基于 COSO-ERM 视角的疫苗企业风险评价体系构建与提升策略研究

Research on Construction of Risk Evaluation System and Improvement Strategies for Vaccine Enterprises from the Perspective of COSO-ERM

朱　价[1]，丁宇琦[1]，沈　泓[1]，刘　柱[1]，茅鸯对[2*]

（1. 浙江省食品药品检验研究院，浙江杭州 310052；2. 浙江药科职业大学，浙江宁波 315000）

ZHU Jia[1], DING Yuqi[1], SHEN Hong[1], LIU Zhu[1], MAO Yangdui[2*]

（*1. Zhejiang Institute for Food and Drug Control, Hangzhou 310052; 2. Zhejiang Pharmaceutical University, Ningbo 315000*）

摘要：该文基于美国反财务欺诈委员会下属的发起人委员会的企业风险管理（COSO-ERM）视角，以 A 疫苗生产企业为例构建了疫苗企业风险评价体系，并运用层次分析（AHP）法 - 模糊综合评价（FCE）法评价模型进行综合量化评价。构建的风险评价指标体系包含了目标层、准则层和指标层，并采用 AHP 法对评价指标体系中的 8 个一级指标和 28 个二级指标进行赋权，采用 FCE 法对各指标进行综合评价，最终计算得到整体评价的风险值。数据表明 A 疫苗生产企业处于中低等风险水平，根据探索到的风险值较高的 3 个准则层一级指标和 8 个指标层二级指标，提示该疫苗企业应从风险防范和提升管理策略出发，重点关注战略目标、应急管理、企业文化、产品维稳、运行审查等风险领域。

关键词：疫苗；COSO-ERM；风险评价；层次分析；模糊综合评价

中图分类号：R95　　**文献标志码：**C　　**文章编号：**1001-8255(2024)01-0149-06

DOI：10.16522/j.cnki.cjph.2024.01.021

疫苗产业与国家安全、公共卫生安全和人民群众生命健康休戚相关，是药品监管科学研究领域的重中之重。从产品属性角度考虑，疫苗作为生物制品，本身工艺具有较高的复杂性[1]，在生产过程中易受到污染，产业链中的任一环节出现问题，都可能给终产品带来巨大的安全隐患。因此，需引入风险管理理念，保证疫苗产品的安全性、有效性和质量可控性。从产业发展角度考虑，我国现有疫苗制药企业 51 家，能生产 60 余个疫苗品种（截至 2023 年 9 月）[2]，但许多疫苗企业对风险管理的理解和实操仍停留在表面，多用于应付日常的外部检查，而非来源于内生性的管理动力，积极性和主动性有待提升。从国际战略角度考虑，在如今复杂多变的国际经济环境中[3]，产业发展要求企业不断提升产品的核心竞争力和品牌价值。深入开展风险管理、风险评价及对策研究，不断提升疫苗产品质量，缩小与国际领先疫苗产品的质量差异，是我国疫苗企业稳定发展的有力保障。

基于美国反财务欺诈委员会下属的发起人委员会（The Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission，COSO）的企业风险管理（Enterprise Risk Management，ERM）视角[4]，研究、设计风险评价体系并开展研究，能够为推动疫苗企业按照系统性、科学性、可行性的原则组织生产提供新的思路。文章采用层次分析（analytic hierarchy process，AHP）法确定评价体系中各评价指标的权重，采用模糊综合评价（fuzzy comprehensive evaluation，FCE）法建立各评价指标的隶属函数，以 A 疫苗生产企业为例进行研究，实现对疫苗企业的整体风险评估并提出相应的管理提升对策，以期为疫苗企业的风险管理提供可行的技术思路，也为其他药品生产企业的风险评价和风险防范提供一定的参考。

