

FMEA 模型构建及在出口水产品检验检疫风险管理中的应用

杨龙超^{1,2}, 高飞², 李春喜², 熊艳², 张志霞^{1*}

(1. 西安建筑科技大学管理学院, 陕西西安 710055; 2. 威海出入境检验检疫局, 山东威海 264200)

摘要 [目的] 针对某机构出口水产品检验检疫风险管理中存在的问题, 尝试建立故障模式和影响分析模型(FMEA), 用于出口水产品检验检疫风险管理。[方法] 针对检验检疫流程中的每一个过程, 确定可能发生的故障模式, 分析并列出可能由其带来的故障影响; 采用特尔斐法和头脑风暴法确定风险事件发生频率、严重程度和可探测度的赋值规则并进行量化赋值, 得到风险优先数(RPN), 最终得到风险评价结果, 并提出风险应对方式、风险管理保障措施及管理策略。[结果] 构建的 FMEA 风险分析模型, 可通过电子信息载体将风险分析结果和发现的风险点转化成风险参数, 直接、快速、有效地作用于检验检疫流程。[结论] FMEA 模型可有效提升出口水产品检验检疫风险管理水平, 促进我国水产品外贸发展。

关键词 故障模式和影响分析模型; 风险管理; 水产品; 风险评价; 风险应对

中图分类号 TS254.7 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)22-0058-07

Construction of FMEA Model and its Application in the Risk Management of Inspection and Quarantine of Export Aquatic Product

YANG Long-chao^{1,2}, GAO Fei², LI Chun-xi², ZHANG Zhi-xia^{1*} et al (1. School of management, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi 710055; 2. Weihai Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau, Weihai, Shandong 264200)

Abstract [Objective] To establish a Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) model aiming at the problems in the risk management of inspection and quarantine of aquatic product, and so as to apply the FMEA model in the risk management of inspection and quarantine of aquatic product. [Method] Aiming at every process in the inspection and quarantine, the potential failure mode was confirmed and the resulting influence was analyzed and listed. Delphi and brain storming methods were used to determine the valuation rules of the occurrence frequency, severity and detectability of the risk events. The risk priority number (RPN) was obtained by valuation of the occurrence frequency, severity and detectability. Then the results of risk evaluation were obtained, and the response way, safeguard measures and management policy were proposed. [Result] The constructed FMEA model can transform the risk analysis results and risk points into risk parameters through electronic information carrier, and can be applied to the process of inspection and quarantine directly, quickly and effectively. [Conclusion] The FMEA model can effectively improve the risk management level of inspection and quarantine of exported aquatic products, and promote the development of aquatic product trade in China.

Key words FMEA; Risk management; Aquatic product; Risk evaluation; Risk response

传统的管理往往重视事后处置, 而轻视事前风险防范, 导致大量潜在的、可防性风险演变为恶性危机事件。风险管理是全新的管理理念, 实施风险管理, 即预先对风险进行识别、分析、评价, 对风险进行监控和预警, 关口前移, 防范在前, 做好突发事件的预防与应急准备, 最大限度地降低损失和保护生命财产安全。

故障模式和影响分析(Failure Mode and Effect Analysis, FMEA), 是一种用来确定潜在失效模式及其原因的分析方法。通过实行 FMEA, 可在产品设计或生产工艺真正实现之前发现产品的弱点, 在原形样机阶段或在大批量生产之前确定产品缺陷。FMEA 最早是由美国国家宇航局(NASA)形成的一套分析模式^[1], FMEA 是一种实用的解决问题的方法, 可适用于许多工程领域, 世界上许多汽车生产商和电子制造服务商(EMS)都已经采用这种模式进行设计和生产过程管理及监控^[2]。

FMEA 是一种可靠性设计的重要方法, 它实际上是故障模式分析(FMA)和故障影响分析(FEA)的组合, 简称故障模式与影响分析或潜在失效模式与后果分析^[3]。FMEA 作为一种用于策划预防措施的工具, 其主要目的是发现、评价产品或过程中潜在的失效及其后果, 找到能够避免或减少潜在失效发生的措施并且不断地完善^[4]; 能够容易且低成本地对

