

Platform Development and Application of Revision and Review Support System for Safety Important Items in Nuclear Power Plant

Guoqing Zhang¹, Xiang Zou², Hongbin Zhao¹, Shanshan Ding^{2*}

¹Nuclear Power Engineering Co. Ltd., Shenzhen Guangdong

²Nuclear and Radiation Safety Center, MEP, Beijing

Email: zgq880@qq.com, *dingshanshan@chinansc.cn

Received: Aug. 11th, 2019; accepted: Sep. 3rd, 2019; published: Sep. 10th, 2019

Abstract

Based on the investigation of the management of safety important items in nuclear power plants by foreign nuclear power review and management agencies, and combined with the current situation and review requirements of safety important items in China, the process and structure of the establishment of the review support system were explained, meanwhile, the technical support system for the modification and review of safety important items was developed. The review support system was based on design benchmark and design logic and combined with the standard review outline of multi-professional and multi-equipment. Multi-professional and multi-task joint review without geographical restrictions can be realized. The system can also be used as a reference for the standardization of security item modification and review.

Keywords

Safety and Important Items, Modification, Review, Support System

核电厂安全重要物项修改审评系统开发及应用

张国庆¹, 邹象², 赵鸿斌¹, 丁珊珊^{2*}

¹深圳中广核工程设计有限公司, 广东 深圳

²环境保护部核与辐射安全中心, 北京

Email: zgq880@qq.com, *dingshanshan@chinansc.cn

收稿日期: 2019年8月11日; 录用日期: 2019年9月3日; 发布日期: 2019年9月10日

*通讯作者。

摘要

通过调研国外核电审评管理机构对核电厂安全重要物项修改的管理,以及结合我国当前安全重要物项修改审评现状和审评需求,阐述了审评支持系统建立的过程和架构,并开发了安全重要物项修改审评技术支持系统。本审评支持系统以设计基准和设计逻辑为重要基础,结合了多专业多设备的标准审评大纲,可实现多专业多任务联合审评、不受地域限制优点,还可供安全物项修改审评标准化参考。

关键词

安全重要物项, 修改, 审评, 支持系统

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着国内在建和在役核电厂技术进步,核安全的要求提高,以及核电厂运行经验的不断积累,每年都存在与初始设计、建造差异的物项修改[1]。根据现行核安全法规 HAF103《核动力厂运行安全规定》[2]、HAF103/01《核电厂运行安全规定附件——核电厂换料、修改和事故停运管理》[3],核电厂运行期间的修改包括:构筑物、系统和部件的修改;运行限值和条件的修改,规程和程序的修改。

物项修改分为安全重要物项修改和一般物项修改。安全重要物项修改为“影响到颁发运行许可证依据的安全重要构筑物、系统和部件的修改、运行限值和条件的修改以及原先由国家核安全部门批准的程序和其它文件的修改”,除此以外的所有修改称为一般物项修改。

HAF103/01 中对核电厂的安全重要物项修改有总体规定和要求,申请者提供申请报告时,要求的基本内容见表 1。安全重要物项修改申请报告中的相关信息,尤其是涉及安全的影响分析被正确的分析和理解,是安全重要物项修改审评的核心内容。审评一般涉及多个专业,如果开发一个可联合多专业审评的标准平台,给审评人员提供一个专业评审的指南,专业评审意见可以共享,将有利于跨专业物项修改的审查,以及核电机组安全水平提升。

Table 1. Application report require of safety important items revision

表 1. 我国安全重要物项修改申请报告要求

序号	基本内容
a	修改起因的描述(包括预计运行事件的评价和报告)
b	修改计划
c	修改的设计论证
d	修改的安全分析资料
e	构筑物、系统、部件修改后的试验项目及受影响的相关系统和设备的功能和性能重新验证项目
f	修改期间的辐射防护措施
g	营运单位对修改方案的审查意见
h	国家核安全局要求的其他资料

在调研国外的安全重要物项修改管理基础上, 结合我国核电的安全重要物项修改现状, 中广核开发了安全重要物项修改审评的应用平台, 该平台已在环境保护部安审中心得以应用。

2. 需求提出

目前, 国际上主要核电国家的核电审评管理机构对核电站建造阶段的审评和运营后安全重要物项修改的审评过程大致相同, 两者间有很强的参考价值。这些机构对核电厂安全重要物项修改审评时, 都有明确的审评程序。表 2 给出了各国核安全审评管理机构和安全重要物项修改申请报告的规定。

Table 2. Administration organ for review of safety important items revision and related regulation of application report
表 2. 安全重要物项修改审评管理机构和申请报告的相关规定

