

# 新工科背景下高职院校基于模糊层次分析法的化工类学生综合素质评价研究

刘维华\*

(滨州职业学院, 山东 滨州 256600)

**摘要:** 新工科背景下, 高职院校的人才培养模式更加强调实践能力和创新能力, 以满足产业升级和国家对人才的能力需求。化工类学生综合素质评价模型是基于新工科背景而提出的。针对化工专业, 研究企业和国家对工科人才的能力需求, 分析新工科背景下复合型人才培养体系要素, 明确化工类大学生综合素质的具体内涵以及核心能力要素, 构建化工类工科大学学生综合素质评价模型, 形成综合素质评价指标体系。

**关键词:** 新工科; 化工专业; 模糊层次分析法; 综合素质评价; 人才培养

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

文章编号: 1008-4800(2024)12-0029-06

DOI: 10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2024.12.009

## Comprehensive Quality Evaluation Research of Chemical Engineering Students in Higher Vocational Colleges Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process under the Background of New Engineering

LIU Weihua\*

(Binzhou Vocational College, Binzhou 256600, China)

**Abstract:** Under the background of new engineering, the talent cultivation mode of higher vocational colleges puts more emphasis on practical and innovative abilities to meet the needs of industrial upgrading and the country for talent capabilities. The comprehensive quality evaluation model for chemical engineering students is proposed based on the background of the New Engineering. For the chemical engineering major, this paper researchs the ability needs of enterprises and the country for engineering talents, analyzes the element of the compound talent training system under the new engineering background, clarifies the specific connotation and core ability elements of the comprehensive quality of chemical engineering college students, constructs a comprehensive quality evaluation model of chemical engineering college students, and forms a comprehensive quality evaluation index system.

**Keywords:** new engineering; chemical engineering major; fuzzy analytic hierarchy process; comprehensive quality evaluation; talent training

### 0 引言

我国正处于实现“两个一百年”奋斗目标的关键时期, 新时代的经济建设对复合型人才的需求尤为迫切。新工科是教育强国的引领力量, 是应对新一轮科技革命和产业革命的教育战略<sup>[1]</sup>。新工科背景下, 培养面向未来的复合型、创新型人才, 其核心就是学校能够提升人才培养能力。

面对数字化、新技术、新业态为特征的新经济环境, 高职院校对复合型人才培养模式应适应当下诉求。智能发展、互联网等先进技术在化工行业中广泛应用、现代服务业发展对传统技术技能人才知识结构、能力、素养提出了新挑战。高职院校应着眼于培养一批技术精湛、综合素养突出、符合区域发展和具备新型产业特色的创新型人才, 以满足行业用人的需求。为适应化工产业转型升级需要, 对接智能化、集群

化、绿色化、高端化产业发展趋势, 满足区域高端化工产业高质量发展的创新型、发展型、复合型高素质技术技能人才的需求, 推动职业教育创新发展, 遵循人才培养密切对接产业需求, 化工类人才综合素质结构应动态调整以满足业态新需求。因此, 面向科技革命和生产实践, 培养化工类学生的实践能力和创新能力是新工科背景下高职院校人才培养改革中的重点内容。

### 1 模糊层次分析法

模糊层次分析法(fuzzy analytic hierarchy process, FAHP)是由美国运筹学家 T.L.Satty 在 20 世纪 70 年代提出的, 是一种将定性与定量相结合的、系统化的、层次化的分析方法<sup>[2-4]</sup>, 由于其实用性和有效性, 尤其是可处理复杂模糊的决策性问题, 其应用已遍及经济计划以及管理、运输、农业、医疗和环境等领域, 引起

世界范围的重视。

通过使用模糊层次分析法,可以将模糊的、不好客观评价的问题进行准确评价判断,并且评价结果符合客观实际,从而较大程度提高了评判结果的准确性和可靠性。按照权重计算方法的不同,模糊层次分析法可分为两种,分别为基于模糊数的FAHP和基于模糊一致矩阵的FAHP。本文采用基于模糊一致矩阵的FAHP<sup>[5-6]</sup>,具体流程如图1所示。