产品或过程进行修改, 从而减轻事后修改的危机。

我国在现行的进出口水产品检验检疫监管模式下, 风险管理缺乏有效的顶层设计, 存在着政策掌握尺度不统一、自由裁量权过大、信息不透明、监管工作低效等风险^[5-6]。因此, 笔者基于某机构出口水产品检验检疫风险管理现状, 尝试建立 FMEA 模型并用于出口水产品检验检疫风险管理中, 取得了良好的效果。

1 某机构出口水产品检验检疫风险管理现状分析

1.1 某机构出口水产品检验检疫风险管理现状 某机构成立了食品安全风险管理工作领导小组, 负责对所有进出口产品进行风险分析评估, 建立风险管理常态机制, 实现风险管理常态化。搜集了出口食品安全风险信息 600 余条, 监督抽检信息 471 条, 18 个主要出口国家和地区法律法规, 我国 96 个大类、650 多项出口水产品的食品安全标准, 对辖区主要大宗出口水产品进行了简单的风险分析, 结合国家质检总局相关文件要求, 以 HS 编码为基础对 84 种食品进行了风险分级。利用电子监管系统, 制定统一的抽检规则进行布控, 制定了科学的安全风险监控计划, 提高对高风险产品的抽查验证比率, 使出口水产品检验检疫监管工作更科学和规范。

1.2 某机构出口水产品检验检疫风险管理存在的主要问题 水产品质量安全监管是一项动态、复杂且系统的工作, 它不仅是传统意义上的行政管理, 更多的是现代意义上的公共管理。对外贸易的迅速发展, 给检验检疫监管带来巨大压力, 一是监管成本成倍增加, 检验检疫资源不能满足进出口

贸易需求;二是监管对象和目标不断增加,检验检疫部门出现监管疲劳而且效率不高;三是有些监管措施未建立在科学分析的基础上,针对性及有效性不高,导致客户满意度降低。

某机构出口水产品检验检疫风险管理缺乏科学的理论基础和统一科学的方法,虽然进行了危害识别、检测监控数据的汇总,并结合工作经验确定控制措施,但仅侧重于控制产品中的风险,没有运用科学的方法和工具对工作过程可能存在的问题进行识别和分析,风险管理的环节不完整,风险管理结构相对分散、松散,缺乏完整的分析管理步骤,没有建立具体的评估模型,没有形成体系。

2 某机构出口水产品检验检疫风险管理 FMEA 模型的构建

2.1 某机构出口水产品检验检疫风险管理目标及原则

2.1.1 管理目标。以 ISO31000 标准为基础,遵照“依法行政、风险可控、危机化解、质量提升”的风险管理目标,以过程为导向,开展风险识别、风险分析、风险评价、风险应对,从全面的角度辨识风险,从联系的角度分析风险,从系统的角度评估风险,从专业的角度控制风险,从发展的角度监控风险。通过在检验检疫执法各环节和行政管理各过程中执行风险管理的基本流程,建立覆盖所有过程的全方位风险管理体系。通过推行全面风险管理,规范风险管理各个环节,营造安全的执法环境及资源、提供安全的技术及人员、输出安全的产品及服务,从而为实现总体目标提供合理保证。

2.1.2 建立原则。①深度融合原则:深度融合检验检疫全过程,着眼于目标的实现,设置风险管理的方向。②控制损失原则:以控制检验检疫各类不确定风险带来的损失为首要目标,并根据可能产生的危害程度,设置不同类型的预防措施,以降低风险事件带来的影响。③科学研判原则:各风险识别、风险分析、风险评估、风险应对过程都需以可靠的经验、反馈、观察、预测、专家判断等数据为依托,通过科学有效的统计分析,确定合理的管理措施。④协调沟通原则:风险管理目标要与绩效考核指标协调一致,在沟通协商的基础上保持与绩效目标步调的统一。⑤持续改进原则:在策划、建立风险管理体系时要充分考虑某机构风险管理现状、发展要求、目标导向,建立适合实际情况、符合工作重心的风险管理体系。同时建立改进机制,使风险管理在运行中不断完善、持续改进。

