

Application of SCA-FMEA Risk Analysis in Safety Management

Weimin Bie Chunming Wang Feng Wang Xiong Liu Jianwei Zhao

China Tobacco Hubei Industrial Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430048, China

Abstract

The SCA-FMEA risk analysis are used to analyze the causes or influencing factors of potential failure events and grade the potential failure events according to the risk degree, which is beneficial to improve the safety management quality of the operation site. In this paper, the inspection operation in a boiler room is taken as an example to conduct FMEA and SCA analysis of potential failure events during the operation. The results show that the risk analysis method of FMEA and SCA can fully identify the risk factors in the operation process, study the potential failure events and their risk degree in the operation process, and take effective hierarchical control measures to improve the safety management level of the operation site.

Keywords

FMEA; SCA; risk analysis; potential failure event

SCA-FMEA 风险分析法在安全管理中的应用

别为民 王春明 王烽 刘雄 赵建伟

湖北中烟工业有限责任公司, 中国 · 湖北 武汉 430048

摘 要

采用SCA-FMEA风险分析法对潜在失效事件进行分析, 确定失效事件的危险程度和风险等级, 对提升作业现场安全管理的水平和质量具有很好的效果和作用。论文以某单位锅炉房的现场安全管理案例为例, 对巡检作业中存在的潜在失效事件进行分析。结果表明, SCA-FMEA风险分析法能对作业过程中的危险因素进行全面识别, 充分分析潜在失效事件及其危险程度等级, 从而可以有针对性地制定措施, 并落实管控要求, 对提升现场安全管理水平有较好的促进作用。

关键词

FMEA; SCA; 风险分析; 潜在失效事件

1 引言

2021 年颁布实施《安全生产法》, 已经将安全风险分级管控与事故隐患双重预防机制作为企业必须实行的一项基本制度, 通过对风险和隐患的双重管理和实施, 能切实将安全管理的关口前移到风险管控, 做实隐患的处置, 从而做到实实在在地从源头上防范事故。

锅炉作为一种通过输入燃料能量将水变成高温蒸汽或高温热水的能量转换的特种设备。锅炉房一直是企业安全管理的重点部位, 风险点多, 风险的管控必须做到全面准确, 隐患排查治理工作必须做到全面细致, 否则就会发生比较严重的安全事故。采用故障类型与影响分析 (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) 和安全检查表分析 (Safety Checklist Analysis, SCA) 的风险分析法, 对锅炉房存在的安全风险进行全面识别、准确分析和定性定量评价, 并根据

分析评价结果, 有针对性地制定具体的防范和管控措施, 而实现对锅炉房的有效分级管控。

2 FMEA 与 SCA 的概述

2.1 FMEA

故障类型与影响分析 (FMEA) 是一种系统安全分析方法^[1], 在现代生产制造行业中得到了普遍应用, 例如, 工艺设计、设备制造以及系统的可行性分析、可靠性测试等。它的原理是根据相对的独立性, 将大系统分割、划分成若干个相互独立、相对不干扰不关联的子系统, 根据不同功能的部分、子系统或部件, 对存在的失效事件进行全面预测和判断, 并对事故或伤害的类型、存在的因素、事故事件的原因进行定量分析与评价; 最后根据分析和评价结果制定消减风险的措施。

2.2 SCA

安全检查表分析 (SCA) 是一种充分体现了系统思维, 运用了安全系统方法的工具, 在安全检查、督促安全法律法规与制度标准有效实施等方面具有较强的作用。它是根据系

【作者简介】别为民 (1971-), 男, 中国湖北武汉人, 硕士, 工程师, 从事环境管理、安全标准化管理研究。

统的组成,对检查对象进行合理的分解,将大系统分割、划分成若干个相互独立、相对不干扰不关联的子系统,并将检查条目逐一列在检查表格中,在检查的时候就可以对照表格一一核实,是一种定性评价方法。

因此,将FMEA与SCA进行联合使用,形成SCA-FMEA风险分析法,并根据安全管理的“人员(人)、设备(机)、环境(环)、管理(管)”四要素,对四要素分别进行分析,找出可能存在的潜在失效事件及其危险程度,从而可以有针对性地采取措施防范失效事件的发生。

2.3 SCA-FMEA 风险分析法的实施步骤

按照实施的过程,可以将SCA-FMEA风险分析法划分为以下几个步骤^[2]:

①根据系统的组成、作用、功能的相对独立性,划分风险单元。

②全面辨识风险单元内存在或将来可能存在的作业或相关活动。

③根据存在或将来可能存在作业及相关活动的特点,以安全管理“人员(人)、设备(机)、环境(环)、管理(管)”四要素作为分析的出发点,分析作业活动中可能造成事故的因素,并列出造成的事故及其可能的原因。

