

# 层次分析法在食品防护计划实施过程中的应用研究

刘建芳\*, 郑 枢, 孙良娟

(湛江海关, 湛江 524022)

**摘要:** **目的** 指导食品生产企业有效制定并实施食品防护计划。**方法** 运用层次分析法, 结合 GB/T 27320-2010《食品防护计划及其应用指南 食品生产企业》指南中食品防护评估的内容, 在分析影响食品生产企业食品防护计划有效实施要素的基础上, 构造判断矩阵、进行权重计算和一致性检验, 科学地将要素重要性量化。**结果** 食品防护评估的内容重要性排序为: 食品防护计划的实施、验证、应急、制定、记录、改进; 影响食品防护有效运行的因素排序为: 人才培养、设备设施的升级、政府部门指导。**结论** 构建的层次模型对食品生产企业建立并有效实施食品防护计划提供了现成的、科学的评估模型, 具有非常实用的价值, 能够迅速提升食品防护计划在企业实施的效果, 从而避免发生食品安全防护事件。

**关键词:** 食品防护; 层次分析法; 评估

## Research on the application of analytic hierarchy process in the implementation of food defense plan

LIU Jian-Fang\*, ZHENG Shu, SUN Liang-Juan

(Zhanjiang Customs, Zhanjiang 524022, China)

**ABSTRACT: Objective** To guide food production enterprises to make and implement food defense plan effectively. **Methods** Using the analytic hierarchy process (AHP), combined with the content of the food defense assessment of the GB/T 27320-2010 *Food defense plan and application guide*, based on the analysis of affecting food defense plan effective implementation, judgment matrix was constructed, and weight calculation and the consistency check were carried out, scientifically making the importance factor quantification. **Results** The contents of food defense evaluation were ranked in order of importance: implementation, verification, emergency response, formulation, recording and improvement of food protection plans. Factors influencing the effective operation of food defense plan were ranked in order of importance: personnel training, equipment and facilities upgrading, and guidance from government departments. **Conclusion** The constructed hierarchical model provides a ready-made and scientific evaluation model for food production enterprises to establish and effectively implement food defense plans. It is of great practical value and can rapidly improve the implementation effectively of food defense plans, so as to avoid food safety defense incidents.

基金项目: 湛江市财政资金科技专项项目(2017A01006)

Fund: Supported by Zhanjiang Financial Fund for Science and Technology (2017A01006)

\*通讯作者: 刘建芳, 工程师, 主要研究方向为出口食品生产企业认证监管。E-mail: 1765389778@qq.com

\*Corresponding author: LIU Jian-Fang, Engineer, Zhanjiang Customs, No.47, Renmin Road Middle, Zhanjiang 524022, China. E-mail: 1765389778@qq.com

**KEY WORDS:** food defense; analytic hierarchy process; evaluation

## 1 前言

食品防护计划(food defense plan)是为达到食品防护目的而制定的一系列制度化、程序化的书面文件,它建立在全面的食品防护安全评估基础上,遵循适应不同产品类型和企业实际的原则。食品防护针对食品从生产到消费整个周期中可能出现的蓄意破坏行为,采取预防措施加以制止<sup>[1]</sup>。如犯罪分子会采用生物、物理、化学及其他有毒有害物质来污染食品,进而造成对人体健康的危害,达到扰乱、破坏社会秩序的目的。由于犯罪分子通常采用的破坏手段不合常理,无法对其进行预知,从而给食品安全保障工作带来了极大的困难和挑战。因此,从这个层面上理解,食品防护与食品安全管理在表现形式上不同。然而,食品安全与食品防护又是相互联系的,食品防护工作是食品安全管理工作的延伸。2015年12月21日,原质检总局发布《质检总局关于进一步加强出口食品防护的公告》(2015年第155号)<sup>[2]</sup>,鼓励出口食品生产加工企业在2018年12月31日前将《出口食品全过程防护工作指南(试行)》及GB/T 27320-2010《食品防护计划及其应用指南 食品生产企业》<sup>[3]</sup>转化为企业管理制度,建立并实施食品防护计划。其中,全过程防护工作指南涵盖种植/养殖源头防护、生产企业防护、原料及产品运输防护和严格追溯管理等生产、运输、储存的全过程,并提出了7点工作要求,进一步细化了出口食品的全过程防护。

