

中国人类工效学学会标准

T/CESS ×××××—202×

核电厂人因事件中人员失误分析方法

Methodology for analysis of human-related events in nuclear power plants

202×-××-××发布

202×-××-××实施

中国人类工效学学会 发布

目 次

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准由中国人类工效学学会提出并归口。

本标准起草单位：清华大学、核电运行研究（上海）有限公司。

本标准主要起草人：。

引 言

本标准为核电厂运营单位、核电监管部门提供一个规范化的指南，以实现核电厂人因事件中的人员失误的系统化全过程分析（包含事件信息收集、人员访谈和人因失误机理分析等过程），为核电厂经验反馈、行为纠偏、风险管控建议、人员培训等提供支持。

核电厂人因事件中人员失误分析方法

1 范围

本标准提供核电厂人因事件中人员失误分析的规范，给出分析的程序、推荐的信息收集方法、编码和记录模版，并给出了提出改进措施的指导。

本标准适用于核电厂运行和模拟机培训过程中发生的人员失误的分析与记录。

本标准为核电厂运营单位、核电监管部门提供一个规范化的指南，以实现核电厂人因事件中人员失误的系统化、标准化分析，为核电厂运行安全技术和改进等提供支持。

注：核电厂包括数字化核电厂和传统模拟核电厂。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2900.99 电工术语 可信性

NB/T 20489 核电厂事件根本原因分析方法

3 术语和定义

GB/T 2900.99界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 人员效能 human performance

人员在工作中的行为表现。

3.2 人因失误模式 human error mode/human error type

不同的人因失误表现背后共同的认知或行为上的失效类型。

3.3 效能影响因子 performance influencing factors, PIF

影响人员行为和效能的因素[NB/T 20297]。也称绩效影响因子或绩效形成因子。

3.4 事件 incident

事物在一定时期内发生的变化，或是一个实时发生的事情。通常指不期望或非计划发生的事情。可能有突发的情形和严重后果[NB/T 20489]。

3.5 人因失误事件 human failure event

由于人员不动作或不适当的动作而引起的一个部件、系统或功能的失效或不可用的基本事件，简称人误事件[NB/T 20297]。

3.6 人因事件 human related event

由于人因失误，导致计划失败、系统效能降低或资产损失的事件。

3.7 条件事件 conditional event

部分事件中产生人因失误并不会立刻造成影响，但是在一段事件后会对其他事件造成影响。这类事件被称为条件事件。

3.8 事故 accident

造成不期望后果的事件。

4 核电厂人因事件中人员失误分析的一般程序

4.1 概述

核电厂人因事件中人员失误的分析通常包含三个环节：信息收集及任务分析、人因失误机理分析、提出改进措施。

4.2 信息收集及任务分析环节

4.2.1 概述

作为人员失误分析的第一个环节，信息收集及任务分析的目的是帮助分析人员建立对事件的基本认识，并对事件涉及的任务有清晰、层次的了解，便于开展后续的人因失误机理分析。该环节包含两个主要步骤：基本信息收集和层次任务分析（HTA）。

4.2.2 基本信息收集

在展开对事件的分析前，应当收集事件的基本信息。建议至少收集以下信息：

- 事件编号：人因事件的唯一编号，通常该编号是在事件调查结束、形成报告后才得到；
- 电厂及机组号；
- 事件主题：尽可能精简地描述发生的事件；
- 任务类型：将出现人因失误的任务类型分为“运行”、“维修”和“其他”三类。运行任务通常由核电站运行处人员执行，与控制系统高度相关，涉及的往往是参数的调节、开关阀门等的状态切换、某个设备从系统中的隔离等；维修任务通常由核电站维修处人员执行或组织，可能和核电站主控室外的任何一个系统设备相关，往往涉及复杂机械动作等；
- 日期；
- 机组运行状态：如功率运行、大修冷停堆等；
- 任务开始时间；
- 问题发生时间；
- 相关岗位；
- 设计的系统设备；
- 导致的后果。……。