④确定严重度。根据作业及相关活动涉及的风险因素或可能导致发生的失效事件,确定失效事件的严重程度,并根据严重性赋予相应的分数值。

⑤确定发生度。即失效事件发生的可能性大小。依照发生度赋予相应分数值。

⑥确定探测度。即潜在失效事件被发现的难易程度。依照探测度赋予相应的分数值。

⑦确定风险接触频次。即作业或现场存在的人员与安全风险或可能发生的失效事件共同存在的时间,对其赋予相应分数值。通常,接触时间或频次越长越频繁,就越有可能对作业人员造成伤害,分值也就越大。

⑧风险顺序数(RPN),指失效事件的风险指数或危险危害程度。风险顺序数的分数值越大,失效事件的风险指数就越大,其危险程度或危害程度就越严重,风险也就越高。它是经过计算出来的,即用严重度、发生度、探测度、接触频次的乘积来表示,即 $RPN=S \times O \times D \times E$ 。

根据风险分级管控的要求,应采用定量的方式对风险单元的风险级别进行标定,并用“红、橙、黄、蓝”四种颜色按大小依次进行区分。

⑨采取消减或防范措施。对存在或可能存在的各种失效事件的风险顺序数进行排序,即可看出各种失效事件的风险大小,以及危险程度最大的失效事件。根据风险的分布情况,风险程度大的,说明薄弱点就相对更薄弱,就能够有针

对性地拟定并落实消减或防控措施。

⑩确定消减之后的失效事件或子系统的风险等级。

3 SCA-FMEA 风险分析法在锅炉房作业中的实践与应用

3.1 锅炉房的基本概况

一般来说,锅炉系统各部分具有相对的独立性,可以将锅炉系统分为产汽、给水、水处理、天然气、输汽、冷凝水以及烟气余热回收等系统^[3]。

①给水系统。水从水泵房经给水泵进入到锅炉房的水处理间。

②水处理系统。自来水进入锅炉本体之前必须经过软化 and 除氧。水处理系统包括水化验室和水处理区域。

③天然气系统。天然气站中天然气经过管道进入到锅炉本体的燃烧器中。

④产汽系统。水在高温的作用下生成高温蒸汽。

⑤输汽系统。高温蒸汽经过分汽缸的不同压力分配进入到蒸汽用户。

⑥冷凝水系统。高温蒸汽在管道中部分被冷凝,并流入除氧水箱中被重新利用。

⑦烟气余热回收系统。天然气燃烧产生的高温烟气的热量经过烟气余热回收装置回收进行利用。

3.2 锅炉房作业现场的安全风险分析

采用头脑风暴和专家问询的方法,将设备操作工、设备维修工、安全技术人员、设备管理员等相关人员聚集在一起,并对设备台账、设备运行等相关历史记录的查询,综合分析判断锅炉现场现在存在、以前发生或将来可能发生的失效事件,并根据现场作业和活动的特点,运用SCA法从安全管理四要素出发,分析导致失效事件发生的基本原因或底层因素。

根据辨识出的潜在失效事件及其影响因素,采用专家打分的方法,组织作业、技术等相关人员对失效事件的严重度、发生度、探测度和接触频次进行专家评估打分,对打分的结果进行综合处理和取平均值,就可得出该失效事件的风险顺序数,并根据表5中对风险顺序数等级的划分,就可以判断出该失效事件的风险所处的风险区^[4],以精准实现对锅炉房现场中安全风险的掌控,进一步强化风险的分级管控,做到各岗位人员担负其责。

以锅炉房现场水处理、产汽和输汽系统的巡检作业为例,进行SCA-FMEA分析,如表1所示。

从表1中的风险削减前评价的结果可以看出相应失效事件的风险程度及风险等级。根据这些结果,对风险等级高的失效事件制定针对性的防控措施,以消减风险等级^[5]。采取削减措施后的SCA-FMEA分析如表2所示。

表1 巡检作业过程中的 FMEA 分析 (1)

