

RCC-M 标准使用适宜性分析

顾 健, 李建立, 江 宇

福建福清核电有限公司, 福建福清, 350318

摘要: 在核电工程实践中, 若设备的具体技术指标相较标准规范过于严格, 将会在工程实践中产生大量的不满足设备采购技术文件要求却满足法国《压水堆核岛机械设备设计和建造规律》(RCC-M) 标准规范要求的“达标”不符合项。根据工程实践经验, 从 3 个角度提出使用 RCC-M 标准的适度性原则, 可在一定程度上更加具体规范从业者的行为。

关键词: RCC-M; 技术标准; 适宜性分析

中图分类号: TM623 **文献标志码:** A

Analysis of Suitability in Application of RCC-M

Gu Jian, Li Jianli, Jiang Yu

Fujian Fuqing Nuclear Power CO. LTD., Fuqing, Fujian, 350318, China

Abstract: In the practices of the nuclear power plant construction, unpractical prescriptions in equipment technical specification will result in much more unnecessary non-conformance items which meet RCC-M. Based on the engineering experience, this paper proposed three moderate application principles from three aspects, which can more specifically regulate the behavior of the people in this field to some extent.

Key words: RCC-M, Technical Standards, Suitability Analysis

0 引 言

法国《压水堆核岛机械设备设计和建造规则》(RCC-M) 主要涉及压水堆核岛机械设备的设计和制造等方面。核电标准是核电的设计、建造、运行、管理等的技术依据; 核电标准是在核电设计、建造、运行、管理等活动中逐步建立并完善起来的^[1]。在核电工程实践中, 如何科学合理地应用标准规范, 是一个重要的课题。如果设备的具体技术指标相较标准规范过于严格, 将会在工程实践中产生大量的不满足设备采购技术文件要求却满足 RCC-M 标准规范要求的“达标”不符合项 (NCR); 另一方面, 国内已建和在建的第 2 代改进型核电项目大部份源自 20 世纪 70 年代的法国核电技术, 如果新建第 2 代核电项目在引

用前期核电项目的技术数据时不注意复核, 容易出现信息丢失或偏差, 进而违反标准规范。

本文基于我国核电工程实践, 对 RCC-M 标准在核电工程中的使用适宜性进行分析和探讨, 提出 RCC-M 标准工程应用的原则性建议, 并用工程实践统计数据予以佐证。

1 RCC-M 标准工程应用原则建议

在核电工程实践中发现, 部分设备技术指标由于没有选用合适的裕度, 特别是没有兼顾当地、当时制造厂家的实际制造能力, 导致产生大量的不满足设备采购技术文件要求却满足标准规范要求的“达标”不符合项 (NCR)。以国内某二代改进型核电项目压力容器 (RPV) 和蒸汽发生器

(SG)产生的 NCR 为例:RPV 和 SG 的 类不符合项共计 125 项,其中 NCR 有 28 项,约占 22.4%。RPV 和 SG 的“达标”不符合项主要集中于韧脆转变温度、焊条延伸率、焊材化学成分、Cu 含量和抗拉强度等方面(表 1)。

2 个技术指标影响叠加后导致设备出现不符合项等问题,需要设计单位在确定技术指标要求时,特别注意关联技术指标的叠加影响。建议考虑如下 3 种 RCC-M 标准的工程应用原则:

(1) 双标准的适度性原则(适用于对同一技术指标存在 2 种不同标准要求的情形):参考了新标准规范的设计要求值,建议以技术指标在 2 种方式下的算术平均值来确定设计要求值。

(2) 单标准的适度性原则(适用于单独的技术指标):由于设计要求值相较标准过高而使设备产生 NCR,说明目前设计要求不能很好地匹配设备厂的制造能力,因此建议在目前设计要求值与 RCC-M 要求值之间,将目前 75%的 NCR 纳入合格范围为目的确定设计要求值,以减少不必要的 NCR 数量,使得设计要求值更为合理可行。

(3) 关联标准的适度性原则(适用于互相影响的技术指标):通过分析电厂出现的具体不符合项,建议取每项单项指标上限值的 85%作为设计要求值,可以避免单项指标均满足要求、综合指标不满足要求的现象。

2 双标准的适度性原则

在 RCC-M 标准规范实际应用的过程中,会遇到规范对设备某一技术参数存在 2 种(或以上)不同方式要求的特殊情况,2 种要求对设备技术参数的要求严格程度有差异,但均满足标准规范。但实际操作上存在一定的难度,选高或低都会显得偏颇,建议以技术指标在 2 种方式下的算术平均值来确定设计要求值。

例如,RCC-M 2000+2002 补遗^[2]B5120 对压

水堆核电站一回路主系统的承压部件水压试验压力有如下 2 种选项:

(1) 高值 A:根据组成部件器壁的主要材料在试验温度下与设计温度下的屈服强度最低保证值之比计算得出的水压试验压力。

(2) 低值 B:根据组成部件器壁的主要材料在试验温度下与设计温度下的抗拉强度最低保证值之比计算得出的水压试验压力。

设计要求值选取算术平均值(A+B)/2,相较目前的设计要求更为保守,同时满足了新标准规范相应条款的要求。应用 RCC-M 2000+2002 补遗时选取算术平均值,经相应计算,前期依据 RCC-M 2000+2002 补遗建造的核电工程,其一回路主系统的承压部件的水压试验压力仍能满足 RCC-M 2007 版^[3]要求。