2.2 出口水产品检验检疫风险管理 FMEA 模型的构建步骤

2.2.1 创建出口水产品检验检疫流程图。根据当前我国出口水产品检验检疫相关制度,制订出口水产品检验检疫流程图,以便针对每个过程查找故障模式,确定风险源、触发因素、风险事件等,为 FMEA 模型构建提供参考。出口水产品检验检疫流程见图 1。

2.2.2 确定故障模式、故障影响。根据出口水产品检验检疫流程图,列出所有可能的故障模式、效果和原因,以及对于

每一项操作的工艺控制手段。针对检验检疫流程中的每一个过程,确定可能发生的故障模式,包括风险源、触发因素、风险事件。按照过程对于每种故障模式,应列出 1 种或多种可能的故障影响,包括潜在后果、影响范围、危害程度。

该研究在 6 个过程 10 个环节共列出 35 个故障模式,见表 1。对这 35 个故障模式,分别对其风险分类、风险源、触发因素、风险事件、潜在后果、影响范围、危害程度等进行了分析。根据危险程度分类,其中高危险故障模式 15 个、中等危险故障模式 15 个、低危险故障模式 5 个。对于 5 个低危险故障模式均可忽略,3 个中等危险故障模式可忽略,12 个中等危险故障模式,全部 15 个高危险故障模式均不能被忽略,但全部故障模式均可控。该研究重点对 15 个高危险故障模式进行分析,见表 1。现场检验检疫、合格评定、结果处置等环节为高风险环节,存在高危险故障模式比例(高危险故障模式数/所有故障模式)分别为 6/6、3/4、4/4,提示人们应重点加强上述环节的风险防控。

2.2.3 确定风险事件发生频率、严重程度和可探测度的赋值规则。根据某机构出口水产品检验检疫实际情况,结合各政府机构在风险管理方面的经验,对风险管理学科中通常采用的特尔斐法(Delphi Method)、头脑风暴法、核对应表法、结构分解法、故障树分析法、流程图法、案例分析法等进行筛选,确定最优的风险识别方法。最终选择采用特尔斐法和头脑风暴法进行确定。表 2 为根据风险事件产生后果的严重程度进行赋值,表 3 为根据风险事件产生后果的可能性进行赋值,表 4 为根据风险事件发生的各个等级进行赋值。各分为 5 个等级,根据不同等级分别赋值。

2.2.4 计算风险优先数(RPN)。首先采用 FMEA 方法对事件发生的频率、严重程度和可探测度进行量化赋值,可以采用专家打分法,负责分析评价的部门组织相关领域的专家进行打分,专家人数不少于 5 人。如果专家打分差异较大,可使用特尔斐法或社会选择函数决策确定因子赋值。

将事件发生的频率、严重程度和不可探测等级三者相乘即得到 RPN 值^[7],也称风险系数或风险顺序数,其数值愈大表明风险愈严重。其中,严重度(S)指潜在失效模式对目标影响后果的严重程度评价指标,一般分 1~10 级,从无失效后果到无警告的严重危害后果;发生的频率(O)指具体的失效起因或机理发生的频度,分 1~10 级,从几乎不可能发生失效到发生失效几乎无法避免;不可探测等级(D)指实效的起因或机理不可探测的程度,分 1~10 级,从几乎肯定到几乎不可能探测。RPN 最坏的情况是 1 000,最好的情况是 1,各环节 RPN 值见表 1。

2.2.5 确定风险评价结果。根据 RPN 值与风险等级的对应关系构建风险等级判定表,见表 5。由表 5 可判断,检验检疫过程中,共有可容忍风险 7 个、广泛可接受风险 28 个。由此可见,该检验检疫过程存在广泛可接受风险较多,对可容忍风险应加强监控管理以降低风险。