4.2.3 层次任务分析

层次任务是常用的任务分析方法之一，可用于获得关于任务执行的知识，并有较好的复用性。层次任务分析包含以下步骤：

- a) 确定任务目标。目标设定为人因失误产生时，工作人员执行的操作单/规程规定的任务目标。
- b) 收集资料。收集任务相关资料，如操作规程、操作手册、应急规程、相关系统设备信息、事件相关人员信息、有关人因事件经验反馈等。
- c) 描述任务情境。根据设定的任务目标，结合收集的信息，描述执行任务的情境。描述任务情境时需要将注意力始终集中在目标上，对于与目标无关的情境因素不需要考虑，以减少分析工作量并保证完成分析目的。
- d) 识别全局 PIF。全局 PIF 指对整个任务期间的人员表现都有影响的 PIF，因为其与任务情境紧密关联，所以在任务分析环节先进行识别。
- e) 分解任务目标。围绕分析目的，将任务目标拆解，并在结合任务情境，选取与目标关系紧密的子目标。
- f) 排序并连接子目标形成方案。连接子目标形成方案，以体现子目标的触发条件和实现顺序。
- g) 分解子目标，确定操作。实现子目标会有很多操作步骤，将所有操作都列出即带来了较大的工作量，又可能分散分析人员的注意力，因此在分解子目标时，应当只保留关键步骤。在此，关键步骤被定义为容易出现人因失误或会改变任务情境的任务步骤。
- h) 判断子操作是否满足分析要求。即，当前分解的子操作能否支持失误模式的识别。如果无法准确判断子操作中发生的失误模式，或是一个子操作中包含了多个失误模式，则还需要对子操作进行分解，直到每一个子操作中蕴含的失误模式都可以准确、唯一地识别出来。
- i) 排列子操作并将子操作连接到方案中。在方案流程图中说明子操作的触发条件和执行顺序等。
- j) 确定条件事件和相依关系。识别条件事件并将其连接到对应的子操作上，以便了解事件全貌。此外，在事件内，单独的人因失误可能也不会造成后果，但若干个无明显后果的人因失误组合起来可能就会引发人因事件。在 HTA 中，需要识别这些人因失误的相依关系。同时这也提醒，对人因失误的分析不应当只针对那些有明显后果的人因失误，对于那些没有直接后果的人因失误也需要给予关注，因为它们本质上都是人员活动的失效。

4.3 人因失误机理分析环节

4.3.1 概述

人因失误机理分析环节旨在对每个子操作进行分析，识别其中失效的认知活动、失误模式、有影响的 PIF，并最终分析构建“绩效影响因素→认知活动→失误模式”致因链，即描述：事件中出现了哪些绩效影响因素，分别影响了人员的哪些认知活动，导致了哪些模式的人因失误的发生。该分析过程关注了人员在认知层面的细节，这些细节通常无外部表征，因而步骤 4.2 收集的基本信息不足以支持分析，需要使用如关键事件访谈等特定的方法，获取必要信息后再进行分析。

4.3.2 分析步骤

- a) 参照出现失误的任务 HTA 图，厘清任务过程，识别关键步骤；
- b) 参照收集到的事件基本信息，判断出错的具体任务步骤与相关系统组件。对于出错的任务步骤，在 HTA 图中标识出，并记录任务步骤、相关人员、涉及的系统组件；
- c) 对相关人员进行关键事件访谈。推荐的访谈大纲如下：
 - 1) 向被访谈人介绍来意，说明访谈内容与目的，并承诺被访谈人不会因为说实话而被惩罚。随后请被访谈人介绍自己的姓名、年龄、工作职位、工作经验、在任务中承担的职责；
 - 2) 让被访谈人回忆事件经过，并简述事件过程。记录被访谈人回忆内容与环节—收集信息存在较大分歧的地方；

- 3) 识别访谈中提到的人因失误，在 HTA 图中标记其发生的任务步骤。如果被访谈人提到出现了人因失误的任务步骤在步骤 b 中没有标记，则在 HTA 图中补充，并且重点关注该人因失误；
- 4) 对于记录的所有人因失误，逐个通过访谈识别失效的认知活动、失误模式、有影响的 PIF。此外，如果在步骤 b、步骤 c 第 2 步中记录了异常，可以展开额外的访谈以深入挖掘获得见解；
- 5) 如果在访谈中，被访谈人提到了其他人员出现了人因失误，或对被访谈人的行为有影响，则需要对这些人员也进行访谈，以确保事件分析完备；
- d) 如果在分析过程中，出现分析人员无法判断、分析框架没有涵盖或是分析人员间存在较大分歧的情况，可以使用“专家研讨”的方法来解决分歧。具体的方法为寻找若干个领域专家（可以是有经验的同岗位人员、人因专家、相关部门领导等），说明人因事件概况与需要研讨的问题，向其提供必要的信息，收集专家的看法与意见。条件允许的情况下也可以组织专家开展研讨会，共同讨论事件以获得理解；
- e) 在完成上述分析后，对每一个失误模式，构建“PIF-认知活动-失误模式”致因链。