收稿日期：2023-09-27

基金项目：浙江省哲学社会科学规划课题（23NDJC446YBM）、浙江省药品监管科技计划项目（2023016）、浙江省药品监管科技计划项目（2024029）

作者简介：朱　价（1988—），女，硕士，主管药师，从事医药技术经济与管理研究。

通信作者：茅鸯对（1988—），女，硕士，副教授，从事药物警戒、医疗人工智能研究。

E-mail：maoyangdui@126.com

1 COSO-ERM 相关理论

COSO-ERM 是指由 COSO 发布的《企业风险管理 —— 整合框架》(Enterprise Risk Management-Integrated Framework)[5]。COSO-ERM 对全面风险管理做出了详细定义，能够有效提升企业风险管理水平，是目前公认的全面风险管理框架之一[4]，在综合分析和评估企业风险管理方面具有一定权威性。COSO-ERM 于 2017 年修订为正式版（COSO-ERM 2017)，《企业风险管理 —— 与战略和绩效相结合》(Enterprise Risk Management – Integrating with Strategy and Performance)[6]，由治理和文化、战略和目标设定、绩效、审查和修订、信息沟通与报告 5 个部分及其对应的 20 项指导原则构成，更加强调融合的意识与实践（图 1)。相较于传统的风险管理方式 (COSO-ERM)，COSO-ERM 2017 更加强调战略整合与价值创造，有利于企业长远发展目标的实现，目前已得到广泛应用[4,7]。但由于我国大部分药品生产企业对于复杂商业环境下的战略和价值考量起步较晚，很少有研究将 COSO-ERM 2017 运用于药品企业，尤其是疫苗企业。

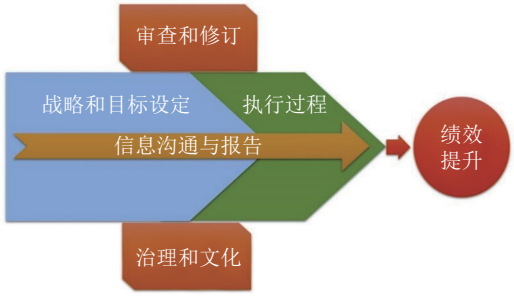


图 1　COSO-ERM 2017 的框架图

Fig.1　Framework of COSO-ERM 2017

2 风险评价体系的构建

疫苗生产是一个复杂的系统工程，不仅涉及软硬件条件，还涉及原材料、生产、成品检验等生产活动，以及社会责任等。基于 COSO-ERM 视角，以疫苗生产安全为基础，整合生产和经营活动的支持性要素，综合考虑疫苗质量的可持续性发展，构建了“1、8、28”3 个层次的风险评价指标体系，如表 1 所示。

3 风险评价研究

3.1 AHP-FCE 方法概述

目前国内外常用的评价方法主要包括数据包络分析法[8—9]、主成分分析法[10]、灰色关联分析法[11]、德尔菲法[12]、AHP 法[13—14]、FCE 法[15] 以及组合评价方法[14,16—17] 等。AHP-FCE 方法是将 AHP 法与 FCE 法相结合的一种评价方法，集合了 AHP 法操作直观、层次分明、有效性强和 FCE 法系统性强、可解决模糊现象、处理多种因素的优点。

运用 AHP 法对不同层级的指标进行权重判定和计算，若一致性比率（CR）<0.1，则通过一致性检验，计算得到的各指标权重可接受；若 CR>0.1，则需要重新构建矩阵。而运用 FCE 法可对受到多种因素影响的对象做出总体评价。

3.2 基于 AHP 法的评价指标赋权

以 A 疫苗生产企业为研究对象，邀请到 10 位来自生物医药研究领域的专家参加调查，利用 1 ～ 9 标度法[18] 对已构建的风险评价指标体系中的不同指标进行打分。然后运用 AHP 法进行统计分析，依次计算准则层（Y）的 8 个一级指标对目标层（X）的权重、指标层（Z）的 28 个二级指标对准则层（Y）的权重。将一级指标权重乘以二级指标权重的结果作为综合权重，各指标权重的计算结果如表 2 所示。

