

基于 AHP-熵权法和模糊评价法的民航机场 在建工程静态风险体系

董嘉成, 沈大娟

(沈阳航空航天大学安全工程学院, 沈阳 110136)

摘要: 基于人、机、环、管 4 个方面, 识别民航机场在建工程存在的工料机的配置、地质情况、气候情况、参与主体、施工进度、不停航施工等 23 项风险因素。根据识别的风险因素, 构建民航机场在建工程的风险评价体系。运用层次分析法和熵权法进行定量分析, 结合模糊评价法以长沙机场改扩建项目为例进行定量分析和实例验证, 所得结果与实际获奖情况相符。研究表明该静态风险体系较为可行, 可为民航机场建设者在施工过程中的风险识别和风险评价提供依据和参考。

关键词: 民航机场建设; 风险评价; 层次分析; 熵权法; 模糊数学

中图分类号: X947 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)19-0203-06

随着中国经济的发展, 民航旅客运输量逐年增加。目前, 中国已发展成三大门户八大枢纽十二大干线机场的航空交通体系, 且在《“十四五”民用航空发展规划》中计划续建机场 34 个, 新开工 39 个, 前期工作 67 个。如此庞大的机场建设计划也带来了许多触目惊心的事故。机场建设往往是一个地区的重大工程, 是大型、复杂的项目, 开发和建设需要很长的时间, 涉及多个公共和个人的利益相关方。就期望层度、交付时间、复杂度和相关利益方的参与程度而言, 机场是一种完全不同的项目。此类项目出于客观和主观的需要, 在建设过程中安全都是重中之重。

学者们在民航机场建设领域应用系统工程、数学或者医学等领域的方法进行研究。陈唯冰等^[1-2]应用 SEIRS 模型 (susceptible exposed infectious recovered susceptible, 易感者、暴露者、康复者、再次感染者, 一种传染病传播模型), 熵权法与 TOPSIS-GRA (technique for order preference by similarity to an ideal solution-grey relation analysis, 优劣解距离法-灰色关联度分析) 法研究机场建设工程项目质量风险问题。石佳琪^[3]用层次分析法对 PPP (public-private-partnership, 政府和社会资本合作) 模式下通用机场建设项目识别出政策、法律、融资、建设、环境 5 种风险并构建相应的风险评

价体系。刘威^[4]用扎根理论对机场建设过程中的风险因素进行归纳分析。陈桂香等^[5]应用 WBS-RBS (work breakdown structure-risk breakdown structure, 工作分解结构-风险分解结构) 法对机场建设过程中的风险进行分析。戴琦^[6]用 WBS-RBS 建立故障树, 进而用贝叶斯网络评估影响机场不停航施工的风险。这些研究中既有在总体上运用各种方法分析民航机场建设的各种风险, 也有针对具体民航机场在建工程的风险研究, 但对于民航机场施工建设中的静态风险研究较少。本文针对民航机场在建工程的静态风险, 通过识别民航机场建设过程中存在的静态风险因素, 建立特有的、合理的、便于操作的风险评价体系, 促进机场项目的安全建设, 以为民航机场建设、大型基础设施建设的安全评价和管理提供帮助, 促进中国民航机场建设风险评价体系的发展和完善。

1 风险因素的识别

1.1 人的方面

(1) 施工人员的技能和资质。在国内大量的工程建设中管理者和设计者都有很高的学历, 而一线具体施工人员的学历大多不高, 且有很多人并无相关工种的证书或资质, 他们虽有一技之长但很容易不合规作业。

(2) 施工人员的安全意识。人作为劳动的主

收稿日期: 2024-05-29

作者简介: 董嘉成 (1997—), 男, 辽宁辽阳人, 硕士研究生, 研究方向为民航机场建设安全; 沈大娟 (1986—), 女, 辽宁葫芦岛人, 博士, 讲师, 研究方向为风险管理、保险理论与实务。

体,如果具有很强的安全意识,事故发生的概率往往会大大降低。很多事故就是因为人的过分“自信”,才导致事故的发生。

(3)管理人员的能力。管理人员的水平和素质有时比一线施工人员的水平更重要,大多安全生产事故的根本原因都是管理者的原因。

(4)实际劳动时间。实际的工作时间长短以及工作时间的选择都会对工人的疲劳程度产生影响。很多工程夏季由于炎热,或者工程为了节约资金选择错峰用电,抑或者由于工程的需要而选择夜间施工,风险程度比白天施工要高。

