

文章编号:1674-8190(2020)06-811-08

# 复杂航空产品研制项目组织结构有效性评价研究

张延禄, 廖胜巍, 杨乃定

(西北工业大学 管理学院, 西安 710072)

**摘要:** 复杂航空产品研制项目作为一项复杂度极高的项目需要众多单位参与其中, 为了保证复杂航空产品研制项目的有序进行, 有必要对该项目的组织结构进行有效性评价。从目标完成度、内部过程流畅性、资源管理能力、利益相关者支持、环境适应性五个维度设置五个一级评价指标, 并对五个一级评价指标进一步分解, 建立复杂航空产品研制项目组织结构有效性评价指标体系; 采用层次分析法和基于中心点混合可能度函数的灰色聚类评估模型对组织结构有效性进行综合评价; 将该评价模型应用于某算例, 对其可行性进行验证。结果表明: 该模型能够对复杂航空产品研制项目组织结构有效性进行评价。

**关键词:** 复杂航空产品; 研制项目; 组织结构有效性; 评价

中图分类号: V37

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2020.06.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Research on Effectiveness Evaluation of Organizational Structure of Complex Aviation Product Development Project

ZHANG Yanlu, LIAO Shengwei, YANG Naiding

(School of Management, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

**Abstract:** As a highly complex project, the complex aviation product research and development project requires many participants. In order to ensure the effectively process of complex aviation product research and development project, it is necessary to evaluate the effectiveness of the project's organizational structure. Five first-level key indicators of goal accomplishment, internal processes fluency, resources management ability, stakeholders' support and environmental adaptation are set. Five first-level key indicators are further broken down to establish the effectiveness evaluation indicator system of complex aviation product research and development project. The analytic hierarchy process method and grey clustering evaluation model based on mixed probability function of central point are used to perform the effectiveness evaluation of organizational structure for complex aviation product research and development project. The evaluation model is applied to a certain instance to verify the effectiveness of the evaluation model. The results show that the model can evaluate the organizational structure effectiveness of complex aviation product research and development project.

**Key words:** complex aviation product; research and development project; effectiveness of organizational structure; evaluation

收稿日期:2020-01-06; 修回日期:2020-03-17

基金项目:国家自然科学基金(71871182);教育部人文社会科学研究一般项目(20XJA630003);陕西省软科学一般项目(2020KRM058);陕西省教育厅科研计划项目(20JZ093);西安市科技计划软科学研究项目(XA2020-RKXYJ-0098);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(3102020JC06)

通信作者:张延禄, zhangyanlu@nwpu.edu.cn

引用格式:张延禄, 廖胜巍, 杨乃定. 复杂航空产品研制项目组织结构有效性评价研究[J]. 航空工程进展, 2020, 11(6): 811-818.  
ZHANG Yanlu, LIAO Shengwei, YANG Naiding. Research on effectiveness evaluation of organizational structure of complex aviation product development project[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2020, 11(6): 811-818. (in Chinese)

## 0 引言

复杂航空产品研制对提升我国军事实力和促进国民经济发展有着重要作用<sup>[1]</sup>,例如,运 20 的成功研发满足了我国对大型军用战略运输机的迫切需求,C919 的成功首飞为我国民航提供了新的选择。复杂航空产品研制项目作为一项复杂度极高的项目,具有跨领域、知识密集度高、投资大、技术难度大、研制周期长、外部环境复杂等特点<sup>[2]</sup>,需要众多单位参与其中来完成。例如,C919 大飞机研制项目就涉及了 200 多家参研单位,这对完成复杂航空产品研制项目的组织协调工作提出了巨大的挑战。复杂航空产品研制项目的顺利实施与完成需要一个有效的组织结构作为支撑。鉴于此,有必要对复杂航空产品研制项目的组织结构进行有效性评价。对项目组织结构有效性进行评价可以发现项目组织管理工作中的不足之处,以便对项目的组织结构做出及时地、针对性地调整,使之更好地适应项目管理工作的需要,从而有助于提高项目的成功率。因此,科学有效地评价复杂航空产品研制项目组织结构有效性对复杂航空产品的成功研制有着重要的现实意义。

