

文章编号: 0258-0926(2016)S1-0103-04; doi: 10.13832/j.jnpe.2016.S1.0103

军工核安全机械设备制造许可审评 ——模拟件制作关注重点

张小伟, 王晓荣, 孙德泉, 李 涛, 黄兴蓉

国防科工局核技术支持中心, 北京, 100080

摘要: 模拟件制作是军工核安全机械设备制造许可审评的重要内容之一。本文简要介绍了模拟件制作审评技术关注重点, 如选型原则、标准规范、关键工艺、检验与试验等内容。重点针对不同类别的能动机械设备模拟件的鉴定试验所需依据的试验标准、试验项目和试验顺序进行了阐述, 为以后类似设备的审评提供了参考。

关键词: 模拟件制作; 许可证; 审评; 关键工艺; 鉴定试验

中图分类号: TH69 **文献标志码:** A

Manufacturing License Review of Military Nuclear Safety Mechanical Equipment ——Mockup-Manufacture and Review Key Points

Zhang Xiaowei, Wang Xiaorong, Sun Dequan, Li Tao, Huang Xingrong

Nuclear Technology Support Center, State Administration of Science, Technology and Industry for National Defense, Beijing, 100080, China

Abstract: The mockup manufacture is one important part of the manufacturing license review for military nuclear safety mechanical equipment. In this paper, it was introduced that the key points in mockup manufacture review such as mockup selection principles, standard specifications, key process and test contents. Moreover, the test standards, items and sequence which were of necessity in the identification test of active mechanical equipment mockup of various kinds were elaborated in this paper, to provide references for similar equipment review afterwards.

Key words: Mockup manufacture, License, Review, Key process, Identification test

0 引言

根据《军工核安全设备监督管理办法》(科工核应安[2015]544号)的规定^[1], 对于未从事过相同或类似核安全设备制造的申请单位, 或制作过相同或类似设备, 但主要人员或关键技术条件发生改变的申请单位, 应当根据其申请的设备类别、活动范围、材料牌号、结构型式以及制造工艺等, 按照适当比例制作与目标产品在材料、结构型式、制造工艺等方面相同或者相近的模拟件。同时, 申请领取军工核安全设备设计和制造许可

证的单位, 应当在模拟件制作过程中, 完成相应的鉴定试验。

1 模拟件制作概述

申请军工核安全机械设备制造许可证的单位, 应按所申请的设备类别进行模拟件制作; 若不制作模拟件, 则应提供相应的证明材料供国防科工局审查认可。申请单位确定模拟件制作要求时, 需充分考虑所申请的活动范围、产品结构、制造能力和业绩, 同时应根据《国防科技工业军

用核设施质量保证规定》(科工法[2005]311号)的要求建立完善的质量保证体系;该体系需在模拟件制作过程中得到有效实施和运转。申请单位需按照经审评者认可的模拟件制作方案和质量计划开展模拟件制作活动,并在模拟件制作过程中接受国防科工局的监督检查。

在模拟件制作活动全部结束后,若需进行鉴定试验的,应在所有鉴定试验通过后,提交模拟件制作完工总结报告。

2 模拟件制作审评关注重点

2.1 选型原则

机械设备大体可分静设备和能动设备。静设备主要有:压力容器、储罐、热交换器(管壳式或板式)、支承件、堆内构件、管道和管配件以及铸锻件、法兰、贯穿件、钢制安全壳等;能动设备有:控制棒驱动机构、泵、风机(压缩机)、阀门和阻尼器等。不同类别、不同安全级别的机械设备模拟件选取原则不尽相同。

对于压力容器、储罐、热交换器等产品,在有常规产品业绩和技术装备能力的基础上,申请单位提供相关证明材料,经审评认可后,可采用适当比例的模拟件对关键工艺或技术进行模拟。对于泵(主泵除外)、阀门、管道及其支承件等设备,原则上应采用1:1的比例进行模拟件制作^[2]。