近年来,虽然按照《出口食品生产企业备案管理规定》(原国家质检总局2017年第192号令)要求,越来越多的出口食品加工企业建立了本企业的食品防护计划<sup>[4]</sup>,但由于企业设施设备落后、企业管理人员水平和认识等层面原因,食品企业的食品防护计划还是存在与GB27320要求不符和缺乏实际验证等问题,企业如何建立具有食品防护功能的HACCP体系,亟须进一步的排查整改和完善。

本文通过列举食品生产企业建立并实施食品防护计划所需要考虑的各种因素,并运用层次分析法对各种因素的重要性进行排序,来指导企业在建立和实施食品防护计划过程中能根据自身实际情况进行综合性评估,以此帮助食品生产企业有效实施食品防护计划。

## 2 指标体系的建立

本研究结合GB/T 27320-2010《食品防护计划及其应用指南 食品生产企业》<sup>[3]</sup>中食品防护评估的9个方面内容,细化相关关注点,在产品描述、识别预期用途、法律法规标准等的识别、新的食品原料、食品添加剂新品种、食品相关产品新品种的识别、绘制流程图、绘制布局图、现场确认流程图和布局图的基础上,用量化关键点的方式,对食品生产企业食品防护计划的制定和实施情况进行评估。

### 2.1 评估方法

层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是将决策有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在次基础上进行定性和定量分析的决策方法,是一种层次权重决策分析方法。它将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化,应用这种方法,决策通过将复杂问题分解为若干层次或若干因素,在各因素之间进行简单比较和计算,就可以得出不同方案的权重,为最佳方案的选择提供依据<sup>[5,6]</sup>。

### 2.2 建立层次结构模型并构造两两比较矩阵

本研究运用层次分析法,建立了食品防护计划层次结构各阶层如图1。以食品防护计划的持续有效运行为总体目标,以食品企业为主体,贯穿食品防护计划的制定、实施、验证和应急等各个方面。根据AHP基本原理,分层次对下层因素进行两两比较,按照9标度法(表1)对该层次的因素进行两两比较,构造判断矩阵并进行重要性排序。

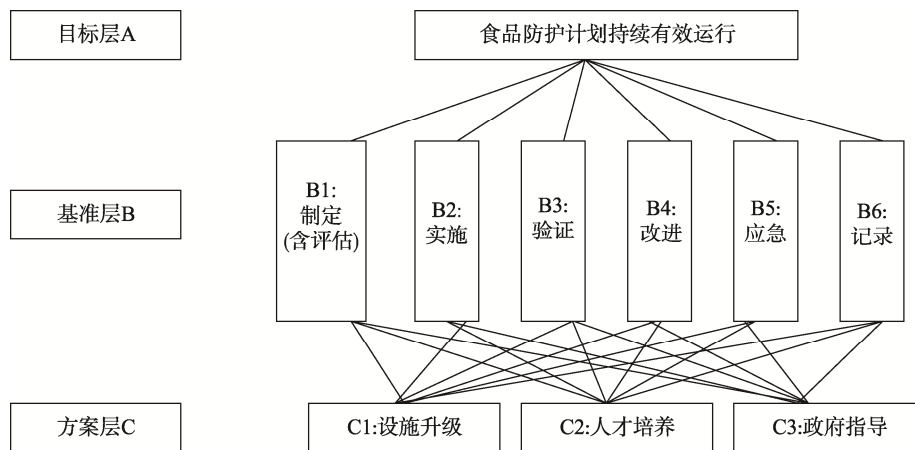


图1 量化评估指标

Fig.1 Quantitative assessment indicators

本研究找食品生产企业高层管理员 12 名, 认证机构食品相关认证高级审核员 4 名, 政府部门 4 名共 20 人组成专家组对各指标进行两两比较, 判断其相对重要程度, 并综合各专家对不同指标的评估结果, 建立两两比较矩阵。本研究假

设各专家的能力水平一样, 各专家的权重均为 1, 专家的意见采用加权平均的方法简化处理<sup>[7]</sup>, 最终得到表 2(基准层重要程度评价)和表 3(方案层各要素对基准层各要素的重要程度评价汇总), 其中表中“√”表示所有专家评估结果的加权平均结果。