子系统	风险单元	潜在失效事件		风险削减前评价结果					
		类型	影响因素	S	O	D	E	RPN	风险等级
产汽系统	锅炉主机	1、锅炉故障, 安全阀失效, 无法泄压, 使得锅炉爆炸, 造成周围作业的人员伤害。	物	40	0.5	0.5	10	100	黄区
		2、检查过程造成烫伤事故。	人	1	6	0.5	6	18	蓝区
		3、锅炉主机上部点检, 高处掉落, 造成人身伤害。	人	3	3	0.5	3	13.5	蓝区
		4、身体部位碰撞设备的凸出位置造成身体伤害。	人	1	3	0.5	6	9	蓝区
输汽系统	分汽缸	5、安全阀失效, 无法泄压, 使得分汽缸爆炸, 造成周围作业的人员伤害。	物	40	0.5	0.5	10	100	黄区
		6、检查过程中造成烫伤事故。	人	1	6	0.5	6	18	蓝区
		7、安全阀失效, 无法泄压, 使得蒸汽管道爆炸, 造成周围作业的人员伤害。	物	40	0.5	0.5	10	100	黄区
		8、检查过程造成烫伤事故。	人	1	6	0.5	6	18	蓝区
水处理系统	除氧水箱	9、从斜梯上滑落, 造成高处坠落事故。	人	7	3	0.5	6	63	蓝区
		10、巡检中, 分、集水器后部光线不足, 以碰撞设备或物体, 造成人身伤害。	环境	1	6	0.5	6	18	蓝区
		11、平台上巡检, 围栏松动、不牢固, 扶围栏或倚靠围栏造成高处坠落事故。	人、物	15	1	0.5	6	45	蓝区
		12、在作业过程中, 误食或因操作室通风不良造成吸入化学药品挥发分, 导致中毒。	人	7	3	0.5	6	63	蓝区

表2 巡检作业过程中的 FMEA 分析 (2)

类型	针对潜在失效事件采取的防控措施	风险削减后评价结果					
		S	O	D	E	RPN	风险等级
1	(1) 加强点巡检及电脑界面上有锅炉汽泡; (2) 在锅炉汽泡中采用自动报警和自动连锁装置; (3) 安全阀每年进行检验; (4) 安全阀每月进行手动实验, 并有相关记录。	40	0.2	0.5	10	40	蓝区
2	(1) 规范作业; (2) 做好保温个人措施; (3) 粘贴警示标识。	1	3	0.5	6	9	蓝区
3	(1) 规范作业; (2) 加强登高作业管理; (3) 登高作业正确使用安全防护措施; (4) 加强登高作业培训。	3	1	0.5	3	4.5	蓝区
4	(1) 规范作业过程; (2) 对设备凸出部位使用橡胶隔离; (3) 涂刷警示颜色。	1	1	0.5	6	3	蓝区
5	(1) 加强对分汽缸的点巡检; (2) 安全阀每年进行检验; (3) 安全阀每月进行手动实验, 并有相关记录。	40	0.2	0.5	10	40	蓝区
6	(1) 规范作业; (2) 做好保温个人措施; (3) 粘贴警示标识。	1	3	0.5	6	9	蓝区
7	(1) 加强蒸汽管道的点巡检; (2) 安全阀每年进行检验; (3) 安全阀每月进行手动实验, 并有相关记录。	40	0.2	0.5	10	40	蓝区
8	(1) 规范作业过程; (2) 做好设备的保温措施。	1	1	0.5	6	3	蓝区
9	(1) 规范作业过程; (2) 穿戴防滑鞋; (3) 粘贴警示标识。	7	1	0.5	6	21	蓝区
10	(1) 规范作业过程; (2) 作业过程中配备手电筒照明。	1	3	0.5	6	9	蓝区
11	(1) 规范作业过程; (2) 加强对平台的检查力度, 及时整改围栏的安全隐患; (3) 悬挂警示标识。	15	0.5	0.5	6	22.5	蓝区
12	(1) 规范作业过程; (2) 佩戴橡胶手套作业; (3) 加强室内通风; (4) 粘贴警示标识。	7	1	0.5	6	21	蓝区

4 结语

采用 SCA-FMEA 风险分析法, 对锅炉房现场的巡检作业进行安全风险分析, 对锅炉房巡检作业存在的失效事件及其风险等级有了更为清晰的认识, 能全面识别安全风险、强化分级管控的落实, 有利于提高本质安全管理水平, 对安全生产标准化一级企业的创建具有重要的推进作用。

参考文献

[1] 王绍印.故障模式和影响分析[M].广州:中山大学出版社,2003.

[2] 王烽,张志超.RG-PDCA循环与“五微”工作法结合的精益安全管理模式在特种设备安全管理中的应用——以武汉卷烟厂的锅炉房为例[J].化学工程与装备,2019(3):247-249.

[3] 贺陈琴,王岳.FMEA在乙烯罐区风险分析中的应用研究[J].中国安全生产科学技术,2012,1(8):149-153.

[4] 武晓军.FMEA在企业现场安全管理运用的探讨[J].安全技术与装备,2011(7):49-52.

[5] 崔明欣,张宝天.改进FMEA法的石油钻探设备HSE风险识别[J].辽宁工程技术大学学报(社会科学版),2013,6(15):569-573.