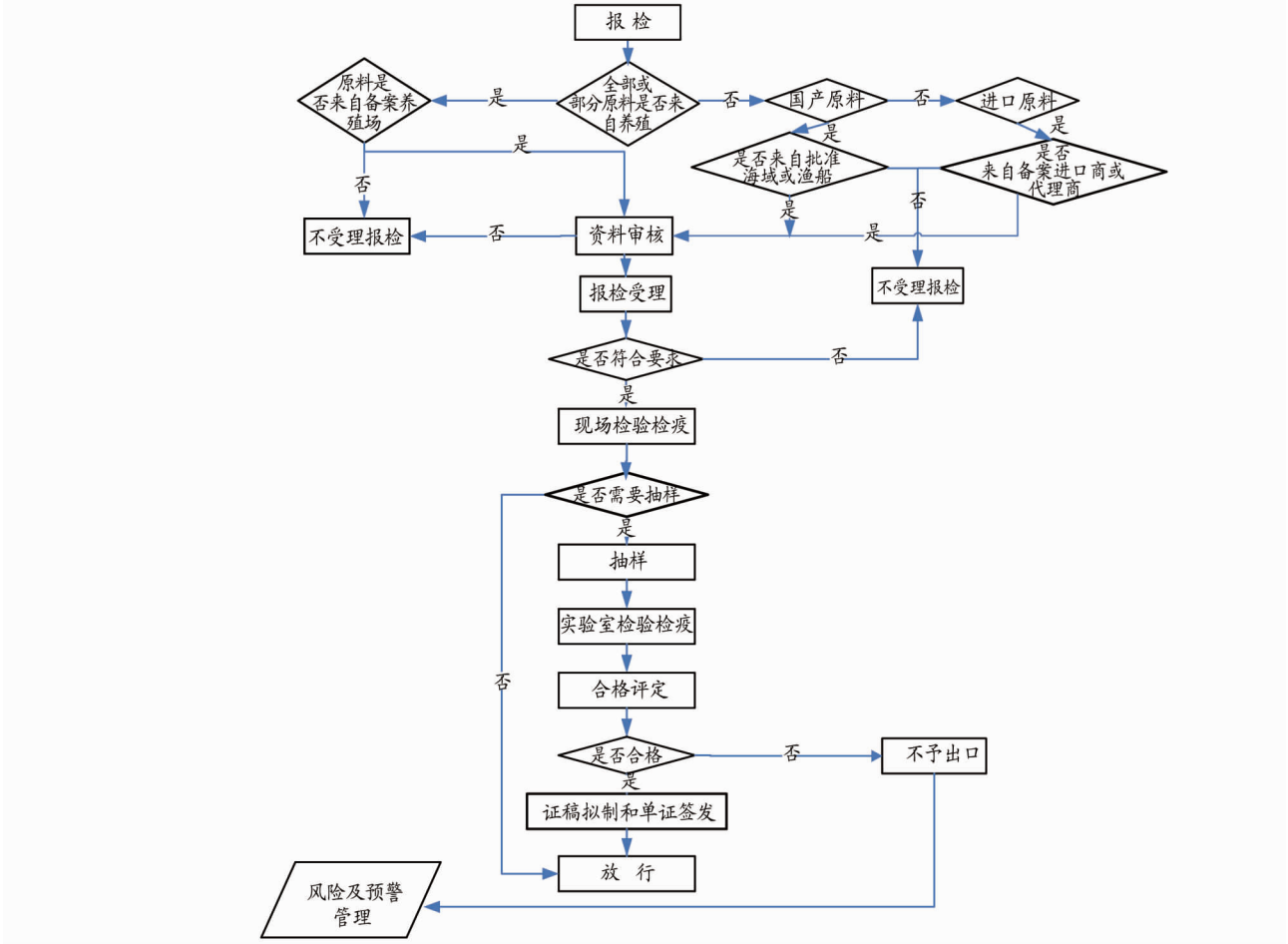


图 1 出口水产品检验检疫流程

Fig.1 Inspection and quarantine process of export aquatic products

表 1 故障模式、故障影响、风险分析

Table 1 List of fault-patter , fault effects and risk analysis

过程名称 Process name	环节 Link	风险源分类(1级) Classification of risk sources (Level 1)	风险源分类(2级) Classification of risk sources (Level 2)	风险源 Risk source	触发因素 Trigger factor	风险事件 Risk event	潜在后果 Potential consequences	影响范围 Influence range	危险程度 Dangerous degree	是否忽略 Ignore or not	是否可控 Controllable or not	风险分析 Risk analysis			
												S	O	D	RPN
备案管理 Register management	养殖场、捕捞渔船、进口商备案	环境	相关方	养殖场、捕捞渔船、进口商不符合备案要求	相关方施加影响	降低评审标准	不符合要求的养殖场或渔船获得出口备案资格	中	中	否	是	3	2	1.3	7.8
报检受理 Inspection acceptance	资料审核	环境	相关方	报检企业和人员资质不符合要求	审核人员未能发现问题	错误受理报检	错误的检验检疫结果,行政相对人纠纷,行政诉讼败诉	中	中	否	是	2	3	1.2	7.2
				错误的报检单证和电子报检数据、未按规定的时间地点申报	审核人员未能发现问题	错误受理报检	错误的检验检疫结果,出口产品逃避检验检疫	中	中	否	是	3	3	1.2	10.8
				企业不了解报检相关规定	未履行一次性告知等义务	为难企业、反复提交材料	企业投诉,顾客满意度降低	小	低	是	是	2	3	1.3	7.8

接下表

续表 1														风险分析 Risk analysis			
过程名称 Process name	环节 Link	风险源分类(1级) Classification of risk sources (Level 1)	风险源分类(2级) Classification of risk sources (Level 2)	风险源 Risk source	触发因素 Trigger factor	风险事件 Risk event	潜在后果 Potential consequences	影响范围 Influence range	危险程度 Dangerous degree	是否忽略 Ignore or not	是否可控 Controllable or not	S	O	D	RPN		