表 1 判断标度及其含义  
Table 1 Judgment scale and its meaning

标度	因素比较	含义
1	同等重要	表示两个因素相比, 具有同样重要性
3	稍微重要	表示两个因素相比, 一个因素比另外一个略重要
5	较强重要	表示两个因素相比, 一个因素比另外一个重要
7	强烈重要	表示两个因素相比, 一个因素比另外一个重要得多
9	极端重要	表示两个因素相比, 一个因素比另外一个绝对重要
2, 4, 6, 8	两相邻判断的中间值	介于以上两相邻判断之间的状态标度
倒数		若 i 因素与 j 因素比较, 结果为 $A_{ij}=1/A_{ji}$

表 2 基准层重要程度评价  
Table 2 Important assessment of criteria layer

基准层	极端重要	相邻中值	强烈重要	相邻中值	较强重要	相邻中值	稍微重要	相邻中值	同等重要
B1				√					
B2	√								
B3			√						
B4					√				
B5			√						
B6				√					

表 3 方案层重要程度评价  
Table 3 Important assessment of programme layer

基准层	方案层	极端重要	相邻中值	强烈重要	相邻中值	较强重要	相邻中值	稍微重要	相邻中值	同等重要
	C1					√				
B1	C2	√								
	C3							√		
B2	C1	√								
	C2		√							
	C3			√						
B3	C1							√		
	C2			√						
	C3	√								
B4	C1		√							
	C2					√				
	C3			√						
B5	C1			√						
	C2		√							
	C3	√								
B6	C1					√				
	C2	√								
	C3			√						

判断矩阵权重计算的方法一般有几何平均法和规范列平均法。对以上比较结果用规范列平均法计算构成两两比较矩阵如表 4~10。

表 4 基准层两两比较矩阵

Table 4 Pairwise comparison matrix for criteria layer

综合评价 A	B1	B2	B3	B4	B5	B6	重要性排序值
B1	1	1/3	1/2	2	1/2	1	0.1063
B2	3	1	2	5	2	3	0.3409
B3	2	1/2	1	3	1	2	0.1931
B4	1/2	1/5	1/3	1	1/3	1/2	0.0604
B5	2	1/2	1	3	1	2	0.1931
B6	1	1/3	1/2	2	1/2	1	0.1063

该判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}=6.0212$

结论：此矩阵的一致性可以接受!

判断矩阵一致性指标  $CI=0.0042$

随机一致性比率  $CR=0.0034$

表 5 方案层 B1 两两比较矩阵

Table 5 Pairwise comparison matrix for programme layer in B1

B1	C1	C2	C3	排序结果
C1	1	1/5	3	0.1884
C2	5	1	7	0.7306
C3	1/3	1/7	1	0.0810

该判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}=3.0649$

结论：此矩阵的一致性可以接受!

判断矩阵一致性指标  $CI=0.0324$

随机一致性比率  $CR=0.0624$

表 6 方案层 B2 两两比较矩阵

Table 6 Pairwise comparison matrix for programme layer in B2

B2	C1	C2	C3	排序结果
C1	1	2	3	0.5396
C2	1/2	1	2	0.2970
C3	1/3	1/2	1	0.1634

该判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}=3.0092$

结论：此矩阵的一致性可以接受!

判断矩阵一致性指标  $CI=0.0046$

随机一致性比率  $CR=0.0088$

表 7 方案层 B3 两两比较矩阵

Table 7 Pairwise comparison matrix for programme layer in B3

B3	C1	C2	C3	排序结果
C1	1	1/5	1/7	0.0719
C2	5	1	1/3	0.2790
C3	7	3	1	0.6491

该判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}=3.0649$

结论：此矩阵的一致性可以接受!

判断矩阵一致性指标  $CI=0.0324$

随机一致性比率  $CR=0.0624$

表 8 方案层 B4 两两比较矩阵

Table 8 Pairwise comparison matrix for programme layer in B4

B4	C1	C2	C3	排序结果
C1	1	3	2	0.5396
C2	1/3	1	1/2	0.1634
C3	1/2	2	1	0.2970

该判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}=3.0092$

结论：此矩阵的一致性可以接受!

判断矩阵一致性指标  $CI=0.0046$

随机一致性比率  $CR=0.0088$

表 9 方案层 B5 两两比较矩阵

Table 9 Pairwise comparison matrix for programme layer in B5

B5	C1	C2	C3	排序结果
C1	1	1/2	1/3	0.1634
C2	2	1	1/2	0.2970
C3	3	2	1	0.5396

该判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}=3.0092$

结论：此矩阵的一致性可以接受!