复杂航空产品研制项目组织结构有效性的评价不可避免地会涉及到对不完全、不确定性信息的处理。目前,关于组织结构有效性的衡量指标,研究者提出了一些具有代表性的衡量方法,主要有目标评价法、内部过程评价法、资源评价法、利益主体评价法等<sup>[3]</sup>。S. P. Robbins 等<sup>[4]</sup>将组织的有效性直接与目标实现的程度关联起来,认为可以通过评价目标实现的程度来评价组织的有效性;G. H. Gaertner 等<sup>[5]</sup>关注组织内部活动和过程,强调组织运行的效率,认为一个组织总希望有一个顺畅的内部过程,从而将组织的有效性定义为组织内部的正常运行和效率;R. M. Carini 等<sup>[6]</sup>主要考察资源投入,将组织的有效性定义为组织从环境中获得稀缺资源和有价值资源,并且能够对这些资源进行管理的能力;H. Pickle 等<sup>[7]</sup>将组织涉及的关键利益相关者例如供应商、债权人、员工、顾客等的满意度纳入到组织有效性的评价体系中。但上述几种方法均是从某一个方面来衡量组织结构有效性,不够系

统全面。部分研究者开始综合考虑不同方面来衡量组织有效性,陈海艳<sup>[8]</sup>从沟通能力、资源利用率、适应性、组织活力、匹配性评价了大型工程项目管理组织结构;袁尚南等<sup>[9]</sup>从组织目标、内部流程、资源能力、组织人员、外部利益相关来衡量建筑工程项目组织效能;孙勇阁等<sup>[10]</sup>从财务管理、利益相关者、内部流程、学习与成长等方面来衡量国防研发项目组织绩效等。20 世纪 80 年代,国内邓聚龙<sup>[11-12]</sup>首创灰色系统理论(Grey System Theory),该理论以不确定性系统为研究对象,通过对“部分”已知信息的挖掘,提取有价值的信息,从而实现不确定性系统的有效分析与评价;在此基础上,刘思峰等<sup>[13-14]</sup>进一步拓展了灰色系统理论,相继提出了序列算子、灰色关联分析模型、灰色聚类评估模型、GM 系列模型、灰色组合模型、灰色决策模型等新概念与新模型,其中,基于中心点混合可能度函数的灰色聚类评估模型适用于较易判断最可能属于各灰类的点,但各灰类边界不清晰的评价问题。

本文结合复杂航空产品研制项目的自身特点,构建复杂航空产品研制项目组织结构有效性评价指标体系;基于中心点混合可能度函数的灰色聚类评估模型对复杂航空产品研制项目组织结构有效性进行评价,采用算例对评估模型进行验证,旨在为现实的复杂航空产品研制项目组织协调与管理提供参考建议。

## 1 复杂航空产品研制项目组织结构有效性评价指标体系

对项目来说,其实施过程通常可以描述为:在特定的环境下,组织从利益相关者处获得项目所需的资源,经过内部过程对资源进行整合、利用,最终产出项目成果<sup>[15]</sup>。可以看出,项目的实施过程不可避免地会涉及到目标、资源、内部过程、利益相关者、环境这五个关键要素,这些要素对项目组织的有效与否至关重要,对复杂航空产品研制项目更是如此。

(1) 目标完成度。复杂航空产品研制项目具有多目标属性,其目标可分为成果性目标和约束性目标这两类。其中成果性目标的完成度一般指航

空产品的功能是否达到组织预期要求,例如战斗机是否满足能执行对空、对地任务,发射中距离导弹等要求。约束性目标一般指财务目标、进度目标、质量目标。财务目标的完成度可以反映出组织的经费使用情况,是项目组织经济效益的体现;进度目标的完成度可以反映组织是否按时完成既定研制任务;质量目标可以反映项目组织是否严格遵循质量要求。

(2) 资源管理能力。一方面,由于复杂航空产品研制项目需要大量不同的资源,因此项目组织对资源的获取能力需要被关注;另一方面,复杂航空产品研制项目包含了众多参研单位,各参研单位有着不同的情况,资源在各参研单位间流通时可能会造成大量浪费,这对项目组织的资源整合能力提出了要求。此外,复杂航空产品研制过程中,常常会出现产品多次返工造成资源大量浪费的问题,这与项目组织对资源的利用能力息息相关。因此,本文采用资源获取能力、资源整合能力、资源利用能力这三个指标来衡量组织的资源管理能力。