3 单标准的适度性原则

大部份标准都是单一的,设计人员选取时会自然增加一个裕度以防止因各种原因造成的偏差触及“底线”。针对现在普遍采用以前项目工程数据的做法,根据工程中出现大量 NCR 的情况,提出“适度性”原则。建议设计人员不应拘泥于原有的设备采购技术文件,而应积极采纳电厂工程实践的经验反馈,根据制造厂实际制造水平的变化,对原有设备采购技术文件进行升版,制定科学合理的技术指标要求。

经对大量此类 NCR 的不完全统计分析,在目前设计要求值与 RCC-M 要求值之间,建议设计人员以工程实践选取合适的技术指标要求。建议要求如下:将目前 75%的 NCR 纳入合格范围为目的确定设计要求值,对余下 25%的 NCR 不予放行。如果按照单标准的适度性原则,修改相应的设计要求值后,设备 NCR(SG 试板抗拉强度 NCR、RPV 锻件韧脆转变温度超标 NCR 和焊条延伸率超标 NCR)可由 19 项减少到 5 项,可大

表 1 部分“达标”不符合项统计情况

Table 1 Statistics for Part of NCR

不符合项类型	不符合项数量	RCC-M 要求	采购技术文件要求	处理意见	处理周期
韧脆转变温度超标	5	满足	不满足	照用	39~358 d; 平均 111 d;
焊条延伸率不合格	7	满足	不满足	照用	87~257 d; 平均 151 d
焊材化学成分不合格	5	满足	不满足	照用	70~298 d; 平均 117 d
螺栓 Cu 含量超标	4	满足	不满足	照用	40~119 d; 平均 62.5 d
试板试样抗拉强度不合格	7	满足	不满足	照用	16~35 d; 平均 32.5 d

量减少因处理设备 NCR 而导致浪费的制造工期管理资源。

4 关联标准的适度性原则

关联指标是指规范标准中，对每一个指标都给出了具体的取值要求，这些指标又以某种方式组合在一起，产生另一特定技术指标。在核电工程实践中发现，如果 2 项或多项指标实际值满足规范要求且逼近上限值时，往往造成特定技术指标超标。

国内某核电厂对反应堆冷却剂系统核辅助管道焊缝进行液体渗透检查，发现部分管道环焊缝和支撑焊缝存在超标，焊缝缺陷均为热（微）裂纹。经过专家和技术人员分析，产生上述焊缝缺陷的主要原因，主要是部分焊材个别化学成分指标已接近设计标准限值，同时管道实际安装过程中的部分焊缝焊接操作不够规范，2 项关联因素的影响互相叠加，最终导致焊缝热裂倾向增大，产生了安全隐患。经统计分析，在确立单项指标设计取值时，适度选取每项单项指标规范标准上限值的 85% 作为设计上限值，就能避免上述问题的发生。

以压力容器进口接管的化学元素 Mo、Cr、V 含量及焊接再热裂纹敏感性系数 ΔG ($\Delta G = 3.3[\text{Mo}\%] + [\text{Cr}\%] + 8.1[\text{V}\%] - 2$) 为例，RCC-M 对各元素含量的要求，以及产生的不符合项如表 2 所示。

上述 3 种元素均满足 RCC-M 要求值与采购文件要求值，但焊接工艺要求 $\Delta G > -0.1$ ，上述元素含量实测值计算得到 $\Delta G = -0.07$ ，不满足焊接工艺要求，造成另一种 NCR。按照关联标准的适度性原则，将每项单项指标规范标准上限值的 85%

表 2 压力容器进口接管的化学元素含量不符合项
Table 2 NCRs for Chemical Element Content of Pressure Vessel Inlet Nozzle

元素	RCC-M 要求值/%	采购文件要求值/%	测定值/%
Mo	0.43-0.57	0.45-0.55	0.52
Cr	0.25	0.15	0.13
V	<0.01	<0.01	<0.01

作为设计上限值， $\Delta G = 0.85 \times (3.3 \times 0.57 + 0.25 + 8.1 \times 0.01) - 2 = -0.12$ ，即可同时满足 RCC-M 和焊接工艺要求。

5 结束语

基于核电工程实践，归纳提出了在核电设备设计标准规范应用中的 3 类适度性原则：双标准的适度性原则、单标准的适度性原则、关联标准的适度性原则。建议核电厂设计过程中，在满足设计标准规范的基础上，应统筹考虑核电设备制造业界最新的技术水平，同时结合核电厂工程实践和经验反馈，确定设备采购文件中的约束性技术指标；在关闭不符合项时，应选择合适的技术指标验收准则，需考虑不符合项与其他技术指标的叠加影响，以避免不符合项对工程后续的质量控制产生更大的不利影响。

参考文献：

- [1] 张蕾, 周涛, 洪德训, 等. 核电标准与核电安全[J]. 环境保护与循环经济, 2012(4): 27-30.
- [2] AFCEN, RCC-M. 压水堆核岛机械设备设计和建造规则 (2000 版+2002 补遗) [S]. 2002.
- [3] AFCEN, RCC-M. 压水堆核岛机械设备设计和建造规则 (2007 版) [S]. 2007.

(责任编辑：张祚豪)