出口水产品检验检疫 Export aquatic products inspection and quarantine	抽检规则设定	制度	决策	虚假或不全的报检单证	审核人员未能发现问题	接受虚假证书	不符合要求的出口产品进入施检流程	小	中	是	是	2	3	1.3	7.8		
				监管抽检规则设定不合理	企业报检货物被抽中	产品抽检频率过高	顾客满意度低	小	低	是	是	2	2	1.3	5.2		
	现场检验 现场检验	产品	产品质量	产品存在安全、卫生、环保等危害	作业文件不完善	产品抽检频率过低	飞单/逃漏检	中	中	否	是	3	3	1.1	9.9		
						未能有效实施现场检验检疫	不合格产品判定为合格产品,人身健康财产损失	中	高	否	是	3	3	1.2	10.8		
						未按作业文件要求检验检疫		中	高	否	是	3	3	1.3	11.7		
						现场检验设备配置不到位		中	高	否	是	2	3	1.1	6.6		
						企业故意隐瞒、调换货物		中	高	否	是	3	3	1.3	11.7		
						利益相关方施加影响		中	高	否	是	2	3	1.3	7.8		
						国外技术性贸易措施		中	高	否	是	3	3	1.3	11.7		
						检验人员填写错误	不合格记录	小	中	是	是	2	4	1.2	9.6		
						审核不严		小	中	是	是	2	4	1.2	9.6		
						现场不具备取样条件	抽取的样品不具有代表性	小	高	否		3	2	1.4	8.4		
						工作人员没有按照规定抽取样品	检验不合格产品出口,引起国外通报、退运	大	中	否	是	3	3	1.4	12.6		
						抽样依据缺乏或无效		中	中	否		2	3	1.1	6.6		
						违规调换样品(企业、执法人员、实验室)		小	高	否		3	2	1.4	8.4		
						没有客观、准确记录抽/采样过程	记录错误	小	低	是	是	2	4	1.2	9.6		
						合格评定 Conformity assessment	合格评定	制度	法律法规	国内外法律法规要求不明确	检验检疫技术不足	不合格产品判定为合格产品	不合格产品出口,引起通报、退运	大	高	否	是
						合格产品判定为不合格产品	顾客满意度低	小	中	否	是	3	2	1.2	7.2		
			决策	合格评定要素不足	相关方施加影响	降低标准放行	不合格产品出口,引起通报、退运	大	高	否	是	3	3	1.3	11.7		
	产品	产品质量	报检的产品存在问题				不合格产品出口,引起通报、退运	大	高	否	是	3	3	1.3	11.7		