国家	安全审评的管理机构	安全重要物项修改申请报告的相关规定
美国	美国核管理委员会	a) 由 RG 1.70《核电站安全分析报告标准格式和内容》详细规定; b) 根据 RG1.188《更新核电厂运行执照申请的标准格式及内容》参考。
法国	法国核安全局	由《在运核反应堆的安全重要物项改造指导程序》、《修改项材料和相关要求的制定方法》详细规定。
德国	反应堆安全委员会和辐射防护委员会	a) 对修改涉及的安全影响分析及设计论证; b) 列出涉及的所有安全重要物项的清单及实际情况, 以及对最终安全分析报告的影响; c) 采用适当的方法, 对设计输入、设计方案、设计输出等逐一进行设计论证; d) 内部专家组对修改申请的审查和论证。
英国	核能管理办公室 (ONR)、健康与安全局	a) 从设计安全方向判定, 确认修改的设计遵守安全分级和相关准则; b) 论证相关事故和环境条件对物项的影响, 确保其能执行安全功能; c) 设计论证, 需提供对修改设计论证的证明 (包括设计依据及符合性, 系统影响分析及措施, 工艺流程、控制参数的设计论证, 设备性能的论证等)。
加拿大	原子能管理局	a) 修改的总体描述; b) 设备的设计依据, 运行特性以及安全的影响分析; c) 对安全分析报告和安全准则的影响; d) 设计论证的内容(原设计的依据, 修改的设计依据, 设计结果数据的比对, 设计验证的方法和过程, 对设计的审查和评审方法、结论); e) 试验性计划。

虽然各国规定的细节和要求的描述方式有所不同, 但有一些共性核心要求, 归纳如下:

- 1) 对相关事故修改分析论证;
- 2) 修改对设计安全分析和安全准则的影响;
- 3) 修改的设计依据、设计论证;
- 4) 设计验证过程与方法, 试验计划等。

以上要求在相关文件中都有详细的深度、范围规定。

我国核安全审评管理机构对申请者提交安全重要物项修改申请报告也有总体明确要求, 审评时也有着明确的基准和程序, 但安全重要物项修改往往涉及专业众多, 同时物项修改的重要程度、各电厂申请报告主编人对物项修改的整体认识能力不一, 导致最终物项修改申请报告详尽程度不一, 从而给审评带来一定困难。从审评角度出发, 面对各类构筑物、系统部件的修改, 涉及到许多支持性文件, 如安全准则、安全分析报告、设计系统手册等, 如何更好判定修改分析的正确性、合理性、完整性, 快速找到对应的设计安全准则和受影响文件, 如何让多专业的评审专家互相配合、信息共享, 并将评审流程标准化、系统化, 则需要一个标准审评系统, 将上述的功能集合在一起。因此, 建立安全重要物项修改审评支持系统, 是一种必要的探索, 可为核安全提供有力的保证。

3. 安全重要物项修改审评技术支持系统开发

3.1. 系统开发需求

安全重要物项修改需集合工艺、电气、仪控、机械等多专业，涉及的物项修改主要包括设备级(含部件)、系统级(含功能)，涉及修改的清单包括设备清单，文件清单，程序清单等，将安全重要物项修改审评技术支持系统整合成一个综合性、多专业协作的平台，是本支持系统开发的需求。

3.2. 审评支持系统建立

审评支持系统的建立，主要包括如下几个过程：

- 1) 正确的认识设计基准和设计层级：从电厂功能、系统功能、系统准则到工艺(部件)参数几个层级出发，认清各层级设计时的基准，可逐层维护好在役核电厂的安全和设计的完整性；
- 2) 确定安全重要物项修改逻辑：确定各个物项修改时带来的可能的影响，影响分析越详尽越好，这样可确保后续按照正确的设计方法进行逐项评价；
- 3) 制定详细安全物项修改审评大纲：根据安全重要物项修改具体内容，结合具体的指导标准、规定和要求，制定出电气、仪控、机械、工艺专业审评大纲，给出审评方法、要点和审评依据；
- 4) 结合国家、行业标准和物项的标准：制定出详细安全物项修改审评大纲后，也要将标准作为支持审评的依据；
- 5) 参考原物项的基础数据库：给出安全重要物项(如机械、电气、仪控、热工水力等)重要详细参考参数，将这些参数纳入安全物项审评基础数据库；
- 6) 根据流程实施评审和信息传递：利用以上获取信息，通过层级分析、头脑风暴、横向对比、定量分析等方法，展开安全物项修改审评，并实现多专业信息及时传递。