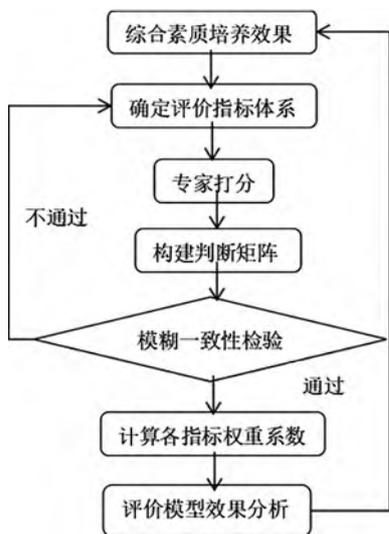


图1 基于模糊一致矩阵的FAHP评价流程图

## 2 化工类学生综合素质评价模型

### 2.1 指标体系构建

模糊层次分析法的重要内容之一是构建综合素质评价模型的指标体系。

高等职业院校复合型人才培养模式需要政府、学校、企业、师生等多元主体积极主动参与人才培养全过程,立足化工产业发展需求,明晰各自的权责分工,培养适应产业发展的高素质复合型人才。以深度融合发展为核心理念,进行校企协同管理育人,对接多种实践教学平台,建设集教学、生产、研发和技术服务为一体的综合性实训体系,并构建虚拟仿真、智能生产、智能操作与控制一体化的综合实践平台。

因此,本文在借鉴美国、德国等发达国家工科学子综合素质评价做法的基础上<sup>[7]</sup>,结合我国高职院校化工类人才培养的现状以及化工企业对人才培养的需求现状,向骨干教师和企业专家以及相关政府工作人员发放问卷进行调研,收集、整理评价指标,经过反复筛选和比较,最终确定评价指标并量化,从而形成新工科背景下化工类学生综合素质评价指标体系。

评价体系将综合素质分为三维度九要素,三维

度即专业素质、能力素质和思政素质,九要素即数理基础、专业知识、科技常识、实践能力、创新能力、创业能力、爱国爱岗、团队协作、可持续发展能力。三维度九要素之间相互关联、互为补充,体现了综合素质评价的层次性和科学性,同时采用模糊层次分析法将评价体系指标细化,最终构建成为金字塔式评价指标体系,包括第一层目标层、第二层准则层、第三层子准则层、第四层指标层,从而形成综合素质培养效果评价模型。

目标层是指标体系综合素质效果总目标A;准则层包括3项内容,即专业素质B1、能力素质B2和思政素质B3;子准则层9项内容为数理基础C1、专业知识C2、科技常识C3、实践能力C4、创新能力C5、创业能力C6、爱国爱岗C7、团队协作C8和可持续发展能力C9;指标层27项内容为理论建模D1、数理知识D2、逻辑分析D3、化学检验D4、化工生产D5、化工环保D6、标准体系D7、产业政策D8、文献检索D9、仪器操作D10、仿真操作D11、设备操作D12、发现问题D13、分析问题D14、解决问题D15、创业基础D16、职业生涯规划D17、法律法规D18、家国情怀D19、爱岗敬业D20、工匠精神D21、合作能力D22、管理能力D23、组织能力D24、认知能力D25、自学能力D26和研发能力D27。综合素质评价指标模型如表1所示。

### 2.2 模糊判断矩阵建立

首先,将各层按重要性进行粗略排列;其次,通过邀请企业专家、校内教学督导员、专任教师等对指标重要性进行评分,并将分数集成在一起,将各指标重要性程度由定性结果转化为可量化数值;最后,计算评分的平均数值作为重要性最终取值从而获得判断矩阵,进而确定各层级因素的权重,最终得出综合素质评价指标的重要性量化结果。

同层次、同类别指标采用两两比较的方式构建判断矩阵<sup>[8]</sup>,对重要性进行赋值,模糊层次分析法一般采用1~9的比较标度法,在同层次、同类别指标之间两两比较,分别构建成对比较矩阵 $A=(a_{ij})_{n \times n}$ ,成对比较矩阵中的元素 $a$ 按照表2的方法进行赋值。

将收集到的企业专家、校内教学督导员、专任教师的调查问卷进行整理,获得判断矩阵,矩阵格式如式(1)所示,所得数值处理后如表3(准则层判断矩阵)、表4(子准则层判断矩阵)和表5(指标层判断矩阵)所示。各矩阵中的元素记为 $a_{ij}(i,j=1,2,3,n)$ , $a_{ij}$ 为因素 $i$ 与因素 $j$ 比较时的重要性取值, $n$ 为矩阵元素个数。以表5为例,因素D8与因素D9相比,D8较重要,