结果显示，评价指标体系中各二级指标的判断矩阵均可通过一致性检验（CR<0.1），一级指标的 CR 为 0.023 8，说明权重结果是合理可信的。

根据表 2 中准则层（Y）的 8 个一级指标对目标层（X）的权重计算结果，指标权重排名前 3 位的是：战略和目标风险、治理和文化风险和产品质量风险，表明多数专家认为在疫苗生产企业风险评价中，这 3 项是应重点关注的风险领域。根据指标层（Z）对目标层（X）的综合权重计算结果排序，权重较高、影响较大的指标分别为：持续改进能力不到位 (0.118 8)、管理者素质波动 (0.109 0)、生产体系不稳定 (0.100 9)、应急管理硬件不稳定 (0.085 1)、目标设定不到位 (0.065 5)、治理能力不稳定 (0.060 1)、检验检测不到位 (0.058 0)、运行情况审查不到位

表 1 疫苗企业的风险评价指标体系

Tab.1 Index System of Risk Evaluation for Vaccine Enterprises

目标层(X)	准则层(Y)	指标层(Z)	具体评价内容
疫苗企业风险评价	生产控制活动(A)	采购环节控制(A1)	原材料是否可追溯，合格率情况，质检方式是否合理
		生产环节控制(A2)	操作是否规范，技术是否成熟
		储运环节控制(A3)	运输是否高效，冷链控制能否达标
		废弃物处理环节控制(A4)	废弃物是否规范处理、达标排放
	人员因素(B)	安全意识和水平(B1)	安全意识和知识储备，接受培训频率
		健康状况(B2)	是否定期体检、注射相关疫苗获得免疫保护
		应激反应能力(B3)	操作规范的熟练度，发生偏差时具备有效的应激反应
		个体安全防护(B4)	安全防护的硬件水平
	仪器设备与化学品(C)	安全监测和报警装置(C1)	设备是否有安全监测和报警装置
		设备安全防护水平(C2)	设备是否有相应的安全防护管理，有维护和保养
		危化品的储存使用(C3)	危化品管理是否按标准执行，使用是否合规
		危化品的监管(C4)	是否对危化品使用进行管理并定期监督
	产品质量(D)	生产体系(D1)	是否有配套生产体系认证
		检验、检测(D2)	原液合格率、半成品合格率、自检合格率、批签发合格率的情况
		标准执行情况(D3)	标准采用和执行的情况
	治理和文化(E)	治理能力(E1)	组织是否专业独立，组织机构是否健全
		企业文化(E2)	是否有提升员工使命感、凝聚力和上进心的企业文化
		管理者素质(E3)	管理者是否具备高素质，能高效处理企业内各项事宜
	战略和目标(F)	社会责任(F1)	员工流失率，企业信用评价
		目标设定(F2)	根据质量可持续性制定适时的战略和目标
		持续改进能力(F3)	是否有寻求改进的意愿，是否具备改进的执行力
	审阅和修订(G)	内外环境评估(G1)	内外部环境信息是否高效整合，能进行有效评估
		内外部信息沟通(G2)	内外部信息是否充分沟通，促进互利共赢
		运行情况审查(G3)	是否做好生产和内部控制的监督检查
	应急和风险管理(H)	隐患排查和整改(H1)	是否有隐患排查和整改制度并高效执行
		定期应急演练(H2)	是否开展定期的应急演练并效果良好
		问责机制(H3)	是否设定问责机制，将应急和风险管理工作责任到人
		应急管理硬件(H4)	是否具备应急通信、救援物资、疏散通道等硬件条件

(0.056 2)；这些指标应作为该疫苗品种风险管理时重点关注的评价指标。

3.3 基于 FCE 法的指标综合评价

通过文献查阅和专家咨询结果，将风险评价指标体系中的各项指标分为 5 个等级［分别为：低风险（V_1）、较低风险（V_2）、中等风险（V_3）、较高风险（V_4）、高风险（V_5）］，确定的评价集为 V=［V_1，V_2，V_3，…，V_5］；对应的评价分数集设置为：Z=［1，3，5，7，9］。邀请 10 位专家，对 A 疫苗生产企业的评价指标体系中各二级指标的风险等级进行评分，并得到隶属度统计表（表 3）。