审评支持系统建立流程如图 1 所示。

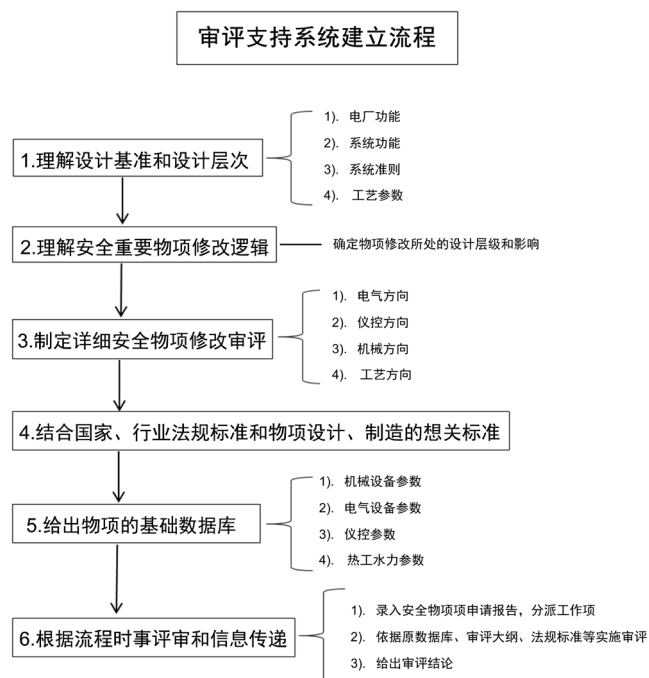


Figure 1. Establish process of review support system

图 1. 审评支持系统建立流程

3.3. 审评支持系统架构

审评技术支持系统采用 asp.net c#语言，数据库采用 sqlserver2008。系统搭建了三层结构，分别为数据访问层，业务逻辑层，表现层，前端采用了 jquery 脚本语言。其中核心内容为审评任务管理，包括了安全重要物项(含工艺和设备两大类)审评过程以及文件管理，主要组成部分见图 2 所示审评支持系统架构。

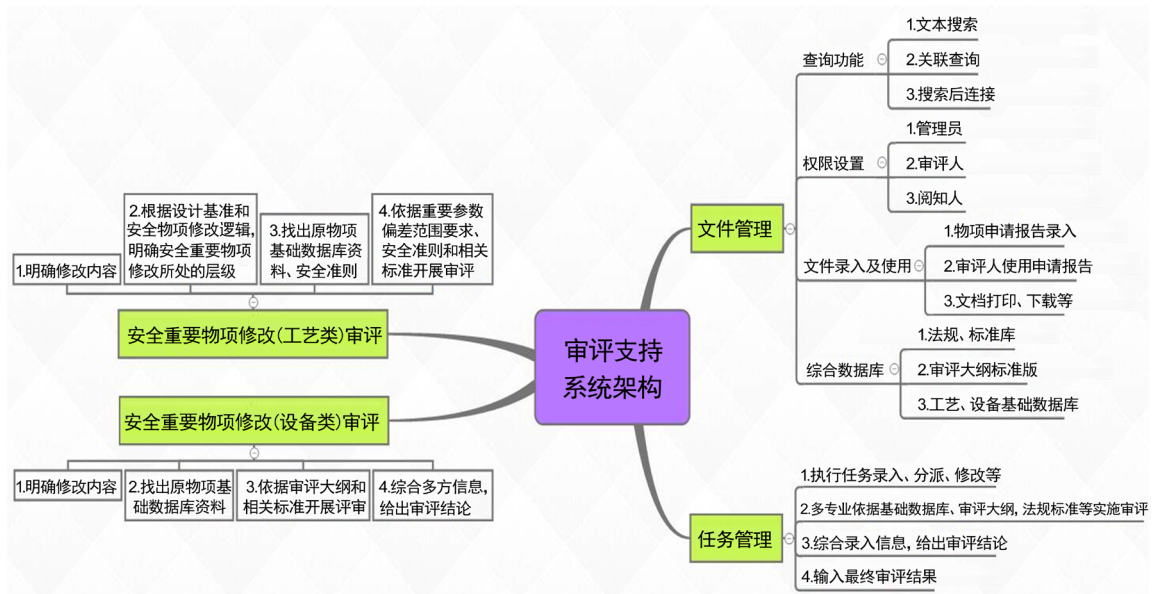


Figure 2. The frame of review support system

图 2. 审评支持系统架构

根据上述开发需求和流程，开发了审评支持系统，本系统相关物项属性界面和分析界面实例如图 3 和图 4 所示。图 3 以机械设备中的容器为例，选择了需要关注的评审要素，在安全重要物项修改审评时，这些参数的变化就纳入审评范畴。审评时着重关注参数变化部分与原数据差异部分，以及论证的合理性。图 4 是以 M310 堆型的应急堆芯注入系统中的高压安注泵为例，在此界面中，重要工艺参数均已列出，且关联了相关安全准则，方便审评人员进行对比评判，开展更深入的评审。