接下表

续表 1														风险分析 Risk analysis				
过程名称 Process name	环节 Link	风险源分 类(1 级) Classification of risk sources (Level 1)	风险源 分类 (2 级) Classifi- cation of risk sources (Level 2)	风险源 Risk source	触发因素 Trigger factor	风险 事件 Risk event	潜在 后果 Potential conseq- uences	影响 范围 Influence range	危险 程度 Dang- erous degree	是否 忽略 Ignore or not	是否 可控 Contr- ollable or not	S	O	D	RPN			
签证放行 Visa release	证稿拟制 和 单 证 签发	执行	人员	责任心不强	拟制错误	检验检疫证 书错误	顾 客 满 意 度低	小	低	是	是	2	4	1.2	9.6			
					审核不严				小	低	是	是	2	4	1.2	9.6		
	放行	执行	人员	错误的结果 登记数据	审核人员未 能发现问题	签发错误的 通关单据	不能正常通 关,给行政 相对人造成 损失	中	中	否	是	3	3	1.2	10.8			
					错 误 的 证 稿、证单的 法律属性	使用错误的 空白证单	证 书 签 发 无效	产品不能正 常通 关,给 行政相对人 造成损失	中	中	否	是	3	3	1.2	10.8		
				签证人员无 签证资格	无签证资格 人员签署证 单	证书签发无 效	产品不能正 常通 关,给 行政相对人 造成损失	中	中	否	是	3	3	1.2	10.8			
				设备设施	印章本身具 有的法 律 效力	印 章 使 用 错误	证书签发无 效	产品不能正 常通 关,给 行政相对人 造成损失	中	中	否	是	3	3	1.2	10.8		
				结果处置	制度	文件	产品存在不 合格	依据文件可 行性差	不合格产品 判定为合格 产品	不合格产品 出口,引起 国外通报、 退运	大	高	否	是	3	3	1.2	10.8
	风险信息管 理 Risk information management	风险及预 警管理	产品	产品质量 安全	出口水产品 安 全 风 险 信息	未及时处理 及上报	应对及预警 迟缓	引起食品安 全事件	中	中	否	是	3	2	1.1	6.6		

表 2 风险事件产生后果严重程度的各个等级赋予相应的数值

Table 2 Each level of the severity of the consequences of the risk event is assigned the corresponding value

严重程度 Severity degree	评价准则 Evaluation criteria	数值 Value
严重 Serious	造成国际、国内、行业及区域性较大影响 人身重大伤亡 重大财产损失 发生重大动植物疫情 发生重大口岸卫生疫情 发生重大廉政事件,造成恶劣影响,开除公职 质量安全事件影响范围较大 造成严重环境污染后果 引起公众群体事件	5
高 High	造成一般人身伤害,未发生死亡 顾客满意度低,引起投诉信访等事件 扰乱检验检疫工作秩序,造成后果的 造成较大财产损失 发生廉政事件,造成影响,予以内部处分 发生食品安全事件,影响范围不大 造成环境污染程度不大 2 年内监督检查发现同类问题未改正 把关失效,未造成严重后果 违规违纪,未造成严重后果	4
中等 Medium	退运 国外通报 扰乱检验检疫工作秩序,未造成后果的	3

接下表

续表 2		
严重程度 Severity degree	评价准则 Evaluation criteria	数值 Value
低 Low	超流程	2
	造成轻微财产损失	
	监督检查发现问题	
	不符合规定,未造成后果	
	影响工作效率	
轻微 Slight	降低满意度	1
	监督检查发现问题,可立即整改的	
	无	

表 3 风险事件产生后果的可能性的各个等级赋予相应的数值

Table 3 Each level of the possibility of the consequence of a risk event is assigned the corresponding value

可能性 Possibility	评价准则 Evaluation criteria	数值 Value
相当平常 Quite ordinary	预计事件会经常发生	5
经常发生 Frequent occurrence	事件发生了,以后还可能发生	4
可能发生 May occur	此类事件发生过,但发生可能性低;此类事件未发生,但有可能发生	3
很少发生 Seldom occur	此类事件未发生过,且发生概率较低	2
非常罕见 Very rare	几乎不可能发生的事件	1