判断矩阵一致性指标  $CI=0.0046$

随机一致性比率  $CR=0.0088$

表 10 方案层 B6 两两比较矩阵

Table 10 Pairwise comparison matrix for programme layer in B6

B6	C1	C2	C3	排序结果
C1	1	1/3	1/2	0.1634
C2	3	1	2	0.5396
C3	2	1/2	1	0.2970

该判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}=3.0092$

结论：此矩阵的一致性可以接受!

判断矩阵一致性指标  $CI=0.0046$

随机一致性比率  $CR=0.0088$

为了判断所得的权向量分配是否合理，还需要对判断矩阵进行一致性检验，避免评价比较矩阵偏离一致性过大，以上矩阵计算中， $CR<0.1$ ，表明上述判断具有很好的—致性，以上权向量可以接受<sup>[7]</sup>。

### 3 评价模型分析

综合以上两两比较计算结果，基准层和方案层共同对目标层的影响得到综合评估结果如表 11。

根据表 11 可发现，基准层的重要程度排序： $B2>B3=B5>B1=B6>B4$ ，由此说明，食品防护计划的应用中，实施最重要，其次是验证和应急，然后是制定和记录，最后是改进。

表 11 综合评价两两比较矩阵  
Table 11 Pairwise comparison matrix for overall evaluation

评价指标	B1(制定)	B2(实施)	B3(验证)	B4(改进)	B5(应急)	B6(记录)	综合评价总排序
权重系数	0.1063	0.3409	0.1931	0.0604	0.1931	0.1063	
C1	0.1884	0.5396	0.0719	0.5396	0.1634	0.1634	0.2994
C2	0.7306	0.2970	0.2790	0.1634	0.2970	0.5396	0.3574
C3	0.0810	0.1634	0.6491	0.2970	0.5396	0.2970	0.3433

方案层的重要程度排序: C2>C3>C1,但是 C2 与 C3 很接近,说明企业人才培养和政府指导几乎同等重要,设施升级稍次之。

食品企业的食品防护计划要有效运行,最重要的是在实施过程中注重企业人才的培养、设备设施的升级,同时政府部门需要及时帮助指导。近年来,我国在食品防护的研究方面不断取得进展,先后制定了推荐性国家标准、出台食品防护工作指南,初步建立食品防护法规体系,但与美国食品防护法规相比,在法律约束力、完整性、可操作性等方面尚有较大差距<sup>[8,9]</sup>,自食品防护概念提出以来,美国 FDA、FSIS 等部门相继提出了多项供应链和生产企业的食品防护计划导则,推出了多项食品防护培训项目以提高企业生产管理者和相关部门监督者的食品防护意识,并构建了食品防护数据库以不断更新和完善食品防护计划。美国政府充分发挥指导职能,为消费者、食品企业和州政府、地方机构提供了大量指导材料,包含各种手册和计划指南,具有很重要的示范和指导作用。此外, FDA 还积极推进食品防护危害识别和行业培训,专门制定了面向食品行业的网上和实地培训计划和课程,开发了食品防护相关软件以帮助食品企业进行食品防护评估和建立针对性的食品防护计划<sup>[8]</sup>。从美国食品安全计划的实施与应用走在世界前列这点来看,政府部门的及时指导显得非常重要,这点与评估结果非常吻合。

## 4 讨论

### 4.1 食品防护计划在目标层的目标制定

不同的企业拥有不同的资源,不同管理者关注点不同,企业在食品防护计划目标层面的诉求自然也有不同,有的企业关注重点在于制定食品防护计划的完整性,有的企业追求食品防护计划的结果,也有的企业重视食品防护计划实施过程。本研究以湛江地区出口食品生产企业食品防护计划建立及实施为主要研究基础,涉及的主要行业为水产品(鱼、虾),课题组企业管理人员全部来自湛江地区,目标的制定在一定程度上受到地域限制性、行业局限性和人员视野局限性的影响。但课题组从企业的实际应用需求出发,在争取参与评价人员最大限度共识基础上,聚焦食品防护计划体系的有效性和符合性,把“食品防护计划有

