	工作区的要求	39
F6241	I 级工作区.....	39
F6242	II 级工作区.....	40
F6243	III 级工作区.....	40
F6250	建造现场工作地带	40
F6251	I 级工作地带.....	41
F6252	II 级工作地带.....	41
F6253	III 级工作地带.....	42
F6254	IV 级工作地带.....	42
F6260	工作区和建造现场工作地带的关系	42
F6300	清洁度的检查	42
F6310	概述	42
F6311		42
F6312		42
F6313		44
F6320	与工作流体接触的表面清洁度的检查	44
F6321		44
F6322		44
F6323		44
F6324		44
F6330	其它检查	44
F6331	耐腐蚀而且不接触工作流体的表面.....	44
F6332	防护装置和保养的检查.....	44
F6340	清洁检查报告	45
F6400	防污染的规则	45
F6410	材料的规则	45
F6420	防污染的规则	45
F6421	输送一回路流体或注入流体的设备.....	45
F6422	以二回路的水和蒸汽(再循环的除外)作为工作流体、清洁类别为B 类的设备.....	45
F6423	含有害元素物品的允许使用条件.....	45
F6430	有关制造和现场安装的规定	46
F6431	概述.....	46
F6432	对奥氏体不锈钢和镍基合金应采取的措施.....	46
F6440	水质	46
F6450	干燥、无油的空气	46

F6500	清洁工作方法的規定	47
F6510	定义	47
F6520	机械清理的实施規定	47
F6521	机械除氧化皮.....	47
F6522	机械清理方法.....	47
F6530	化学清洗的实施規定	47
F6531	定义.....	47
F6532	一般規定.....	47
F6533	除油的专门規定.....	47
F6534	除氧化皮、酸洗、去污染(钝化)的专门規定.....	48
F6540	洗涤-干燥的規定	48
F6541	洗涤.....	48
F6542	干燥.....	49
F6600	清洁的保持	49
F6610	規定性水压试验和功能性水压试验-水的特性	49
F6620	防护和保养	50
F6621	一般規定.....	50
F6622	防护.....	50
F6623	保养.....	51
F6624	有关干燥剂和湿度指示表的规定.....	51
F6630	存放	51
F6631	概述.....	51
F6632	安装前在车间或建造现场存放的规定.....	51
F6633	存放区-概述.....	52
F6634	存放区的要求.....	52
F6635	按清洁类别或小类要求存放区.....	52
F6636	设备在工作地带的存放.....	52
F6640	运输	52
F6641	运输方式.....	52
F6642	运输与装卸的措施.....	52
F6643	设备的海上运输.....	52
F6650	建造现场的最终安装	52
F6651	概述.....	52
F6652	安装的专门規定.....	53
F6653	建造现场清洁工作的专门規定.....	53
F6660	安装后清洁的保持	53

附 录

FI	定义	54
-----------	-----------------	----

	A-流体	54
	B-表面	54
	C-清洁工作的操作	54
F II	清洁度的检查	54
	清洁度的检查和验收准则	54
F III	水质	57
F IV	保温材料的选择 (防腐的评定试验和验收试验) 及其安装的专门规定	57
	A-概述	57
	B-非金属保温材料的规定	57
	C-非金属保温材料的评定试验	57
	D-非金属保温材料的验收试验	57
	E-保温材料的安装规定	57
F V	污染物含量的测定规程	58
	A-渗透探伤和清洗用品中硫、氯含量的测定规程	58
	B-用溶解过滤法测定氯化物和氟化物含量的规程	60
F7000	螺纹机械连接	63
F7100	概述	63
F7200	规程	63
F7300	安装的规定	63
F7400	对润滑剂的规定	63
F7500	对螺纹加工的规定	64
F7600	对法兰的规定	64
F7700	对工具的规定	64
F7800	螺栓件表面处理	64
F7900	法兰连接用的螺栓件标准	64
F8000	热处理(零件和设备用)	65
F8100	热处理规程	65
F8110	概述	65
F8120	热处理参数	65
F8130	实施条件	65
F8140	热处理温度的检测和记录	65
F8200	成形后的热处理规程	66
F8300	焊后热处理	66

F8400	制造中的热处理	66
F8410	用不稳定奥氏体不锈钢制造的设备的尺寸稳定化处理	66
F8411	概述	66
F8412	热处理规程	66
F8413	检查和测温	66
F8420	奥氏体不锈钢的光亮退火	66

F1000

引 言

指望编写出一个足够详细的制造和实施规则，以此保证良好的建造，这是不可能的。良好的建造主要取决于每个制造者的技能和手段。

第 V 卷“制造”所包括的规则是必须遵守的

起码规定，制造者还应该采取他认为对保证制造质量是必要的一切措施。

此外，制造者还应遵守第 I 卷各章节或设备规格书规定的公差和补充规则。

F2000

标 记 方 法

F2100 原 则

a) 应使用既不污染材料也不产生明显加工硬化和缺口效应的方法作标记。

b) 标记应打在设备受力最小的区域，尤

其要避开应力集中区(特别是形状突变区)和焊接热影响区。此外，标记不应该妨碍对无损探伤结果的判定。

F2200 方 法

a) 可用符合上面F2100(a)规定的任何方法来作临时或永久的标记，但必须遵照下列规定。

b) 禁止使用电弧笔。

c) 只允许在厚度超过 6mm 的材料上冲标记。但冲头应是圆形或球形的。

d) 允许用电解蚀刻的方法作标记，主要用于尺寸小、厚度薄的零件，但所用的电解液中硫、汞、**铍**、铅的总含量和卤族元素的总含量均不超过 250ppm。电解蚀刻后马上要进行中和、清洗和干燥。