表 4 风险事件发生的的各个等级赋予相应的数值

Table 4 Each level of the risk event is assigned the corresponding value

探测性 Detectability	评价准则 Evaluation criteria	不可探测度 Undetectability
几乎不可能 Scarcely possible	无分析手段和有效的方式探知风险	1.5
小 Small	现行手段可探知风险的可能性很小	1.4
中等 Medium	有相应手段探知风险,但并不直接	1.3
高 Tall	现行手段可探知风险的可能性高	1.2
几乎肯定 Almost certain	现行手段几乎肯定能找出风险	1.1

表 5 风险等级判定

Table 5 Determination of risk grade

风险等级 Risk level	描述 Characterization	RPN 值 RPN value
不可接受风险 Unacceptable risk	需要立即注意、列为首要或重要的风险,他们发生的可能性有高有低,但他们的潜在后果很严重,需要制订方案,以减少或消除风险,并定期进行风险监测	≥15.6 或严重度(S)为 5 分
可容忍风险 Tolerable risk	这些风险同等重要,但短期内不可能造成破坏,属于忍受范围之内 的风险,应监测这些风险,以确保他们在基本应急规划措施适当管理之下	11.7 ~ 15.5
广泛可接受风险 Widely acceptable risk	这些风险没有显著的影响,在一般情况下是较低的,通常也并不需要采取进一步的行动降低风险	4.9 ~ 11.6
可忽略风险 Negligible risk	这些风险的影响是微乎其微的,低于广泛可接受的水平,可以忽略这种风险,也不需要寻求更加有效的风险降低手段	≤4.8

2.2.2.6 确定风险应对方式。

2.2.2.6.1 风险的应对方式。①风险规避:包括禁止活动、终止(或放弃)活动。如:计划和实施中的检验检疫业务改革项目经评估为不可接受风险时可采取风险规避方式;法律法规规定的行政执法职责不得采取风险规避方式。②风险预防:包括消除风险源、控制风险因素等,可通过培育风险文化、加强教育培训、完善体系文件等。③风险降低:包括降低风险发生可能性、降低风险损失等。④风险分担:包括签订免除责任协议、发包、保险、运用合同条件分清责任转移风险合同等方式;风险转移是风险分担的一种形式。⑤风险自留:风

险可接受情况下,可以保留风险。

2.2.2.6.2 选择应对方式注意事项。①应依据法律、法规的要求,并考虑各种环境信息(如社会责任和自然环境保护),在获得最大的安全保障情况下使成本最小化。②应考虑相关方的观点以及与之沟通的方式。③应考虑风险应对方式引发的新的风险。④应对方式可以被单独或组合来考虑和应用。

2.2.2.6.3 风险应对方式选择。通过对上述风险应对方式进行分析比较,可根据风险等级和实际情况参照表 6 选择风险应对方式。

表 6 风险应对方式
Table 6 Coping style of risk

风险等级 Risk level	风险应对方式 Risk coping style	
	主要策略 Main strategy	辅助策略 Auxiliary strategy
不可接受风险 Unacceptable risk	风险规避、风险预防	风险转移、风险降低
可容忍风险 Tolerable risk	风险降低	风险转移、风险预防
广泛可接受风险 Widely acceptable risk	风险自留	风险预防、风险转移
可忽略风险 Negligible risk	风险自留	风险预防、风险转移

2.2.7 确定中等级风险的监控指标。对 7 个可容忍风险确定监控指标进行监控,做到对风险的预防和可控。

3 出口水产品检验检疫风险管理效果

风险管理最基本、最稳定的是制度管理,通过在风险管理制度建设中融入风险整合、管理融合和信息聚合的理念要素,建立一体化的流程管理模式,实现风险在全局上下内外之间的有效识别和系统整合,风险管理 with 检验检疫现有管理体系和日常工作的融合以及风险信息在全局各层面完整快捷的传递,从而形成覆盖全员、全过程、系统化、制度化、具体化的风险管理体系。

采用 FMEA 方法构建风险分析模型,通过电子信息载体将风险分析结果和发现的风险点转化成风险参数,直接、快速、有效地作用于检验检疫流程,可以实现对全检验检疫流程的风险预防和风险控制。