模拟件选材应与所申请目标产品的材料相同或被覆盖。模拟件的结构型式、关键工艺、检验和试验要求应与申请制造的目标产品一致。模拟件的制作方案应体现目标产品的主要结构特点及关键工艺。例如:压力容器模拟件应包括成形、焊接、检验、热处理、功能性试验等工艺。热交换器模拟件除一般容器中规定的结构和工艺外,还必须包括胀管和密封焊等,管板厚度和传热管数量及规格由审评单位根据目标产品实际情况审查认可。

2.2 标准规范

模拟件制作涉及的焊评、材料复验、成形、机加、焊接、检验和试验等环节所需执行的标准规范应与申请制造的目标产品一致,即满足设计文件及其规定的相关标准的要求。

2.3 关键工艺

针对不同类别的机械设备其关键工艺略有不同。机械设备关键工艺一般包括有成形、机加、

焊接(堆焊、喷焊)、胀接(或胀焊并用)、无损检测、热处理和功能性试验等。审评者在模拟件制作审评过程中应关注模拟件所涉及的成形、焊接、热处理等工艺试验和工艺评定,审查已有的工艺评定项目是否能覆盖模拟件制作的全部工艺;若不能被覆盖,应要求申请单位说明计划何时完成。

2.4 检验

检验一般包括理化检验和无损检测等。在理化检验方面,审评者应关注模拟件的理化检验项目、验收标准及验收指标。在无损检测方面,审评者应关注模拟件原材料复验和制作过程中所涉及的无损检测项目、验收标准及验收指标。同时,审评者还应关注检验人员、检验设备和相应的检验规程是否满足模拟件制作的需要。

2.5 试验

不同类别的机械设备功能性试验的项目要求相差甚异,能动设备相对静设备试验项目多。压力容器、储罐、换热器类设备主要有强度试验和密封试验,审评者要协助申请单位完整理解目标产品设计文件的要求,明确模拟件的试验要求,如试验介质、试验压力、试验规程和验收准则等内容。同时审评者还应关注试验人员、试验条件是否满足模拟件试验的要求。模拟件制作的试验要求应与目标产品一致。

控制棒驱动机构、泵、风机、阀门和阻尼器等能动设备,在模拟件制作过程中应完成所有的鉴定试验,包括技术条件规定的功能性试验、环境试验、抗震试验等。模拟件的鉴定方法有分析法、试验法和经验法(扩展法)。对于抗震1A类的能动机械设备一般应采用试验法,对于抗震1I类的能动机械设备一般应采用分析法。不同类别的机械设备的鉴定试验所依据的标准规范、鉴定内容、试验项目、试验先后顺序是不同的。模拟件鉴定试验的审评关注点是鉴定项目和标准。目前,军工核安全能动机械设备的鉴定标准主要参照NB/T20036—2011《核电厂能动机械设备鉴定》执行^[3-7],该标准是参照ASME QME-1《核电厂能动机械设备鉴定》(2007年)转化而来的,抗震鉴定标准还参照了HAF·J0053《核设备抗震鉴定试验指南》。以下是对控制棒驱动机构、泵、风机、阀门和阻尼器等典型能动设备的鉴定试验进行的简要归纳。

2.5.1 控制棒驱动机构 控制棒驱动机构是确保核反应堆安全可控的重要动作部件，用以驱动各种用途的控制棒组件在堆芯内上下抽插，实现反应堆的启动、调节和停闭。控制棒驱动机构由于结构型式不同，常见有磁力销爪型、磁阻马达型和水力驱动型等，其鉴定内容也不相同。不论何种结构型式均需进行冷态性能试验、热态性能试验、寿命考核试验和抗震鉴定试验，具体每项试验的考核要求应满足设计文件，同时视具体结构型式可参照 GB、EJ/T、GJB 和 NB/T 等相关标准在试验大纲中详细给出规定。

2.5.2 泵 核级泵应用较多的有离心轴封泵和屏蔽泵。泵的鉴定试验分单项试验和型式试验。单项试验包括：水力模型试验、机械密封性能试验及寿命考核、密封材料、电机绝缘材料等非金属材料的耐辐照试验、泵的接管载荷模拟试验、水力轴承的性能试验及寿命考核、其他试验（如惰转试验）。泵机组型式试验：性能试验（包括水力性能、汽蚀性能、密封及轴承部件性能、机组振动及噪声水力试验）；冷态、热态考核；启停试验；热冲击试验；冷却水中断试验；杂质流体运行试验；自振频率测定；惰转试验；抗震鉴定。审评者在审评中应关注各项鉴定试验的具体要求和验收指标。