表1 综合素质培养效果评价模型

目标层	准则层	子准则层	指标层
综合素质培养效果A	专业素质B1	数理基础C1	理论建模D1
			数理知识D2
			逻辑分析D3
		专业知识C2	化学检验D4
			化工生产D5
			化工环保D6
		科技常识C3	标准体系D7
			产业政策D8
			文献检索D9
	能力素质B2	实践能力C4	仪器操作D10
			仿真操作D11
			设备操作D12
		创新能力C5	发现问题D13
			分析问题D14
			解决问题D15
	创业能力C6	创业基础D16	
		职业生涯规划D17	
		法律法规D18	
思政素质B3	爱岗敬业C7	家国情怀D19	
		爱岗敬业D20	
		工匠精神D21	
	团队协作C8	合作能力D22	
		管理能力D23	
		组织能力D24	
	可持续发展能力C9	认知能力D25	
		自学能力D26	
		研发能力D27	

表2 1~9标度方法

$a_{ij}$ 标度	含义
1	第 <i>i</i> 个因素与第 <i>j</i> 个因素相比,元素 <i>i</i> 与元素 <i>j</i> 一样重要
3	第 <i>i</i> 个因素与第 <i>j</i> 个因素相比,元素 <i>i</i> 略微重要,元素 <i>j</i> 略微不重要
5	第 <i>i</i> 个因素与第 <i>j</i> 个因素相比,元素 <i>i</i> 较重要,元素 <i>j</i> 较不重要
7	第 <i>i</i> 个因素与第 <i>j</i> 个因素相比,元素 <i>i</i> 很重要,元素 <i>j</i> 很不重要
9	第 <i>i</i> 个因素与第 <i>j</i> 个因素相比,元素 <i>i</i> 极其重要,元素 <i>j</i> 极其不重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中间值

D9较不重要,因此D89取值为5。 $a_{ij}$ 与 $a_{ji}$ 互为倒数,即 $a_{ij} \times a_{ji} = 1$ 。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

### 2.3 权重计算

通过计算特征向量  $W$ ,使其满足  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ ,由

此可精确获得各指标的权重数据。通过使用几何平均法求解,具体步骤如下:

步骤1:计算模糊判断矩阵  $A$  每行元素的乘积  $(S_1, S_2, \dots, S_j, \dots, S_n)^T$ ;

步骤2:计算  $S$  的  $n$  次方根值  $X$ ;

步骤3:对  $n$  次方根归一化处理,  $w_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^n x_i}$ ,其中

表3 准则层判断矩阵

A	B1	B2	B3
B1	1	2	3
B2	1/2	1	3
B3	1/3	1/3	1

表4 子准则层判断矩阵

B1	C1	C2	C3	B2	C4	C5	C6	B3	C7	C8	C9
C1	1	1/2	3	C4	1	2	5	C7	1	2	6
C2	2	1	5	C5	1/2	1	4	C8	1/2	1	5
C3	1/3	1/5	1	C6	1/5	1/4	1	C9	1/6	1/5	1

表5 指标层判断矩阵

C1	D1	D2	D3	C2	D4	D5	D6	C3	D7	D8	D9
D1	1	3	3	D4	1	1/2	3	D7	1	3	8
D2	1/3	1	2	D5	2	1	3	D8	1/3	1	5
D3	1/3	1/2	1	D6	1/3	1/3	1	D9	1/8	1/5	1
C4	D10	D11	D12	C5	D13	D14	D15	C6	D16	D17	D18
D10	1	1	1/3	D13	1	1/2	1/3	D16	1	3	6
D11	1	1	1/2	D14	2	1	1	D17	1/3	1	5
D12	3	2	1	D15	3	1	1	D18	1/6	1/5	1
C7	D19	D20	D21	C8	D22	D23	D24	C9	D25	D26	D27
D19	1	1/2	1/3	D22	1	3	3	D25	1	2	3
D20	2	1	1/2	D23	1/3	1	1/2	D26	1/2	1	2
D21	3	2	1	D24	1/3	2	1	D27	1/3	1/2	1

$W=(W_1, W_2, \dots, W_n)^T$  为指标的权重向量。

### 2.4 模糊矩阵一致性检验

为减小计算的误差,提高判断结果的准确性,在计算出特征值  $\lambda_{\max}$  后,需要对模糊矩阵进行一致性检验,具体步骤和计算式如下。

步骤 1: 计算最大特征值  $\lambda_{\max}$  :

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_i^n \left[ \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right] \quad (2)$$

式中:  $w_i, w_j$  为指标权重。

步骤 2:  $CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{n - 1} \quad (3)$

步骤 3:  $CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$

根据表 6 可知,该组矩阵  $RI=0.58$ ,通过式(2)求解表 3、表 4、表 5 中各矩阵的最大特征值,再由式(3)和式(4)进行计算,得到每个矩阵的 CI 值和 CR 值,当 CR 值小于 0.1 时,则可以认为矩阵通过一致性检验<sup>[9-10]</sup>,即专家的意见趋于一致性。矩阵一致性检验结