效运行”作为企业建立并实施食品防护计划的目标。体系的有效性和符合性同时也是多数第三方认证机构评价企业管理体系的主要标准。

### 4.2 食品防护计划在基准层的策划安排

食品防护计划建立并实施的步骤包括食品防护评估、薄弱环节食品防护措施制定以及验证、应急、记录等相关程序文件的制定、开展确认及薄弱环节验证等验证工作、食品防护计划全面实施、体系审查与改进、记录保持、应急处理(演练)等环节<sup>[10]</sup>。各环节之间存在一定的次序关系,例如以识别薄弱环节为目的食品防护评估就是前提基础工作。对于企业而言,人力、资金等资源是有限的,对食品防护计划在基准层的不同环节给予分析比较,在认为最重要的环节投入最大的人力物力,以供企业管理层决策,提高工作效率。本研究将食品防护计划建立并实施的环节归纳为制定、实施、验证、改进、应急和记录,研究结果显示,通过两两比较的层次分析,食品防护计划不同环节之间,实施最重要,其次是验证和应急,然后是制定和记录,最后是改进。一分布置,九分落实,计划实施最重要的研究结果与企业的实用需求是一致的。黄斌、顾绍平、秦红等人在山东等地食品生产企业开展了“食品企业食品防护建立与实施研究”专门课题研究中,认为食品防护计划的首要重点环节是识别危害的食品防护评估环节<sup>[11]</sup>。本研究结果认为实施最重要,并不排除其他环节不重要,只不过是定量的角度,通过专家打分、数学统计分析的方式将不同环节重要性的权重以数字的形式呈现。不同的研究结果是由于不同的研究角度及研究方法所导致。

### 4.3 食品防护计划在方案层的资源配置

课题组在企业调研走访中,对企业在食品防护计划实施方面比较关注设备设施投入、人力资源配备、政府的配套政策、组织的培训等问题进行归纳,从方案层分为设施升级、人才培养、政府指导三个方面。本研究结果显示,在食品防护计划实施方案重要性比较上,企业人才培养最重要,政府指导几乎同等重要,设施升级稍次之。2009年, FDA 总结几年来的实践经验,提出“企业员工是食品防护第一线”的理念<sup>[7]</sup>。归纳出企业员工执行食品防护的5大要点:(1)遵循企业食品防护计划与流程,(2)检查工作区和周

边区域,(3)识别任何不正常的情况,(4)保障所有的食品原料用品和成品的安全,(5)及时向上级报告任何不正常或可疑的情况,其通过教育提高员工的食品防护意识,使员工明确食品防护五大要点的内涵<sup>[8]</sup>。本研究结果与李和平在如何有效实施食品防护计划研究方面提出的“食品防护计划的有效实施要靠每一个员工来完成”观点基本一致<sup>[12]</sup>。人才是制约企业食品防护计划实施效果的主要因素,企业需要在加强员工业务培训,提升食品防护意识,调动员工积极性,全员参与。特别是品管人员,需掌握食品防护的专业知识,具备组织策划食品防护计划的能力。

## 5 结 论

本研究以企业食品防护计划的有效运行为目标,通过层次分析方法,在基准层识别出不同环节的重要性序列,在方案层找出优先的事项,为企业的决策提供参考。本研究构建的层次模型对食品生产企业建立并有效实施食品防护计划提供了现成的、详细的评估模型,具有非常实用的价值,能够迅速提升食品防护计划在企业实施的效果,从而避免发生食品安全防护事件。目前从实施情况来看,我国食品生产企业的管理理念不一,政府对食品防护计划实施过程监管历史较短,能发挥不足,没有足够的经验指导国内企业对食品防护计划的正确认识和重视,导致食品防护计划在实施过程中存在诸多问题,如食品生产企业对食品防护计划的参与不足,造成食品防护计划形同虚设,而且国内针对食品防护计划开展的培训相对较少,缺少专业管理人员,企业未能真正理解和掌握食品防护计划的有效性和可操作性,食品安全理念有待提升<sup>[8]</sup>。随着食品防护计划在我国食品企业的逐步普遍开展,政府部门的逐步重视,将会有更多人去研究更完善、更客观、更有指导意义的评价体系。

