

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 I 卷 Z 册

技术性附件

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) | 特殊合金及其他材料 |

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。

本册由涂光协(ZI~ZV、ZA、ZD、ZE、ZF)、周梦黑(ZW)、许仕圣(ZG、ZH)翻译,周梦黑(ZI~ZV、ZA、ZD、ZE、ZF)、涂光协(ZW、ZG、ZH)校对,蒋承煜统校整理,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。本文集供买卖双方在签订合同时使用,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、NG、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。

第I卷——Z册

技术性附录

附录ZI	设计用材料特性	1
表ZI.1.0	许用当量应力 S_m , 许用应力 S	3
表ZI.2.0	弹性极限 S_y	27
表ZI.3.0	抗拉强度 S_u	36
表ZI.4.0	疲劳曲线	45
表ZI.5.0	RCC-M中使用的各种材料按物理性能分类	49
表ZI.6.0	导热率	50
表ZI.6.0又	热扩散率	51
表ZI.7.0	线膨胀系数	52
表ZI.8.0	拉伸弹性模数	53
附录ZII	应力的实验分析	55
ZII 100	应力的实验分析	55
ZII 110	引言	55
ZII 111	总则	
ZII 120	允许的非循环试验的种类及应力计算	55
ZII 121	按准则要求确定应力的试验	
ZII 122	确定极限载荷的试验	
ZII 123	破坏试验	
ZII 124	测量应变的试验方法	
ZII 125	光弹测量试验	
ZII 130	试验方法	56
ZII 131	测量仪的位置	
ZII 132	压力测量装置所应用的规则	
ZII 133	加压或加载	
ZII 140	结果表述	56
ZII 141	应力确定	
ZII 142	应力分析范围	
ZII 143	极限载荷的准则	
ZII 150	循环试验	57

Z I 151	可应用循环试验的场合	
Z I 152	设备循环试验的规则	
Z I 160	疲劳强度降低系数的确定	58
Z I 161	方法	
Z I 170	开孔的应力实验分析	59
Z I 171	总则	
Z I 172	所得实验结果的使用	
Z I 173	所得实验结果的使用导则	
附录ZIII	应力许用极限的确定	63
Z III 100	引言	63
Z III 110	应力准则的来源	63
Z III 120	表: 安排和使用	63
Z III 121	安排	
Z III 122	使用	
Z III 200	1级设备的应力准则	63
Z III 210	许用当量应力	63
Z III 211	螺栓紧固件以外的设备	
Z III 212	螺栓紧固件	
Z III 220	各种材料的疲劳曲线	64
Z III 300	2级与3级设备的应力	64
Z III 310	螺栓紧固件以外的设备	64
Z III 320	螺栓紧固件	64
附录ZIV	承受外压的设备的计算规则	65
Z IV 100	计算方法	65
Z IV 110	概述	65
Z IV 120	术语	65
Z IV 130	圆柱形壳体及管件	65
Z IV 140	球形壳体	66
Z IV 150	圆柱形壳体用的加强环	67
Z IV 160	承受轴向压力的圆柱	67
Z IV 200	用于确定最大许用应力的线图	68
附录ZV	用螺栓固定的环形法兰连接件的计算	79
Z V 100	引言	79
Z V 110	概述	79
Z V 120	法兰	79