(3) 内部过程流畅性。复杂航空产品研制项目可能会有数百家参研单位参与其中,参与人数可能多达几万人。如何使项目组织流畅地运行、项目有条不紊地推进是组织结构必须考虑的问题。为保证项目的参研单位各司其职并始终保持积极性,就需要制定一个规范的组织制度<sup>[16]</sup>。同时,要保证各任务之间的有效衔接,还需要组织具有较高的信息传递效率<sup>[17]</sup>。因此,本文从组织制度的规范性和信息的传递效率这两方面来衡量组织的内部过程流畅性。

(4) 利益相关者支持。在复杂航空产品研制项目的主要利益相关者中,除了承担研制任务的参研单位之外,还包括其他利益相关者,例如行业主管部门、用户、供应商<sup>[18]</sup>。现代项目管理认为,项目成功的标准是“让利益相关者满意”。利益相关者是项目资源的主要提供者,利益相关者的支持对项目组织结构的有效性会产生重大的影响。因此,利益相关者的支持是一个关键指标,本文采用主要利益相关者的满意度来衡量。

(5) 环境适应性。复杂航空产品研制项目处在不断变化的环境中,对环境变化的预测以及响应

能力是衡量组织有效性的重要因素。复杂航空产品研制项目有着较长的研制周期,而且在不同阶段有着不一样的外部环境。为了保证项目的顺利实施和管理的高效率,组织结构必须具备一定的环境适应性。此外,技术日新月异、竞争日益激烈、环境复杂多变,这些都要求复杂产品研制项目组织更加灵活、有弹性。因此,环境适应性这一指标包括对外沟通能力、环境预测能力、快速反应能力等指标。

综上,本文最终构建具有三层结构的复杂航空产品研制项目组织结构有效性评价指标体系,如表 1 所示。

表 1 复杂航空产品研制项目组织结构有效性评价指标体系  
Table 1 Evaluation index system of organizational structure for complex aviation product research and development project

一级指标 A	二级指标 B
目标完成度 A <sub>1</sub>	财务目标完成度 B <sub>11</sub>
	进度目标完成度 B <sub>12</sub>
	质量目标完成度 B <sub>13</sub>
	成果性目标完成度 B <sub>14</sub>
资源管理能力 A <sub>2</sub>	资源获取能力 B <sub>21</sub>
	资源整合能力 B <sub>22</sub>
	资源利用能力 B <sub>23</sub>
内部过程流畅性 A <sub>3</sub>	制度规范性 B <sub>31</sub>
	信息传递效率 B <sub>32</sub>
利益相关者支持 A <sub>4</sub>	政府/行业主管部门满意度 B <sub>41</sub>
	用户满意度 B <sub>42</sub>
	集成商满意度 B <sub>43</sub>
	供应商满意度 B <sub>44</sub>
环境适应性 A <sub>5</sub>	对外沟通能力 B <sub>51</sub>
	环境预测能力 B <sub>52</sub>
	快速反应能力 B <sub>53</sub>

## 2 基于 AHP 法的指标权重确定

层次分析(AHP)法是由美国运筹学家萨迪于 20 世纪 70 年代提出的一种定性定量相结合的方法,该方法特别适用于处理那些多因素、多层次、难以完全采用定量方法来分析与解决的复杂系统问题<sup>[19]</sup>。对复杂航空产品研制项目来说,本文按照 AHP 法的基本原理,按照要素之间的相互关系以及要素与准则之间的隶属关系,将复杂航空产品研制项目组织结构有效性评价指标,构建成一个具有三层结构的分析结构模型。其中,

将复杂航空产品研制项目组织结构有效性作为目标层,即第一层,记为  $O$  层。将第一级指标、第二级指标分别作为第二层、第三层,记为  $A$ 、 $B$  层。接下来,针对  $O$  层对  $A_1 \sim A_5$  进行两两比较构建判断矩阵,进而针对  $A_1$  层对  $B_{11} \sim B_{14}$  进行两两比较构建判断矩阵,以此类推,最终计算出各指标权重。

AHP 法计算步骤如下:

(1) 根据指标体系,专家小组打分,建立各阶层的两两比较判断矩阵  $C = [a_{ij}]_{n \times n}$ 。其中,矩阵元素  $a_{ij}$  指同一指标层内要素  $i$  与要素  $j$  相比的重要性程度,通常采用九分制。例如, $a_{ij} = 1$  表示两个要素具有同样的重要性; $a_{ij} = 3$  表示前一个要素比后一个要素稍重要;以此类推,直到  $a_{ij} = 9$  表示两个要素相比,前者比后者极端重要。