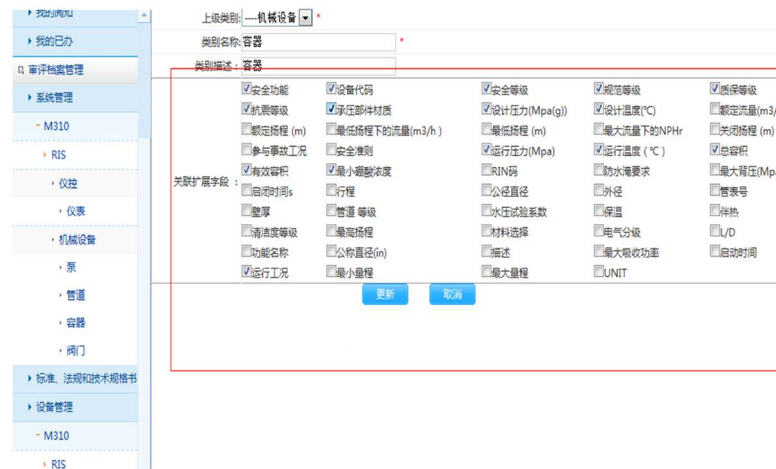


Figure 3. The element interface of safety important items

图 3. 安全重要物项属性界面

修改系统参数	
类别：	泵
堆型：	M310
设备编码：	RCV001PO <small>*如果多编号的属性</small>
备注：	
关闭扬程 (m)	1830 <small>系统参数关联安全准则</small>
最低扬程 (m)	500 <small>系统参数关联安全准则</small>
最低扬程下的流量(m ³ /h)	>160 <small>系统参数关联安全准则</small>
额定扬程 (m)	1767 <small>系统参数关联安全准则</small>
额定流量(m ³ /h)	34 <small>系统参数关联安全准则</small>
设计温度(°C)	120
设计压力(Mpa(g))	20.7
承压部件材质	不锈钢

Figure 4. Analysis interface of revision of safety important items
图 4. 安全重要物项修改分析界面

在符合原先的设计意图的基础上，审评支持系统完成开发，并引进了第三方软件公司测试，测试结果满意，并得到了环境保护部核与辐射安全中心人员确认，最终顺利通过验收，并在小型局域网内使用。

3.4. 审评支持系统特点和应用拓展

3.4.1. 审评支持系统特点

审评技术支持系统的建立，具有如下特点：

- 1) 设计基准和设计逻辑是安全重要物项审评平台建立的重要基础，它们保证了安全重要物项修改的安全和设计的完整性；
- 2) 审评支持系统中集合了多专业多设备的标准审评大纲，该大纲用于重要物项修改标准审评，参考了大量的国家标准和行业标准而编制，是一次探索性的尝试。

3.4.2. 审评支持系统应用拓展

审评支持系统是一个基础性的平台，它可以通过如下几个方面优化后，可供全面性、智能化开展安全物项修改标准化审评：

- 1) 建立多专业的系统安全准则、设备基础数据库等，从而适用于安全重要物项修改的比对、偏差分析，确认涉及的修改最终满足审评要求；
- 2) 不断推动安全重要物项修改涉及的设备审评大纲标准化，将相关审评大纲在遵照最新国际、国家及行业标准前提下实现标准化，可让核安全审评依据更加有利完善；
- 3) 审评支持系统的标准化，也会促进核电厂业主提交安全重要物项修改申请报告的标准化，开发出安全重要物项修改申请报告专用平台，严格按照审评要求来逐项编制，最终与审评平台实现无缝对接；
- 4) 将该平台搭建在大型局域网内部后，相关评审工作可同时多人、多任务在线开展工作，突破了地域限制，大大提高了工作效率，并维护了核安全水平。

4. 结论

本文调研国外核电审评管理机构对核电厂安全重要物项修改的管理,并结合我国当前安全重要物项修改审评现状,首次在我国自主开发了安全重要物项审评支持系统平台,提高了评审效率、质量,获得预期效果。现阶段的支持系统可以实现系统化、多专业审评,有利于提升核安全。该支持系统是一个基础平台,未来在建立基础数据库、推进审评大纲标准化、搭建在大型局域网上等措施完善后,可实现安全重要物项修改标准化审评。

另外,依托审评支持系统,后续可开发出核电厂业主安全物项修改申请报告专用平台,最终与该审评平台实现无缝对接。

参考文献

- [1] 朱杰,肖志,熊文彬,陈睿.秦山核电厂 2009-2011 年安全重要修改的原因和趋势分析[J].核安全,2012(3):12-16.
- [2] 国家核安全局. HAF103-2004 核动力厂运行安全规定[S].北京:国家核安全局,2004.
- [3] 国家核安全局. HAF103/01-2004 核电厂运行安全规定附件——核电厂换料、修改和事故停堆管理[S].北京:国家核安全局,2004.