Z V 130	密封垫圈	79
Z V 131	评注	
Z V 140	螺栓	80
Z V 200	螺栓截面计算	81
Z V 210	使用的符号	81
Z V 220	螺栓紧固件所施加的力的确定	83
Z V 221	在垫圈座压紧密封垫圈所需的紧固力	
Z V 222	为保持计算压力下的密封性, 施加于法兰上的紧固力	
Z V 223	为保证试验压力 P_e 时的密封性, 施加于法兰上的紧固力	
Z V 224	热态下螺栓紧固件所施加的力	
Z V 230	螺栓最小截面的确定	84
Z V 231	运行中不保持为试验所施加的紧固力时	
Z V 232	运行中保持为试验所施加的紧固力时	
Z V 233	螺栓实际截面的确定	
Z V 240	对所考虑的力的评注	85
Z V 241	回顾	
Z V 242	结论	
Z V 300	法兰应力的计算	85
Z V 310	概述	85
Z V 320	所考虑的力系	85
Z V 321	预紧时具有的力	
Z V 322	在所研究的条件下具有压力时连接件中存在力	
Z V 330	杠杆力臂的计算	86
Z V 340	弯矩的计算	86
Z V 341	预紧的弯矩	
Z V 342	在所研究的条件下具有压力时的弯矩	
Z V 343	作用于法兰上的最大弯矩	
Z V 344	螺栓的间距	
Z V 350	应力分析	86
Z V 360	应力值的确定	87
Z V 370	应力的许用极限	88
Z V 371	一般要求	
Z V 372	试验条件下用的验算	
附录 Z VI	线性支承件的设计规则	95
Z VI 1000	概述	95
Z VI 1100	引言	95
Z VI 1110	应用范围	95

Z V 1120	有关分析方法的一般考虑	95
Z V 1121	弹性分析	
Z V 1122	极限分析	
Z V 1130	应用方式	95
Z V 1200	定义	95
Z V 2000	弹性分析	97
Z V 2100	概述	97
Z V 2110	O、A与B级准则	97
Z V 2120	C级准则	97
Z V 2130	D级准则	97
Z V 2200	用轧制件、锻件与铸件制成部件时所应用的规则	98
Z V 2210	有关应力极限的规则	98
Z V 2211	概述	
Z V 2212	拉伸应力所应用的极限	
Z V 2213	剪切应力所应用的极限	
Z V 2214	压缩应力所应用的极限	
Z V 2215	弯曲应力所应用的极限	
Z V 2216	复合载荷	
Z V 2217	支承应力所应用的极限	
Z V 2220	稳定性与长径比	102
Z V 2221	一般要求	
Z V 2222	确定挠曲长度的规则	
Z V 2223	最大长径比值	
Z V 2224	受压元件的厚度条件	
Z V 2225	不遵守Z V 2224厚度条件的受压元件	
Z V 2230	腹板、翼板和补强元件所应用的特殊要求	105
Z V 2231	腹板	
Z V 2232	翼板和底板	
Z V 2233	补强元件	
Z V 2240	总截面和净截面	108
Z V 2241	总截面和净截面的确定	
Z V 2242	总截面和净截面的使用	
Z V 2243	净截面的确定	
Z V 2250	特殊结构的条文	109
Z V 2251	概述	
Z V 2252	型钢间的连接	
Z V 2253	有关局部长径比的规则	

Z V 2300	疲劳分析的规则	109
Z V 2310	引言	109
Z V 2311	应用范围	
Z V 2312	疲劳分析规则的原则	
Z V 2320	当量循环数的确定	110
Z V 2330	应力类型	110
Z V 2340	许用应力的变化幅度	110
Z V 2400	机械连接和焊接所应用的规则	110
Z V 2410	一般要求	110
Z V 2411	合适的连接型式	
Z V 2412	有关连接件定位的规则	
Z V 2413	有关螺栓和焊缝定位的规则	
Z V 2420	连接件的设计	111
Z V 2421	一般要求	
Z V 2422	非刚性连接件	
Z V 2423	刚性连接件	
Z V 2424	有关构架元件之间连接的规则	
Z V 2425	承压元件的支承件所应用的规则	
Z V 2430	搭接所应用的规则	112
Z V 2440	混合连接件	112
Z V 2441	同时使用不同类型的焊缝	
Z V 2442	同时使用螺栓和焊接	
Z V 2450	适用于焊接的设计规则	112
Z V 2451	概述	
Z V 2452	角焊缝	
Z V 2453	塞焊或开槽焊	
Z V 2454	夹角焊的接头	
Z V 2460	螺栓紧固件连接所应用的要求	114
Z V 2461	许用应力	
Z V 2462	螺栓紧固件和被连接零件的自由棱边之间的最小距离	
Z V 2463	螺栓紧固件和被连接零件的自由棱边之间的最大距离	
Z V 2464	螺栓间的最小中心距	
Z V 2465	有关地脚螺栓的特殊规则	
Z V 2470	支柱底座或托架底座所应用的特殊规则	115
Z V 2471	所施加的载荷或力矩的重复	
Z V 2472	校准	
Z V 2473	支承面的最后加工	
Z V 3000	极限分析	116