(2) 记判断矩阵  $C$  的最大特征根为  $\lambda_{\max}$ ,并记各要素相对上层某要素的归一化相对重要程度即权重向量为  $W = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ 。利用和积法计算  $\omega_i$  和  $\lambda_{\max}$ ,计算公式如下:

$$\bar{\omega}_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$$\omega_i = \frac{\bar{\omega}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{\omega}_i} \quad (2)$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(CW)_i}{n\omega_i} \quad (3)$$

(3) 对  $A$  进行一致性检验。引入随机一致性指标  $U_{CI}$ ,计算公式如下:

$$U_{CI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

引入一致性比率  $U_{CR}$ ,计算公式如下:

$$U_{CR} = \frac{U_{CI}}{U_{RI}} \quad (5)$$

当  $U_{CR} \leq 0.1$  时,判断矩阵符合一致性标准。

### 3 基于中心点混合可能度函数的灰色综合评价模型

灰色系统理论的研究对象是少数据、小样本、信息不完全和经验缺乏的不确定性问题<sup>[20]</sup>。该理论通过运用一定的灰色方法和模型挖掘蕴含在观测数据中的重要信息,减少评价中的主观因素,实

现对评价对象的正确描述和认识。其中,基于中心点混合可能度函数的灰色聚类评估模型适用于较易判断最可能属于各灰类的点,但各灰类边界不清晰的评价问题<sup>[14]</sup>。因此,本文采用基于中心点混合可能度函数的灰色聚类评估模型对复杂航空产品研制项目组织结构有效性进行评价。

#### 3.1 确定样本评价矩阵

专家根据项目提供的信息,对每个评价指标按照十分制进行评分,即指标的评分范围为  $[0, 10]$ 。设第  $i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) 位专家对第  $j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) 个指标的评分为  $d_{ij}$ 。当所有专家对所有的评价指标评分完成后,得到样本评价矩阵:

$$D = [d_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & \cdots & d_{nm} \end{bmatrix} \quad (6)$$

#### 3.2 构造中心点混合可能度函数

用  $k$  表示评价灰类等级,将评价灰类分为五个等级,即  $k=1$  (优)、 $k=2$  (良)、 $k=3$  (中)、 $k=4$  (可)、 $k=5$  (差),令 9 为灰类 1 的转折点,1 为灰类 5 的转折点,令 7、5、3 为灰类 2、3、4 的中心点构造相应的可能度函数<sup>[14]</sup>,如表 2 所示。

表 2 灰类的可能度函数

Table 2 Probability function of grey clustering

灰类( $k$ ) 等级	灰 数	可能度函数
灰类 1 ( $k=1$ )	优 [7, 9, 10]	$f_1(d_{ij}) = \begin{cases} 0.5d_{ij} - 3.5 & (d_{ij} \in [7, 9]) \\ 1 & (d_{ij} \in [9, 10]) \\ 0 & (d_{ij} \notin [7, 10]) \end{cases}$
灰类 2 ( $k=2$ )	良 [5, 7, 9]	$f_2(d_{ij}) = \begin{cases} 0.5d_{ij} - 2.5 & (d_{ij} \in [5, 7]) \\ -0.5d_{ij} + 4.5 & (d_{ij} \in [7, 9]) \\ 0 & (d_{ij} \notin [5, 9]) \end{cases}$
灰类 3 ( $k=3$ )	中 [3, 5, 7]	$f_3(d_{ij}) = \begin{cases} 0.5d_{ij} - 1.5 & (d_{ij} \in [3, 5]) \\ -0.5d_{ij} + 3.5 & (d_{ij} \in [5, 7]) \\ 0 & (d_{ij} \notin [3, 7]) \end{cases}$
灰类 4 ( $k=4$ )	可 [1, 3, 5]	$f_4(d_{ij}) = \begin{cases} 0.5d_{ij} - 0.5 & (d_{ij} \in [1, 3]) \\ -0.5d_{ij} + 2.5 & (d_{ij} \in [3, 5]) \\ 0 & (d_{ij} \notin [1, 5]) \end{cases}$
灰类 5 ( $k=5$ )	差 [0, 1, 3]	$f_5(d_{ij}) = \begin{cases} 1 & (d_{ij} \in [0, 1]) \\ -0.5d_{ij} + 1.5 & (d_{ij} \in [1, 3]) \\ 0 & (d_{ij} \notin [0, 3]) \end{cases}$