2.5.3 风机 核级风机应用最多的是通风机，它为各厂房不同工作区域的通风提供空气输送力。风机按工作原理可分为离心机、混流机和轴流机。表 1 给出了一种核级风机模拟件需要进行鉴定的试验项目。

2.5.4 阀门 阀门是流体输送系统中的控制部件，具有截断、调节、止回、卸压等功能。阀门种类繁多，如按结构可分为截止阀、球阀、闸阀、蝶阀、调节阀、止回阀等。阀门的基本参数有公称通径、公称压力、试验压力、工作压力等。标准规定阀门模拟件的覆盖范围限制在样机阀门口径的 50%~200%，压力等级限制在样机阀门的 90%~200%。阀门模拟件制作数量较多，阀门模拟件审评具体实践中除执行技术规格书的要求外，主要参照 NB/T20036 作为依据。NB/T20036 是参照 ASME QME-1-2007 版将阀门分为 A、B 类，安全阀归入 B 类。根据阀门分类，该标准对阀门试验内容进行了部分修改，主要有：对 B 类动力驱动阀门，不需要进行流体阻断试验；B 类自驱动阀门不需要进行端部加载试验。ASME

QME-1-2007 版对阀门鉴定前的寿命试验定义为 500 次，NB/T20036 标准根据国内实际鉴定情况，规定阀门鉴定前应进行寿命试验，试验次数为技术规格书规定次数或 2000 次；结合国内实际情况，NB/T20036 标准还增加了振动老化试验和冷热交变试验项目。表 2 给出阀门鉴定所需的试验项目。

表 1 核级风机的鉴定试验项目

Table 1 Evaluation Test Projects for Nuclear-Grade Fans

序号	试验方法	试验标准	验收标准
1	超速试验	JB/T6445	不得有裂纹；直径变形量 0.5%
2	泄漏试验	规格书要求	泄漏值应低于风机额定风量的 0.01%/250 Pa 压差，或小于 0.85 m ³ /h
3	空气动力性能试验	GB/T1236	在规定的流量下，允许压力偏差为 0~10%
4	噪声试验	GB/T2888	97 dB(A)
5	震动试验	JB/T8689	震动速度（峰值）V 6.5 mm/s
6	机械运转试验	规格书要求	运转时有无异响；轴承温升不得超过 50，表面最高温度不超过 95
7	抗震鉴定试验	HAF J0053	在地震加速度下能保证结构完整性和可运行性

表 2 阀门组件鉴定试验项目

Table 2 Evaluation Test Projects for Valve Unit

试验种类	动力驱动阀门		自驱动止回阀		安全卸压阀	
	鉴定 A 类	鉴定 B 类	鉴定 A 类	鉴定 B 类		
检验	是	是	是	是	是	
地震试验	是	是	—	—	是	
端部加载试验	是	是	是	—	是	
振动老化试验	是	是	—	—	是	
环境和老化模拟试验	是	是	是	是	是	
循环试验	冷循环功能试验	是	是	否	否	
	热循环功能试验	是	是	否	否	
	性能和泄漏试验	否	否	否	否	是
冷热交变试验	是	是	是	是	否	
流体阻断性能验证	流体阻断试验	是	否	是	否	
	外部环境影响试验	否	否	否	否	是
	热影响试验	否	否	否	否	是
排放量试验	否	否	否	否	是	

针对目标阀门的实际用途，每型阀门模拟件的具体试验项目会有所删减，但必须经设计单位和审评者同意。每类阀门的试验顺序也应参照 NB/T20036 的相关规定执行，同时在阀门模拟件