ZM3100	一般要求	116
附录ZA	确定 1 级容器开孔补强的规则	127
ZA100	关于防腐蚀裕量的一般规则.....	127
ZA200	适用于开孔补强的各项要求.....	127
ZA210	壳体或凸形封头上的开孔.....	127
ZA220	用于平封头上开孔补强的要求.....	127
ZA300	补强界限	127
ZA310	沿容器壁的补强界限.....	127
ZA320	容器壁法线方向上的补强界限.....	128
ZA400	补强所计入的金属	128
ZA500	补强材料的强度	128
附录ZD	具有几何不连续区域的疲劳性能分析	131
ZD1000	引言	131
ZD2000	在距不连续区域某一特定距离 d 处的应用计算 分析方法应力的.....	131
ZD2100	概述	131
ZD2200	分析程序	131
ZD2300	起始曲线	132
附录ZE	在需要遵照 A 级准则的情况下, 1 级管路 分析中所应用的其他一些规则	133
ZE100	概述	133
ZE110	分析的适用性	133
ZE120	总则	133
ZE121	简化方法的应用	
ZE122	混合法	
ZE123	其他简化方法	
ZE200	混合分析.....	133
ZE210	本方法的原则	133
ZE220	载荷状况的选择	134
ZE230	适用于一次应力与二次应力之和的变化幅度的要求	134
ZE240	适用于合应力变化幅度的要求	135
ZE250	简化弹性性分析	135
ZE260	使用系数的计算程序	135

ZE300	其他简化方法	137
ZE310	本方法的原则	137
ZE320	载荷状况的选择	137
ZE330	适用于一次应力与二次应力之和的变化幅度的要求	138
ZE340	适用于合应力变化幅度的要求	139
ZE350	简化弹塑性分析	139
ZE360	使用系数的计算程序	139
附录ZF	D级准则的有关规则	141
ZF1100	应用范围	141
ZF1200	本附录目的	141
ZF1210	D级准则的目的	141
ZF1220	补充条文	141
ZF1300	D级准则的有关规则	141
ZF1310	概述	141
ZF1320	用分析法作性能研究	142
ZF1321	分析法中的有关术语	
ZF1322	进行分析所使用的各种方法	
ZF1323	系统的弹性分析, 设备中一次应力的评价方法	
ZF1324	系统的非弹性分析, 设备中一次应力的评价方法	
ZF1325	有关稳定性的要求	
ZF1330	容器	144
ZF1340	泵	144
ZF1350	阀门	144
ZF1360	管路	144
ZF1370	设备的支承件	144
ZF1380	堆芯支承构件	145
ZF1390	金属包复材料	145
附录ZG	断裂强度	147
ZG1000	引言	147
ZG2000	分析区的选择	147
ZG3000	铁素体钢所应用的规则	147
ZG3100	应用的方法	147
ZG3200	第一种方法	147
ZG3210	常规的基准缺陷	147
ZG3211	适用于没有或远离不连续区的筒节与封头的规则	
ZG3212	接管、法兰及几何不连续区附近	