### 3.3 计算灰色聚类系数

首先,假设某一级指标下二级评价指标  $i(i=1,2,\dots,n)$  关于灰类  $k(k=1,2,3,4,5)$  的灰色聚类系数为  $r_{ik}$ 。将该指标的样本评价矩阵  $D=[d_{ij}]_{n \times m}$  代入可能度函数  $f_k(d_{ij})$  中,于是就可以得到二级评价指标  $i(i=1,2,\dots,n)$  关于灰类  $k$  的灰色聚类系数  $r_{ik}$ :

$$r_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^m f_k(d_{ij})}{m} \quad (7)$$

然后,便可以得到该一级指标的灰色评价矩阵  $R$ :

$$R = [r_{ij}]_{n \times 5} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{15} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \cdots & r_{n5} \end{bmatrix} \quad (8)$$

其次,根据 AHP 法确定的该一级指标下各二级指标的相对权重  $(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ ,便可以得到该一级指标关于灰类  $k$  的灰色聚类系数  $\sigma_k$ :

$$\sigma_k = \sum_{i=1}^n r_{ik} \omega_i \quad (9)$$

最后,计算该一级指标属于灰类  $k$  的单位化灰色聚类系数  $\delta_k$ :

$$\delta_k = \frac{\sigma_k}{\sum_{k=1}^5 \sigma_k} \quad (10)$$

### 3.4 计算灰色综合评价结果

将评价对象一级指标的相对权重向量  $W$  与一级指标的单位化灰色聚类系数矩阵  $\delta$  相乘,便得到评价对象属于各灰类的灰色聚类系数向量  $P$ :

$$P = W\delta \quad (11)$$

根据最大隶属度原则,可判断出评价对象属于哪个灰类。

## 4 算例分析

本文以某 J 型战机研制项目为例,根据建立的

复杂航空产品研制项目组织结构有效性评价指标体系和 AHP-灰色综合评价模型对该项目组织结构有效性进行评价。

### 4.1 算例介绍

某 J 型战机研制项目是中国与 M 国合作投资研发的一款多用途外贸型战机研制项目, M 国既是 J 型战机的联合研制方,又是需求方。中国与 M 国双方在合同中对该战机的性能做出了明确要求:所研制的飞机应具有中低空机动作战能力、较好的对地对空攻击能力、较大的航程和作战半径,可以发射中距离导弹和具有优良的短距起降特性。这也是此项目最重要的成果性目标之一。在 J 型战机研制项目中涉及的利益相关者较多,主要包括:中 M 双方政府、用户、主承包商、分承包商和其他投资者。其中,用户是 M 国空军,由其提出要求。主承包商是主设计单位中航工业 C 飞机设计研究所和主试制单位中航工业 D 有限责任公司。分承包商则是各配套辅机厂所、供应商。此项目除中 M 双方外,还包括 L 国等其他投资者。J 战机项目组织如图 1 所示,可以分为两个部分,左边部分为对外合作部分,右边部分为国内部分组织。该项目是中 M 双方联合研制的项目,为了顺利合作,双方成立了联合项目管理办公室(简称联合项目办),负责研制过程的管理和协调。中方投资者组成的中方管理委员会(简称中方管委会)和 M 国投资者组成的 M 方管理委员会(简称 M 方管委会)各下设中方项目管理办公室(简称中方项目办)和 M 方项目管理办公室(简称 M 方项目办),中方项目办和 M 方项目办成立联合项目办。中国研制团队是整个项目研制工作的主要承担者,由中方项目办管理,受联合项目办指导。联合项目办下设 M 方专家组、财务办公室和联络办公室,分别负责技术转让工作、财务报告和合同日常工作。联合项目办的主要工作是定期举行项目工作会,参加项目技术评审和财务审计,协调研制过程。