4.4 提出改进措施

4.4.1 概要

进行人员失误分析的最终目的是提出改进措施，降低人因失误发生的频率，减少人因失误风险。常用的提出改进措施的思路包括：经验反馈、行为纠偏、风险管控建议、人员培训等。

4.4.2 经验反馈

经验反馈是核电厂的重要实践。在核电厂运营、维修和管理过程中，通过对实际运行事件、故障和作业结果的分析，提取其中有价值的信息和经验，用于核电厂内部的调整或供整个行业进行学习，以改进未来的工作实践，提高安全性和效率。经验反馈是核电厂实现持续改进和防止重复性错误的关键机制，也是人员失误分析的最重要产出之一。

分析得到的致因链揭示了事件中人因失误的表现形式与产生原因，较好地还原了人因失误的细节。配合对每个失误模式在事件中的具体表现的描述，可以快速、准确地还原事件全貌。将其作为经验反馈，可以有效地用于电厂内部调整，也能够促进整个核电行业乃至其他安全关键行业的学习进步。

4.4.3 行为纠偏

在核电领域，根据人因事件的分析结果开展行为纠偏，是提高人员可靠性，减少人因失误，并最终提高核安全的重要措施。根据分析得到的人员认知活动失效及其具体失误模式，可以识别人员在执行任务过程中存在偏差的行为。对其进行行为纠偏，并将案例提供个同岗位其他人员学习，有助于纠正相关人员的不规范行为，阻止潜在的人因失误产生。

4.4.4 风险管控建议

制定风险管控建议的核心在于从根源上降低影响人员操作和人员状态的负面因素，并优化系统与人员的协作能力。而绩效影响因素作为人因失误致因链的第一层，也可以看作是失误产生的根源，因此针对事件中对人因失误产生有贡献的 PIF 进行防控，能够有效地降低发生人因失误的概率。风险管控建议应当尽可能减少 PIF 的负面影响，增加 PIF 的正面影响。