ZG3220	应力强度因子的确定	148
ZG3221	概述	
ZG3222	没有或远离不连续区的筒节与封头	
ZG3223	接管、法兰及几何不连续区附近	
ZG3230	断裂分析——A级准则	148
ZG3231	概述	
ZG3232	应力强度因子的组合规则	
ZG3240	断裂分析——C级和D级准则，试验工况	149
ZG3300	第二种方法	149
ZG3310	概述	149
ZG3320	计算缺陷的确定	149
ZG3321	基准缺陷的形状	
ZG3322	设备某一瞬间缺陷尺寸的确定*	
ZG3330	断裂分析——A级准则	151
ZG3331	需遵循的要求	
ZG3332	应力强度因子 K_{cp} 的确定	
ZG3340	C级准则	152
ZG3350	D级准则	152
ZG3351	概述	
ZG3352	过渡区内出现失稳扩展危险性的估算	
ZG3353	中止失稳扩展可能性的估算	
ZG3354	在上部水平段范围内出现失稳扩展危险的估算	
ZG3355	需遵循的要求	
ZG3360	试验工况中应用的规则	155
ZG3400	材料的韧性	155
ZG3410	基准韧性曲线 K_{IR}	155
ZG3420	韧性曲线 K_{Ia} 与 K_{Ic}	156
ZG3430	辐照影响	156
ZG3440	破裂的初始强度	157
ZG3450	材料的破裂强度曲线	157
ZG4000	奥氏体不锈钢所应用的规则	157
ZG5000	螺栓紧固件所应用的特殊规则	157
ZG6000	确定应力强度因子 K_I 的方法	157
ZG6100	概述	157
ZG6200	影响函数	158

* 原文目录中漏缺——整理注

ZG8210	没有或远离不连续区的筒节.....	158
ZG8220	接管、封头及几何不连续区附近.....	158
附录ZH	确定使用系数时所应用的规则	169
ZH100	第一种方法: 瞬变过程的组合.....	169
ZH110	不变主应力的方向	169
ZH111	第一方案	
ZH112	第二方案	
ZH113	第三方案	
ZH120	可变主应力的方向	170
ZH200	第二种方法: 瞬态组合	170
ZH210	第一方案	170
ZH220	第二方案	171
ZH230	第三方案	171

附 录 Z I

设计用材料特性

表Z I . 1 . 0	许用当量应力 S_m , 许用应力 S
表Z I . 1 . 1	铁素体钢许用当量应力 S_m
表Z I . 1 . 2	不锈钢许用当量应力 S_m
表Z I . 1 . 3	螺栓紧固件许用当量应力 S_m
表Z I . 1 . 4	铁素体钢许用应力 S
表Z I . 1 . 5	不锈钢许用应力 S
表Z I . 1 . 6	螺栓紧固件许用应力 S
表Z I . 2 . 0	弹性极限 S_y
表Z I . 2 . 1	铁素体钢弹性极限 S_y
表Z I . 2 . 2	不锈钢弹性极限 S_y
表Z I . 2 . 4	永久变形的极限系数
表Z I . 3 . 0	抗拉强度 S_u
表Z I . 3 . 1	铁素体钢抗拉强度 S_u
表Z I . 3 . 2	不锈钢抗拉强度 S_u
图Z I . 4 . 0	疲劳曲线
图Z I . 4 . 1	碳钢及低合金钢的疲劳曲线
图Z I . 4 . 2	不锈钢及镍基合金的疲劳曲线
图Z I . 4 . 3	螺栓紧固件钢的疲劳曲线
表Z I . 5 . 0	RCC-M中使用的各种材料按物理性能分类
表Z I . 6 . 0	导热率
表Z I . 6 . 0又	热扩散率
表Z I . 7 . 0	线膨胀系数
表Z I . 8 . 0	拉伸弹性模数