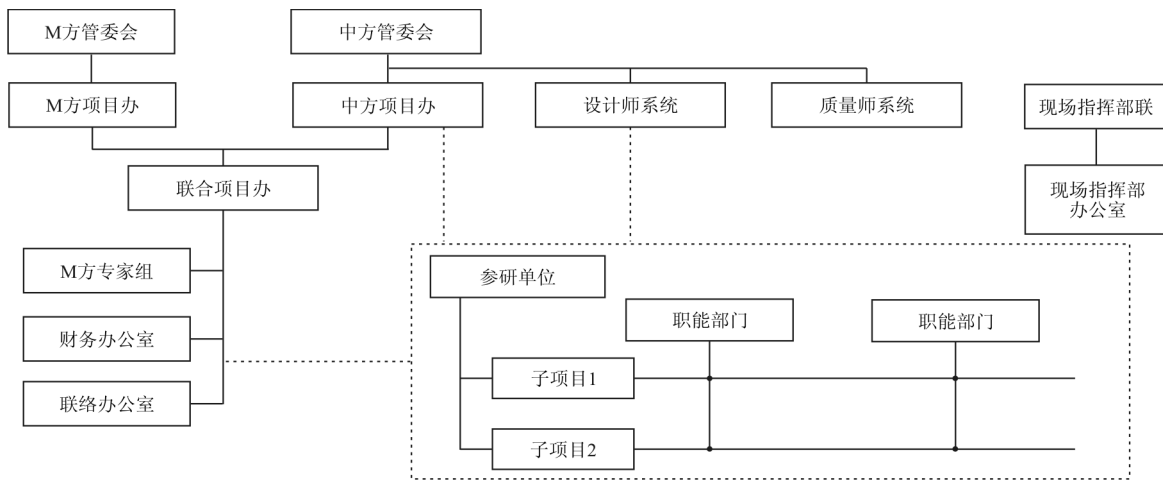


图 1 J 战机研制项目组织结构示意图

Fig. 1 The organizational structure of J fighter R&D project

### 4.2 指标权重确定

采用 AHP 法,对专家进行多次访问,让专家根据 1~9 标度法对同一层级的指标进行重要性对比,构造判断矩阵,最后根据判断矩阵来计算各指标的相对权重,具体结果如表 3 所示。

表 3 各级指标相对权重表

Table 3 Relative weights of each-level indicators

一级指标 A	二级指标 B
目标完成度 A <sub>1</sub> (0.078 0)	财务目标完成度 B <sub>11</sub> (0.046 0)
	进度目标完成度 B <sub>12</sub> (0.122 3)
	质量目标完成度 B <sub>13</sub> (0.122 3)
资源管理能力 A <sub>2</sub> (0.563 2)	成果性目标完成度 B <sub>14</sub> (0.670 7)
	资源获取能力 B <sub>21</sub> (0.200 0)
	资源整合能力 B <sub>22</sub> (0.600 0)
内部过程流畅性 A <sub>3</sub> (0.223 5)	资源利用能力 B <sub>23</sub> (0.200 0)
	制度规范性 B <sub>31</sub> (0.750 0)
	信息传递效率 B <sub>32</sub> (0.250 0)
利益相关者支持 A <sub>4</sub> (0.078 0)	政府/行业主管部门满意度 B <sub>41</sub> (0.121 9)
	用户满意度 B <sub>42</sub> (0.557 9)
	集成商满意度 B <sub>43</sub> (0.263 3)
环境适应性 A <sub>5</sub> (0.0834)	供应商满意度 B <sub>44</sub> (0.056 9)
	对外沟通能力 B <sub>51</sub> (0.221 4)
	环境预测能力 B <sub>52</sub> (0.248 1)
	快速反应能力 B <sub>53</sub> (0.530 6)

### 4.3 确定样本评价矩阵

邀请五位专家对各评价指标进行打分,其样本

评价矩阵如表 4 所示。

表 4 样本评价矩阵

Table 4 Sample evaluation matrix

评价指标	打分				
	专家一	专家二	专家三	专家四	专家五
B <sub>11</sub>	6	7	5	5	6
B <sub>12</sub>	5	7	6	6	7
B <sub>13</sub>	6	5	7	8	7
B <sub>14</sub>	8	9	8	8	9
B <sub>21</sub>	6	7	7	9	6
B <sub>22</sub>	5	9	6	8	7
B <sub>23</sub>	8	6	6	6	5
B <sub>31</sub>	6	5	7	5	8
B <sub>32</sub>	9	6	6	9	9
B <sub>41</sub>	8	8	9	6	6
B <sub>42</sub>	5	9	5	8	5
B <sub>43</sub>	7	7	8	7	8
B <sub>44</sub>	5	8	8	9	7
B <sub>51</sub>	7	7	6	5	9
B <sub>52</sub>	6	9	8	7	5
B <sub>53</sub>	9	5	7	6	8