## 参考文献

- [1] 国家认证认可监督管理委员会. 美国《保护食品防止被故意掺杂的缓解策略》法规解读[M]. 北京: 中国标准出版社, 2018. Certification and Accreditation Administration of China. Interpretation to USA *The mitigation strategy to protect food from intentional pollution* [M]. Beijing: China Standards Press, 2018.
- [2] 国家质检总局 2015 年第 155 号公告关于进一步加强出口食品防护的公告 [EB/OL]. [2013-12-31]. [http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk\\_13386/jlgg\\_12538/zjgg/2015/201512/t20151231\\_457554.htm](http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/jlgg_12538/zjgg/2015/201512/t20151231_457554.htm). National Bureau of Quality Inspection Notice 2015 No.155th Provisions on further strengthening defense of food for export [EB/OL]. [2013-12-31]. [http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk\\_13386/jlgg\\_12538/zjgg/2015/201512/t20151231\\_457554.htm](http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/jlgg_12538/zjgg/2015/201512/t20151231_457554.htm).
- [3] GB/T 27320-2010 食品防护计划及其应用指南 食品生产企业[S]. GB/T 27320-2010 Food defense plan and operating guide-Food manufactures [S].
- [4] 国家质检总局 2017 年第 192 号令出口食品生产企业备案管理规定

[EB/OL]. [2017-11-24]. [http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk\\_13386/jlgg\\_12538/zj/2017/201711/t20171124\\_503074.htm](http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/jlgg_12538/zj/2017/201711/t20171124_503074.htm).

- National Bureau of Quality Inspection Notice 2017 No.182th of the general administration of quality supervision and Administration to submissions on regulations and administration of export food production enterprises. [EB/OL]. [2017-11-24]. [http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk\\_13386/jlgg\\_12538/zj/2017/201711/t20171124\\_503074.htm](http://www.aqsiq.gov.cn/xxgk_13386/jlgg_12538/zj/2017/201711/t20171124_503074.htm).
- [5] 刘建芳, 蔡晶晶, 胡大伟. 模糊数学综合评价法在出口食品生产企业备案监管工作中的应用研究[J]. 检验检疫学报, 2017, (1): 46-51. Liu JF, Cai JJ, Hu DW. Application of fuzzy mathematics comprehensive evaluation method in registration supervision for the exprot-food manufactures [J]. J Inspect Quarant, 2017, (1): 46-51.
  - [6] 刘建芳, 郑枢, 刘芳. 关于我国食品防护计划实践应用的思考[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, (9): 3644-3649. Liu JF, Zheng S, Liu F. Thoughts on the practical application of food defense plan in China [J]. J Food Saf Qual, 2017, (9): 3644-3649.
  - [7] 黄斌, 顾绍平, 秦红, 等. 食品防护计划的实践与思考[J]. 中国渔业质量与标准, 2011, 1(1): 75-78. Huang B, Gu SP, Qin H, et al. Practice and consideration of food defense plan [J]. China Fish Qual Stand, 2011, 1(1): 75-78.
  - [8] 王志刚, 钱成济, 黄圣南, 等. 美国食品防护计划及其经验启示[J]. 现代管理科学, 2014, (3): 3-6. Wang ZG, Qian CJ, Huang SN, et al. US food defense plan and experience enlightenment [J]. Mod Manag Sci, 2014, (3): 3-6.
  - [9] 李海华, 李勇秋. 如何建立具有食品防护功能的 HACCP 体系[J]. 质量与认证, 2016, (10): 68-70. Li HH, Li YQ. How to establish HACCP system with food defense [J]. Qual Certific, 2016, (10): 68-70.
  - [10] 李和平. 有效实施食品防护计划确保食品安全[C]. 第二届国际食品安全高峰论坛论文集, 2009: 121-122. Li HP. Effectively implementing food defense plan to ensure food safety [C]. The Second International Food Safety Summit Forum, 2009: 121-122.
  - [11] 宋月萍. 基于风险思维制定并有效实施食品防护计划[J]. 中国认证认可, 2017, (3): 49-51. Song YP. Establish and effectively implement food defense plan based on risk thinking [J]. China Conformity Asses, 2017, (3):49-51.
  - [12] 夏飞平, 黄斌, 李和平. 食品防护应对经济利益驱动故意污染食品安全问题可行性探讨[J]. 食品安全质量检测学报, 2012, 3(1): 1-4. Xia FP, Huang B, Li HP. Discussion on the feasibility of food defense against economic interests driving intentional pollution of food safety [J]. J Food Saf Qual, 2012, 3(1): 1-4.

(责任编辑: 韩晓红)

## 作者简介



刘建芳, 工程师, 主要研究方向为出口食品生产企业认证监管。  
E-mail: 1765389778@qq.com