表 Z1.1.1
铁素体钢许用当量应力 S_m

采购技术规范	制品类别	法国标准协会 牌 号	20°C时 Re MIN MPa		20°C时 Sy		许用当量应力 S_m , MPa									
			50°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	340°C	350°C	360°C	370°C				
M1111	铸件	20MN5M	275	485	241	483	161	161	168	151	139	134	133	133	132	132
M1112	铸件	20MN5M	275	485	241	483	161	161	168	151	139	134	133	133	132	132
		20M5M	235	470	212	470	141	141	139	133	122	117	117	117	117	117
M1115	铸件	23M5M	345	550	345	550	183	183	—	—	—	—	—	—	—	—
		20CD4M	345	550	345	550	183	183	—	—	—	—	—	—	—	—
M1122	锻件	A42	215	410	215	410	137	134	124	117	105	96	95	95	91	91
		A48	255	470	255	470	157	157	147	144	131	120	117	116	112	112
		XC18	255	410	255	410	137	134	124	117	105	96	95	93	91	91
M1131	板	A37	205	390	205	390	130	121	111	105	98	85	79	77	76	76
		A42	215	410	215	410	137	134	124	117	105	96	95	93	91	91
		A48	255	470	255	470	157	157	147	144	131	120	117	115	112	112
		A52	320	625	320	625	209	196	183	170	157	140	137	136	135	135
M2111, M2112 M2113, M2114 M2115, M2116 M2117, M2118	锻件	16MND5	400	550	345	552	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
		20MND5	460	620	448	620	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207
		16MND5	400	550	345	552	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
		20MND5	460	620	448	620	207	207	207	207	207	207	207	207	207	207

表 Z 1.1.1 (续)
铁素体钢许用当量应力 S_m

采购技术规范	制品类别	法国标准协会 牌 号	20°C时 ReMIN MPa	20°C时 Rm MIN MPa	20°C时 Sy	20°C时 Su	许用当量应力 S_m , MPa									
							50°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	340°C	350°C	360°C	370°C
M2123	板	16MND5	400	550	345	552	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
M2124		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
M2125	板	16MND5	400	550	345	552	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
M2131	锻件	16MND5	400	550	345	552	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
M2132	锻件	30M5	280	550	280	550	183	183	—	—	—	—	—	—	—	—
M2142	锻件	16MND5	400	550	345	552	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
M2321	板	20NCD14.07	600	750	600	750	250	250	—	—	—	—	—	—	—	—

表 ZI.1.2

不锈钢*许用当量应力 S_m

采购技术规范	制品类别	法国标准协会 牌 号	20°C时 Re MIN MPa	20°C时 20°C时 MIN MPa	20°C时 Sy	20°C时 Su	许用当量应力 S_m MPa									
							50°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	340°C	360°C	370°C	570°C
M3203	板	Z10 C13	400	550	400	550	183	—	180	176	176	170	166	165	163	161
M3301	锻件	Z6 CN 18.10 $\phi \leq 150mm$	210	520	207	517	138	138	138	130	122	115	111	111	111	110
		$\phi > 150mm$	210	486	207	483	138	138	138	130	122	115	111	111	111	110
		Z5 CN 18.10 $\phi \leq 150mm$	210	520	207	517	138	138	138	130	122	115	111	111	111	110
		$\phi > 150mm$	210	486	207	483	138	138	138	130	122	115	111	111	111	110
(1)(2)	(15)	Z2 CN 18.10 $\phi \leq 150mm$	175	490	173	483	114	114	114	109	102	97	94	94	94	93
		$\phi > 150mm$	175	460	173	448	114	114	114	109	102	97	94	94	94	93
(1)(2)	(8)	Z2 CN 18.10 控制轧	210	520	207	517	138	138	138	130	122	115	111	111	111	110
		$\phi > 150mm$	210	486	207	483	138	138	138	130	122	115	111	111	111	110
		Z6CNCb18.11 $\phi \leq 150mm$	215	540	207	517	138	138	138	138	137	134	131	130	129	128
		$\phi > 150mm$	215	490	207	483	138	138	138	138	137	134	131	130	129	128
(1)(2)	(15)	Z8CNT18.11 $\phi \leq 150mm$	215	640	207	517	138	138	138	130	122	115	112	111	111	110
		$\phi > 150mm$	215	490	207	483	138	138	138	130	122	115	112	111	111	110