### 4.4 计算灰色聚类系数

以二级指标“财务目标完成度 B<sub>11</sub>”为例,首先计算该指标关于各灰类的灰色聚类系数。当 k=1 时,由式(7)得到 r<sub>11</sub>=[f<sub>1</sub>(6)+f<sub>1</sub>(7)+f<sub>1</sub>(5)+f<sub>1</sub>(5)+f<sub>1</sub>(6)]/5=0;当 k=2 时,r<sub>12</sub>=0.4;当 k=

3 时,  $r_{13} = 0.6$ ; 当  $k = 4$  时,  $r_{14} = 0$ ; 当  $k = 5$  时,  $r_{15} = 0$ 。

然后, 由式(8)便得到该指标的灰色评价向量为  $[0, 0.4, 0.6, 0, 0]$ 。同理, 可得其他二级指标的灰色评价向量。进而得到一级指标“目标完成度  $A_1$ ”的灰色评价矩阵  $R_1$  :

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.4 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

其次, 根据表 2 给出的各二级指标相对权重, 由式(9)和式(10)可以得到该一级指标  $A_1$  关于灰类  $k$  的单位化灰色聚类系数  $\delta_{1k}$ 。当  $k = 1$  时,  $\delta_{11} = 0.4817$ ; 当  $k = 2$  时,  $\delta_{12} = 0.3664$ ; 当  $k = 3$  时,  $\delta_{13} = 0.1132$ ; 当  $k = 4$  时,  $\delta_{14} = 0$ ; 当  $k = 5$  时,  $\delta_{15} = 0$ 。

以此类推, 可得到其他一级指标的灰色评价矩阵:

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.4 & 0.5 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.1 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.8 & 0 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

最后, 可以得到所有一级指标的单位化灰色聚类系数矩阵  $\delta$  :

$$\delta = \begin{bmatrix} 0.4817 & 0.3664 & 0.1132 & 0 & 0 \\ 0.2400 & 0.4400 & 0.3200 & 0 & 0 \\ 0.2250 & 0.3500 & 0.4250 & 0 & 0 \\ 0.2916 & 0.3380 & 0.3705 & 0 & 0 \\ 0.2779 & 0.4222 & 0.3000 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

### 4.5 灰色综合评价

根据表 2 给出的各一级指标相对权重, 以及式

(11), 便可以得到目标层即该复杂航空产品研制项目组织结构有效性属于灰类  $k$  的灰色聚类系数向量  $P = [0.2690, 0.4162, 0.3380, 0, 0]$ 。根据最大隶属度原则, 该研制项目组织结构有效性程度属于良灰类。从各一级指标看, 目标完成度指标属于优灰类, 资源管理能力指标属于良灰类, 内部过程流畅度指标属于良灰类, 利益相关者支持指标属于中灰类, 环境适应性指标属于良灰类。

## 5 结 论

(1) 针对复杂航空产品研制项目组织结构有效性评价过程中不可避免地会涉及对不完全、不确定性信息的处理这一现实, 本文基于灰色系统理论, 采用基于中心点混合可能度函数的灰色聚类评估模型来对复杂航空产品研制项目组织结构有效性进行综合评价, 该模型能够对组织结构进行有效地评价。

(2) 该评价模型可以更好地适用于那些较易判断最可能属于各灰类的点, 但各灰类边界不清晰的评价问题。

### 参考文献

[1] 梁玺, 刘靖东. 基于不确定因素的航天复杂产品体系研究[J]. 科技与管理, 2010, 12(5): 56-58.  
LIANG Xi, LIU Jingdong. Research on aerospace complex product and system based on uncertainty factors[J]. Science Technology and Management, 2010, 12(5): 56-58. (in Chinese)

[2] 武立东. 组织理论与设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014: 32-33.  
WU Lidong. Organization theory and design[M]. Beijing: China Machine Press, 2014: 32-33. (in Chinese)

[3] 理查德·达夫特. 组织理论与设计[M]. 10 版. 王凤彬, 译. 北京: 清华大学出版社, 2011: 81-86.  
DAFT Richard. Organization theory and design[M]. 10th ed. Translated by WANG Fengbin. Beijing: Tsinghua University Press, 2011: 81-86. (in Chinese)

[4] ROBBINS S P, DECENZO D A, COULTER M. Fundamentals of management: essential concepts and applications [M]. 10th ed. Prentice Hall; Upper Saddle River, 2016.

[5] GAERTNER G H, RAMNARAYAN S. Organizational effectiveness: an alternative perspective[J]. The Academy of Management Review, 1983, 8(1): 97-107.