按 FCE 法可计算得到的一级指标权重，从而计算得评价矩阵 B=［0.340 4, 0.310 1, 0.212 2, 0.096 1, 0.041 2］，再进行综合评价分数计算，得出风险值 Q=B×Z=3.375 3。该风险值介于 3 和 5 之间，可由此判断 A 疫苗生产企业处于中低等风险水平。

同理，计算准则层（Y）一级指标的风险值，并与每个指标的权重相乘得到加权风险值，亦可得到指标层（Z）二级指标的风险值和加权风险值。结果如表 4 所示。

结果显示，在准则层（Y）中，风险值较高的前 3 个指标为：战略和目标风险、应急管理风险和治理和文化风险，需要引起重视和关注。细化到指标层（Z）中，风险值较高的前 8 个指标分别为：持续改进能力不到位、应急管理硬件不稳定、目标设定不到位、生产体系不稳定、问责机制不到位、管理者素质波动、治理能力不稳定、运行情况审查不到位。

4 风险防范与管理提升策略

根据上述研究结果，针对 A 疫苗生产企业，探

表 2　评价指标体系中各指标的权重情况

Tab.2　Weight Value of Each Index in the Evaluation Index System

准则层(Y)		指标层(Z)			综合权重	排序
一级指标	权重	二级指标	权重	CR		
A	0.040 1	采购环节控制不稳定(A1)	0.117 6	0.005 1	0.004 7	25
		生产环节控制不稳定(A2)	0.517 5		0.020 8	16
		储运环节控制不稳定(A3)	0.061 1		0.002 5	27
		废弃物处理环节控制不稳定(A4)	0.303 8		0.012 2	19
B	0.070 8	安全意识和水平不到位(B1)	0.096 0	0.010 3	0.006 8	24
		健康状况不稳定(B2)	0.465 8		0.033 0	13
		应激反应能力不稳定(B3)	0.161 1		0.011 4	20
		个体安全防护不到位(B4)	0.277 1		0.019 6	17
C	0.021 8	安全监测和报警装置不到位(C1)	0.511 5	0.006 9	0.0112	21
		设备安全防护水平不稳定(C2)	0.314 6		0.006 9	23
		危化品的储存和使用不到位(C3)	0.116 0		0.002 5	26
		危化品的监管不到位(C4)	0.058 0		0.001 3	28
D	0.181 2	生产体系不稳定(D1)	0.557 1	0.009 2	0.100 9	3
		检验、检测不到位(D2)	0.320 2		0.058 0	7
		标准执行情况不到位(D3)	0.122 6		0.022 2	15
E	0.202 2	治理能力不稳定(E1)	0.297 3	0.004 6	0.060 1	6
		企业文化不完善(E2)	0.163 8		0.033 1	12
		管理者素质波动(E3)	0.539 0		0.109 0	2
F	0.220 4	社会责任不到位(F1)	0.163 8	0.004 6	0.036 1	10
		目标设定不到位(F2)	0.297 3		0.065 5	5
		持续改进能力不到位(F3)	0.539 0		0.118 8	1
G	0.114 5	内外环境评估不到位(G1)	0.197 6	0.026 9	0.022 6	14
		内外部信息沟通不稳定(G2)	0.311 9		0.035 7	11
		运行情况审查不到位(G3)	0.490 5		0.056 2	8
H	0.149 1	隐患排查和整改不到位(H1)	0.116 5	0.085 3	0.017 4	18
		定期应急演练不到位(H2)	0.066 0		0.009 8	22
		问责机制不到位(H3)	0.246 7		0.036 8	9
		应急管理硬件不稳定(H4)	0.570 8		0.085 1	4