果如表 7 所示,由表 7 可知,所有矩阵均通过一致性检验,矩阵中的元素被确认为真实、有效,由矩阵元素计算得到的权重也被确认为真实、有效。

### 3 结果分析

通过上述计算可得,每一层级要素或指标权重如表 8 所示,将同一准则层、子准则层和指标层权重相乘可以得到综合权重,在 0.001 8~0.162 0 之间,然后对 27 个指标进行排序。由表 8 可以看出,学生综合素质影响因素的重要性排序由大到小依次为:化工生产、设备操作、化学检验、理论建模、解决问题、工匠精神、仿真操作、化工环保、分析问题、数理知识、仪器操作、标准体系、合作能力、仿真分析、爱岗敬业、创业基础、发现问题、产业政策、家国情怀、组织能力、职业生涯规划、管理能力、认知能力、文献检索、自学能力、法律法规、研发能力。

通过上述结果可知,在新工科背景下,高职院校化工类学生综合素质的培养应动态调整、及时更新。在聚焦化工产业链、分析企业的岗位能力需求、深化校企深度融合基础上,教师在教学中应以教、学、做一体化为核

表6 判断矩阵RI表

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI值	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

表7 矩阵一致性检验

项目	$\lambda_{\max}$	CI	RI	CR	结果
A	3.053 6	0.026 8	0.58	0.046 2	通过
B1	3.003 7	0.001 8	0.58	0.003 2	通过
B2	3.024 6	0.012 3	0.58	0.021 2	通过
B3	3.029 0	0.014 5	0.58	0.025 0	通过
C1	3.053 6	0.026 8	0.58	0.046 2	通过
C2	3.053 6	0.026 8	0.58	0.046 2	通过
C3	3.044 0	0.022 0	0.58	0.037 9	通过
C4	3.018 3	0.009 1	0.58	0.015 8	通过
C5	3.018 3	0.009 1	0.58	0.015 8	通过
C6	3.094 1	0.047 1	0.58	0.081 1	通过
C7	3.009 2	0.004 6	0.58	0.007 9	通过
C8	3.053 6	0.026 8	0.58	0.046 2	通过
C9	3.009 2	0.004 6	0.58	0.007 9	通过

表8 指标体系结果

目标层	准则层	权重	子准则层	权重	指标层	权重	综合权重	排序
综合素质评价效果A	专业素质B1	0.527 8	数理基础C1	0.309 0	理论建模D1	0.593 6	0.096 8	4
					数理知识D2	0.249 3	0.040 7	10
					逻辑分析D3	0.157 1	0.025 6	14
			专业知识C2	0.581 6	化学检验D4	0.332 5	0.102 1	3
					化工生产D5	0.527 8	0.162 0	1
					化工环保D6	0.139 6	0.042 9	8
					标准体系D7	0.661 2	0.038 2	12
					产业政策D8	0.271 8	0.015 7	18
					文献检索D9	0.067 0	0.003 9	24
	实践能力C4	0.569 5	仪器操作D10	0.209 8	0.039 7	11		
			仿真操作D11	0.240 2	0.045 5	7		
			设备操作D12	0.549 9	0.104 1	2		
	创新能力C5	0.333 1	发现问题D13	0.169 2	0.018 7	17		
			分析问题D14	0.387 4	0.042 9	8		
			解决问题D15	0.443 4	0.049 1	5		
			创业能力C6	0.097 4	创业基础D16	0.634 8	0.020 6	16
					职业生涯规划D17	0.287 2	0.009 3	21
					法律法规D18	0.078 0	0.002 5	26
	爱国爱岗C7	0.576 9	家国情怀D19	0.163 4	0.013 2	19		
			爱岗敬业D20	0.297 0	0.023 9	15		
			工匠精神D21	0.539 6	0.047 8	6		
	思政素质B3	0.139 6	团队协作C8	0.342 0	合作能力D22	0.593 6	0.028 3	13
					管理能力D23	0.157 1	0.007 5	22
					组织能力D24	0.249 3	0.011 9	20
			可持续发展能力C9	0.081 1	认知能力D25	0.539 6	0.006 1	23
					自学能力D26	0.297 0	0.003 4	25
					研发能力D27	0.163 4	0.001 8	27