在用电解蚀刻作标记之前，制造者要制定一个蚀刻规程。

e) 厚度在 6mm 以下，可用振动笔做标记。

工具的头部应是碳化物制造的，而且标记刻槽的深度在 0.25mm 左右或者更浅。

然而，在铁素体非不锈钢上，这种标记可能会消失，最好用另一种方法取代它，例如：用油漆对组件做临时标记，然后对组成的设备制定一张各种标记的一览表。

F2300 文字或符号

对于直径 $\phi \leq 350\text{mm}$ 的管道，文字或符号的高度建议为 4~6mm。对于直径 $\phi > 350\text{mm}$ 的设备和管道，建议为 8~12mm。对于尺寸

很小的零件，在尺寸允许的情况下文字或符号要尽可能大。

F2400 临时标记

可以用墨水标戳、永久性的墨水、油漆做制造过程中的临时标记，但对于奥氏体不锈钢和镍基合金应符合下列条件。

a) 只有当标记以后可以被擦掉时，方可在零件上使用。

b) 墨水、油漆等不应含有 F6000 禁止的任何污染物。

c) 如果标记有污染表面的危险，在热处理前应去掉这些标记。

F3000

切 割

不作焊补的整修

F3100 概 述

所有的材料均可用机械加工、磨削或热切割的方法下料或开焊接坡口。

允许按F3200 的规定对板材进行剪切。

F3200 剪 切

允许用剪切来切割厚度小于 25 mm 的板材,但必须通过机械加工或磨削去掉加工硬化区。

对于厚度小于10mm 的板材,应通过一些焊接工艺试验的接头证明所采用的焊接工艺能消除加工硬化区。

允许按上面的条件用剪切来制备焊接坡

F3300 氧气切割

a) 当S1321、S1322和S1323规定焊前要预热时,氧气切割前也应预热。不过对于 S1321 清单所列的非合金钢,在证实氧气切割不致形成开裂之后,制造者在氧气切割前可不预热。

b) 仔细地清除氧化表面上的毛刺和用刷或磨削的方法清除任何氧化物痕迹。当表面保留切割状态时,氧气切割不应影响到材料的机械性能(例如硬度)。

c) 应仔细地作检查, 氧气切割出的表面不允许有裂缝。

d) 在用磨削或机械加工的方法除掉切割流造成的沟痕之后,应按照B、C、D4000章的条文检验用氧气切割制备的焊接坡口(见 S7330、C)。此外, 制造者必须通过焊接工艺评定用的试料来证实最大硬度符合要求。否则,要用机械的方法(磨削或机械加工)去掉影响区。

F3400 等离子切割和惰性气体保护电弧切割

a) 当使用等离子切割方法把零件割到最终尺寸时,应除掉切割面上的任何金属痕迹、沟痕等。通过磨削或机械加工,在切割面上去掉1mm 左右。如果用惰性气体保护电弧切割的方法切割薄件,也应采取同样的措施。

对于奥氏体不锈钢,可以采用毛刷刷表面

再进行化学清洗的方法(见 F6000),以取代磨削或机械加工。

b) 然而, 在用等离子切割制备奥氏体不锈钢焊接坡口时,切割后可以只进行表面制备,它应符合于第 I 卷对焊接坡口所规定的检验要求。

F3500 碳弧气刨切割和开槽

(见S7330)

F3600 不作焊补的整修

F3610 概述

本节叙述缺陷的整修, 这些缺陷是指在按第 I 卷“材料”的规定验收合格的零件上发现的缺陷, 以及在使用或安装时暴露或产生的缺陷。

这类缺陷一般是表面缺陷。

如果它们满足下述条件就不作焊补。

F3620 不作焊补的整修

a) 应该用非热加工的磨削、铲修(随后磨

削)或机械加工的方法去除缺陷。

b) 应把缺陷去除, 或者把缺陷减小到第 I 卷对制品和零件规定的准则所允许的尺寸, 以及第 IV 卷S7350 节对施焊边和施焊表面规定的准则所允许的尺寸。

c) 在缺陷去除或减少之后, 金属应保留足够的厚度, 以符合第 I 卷适用设计方法的应力准则。此外, 表面状况也应符合于装配和无损探伤的要求。

d) 应该圆滑、无棱角地与周围表面相接, 接合的斜率最大为0.25。

F4000

成形和尺寸公差

F4100 成 形

F4110 概述

F4111 目的

a) 成形工艺包括对零件或制品所采用的一整套热机械操作(加热、形变和可能需要的成形后的热处理),其目的是获得一个给定的构件。

b) 成形工艺无论如何不应使构件材料的性能低于所要求的最小值。因此,必要时应在成形后进行热处理,以便使材料的性能恢复到符合上述要求。

c) 为此,应通过成形工艺的评定试验,证明加工出的制品符合于成形前制品验收规范要求性能。

d) 不管焊接的冷作件成形工艺如何,焊接工艺的评定应考虑到与成形相配的热处理。

F4112 需制定的文件

a) 应按正式确定的全部文件所规定的条文进行成形操作,这些文件至少应包括:

——所使用的成形工艺卡、制造操作卡和相应的评定报告编号。

——成形过程中和成形后应进行的检验。

b) 成形工艺卡的内容

1) 成形工艺卡应该汇总并定量地规定所有统计变量,它们是F4120节所述的决定成形工艺评定有效范围的那些因素。

2) 成形工艺卡应该给出下列一种资料:

——成形操作作用的工艺参数,

——包含这些资料的内部规程编号。

例如用感应加热进行弯管时,应主要具体规定下列参数:

——弯曲速度,

——电气参数(电流强度、电压、频率……),

——冷却参数,

——测温方法,

——可能还有对经受成形加工的焊接区所规定的位置。

3) 成形工艺卡应列出成形工艺评定报告编号。

F4113 伸长率的确定方法

a) 按下列方式确定成形零件的伸长率:

$$\text{圆筒体: } A\% = \frac{50e}{Rf} \left(1 - \frac{Rf}{R_0} \right)$$

$$\text{变形} \leq 1\% \text{ 时: } A\% = \frac{65e}{Rf} \left(1 - \frac{Rf}{R_0} \right)$$

$$\text{变形} \geq 1\% \text{ 时: } A\% = \frac{75e}{Rf} \left(1 - \frac{Rf}{R_0} \right)$$

$$\text{容器封头: } A\% = \left(\log \frac{Df}{Dp} \right) \times 100$$

$$\text{管子: } A\% = \frac{100r}{R}$$

式中:

e = 成品公称厚度,

Rf = 零件中心层在成形后的半径,

R_0 = 零件中心层在成形前的半径(对于板

* 适用于球体或其它球形的端头。

材等于无穷大),

R = 管子轴线处的公称弯曲半径,

r = 管子公称半径,

D_f = 坯件直径,

D_p = 零件直径。

b) 通过在试件上划方格, 求出形状复杂的零件的伸长率。

F4120 成形工艺的评定

本节叙述成形工艺的评定, 但不包括热交换器管的弯曲工艺评定。

F4121 评定的目的和要求作评定的场合

评定的目的是用一个试件对采用的主要变量作验证, 证明成形工艺能满足要求的质量准则。

在下列场合要求对成形工艺作评定:

a) 在 150°C 以上的温度进行一项或一系列操作,

b) 在低于或等于 150°C 的温度进行任何成形操作, 而且对于合金钢或非合金钢所算出的最大伸长率 (根据适用于各种形状设备的 F4113 公式) 超过 5% 时, 对于奥氏体不锈钢所算出最大伸长率 (根据证明档案) 超过 10% 或 15% 时。

后一种场合所制定的文件应该统计性地 (考虑到加工造成的数据分散) 证明下列两点:

——除伸长率的最低值外, 满足于成形前母材验收规范要求的性能。

——伸长率最低值新准则的选定是合理的, 并且与设计档案的要求是一致的。

对于在成形和成品热处理后做验收的材料, 不需要对成形工艺作评定。

F4122 需制定的文件

应按正式确定的全部文件所规定的条文, 对每个成形工艺作评定, 这些条文应符合于适用章节的要求, 它们至少包括:

——评定用试件的成形工艺卡 (F4112),

——评定的有效范围,

——按照评定的级别应执行的检验及其准则,

——标注尺寸的取样示意图。

F4123 评定的有效范围

决定评定有效范围的主要因素如下所述。

F4123.1 车间

——热成形:

应在同一车间用制造生产零件的同类机床进行评定试验。

——冷成形:

在一个车间所进行的评定试验, 可以对制造者的所有车间都有效, 但这些车间生产用的机床必须与评定试验用的机床类型相同。

F4123.2 母材的牌号

所有同牌号或同标准号的非合金钢和合金钢 (不包括奥氏体不锈钢) 被看作是相互等效的。按 MC1310 规定的晶间腐蚀试验合格的不含稳定化元素的奥氏体不锈钢, 都被看作是相互等效的。

此外, 经轧制、拉拔或锻造得到的制品也都被看作是相互等效的。

F4123.3 焊缝

如果焊缝要经受成形加工, 要考虑到下列主要因素。

a) 焊接接头的变形 (参见注)

1) 管件

只允许有一条纵焊缝, 而且要用纵焊缝中心线与中性轴线形成的夹角来确定变形量, 见图 F4123.3。

角 α_0 相应于冷弯时变形量分别为 5% (合金钢和非合金钢) 和 10% (奥氏体不锈钢) 的管子母线与中性轴线的夹角, 可用下列式子求出角 α_0 :

$$|\alpha_0| (\text{度}) = 4.5 \frac{R}{r} (\text{合金钢和非合金钢})$$