索到风险值较高的 3 个准则层指标和 8 个指标层指标。这表明 A 疫苗生产企业应在众多可能产生的风险中重点关注上述风险，从管理提升策略出发，尤其关注战略目标、应急管理、企业文化、产品维稳、运行审查等重点内容。

4.1　重视战略目标管理

在战略目标管理中，需要重点防范持续改进能力与目标设定不到位的风险。针对持续改进能力不到位的风险，要做到能够及时捕捉市场需求的变化，并结合使用者即接种人群的反馈，将需求转化为疫苗新产品研发的驱动力。鼓励全员参与质量改进活动，真正保证产品质量的可持续性。此外，应持续保障信息系统的完善和建设，推动内外部的沟通与资源交流。针对目标设定不到位的风险，要做好充足的环境分析，遵循成本效益原则，明确所选择的战略目标与企业承担的风险能力相匹配，并形成具体的、可衡量的、可挑战的业务目标。

4.2　完善应急管理能力

在完善应急管理能力中，需要重点关注应急管理硬件不稳定与问责机制不到位的风险。针对应急管理硬件不稳定的风险，应确认进行定期采购应急救援物资和设备，以防范高温、火灾、有毒溶剂等影响安全的风险。同时，应认真安装和定期检查警报器、消防设备、通信设备等应急管理硬件，还须定期进行应急演习，切实提高全体人员的自救能力。针对问责机制不到位的风险：在生产环节，应重点围绕生产人员、仪器设备、物料管理、工艺操作、生产环境等方面质量管理工作和细节内容制定问责机制；在流通环节，应严格监控销售业务、落实疫苗企业强制责任险、完善疫苗批签发抽样制度、实时监控储存和运输冷链，

表 3 评价指标体系中各指标风险程度的隶属度统计表

Tab.3 Statistical Table of Subordination Degree of Each Index in the Evaluation Index System

一级指标	二级指标	评价等级				
		V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
A	采购环节控制不稳定	0.2	0.3	0.4	0.1	0
	生产环节控制不稳定	0.1	0.5	0.4	0	0
	储运环节控制不稳定	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1
	废弃物处理环节控制不稳定	0.2	0.1	0.5	0.2	0
B	安全意识和水平不到位	0	0.5	0.3	0.2	0
	健康状况不稳定	0.7	0.1	0.2	0	0
	应激反应能力不稳定	0	0.3	0.5	0.2	0
	个体安全防护不到位	0.5	0.2	0.2	0.1	0
C	安全监测和报警装置不到位	0.4	0.2	0.2	0.2	0
	设备安全防护水平不稳定	0.1	0.3	0.5	0.1	0
	危化品的储存和使用不到位	0.7	0.3	0	0	0
	危化品的监管不到位	0.4	0.3	0.2	0.1	0
D	生产体系不稳定	0.5	0.3	0.2	0	0
	检验、检测不到位	0.7	0.1	0.2	0	0
	标准执行情况不到位	0.7	0.2	0.1	0	0
E	治理能力不稳定	0.4	0.3	0.1	0.2	0
	企业文化不完善	0.3	0.3	0.4	0	0
	管理者素质波动	0.7	0.2	0.1	0	0
F	社会责任不到位	0.6	0.3	0.1	0	0
	目标设定不到位	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
	持续改进能力不到位	0.1	0.5	0.2	0.2	0
G	内外环境评估不到位	0	0.3	0.3	0.4	0
	内外部信息沟通不稳定	0.2	0.5	0.3	0	0
	运行情况审查不到位	0.2	0.5	0.3	0	0
H	隐患排查和整改不到位	0	0.2	0.5	0.1	0.2
	定期应急演练不到位	0.2	0.7	0.1	0	0
	问责机制不到位	0	0.4	0.2	0.2	0.2
	应急管理硬件不稳定	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2