表3 典型液压阻尼器的鉴定试验项目
Table 3 Evaluation Test Projects for Typical Hydraulic Damper

项目	试验项目	试验内容	验收指标
1	基本力学性能测试 (静态性能测试)	低速摩擦阻力	额定载荷的 1.5%
		闭锁速度试验	按技术规格书要求
		闭锁后速度试验	按技术规格书要求
		空程试验	按技术规格书要求
2	环境试验	高湿环境性能测试: 温度 70 和相对湿度 (95%) 贮存 240 h	基本力学性能符合要求, 满足技术规格书要求
		盐雾环境性能测试: 温度 35 和盐雾浓度 (5%) 环境下存放 48 h, 自然风干	无明显锈蚀现象
3	动态性能测试	加载位移 0.03 mm, 5 Hz, 加载 10000 次;	试验后阻尼器锁紧部件没有出现明显的磨损。
		加载位移 0.02 mm, 10 Hz, 加载 10000 次;	
		加载位移 0.01 mm, 15 Hz, 加载 20000 次;	
4	耐久性试验 (额定载荷)	额定载荷下 20000 次拉伸试验	阻尼器无漏油, 紧固件无损坏
		给活塞杆 0.4 mm/s, 进行 40000 次耐久性测试	
5	强度试验 (动态性能测试)	过载性能: 1.5 倍额定载荷, 往复 100 次	阻尼器无漏油, 紧固件无松弛、无损坏, 振动响应无性能变化, 基本力学性能满足设计要求
		极限性能: 0.5 倍额定载荷, 往复 10000 次, 完成 2 项试验后进行基本力学性能测试	
6	基本力学性能测试 (静态性能测试)	低速摩擦阻力	额定载荷的 1.5%
		闭锁速度试验	按技术规格书要求
		闭锁后速度试验	按技术规格书要求
		空程试验	按技术规格书要求

制作方案中说明。

2.5.5 阻尼器 阻尼器是用来保护核级管道和设备在遭受突加载荷 (如安全阀排放、水锤、地震等) 时免受破坏的线性支承件。对热胀引起的缓慢运动不受约束作用, 其阻力很小。阻尼器模拟件制作审评中, 审评者需重点关注鉴定试验大纲中试验项目的完整性、试验标准和验收标准的适用性、试验项目的顺序性。表 3 为典型液压阻尼器的鉴定试验项目。

2.6 质量保证

对模拟件制作的质量保证要求, 其主要目的是保证模拟件制作过程依据产品的工艺规程、采购文件、试验大纲和质量计划的要求, 对产品形成过程进行质量控制, 并进行检验和监督, 确保产品的质量特性满足技术规格书及相关标准规范的要求。因此, 在模拟件制作过程中必须严格执行质量保证大纲及大纲程序文件, 重点对人员资格的评定, 焊接和热处理等特殊工艺的工艺试验与评定, 检验、测量和试验设备维护和检定, 场地与环境条件, 物项和分包采购, 质量计划执行, 产品检验和试验, 不符合项等方面进行控制, 以确保模拟件质量的可控。

3 结束语

模拟件制作是军工核安全机械设备制造许可

审评的重点之一, 通过多个项目近 30 家申请单位的具体实践, 认为对模拟件制作方案和质量计划的审评是制造许可审评中持续时间最长、工作量最大的环节。本文通过归纳总结模拟件制作审评关注重点, 以期在今后的审评中提高审评质量和工作效率, 同时文章的部分内容和实例也可为核级机械设备制造申请单位和监管部门审评提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 科工核应安[2015]544号.《军工核安全设备监督管理办法》[S]. 2015.
- [2] 黄炳臣, 焦殿辉. 主蒸汽超级管道许可证模拟件制作的基本要求, 核安全[J]. 2014, 3(3): 77-83..
- [3] NB/T20036.1-2011. 核电厂能动机械设备第 1 部分: 通用要求[S]. 2011.
- [4] NB/T20036.2-2011. 核电厂能动机械设备第 2 部分: 抗震鉴定[S]. 2011.
- [5] NB/T20036.4-2011 核电厂能动机械设备第 4 部分: 动态约束器鉴定[S]. 2011.
- [6] NB/T20036.5-2011. 核电厂能动机械设备第 5 部分: 泵组件鉴定[S]. 2011.
- [7] NB/T20036.6-2011. 核电厂能动机械设备第 6 部分: 阀门组件鉴定[S]. 2011.

(责任编辑: 张祚豪)