4 结论

在出口水产品检验检疫风险管理过程中,做好 FMEA 文

件,执行过程中相关管理人员负责保证所有的建议措施被实施或落实,同时针对实际情况调整 FMEA 文件就能达到减少风险、保证检验检疫过程安全运行的目的。

参考文献

[1] 周海京,遇今.故障模式、影响及危害性分析与故障树分析[M].北京:航空工业出版社,2003.
[2] 刘武珍,刘显仁.质量管理理论及方法在合格评定程序中的应用[J].检验检疫科学,2007,17(5):44-46.
[3] 陈娟,邓东晓.FMEA 质量理念及应用研究[J].世界标准化与质量管理,2004(9):20-22.
[4] 陈春梅,朱秀文,刘江南.FMEA 在项目风险管理中的应用研究[J].河北建筑科技学院学报,2004,21(3):83-87.
[5] 吴文忠,黄启龙,廖鲁兴.对检验检疫业务风险管理的思考[J].中国检验检疫,2012(5):21-22.
[6] 陈多思,卢挺.FMEA 信息安全风险评估模型在检验检疫系统内的应用[J].合作经济与科技,2014(22):106-108.
[7] 戴云徽,韩之俊,郭春明.基于 FMEA 的出入境检验检疫目标符合性条件筛选研究[J].技术经济,2009,28(1):42-47.

(上接第 33 页)

产量构成中的有效穗和穗实粒数来实现高产。这与谢桂先等^[12]有机无机肥料配合施用通过提高功能叶的光合速率、有效穗和穗实粒数来提高产量的结果一致。随着有机肥替代化学氮肥量的增加,水稻产量呈显著降低趋势,这充分说明有机肥替代一定量的化学氮肥水稻不减产。该试验结果表明有机肥替代 20% 化学氮肥处理水稻产量最高,替代效果最佳;水稻经济效益与产量结果一致,有机肥替代 20% 化学氮肥处理水稻产量与常规施肥相当,产值和纯收入最高。

综合水稻产量和经济效益结果来看,有机肥替代 20% 化学氮肥处理水稻可以获得较高的产量和经济效益,施用效果最佳。

参考文献

[1] 朱德峰,张玉屏,陈惠哲,等.中国水稻高产栽培技术创新与实践[J].中国农业科学,2015,48(17):3404-3414.
[2] 赵娜,贾力,刘洪来,等.氮肥的环境风险及管理研究进展[J].草原与草坪,2011,31(1):89-93.

[3] 周杨,司友斌,赵旭,等.太湖流域稻麦轮作农田氮肥施用状况、问题 and 对策[J].土壤,2012,44(3):510-514.
[4] 王亚丽,林位夫,陈勇.氮肥使用中的污染问题及其解决途径[J].热带农业科学,2003,23(1):67-73.
[5] 孙彭力,王慧君.氮素化肥的环境污染[J].环境污染与防治,1995(1):38-41.
[6] WANG J F,XING S Z.Negative effects of application chemical fertilizers on farmland and the control measures[J].Agro-environmental Protection,1998,17(1):40-43.
[7] 陶磊,褚贵新,刘涛,等.有机肥替代部分化肥对长期连作棉田产量、土壤微生物数量及酶活性的影响[J].生态学报,2014,34(21):6137-6146.
[8] 李菊梅,徐明岗,秦道珠,等.有机肥无机肥配施对稻田氨挥发和水稻产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(1):51-56.
[9] 侯红乾,刘秀梅,刘光荣,等.有机无机肥配施比例对红壤稻田水稻产量和土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2011,44(3):516-523.
[10] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
[11] 李春寿,叶胜海,陈炎忠,等.高产粳稻品种的产量构成因素分析[J].浙江农业学报,2005,17(4):177-181.
[12] 谢桂先,荣湘民,刘强,等.肥料不同配比对水稻产量与蛋白质含量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2004,30(5):405-410.

科技论文写作规范——作者

论文署名一般不超过 5 个。中国人姓名的英文名采用汉语拼音拼写,姓氏字母与名字的首字母分别大写;外国人姓名、名字缩写可不加缩写点。