4.4.5 人员培训

培训能提升人员技能与知识水平，增强风险意识，培养正确行为规范等。通常情况下，当事件暴露

出人员的知识经验技能严重不足时，才需要考虑进行培训。人因事件的分析结果能够帮助针对性地进行人员培训。

附 录 A
(资料性附录) 人因事件中人员失误分析记录表格

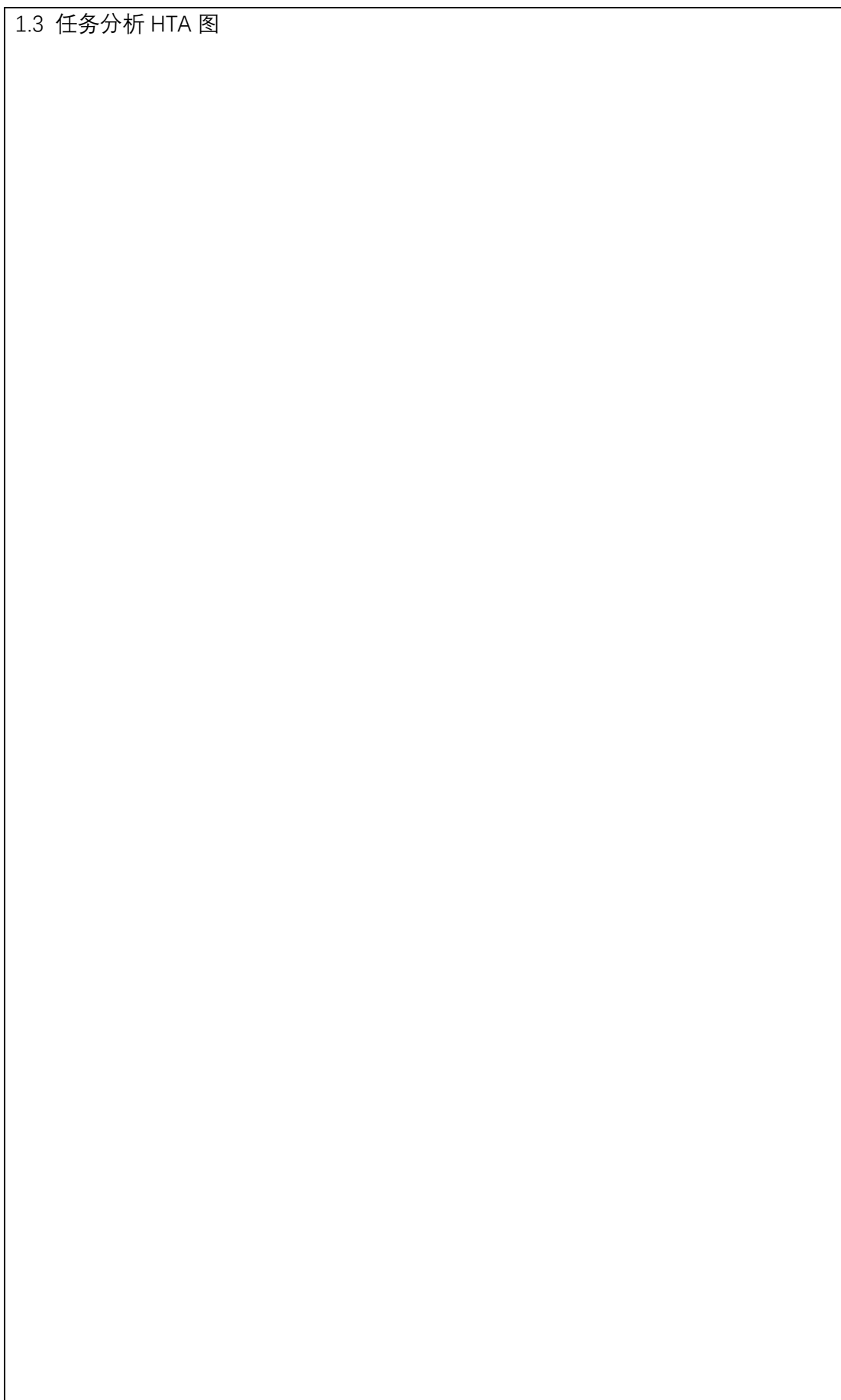
A.1概述

本附录给出了人因事件中人员失误分析的记录表格，以供参考。

表A.1 人因事件中人员失误分析记录表格

(电厂名称)	状态报告编号:	
	报告版本:	编制日期:
编制部门:	CR 级别:	任务类型:
机组编号:	机组状态:	
涉及系统:	事件发生日期:	
任务开始时间:	问题发生时间:	
事件名称:		
1. 事件信息与任务分析		
1.1 事件概述		
1.2 事件序列		

1.3 任务分析 HTA 图



2. 事件后果				
直接后果：				
潜在后果：				
3. 人因失误机理分析				
3.1 相关人员基本信息				
任务中的职责	姓名	工作经验	工作职位	年龄
3.2 出错任务步骤				
任务步骤	出错的具 体表现	失效的认知活 动	失误模式	
		☐ 规程阅读、 理解与确认	☐ 规程阅读错误 ☐ 规程理解错误	
		☐ 信息获取与 判定	☐ 未及时获取重要信息 ☐ 信息选择不正确 ☐ 未正确感知和理解信息 ☐ 信息获取不完整 ☐ 未确认信息的正确性 ☐ 信息综合判定不正确	
		☐ 操作执行	☐ 操作对象错误 ☐ 操作动作错误 ☐ 操作未达到规定的要求 ☐ 规程步骤执行顺序错误 ☐ 未确认系统响应符合预期 ☐ 误碰设备 ☐ 未正确记录信息	
		☐ 沟通与协作	☐ 未沟通信息 ☐ 信息沟通不完整 ☐ 信息沟通不及时 ☐ 信息沟通不正确 ☐ 未进行及时有效的协作 ☐ 不正确的分工安排和调整	
		PIF 维度	PIF	
		☐ 环境与情境	☐ 工作场所能见度 ☐ 操作对象可识别性 ☐ 工作场所作业条件	
		☐ 人员	☐ 人员配置 ☐ 培训与经验 ☐ 沟通与交流 ☐ 团队合作 ☐ 身体要求	
		☐ 操作任务	☐ 任务计划 ☐ 任务复杂度 ☐ 时间压力 ☐ 工器具可用性 ☐ 操作反馈信息的可靠性 ☐ 操作过程存在中断或注意力分散的可能 ☐	
(在此处写分析思路与必要的访谈记录、图片材料等)				