并对相应内容细化问责机制。

4.3 提升文化治理水平

提升文化治理水平中，要重点防范管理者素质波动和治理能力不稳定的风险。针对管理者素质波动的风险：首先，应明确管理者具备查找公司管理问题、整合风险管理、推动审查机制的能力；其次，管理者应适时推动建立和完善疫苗企业管理的运营架构，且应通过吸引、发展、奖励等措施满足管理者实际需求，在企业内部培养和留住管理人才。针对治理能力不稳定的风险，应强调管理层对风险的监督管理，明确监督原则，能够及时纠正管理偏见，并突出强调治理文化的融入，将问责机制、沟通渠道和偏差管理与之有机结合。

4.4 维稳产品质量核心

产品质量是疫苗生产企业的生命线，针对生产体系不稳定的风险，例如来源于微粒和微生物等环境中的污染风险，以及洁净区中人员和物品等对产品造成的交叉污染等，应进行严格控制与管理，从而在生产过程中避免接种污染、培养污染、收获污染、传代污染等方面带来的污染风险，以及压力管理故障、温度控制故障、监测数据不对称等带来的环境风险，严格保障疫苗产品的质量。

4.5 严把运行审查功能

针对运行情况审查不到位的风险：首先，应通过监督和考核等形式做好体系运行情况监控，内部定期进行内审和管理评审，外部定期接受审查，对审查过程中的原始数据、分析记录等资料进行审核，并加强内部整改和管理；其次，要重点关注趋势性指标的分析研究和数据的完整性、可靠性，对关键质量指标进行持续监测。

5 结语

风险管理是疫苗生产企业在战略设计、机会识别、创造和维护价值过程中不可或缺的关键内容。风险评价是风险管理的一个重要环节。基于 COSO-ERM 视角的疫苗企业风险评价体系能够以较好的量化风险指标得出客观的评价结果，鼓励疫苗企业对目标设定、应急处理、风险识别、文化提升、内控管理、信息监控等全链条角度进行有效变革，从而推动疫苗产业高质量发展。

参考文献：

[1] 郭舒杨, 邱 晓, 金 苏, 等. 已上市疫苗生产变更研究相关问题探讨[J]. 中国生物制品学杂志, 2021, **34**(8): 1013-1016.

[2] 张燕玲, 牟鑫爽, 茅宁莹, 等. 我国疫苗监管发展概况[J]. 中国食品药品监管, 2023, (11): 28-35.

[3] 曾宪奎. 后疫情时代我国产业链动态安全性问题研究[J]. 湖北社会科学, 2022, (8): 74-80.

[4] 郭玲玲, 吴晓英, 刘小兰, 等. 医院感染风险评估及COSO-ERM优化管理体系研究[J]. 中国感染控制杂志, 2022, **21**(9): 829-836.

[5] 吕宏艳. 浅述coso新框架下企业内部控制与风险管理的思考[J]. 现代经济信息, 2019, (1): 40.

[6] 舒 伟, 左 锐, 陈 颖, 等. COSO风险管理框架的新发展及其启示[J]. 西安财经学院学报, 2018, **31**(5): 41-47.