(5)员工身体健康状况。随着中国更高层次教育的普及以及年轻人思想观念的变化,并无更多新的农民工来补充一线城市的建设者,这导致中国一线城市建设者平均年龄逐渐增大,这个群体有很多人的身体处在不健康或者亚健康的状态。因年轻时导致的不自律、不注意健康很容易在年近半百时突发各种急性疾病。这对工作和工程项目的安全都具有很大的影响^[7]。

1.2 机的方面

(1)安全设施。安全设施能够影响事故的发生和事故的大小,它可以算得上是第二类危险源。所以安全设施的配备情况是考察机场在建工程项目风险大小的重要因素。

(2)起重机械。机场建设工地内存在很多大型机械,这些大型机械在工作时是否会出现故障,运行前是否进行足够的检查和日常的保养都是风险因素。

(3)工料机的配置。因为机场新建、改建、扩建是一个庞大的工程,工期长,涉及多工种、多机械,往往需要各单位人员分期进场,这期间涉及的工、料、机的合理配置就显得尤为重要,不可因施工现场的混乱而造成安全生产事故。

(4)临时的排水与防洪。因机场建设周期较长,当雨水季节来临时,应及时排出雨水并且防止洪水的侵袭。机场建设有时不只是航站楼和跑道建设,还有与相关地区的城市轨道交通相连的捷运系统、地下管网建设等,这会涉及很多地下施工过程,此时雨季的防洪排水就显得尤为重要。

(5)压力容器。民航机场建设往往会涉及很多钢结构工程。钢结构的连接有时会用到焊接,而焊接和动火作业则会用到氧气瓶和乙炔瓶,这都属于施工现场的压力容器,具有很大的危险性。

(6)吊篮。吊篮是各类建筑类施工现场中常用的装置,用于幕墙安装、外墙施工、保温施工等处,

工作时阵风风速不大于 8.3 m/s。因吊篮常用于高空作业中,其已成为安全检查的重中之重。

(7)脚手架。脚手架是为了保证各施工过程顺利进行而搭设的工作平台。脚手架的搭设和拆除作业是一项技术性和安全性要求很高的工作。不同类型的脚手架按高度不同可能是危大工程或超危大工程。

1.3 环的方面

(1)地质情况。如果一个地方的地理条件复杂、地质条件差,容易存在塌方下沉的风险,这对于机场建设的陆侧这类大型的单体或复合建筑存在很大的安全隐患。地质条件复杂的地区不只影响陆侧的建设,亦影响空侧。因为机场跑道要承受飞机的起飞和降落,要有超大维度和超高强度的承载力要求。

(2)气候情况。恶劣、复杂的气象条件,会对工人的操作环境产生影响,环境的恶劣容易影响工人的疲劳速度和程度。在施工过程中应考虑工地附近的气象条件,做好未雨绸缪。

(3)机场位置与设计。机场的位置多经过多方勘察与考虑,一般在边远郊区且平坦开阔地带。这些地方离消防等应急救援部门较远,一旦发生事故,因距离因素,有使事故扩大的可能。除机场外部环境外,机场的内部规划设计对于机场建设也有很大的影响。例如,随着近年来“碳达峰、碳中和”的提出,很多机场都应用了光伏发电,然而光伏发电系统容易产生电磁干扰、侵入安全区、影响净空限制、炫光、鸟击等风险^[8]。

(4)照明等其他设施。指工人工作环境内的具体设施,如照明的灯光、高处施工的安全绳,如有通风除尘需要相关的设备是否完备,使用时能否顺利启动。这些设备除了能降低事故发生的概率外,还能保护人的健康,有效降低各种职业病的危害。

1.4 管的方面

(1)航油设施建设管理。国内机场储油和相关管线设施的建设一般由中国航空油料有限公司建设和管理,其在国内属于垄断型企业。航油设施包括航空加油站和机坪输油管线、机场油库、场外输油管线工程和卸油站工程、飞行区内地面设备加油站等 4 项工程^[9]。新开工建设的航油设施应注意位置的选择以及管线的走向、焊接和管道的通水联合试运等。旧设施的改扩建、大修和技术改造时应注意不停航施工、动火作业和危险性作业等工作。