任务步骤	出错的具 体表现	失效的认知活 动	失误模式
		☐ 规程阅读、 理解与确认	☐ 规程阅读错误 ☐ 规程理解错误
		☐ 信息获取与 判定	☐ 未及时获取重要信息 ☐ 信息选择不正确 ☐ 未正确感知和理解信息 ☐ 信息获取不完整 ☐ 未确认信息的正确性 ☐ 信息综合判定不正确
		☐ 操作执行	☐ 操作对象错误 ☐ 操作动作错误 ☐ 操作未达到规定的要求 ☐ 规程步骤执行顺序错误 ☐ 未确认系统响应符合预期 ☐ 误碰设备 ☐ 未正确记录信息
		☐ 沟通与协作	☐ 未沟通信息 ☐ 信息沟通不完整 ☐ 信息沟通不及时 ☐ 信息沟通不正确 ☐ 未进行及时有效的协作 ☐ 不正确的分工安排和调整
		PIF 维度	PIF
		☐ 环境与情境	☐ 工作场所能见度 ☐ 操作对象可识别性 ☐ 工作场所作业条件
		☐ 人员	☐ 人员配置 ☐ 培训与经验 ☐ 沟通与交流 ☐ 团队合作 ☐ 身体要求
		☐ 操作任务	☐ 任务计划 ☐ 任务复杂度 ☐ 时间压力 ☐ 工器具可用性 ☐ 操作反馈信息的可靠性 ☐ 操作过程存在中断或注意力分散的可能 ☐
(在此处写分析思路与必要的访谈记录、图片材料等)			
任务步骤	出错的具 体表现	失效的认知活 动	失误模式
		☐ 规程阅读、 理解与确认	☐ 规程阅读错误 ☐ 规程理解错误
		☐ 信息获取与 判定	☐ 未及时获取重要信息 ☐ 信息选择不正确 ☐ 未正确感知和理解信息 ☐ 信息获取不完整 ☐ 未确认信息的正确性 ☐ 信息综合判定不正确
		☐ 操作执行	☐ 操作对象错误 ☐ 操作动作错误 ☐ 操作未达到规定的要求 ☐ 规程步骤执行顺序错误 ☐ 未确认系统响应符合预期 ☐ 误碰设备

			☐ 未正确记录信息
		☐ 沟通与协作	☐ 未沟通信息 ☐ 信息沟通不完整 ☐ 信息沟通不及时 ☐ 信息沟通不正确 ☐ 未进行及时有效的协作 ☐ 不正确的分工安排和调整
		PIF 维度	PIF
		☐ 环境与情境	☐ 工作场所能见度 ☐ 操作对象可识别性 ☐ 工作场所作业条件
		☐ 人员	☐ 人员配置 ☐ 培训与经验 ☐ 沟通与交流 ☐ 团队合作 ☐ 身体要求
		☐ 操作任务	☐ 任务计划 ☐ 任务复杂度 ☐ 时间压力 ☐ 工器具可用性 ☐ 操作反馈信息的可靠性 ☐ 操作过程存在中断或注意力分散的可能 ☐
(在此处写分析思路与必要的访谈记录、图片材料等)			
3.3 被访谈人回忆内容与环节—收集的信息是否存在较大分歧?			
分歧点一： 分析正误： 启示：			
分歧点二： 分析正误： 启示：			
3.4 构建致因链			
人因失误表现	PIF	认知活动	失误模式
4. 改进措施			
(根据分析情况给出经验反馈、行为纠偏、风险管控建议和人员培训建议即可)			

参考文献

- [1] Chang Y J, Bley D, Criscione L, et al. The SACADA database for human reliability and human performance[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2014, 125: 117-133.
- [2] Cobb-Clark D A, Schurer S. The stability of big-five personality traits[J]. Economics Letters, 2012, 115(1): 11–15.
- [3] Felder, R.M., Spurlin, J. Applications, reliability and validity of the index of learning styles[J]. International Journal of Engineering Education, 2005, 21 (1): 103e112.
- [4] Jonassen D H, Grabowski B L. Handbook of individual differences, learning, and instruction[M]. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1993.
- [5] Li L. On the preference representation of college students of verbal and imagery cognitive style in memory system [Dissertation]. Changchun, Jilin (China): Jilin University; 2005.
- [6] Luo M., Hu W. The preparatory research to constructing new items of basic ability tests on subsystem I of cadet candidate[J]. Chinese Journal of Aerospace Medicine, 2006, 17 (4): 264e268.
- [7] McCrae R R, Costa Jr P T. Personality trait structure as a human universal[J]. American Psychologist, 1997, 52(5): 509-516.
- [8] NUREG-0711, Rev. 3: O'Hara M J, Higgins J C, Fleger S A, Pieringer P A. Human Factors Engineering Program Review Model, Washington, D.C.: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2012.
- [9] NUREG/CR-4639 EGG-2458, Vol. 5, Rev. 4: Reece W J, Gilbert B G, Richards R E, Nuclear Computerized Library for Assessing Reactor Reliability (NCLARR), Data Manual Part 2: Human Error Probability (HEP) Data, Washington, D.C.: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1994.
- [10] NUREG/CR-6903, Vol. 1: Hallbert B, Boring R, Gertman D, et al. Human Event Repository and Analysis (HERA) System, Overview, Washington, D.C.: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2006.
- [11] NUREG/CR-7163: Hallbert B, Morgan T, Hugo J, et al. A Formalized Approach for the Collection of HRA Data from Nuclear Power Plant Simulators. Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2014.