表 4　评价指标体系中各指标的风险值

Tab.4　Risk Value of Each Index in the Evaluation Index System

准则层(Y)				指标层(Z)			
一级指标	风险值	加权风险值	排序	二级指标	风险值	加权风险值	排序
A	3.939 9	0.158 0	7	采购环节控制不稳定	3.800 0	0.017 9	25
				生产环节控制不稳定	3.600 0	0.074 9	14
				储运环节控制不稳定	4.800 0	0.012 0	26
				废弃物处理环节控制不稳定	4.400 0	0.053 7	19
B	2.903 2	0.205 5	6	安全意识和水平不到位	4.400 0	0.029 9	22
				健康状况不稳定	2.000 0	0.066 0	16
				应激反应能力不稳定	4.800 0	0.054 7	18
				个体安全防护不到位	2.800 0	0.054 9	17
C	3.420 0	0.074 6	8	安全监测和报警装置不到位	3.400 0	0.038 1	21
				设备安全防护水平不稳定	4.200 0	0.029 0	23
				危化品的储存和使用不到位	1.600 0	0.004 0	27
				危化品的监管不到位	3.000 0	0.003 9	28
D	2.198 1	0.398 3	5	生产体系不稳定	2.400 0	0.242 2	4
				检验、检测不到位	2.000 0	0.116 0	10
				标准执行情况不到位	1.800 0	0.040 0	20
E	2.445 7	0.494 5	3	治理能力不稳定	3.200 0	0.192 3	7
				企业文化不完善	3.200 0	0.105 9	12
				管理者素质波动	1.800 0	0.196 2	6
F	4.089 0	0.901 2	1	社会责任不到位	2.000 0	0.072 2	15
				目标设定不到位	5.400 0	0.353 7	3
				持续改进能力不到位	4.000 0	0.475 2	1
G	3.595 2	0.411 7	4	内外环境评估不到位	5.200 0	0.117 5	9
				内外部信息沟通不稳定	3.200 0	0.114 2	11
				运行情况审查不到位	3.200 0	0.179 8	8
H	4.909 2	0.732 0	2	隐患排查和整改不到位	5.600 0	0.097 4	13
				定期应急演练不到位	2.800 0	0.027 4	24
				问责机制不到位	5.400 0	0.198 7	5
				应急管理硬件不稳定	4.800 0	0.408 5	2

[7] 黄怡然, 刘丽琴. COSO-ERM框架下高校采购业务内部流程风险管理[J]. 实验室研究与探索, 2019, **38**(11): 290-293.

[8] 李俊龙, 谭　涛. 研究与开发机构科技创新效率测度及提升对策——基于数据包络分析和Malmquist指数法[J]. 科技管理研究, 2023, **43**(4): 94-99.

[9] 田浩国, 高　山, 杨　令. 基于三阶段数据包络分析模型的苏浙沪皖经济圈医院运行效率研究[J]. 中国卫生资源, 2023, **26**(1): 61-65.

[10] 任赛赛, 张志清, 潘为高, 等. 基于聚类分析和主成分分析的不同产地龙船花全草质量评价[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2022, **24**(11): 4225-4232.

[11] CHEN H X, ZHANG L, ZOU W J, *et al*. Regional differences of air pollution in China: comparison of clustering analysis and systematic clustering methods of panel data based on gray relational analysis [J]. *Air Qual Atmos Health*, 2020, **13**(10): 1257-1269.

[12] 沈绮云, 欧阳河, 欧阳育良. 产教融合目标达成度评价指标体系构建——基于德尔菲法和层次分析法的研究[J]. 高教探索, 2021, (12): 104-109.

[13] AJAYI O G, NWADIALOR I J, ODUMOSU J O, *et al*. Assessment and delineation of groundwater potential zones using integrated geospatial techniques and analytic hierarchy process [J]. *Appl Water Sci*, 2022, **12**(12): 276.

[14] 吕　晨, 涂天诚, 杨天一, 等. 多校区高校创新型人才培养模式选择探析——基于层次分析法和熵权法的分析[J]. 中国高校科技, 2022, (7): 55-60.

[15] 刘引鸽, 杨雨欣, 包江川, 等. 基于模糊综合指数法的陕西省水资源脆弱性评价[J]. 水资源与水工程学报, 2022, **33**(6): 18-27.

[16] 孟凡兴, 杨　明, 王　浩, 等. 基于AHP-FCE的辐射事故应急演习评估研究[J]. 核技术, 2022, **45**(11): 70-79.

[17] 王　莉, 马衔青, 王　涛, 等. 基于IAHP-熵权法和模糊综合评价法的市政有限空间气体安全风险评价[J]. 科学技术与工程, 2023, **23**(3): 1319-1325.

[18] 任云良. 基于1-9标度法的交互性资产绩效管理评价体系[J]. 实验技术与管理, 2017, **34**(11): 259-262.