心,产学交替,学做融合,按照学生的认知发展规律,开展项目化教学,对接智能化生产技术、生产工艺,共同研制“宽口径、厚基础、复合型”的培养体系,在夯实数理知识、专业知识等基础的前提下,强调实践能力和解决问题的能力,并且融入家国情怀、合作能力和自学能力等核心素养,以便更好地适应人才培养需求的动态变化。

## 4 结语

本文通过对高职院校和化工企业进行调研以及向骨干教师、企业专家等发放问卷等方式,确立综合素质评价指标及其重要性的定性结果,然后基于模糊层次分析法对评价指标量化,探讨关于高职院校化工专业群复合型人才综合素质的评价模式,构建了高职院校化工类学生综合素质多指标精确评价体系,从体系中可以分析出山东省复合型人才培养过程中需要改进之处,丰富了人才培养的路径选择。

本文还分析了影响学生综合素质的因素,明确了高职院校化工类学生综合素质的核心能力要素,根据山东省化工产业区域发展特点和高职院校化工专业群发展现状,学校应研究适合区域发展的复合型人才培养模式,结合时代号召,将绿色、环保、智能等理念融入人才培养模式之中,为高职院校化工专业人才培养模式的改革指明了方向。

## 参考文献:

[1] 高永梅,李新辉.新工科背景下我国高职院校大数据技术与应用专业人才培养研究[J].实验技术与管理,2021(4):264-269.

## (上接第23页)

表明,以管理者的身份来感受身边不同境况的安全认知,以榜样、标准、示范等作用引领下级人员和身边的人员树立良好的安全意识和行为规范,可有效提高化工企业的安全生产水平。然而,有感领导在实际应用中还存在一些问题,如领导者的素质参差不齐、员工的接受程度不同等。因此,今后的研究可以从以下方面进行拓展:一是深入研究有感领导的理论体系,完善相关理论;二是探讨如何提高领导者的素质,使其更好地发挥有感领导的作用;三是研究如何克服有感领导的局限性,将其推广到其他类型的企业和组织中。

[2] 年陈陈.基于QFD-FAHP的电解加工工艺健壮设计方法研究及应用[D].合肥:合肥工业大学,2014(4):29-32.

[3] 胡欣,熊帮彬,肖剑,等.基于SVM-BP降雨型黄土滑坡灾害安全评价模型研究[J].中国公路学报,2022(9):68-78.

[4] 陈佳玲.基于胜任力模型的ZT公司校园招聘优化对策研究[D].南昌:华东交通大学,2021(6):25-30.

[5] 张吉军.模糊层次分析法[J].模糊系统与数学,2000,14(2):80-88.

[6] T L 萨蒂.层次分析法——在资源分配、管理和冲突分析中的作用[M].许树柏,等,译.北京:煤炭工业出版社,1988:79-82.

[7] 李国超,周宏根,钟伟,等.新工科背景下基于模糊层次分析法的机械类大学生工程素质模型研究[J].高教学刊,2023(23):16-19.

[8] 张珂斐,郭江,肖志怀.模糊综合评价和改进证据理论相融合的变压器状态评价方法研究[J].武汉大学学报(工学版),2016(4):279-284.

[9] 耿莉萍,张开铭.资源枯竭型城市如何重焕新机——焦作旅游业可持续发展的探索[J].中国外资,2023(4):42-45.

[10] 赵天忠,宁海强,王行,等.基于模糊层次分析法的课程思政教学质量评价方法研究[J].常熟理工学院学报(自然科学),2023(9):114-118.

作者简介:刘维华(1981-),女,汉族,山东新泰人,讲师,硕士,研究方向为应用化工教学,通信作者,email:1978611851@qq.com。

## 参考文献:

[1] 徐海莺,刘宝强.机关作风大转变有感领导见成效——吉林石化公司动力二厂抓实干部陪检保障安全生产[J].吉林劳动保护,2021(4):26.

[2] 张学睦,宋倩玲.煤矿管理者有感领导对矿工安全行为的影响研究[J].生产力研究,2022(3):132-136.

[3] 贾文利.部分石化企业本质安全存在的问题及对策[J].石油库与加油站,2023,32(1):28-34.

[4] 吕元海.新时代安全管理“有感领导”探索与实践[J].化工管理,2022(28):4-7.

作者简介:杨雄(1988-),男,回族,云南开远人,工程师,大学本科,云南云天化红磷化工有限公司,从事安全生产管理工作,主要研究方向为企业生产管理、HSE的实施等,email:271656330@qq.com。