[6] CARINI R M, HALL R H. Organizations: structures,

- processes, and outcomes[J]. *Teaching Sociology*, 2000, 28(4): 393.
- [7] PICKLE H, FRIEDLANDER F. Seven societal criteria of organizational effectiveness [J]. *Personnel Psychology*, 2006, 20(2): 165-178.
- [8] 陈海艳. 大型工程项目管理组织结构评价指标体系及其度量方法研究[D]. 长沙: 国防科技大学, 2009.  
CHEN Haiyan. Research on evaluation index system and index measure method of large-scale construction project management organization structure[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2009. (in Chinese)
- [9] 袁尚南, 强茂山, 温祺, 等. 基于模糊层次分析法的建设项目组织效能评价模型[J]. *清华大学学报(自然科学版)*, 2015, 55(6): 616-623.  
YUAN Shangnan, QIANG Maoshan, WEN Qi, et al. Organizational effectiveness evaluation model for construction projects based on fuzzy-analytic hierarchy process[J]. *Journal of Tsinghua University (Science and Technology)*, 2015, 55(6): 616-623. (in Chinese)
- [10] 孙勇阁, 伍学进, 朱殿骅. 基于 BSC-AHP 的国防研发项目绩效审计评价指标[J]. *中国内部审计*, 2019(2): 78-83.  
SUN Yongge, WU Xuejin, ZHU Dianhua. Performance audit evaluation index of defense R&D projects based on BSC-AHP[J]. *Internal Auditing in China*, 2019(2): 78-83. (in Chinese)
- [11] DENG J L. Control problems of grey systems[J]. *Systems & Control Letters*, 1982, 1(5): 288-294.
- [12] 邓聚龙. 灰色系统(社会·经济)[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.  
DENG Julong. Grey system (social and economic) [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1985. (in Chinese)
- [13] 刘思峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 8 版. 北京: 科学出版社, 2017.  
LIU Sifeng. Grey system theory and its application [M]. 8th ed. Beijing: Science Press, 2017. (in Chinese)
- [14] 刘思峰, 方志耕, 杨英杰. 两阶段灰色综合测度决策模型与三角白化权函数的改进[J]. *控制与决策*, 2014, 29(7): 1232-1238.  
LIU Sifeng, FANG Zhigeng, YANG Yingjie. Two stages decision model with grey synthetic measure and a betterment of triangular whitenization weight function[J]. *Control and Decision*, 2014, 29(7): 1232-1238. (in Chinese)
- [15] 朱晓武. 动态匹配: 组织结构理论·实证·案例[M]. 北京: 经济管理出版社, 2015: 19-35.  
ZHU Xiaowu. Dynamic fit: organizational structure theory, empirical study and case [M]. Beijing: Economy & Management Publishing House, 2015: 19-35. (in Chinese)
- [16] 周曼曼. 基于 IPT 模式的航空产品研制项目组织效率研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2018.  
ZHOU Manman. Research on organizational efficiency of aviation product R&D project based on IPT model[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2018. (in Chinese)
- [17] 吉斌. 项目管理在航空产品研制过程中的应用[J]. *企业改革与管理*, 2017(12): 36.  
JI Bin. Application of project management in aerospace product development [J]. *Enterprise Reform and Management*, 2017(12): 36. (in Chinese)
- [18] 孟庆浩. 航空企业复杂产品研制项目管理模式探讨及信息化实现[J]. *电脑知识与技术*, 2017, 13(19): 186-187.  
MENG Qinghao. The studying and information implementation on complex product project management in aviation manufactures [J]. *Computer Knowledge and Technology*, 2017, 13(19): 186-187. (in Chinese)
- [19] 汪应洛. 系统工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.  
WANG Yingluo. Systems engineering [M]. Beijing: China Machine Press, 2015. (in Chinese)
- [20] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.  
DENG Julong. The primary methods of grey system theory [M]. Wuhan: Press of Huazhong University of Science and Technology, 2005. (in Chinese)

### 作者简介:

张延禄(1984—),男,博士,副教授。主要研究方向:研发项目管理与管理系统工程。

廖胜崑(1996—),男,硕士研究生。主要研究方向:研发项目管理。

杨乃定(1964—),男,博士,教授、博导。主要研究方向:管理系统工程、研发项目管理、决策分析与优化等。

(编辑:丛艳娟)