(2)施工材料管理。施工材料的质量和管理的

影响工程质量和安全的重要因素,应及时发现具体施工用料是否达标,是否出现偷工减料情况。

(3)监督检查。此处的监督检查不光是施工方,还包括甲方、监理、相关政府部门等。事故的发生往往不是由单一原因造成的,而是多种原因共同作用的结果。在很多事故报告中都看得到长长的处罚人员名单,他们涉及工程的各个环节。他们之中有一处做到认真负责、做好监督检查,可能事故就不会发生或者损失会减少一些。

(4)参与主体以及主体间的沟通协调。机场建设涉及的部门和工种较多,各部门和工种之间的参与和沟通是否顺畅,这不只影响到工程的进度与工作效率,还影响到整体工程建设的安全程度^[10]。

(5)实际施工进度。每一个工程在设计阶段都有自己的施工进度安排,然而在实际工程中各项目部分出于各种利益往往会缩短工程进度,这对于机场建设安全存在很大的隐患。不合理地缩短工期往往会造成重大的安全生产事故^[11]。

(6)施工质量。机场建设是一个对环节要求很高的工程,尤其是航道工程,道面设计、沥青或水泥混凝土的比例都有严格的要求,各种用料在施工前是否进行正常的试验检测,混凝土的搅拌、运输、浇筑、铺筑、表面处理、养护拆模过程中是否按规则和要求操作,此外还有航站楼建设过程中涉及的大型的大跨度的钢结构工程,需要很高的设计和施工水平,稍有疏忽,就容易引发安全事故^[12-13]。

(7)不停航施工。随着经济的发展,很多原有机场都需要扩建,而机场作为交通出行的重要设施,不能随意停止运营,故需要边运营边施工,即所谓不停航施工,这对工程的设计和管理都有很高的要求,相关的设计、报备和管理是否符合资质,是否合规操作,相关预案的编制是否合理,这些对于机场的安全建设都有很大的影响^[14]。

2 评价体系的构建

结合以上的内容以及安全管理知识构建图 1 所示的风险评价体系。

2.1 层次分析法

邀请 10 位民航机场、风险分析和大型基础设施建设领域内的专家对体系内的各级指标进行两两比较,综合讨论总结得出如下的判断矩阵。

一级指标:

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 & 2 \\ \frac{1}{3} & 1 & 2 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{2} & 2 & 3 & 1 \end{pmatrix}。$$

人的因素:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ 2 & 3 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 3 & 4 & 2 & 1 & 1 \\ 3 & 4 & 2 & 1 & 1 \end{pmatrix}。$$

机的因素:

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 2 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 2 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}。$$

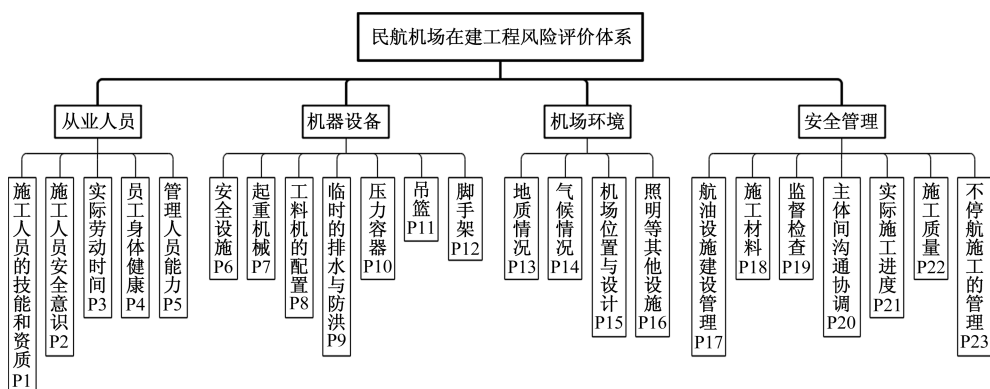


图 1 民航机场在建工程风险评价体系

环的因素:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} \\ 1 & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} \\ 3 & 3 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix}。$$

管的因素:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & \frac{1}{5} \\ 1 & 1 & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & \frac{1}{5} \\ 1 & 1 & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & \frac{1}{5} \\ 3 & 3 & 3 & 1 & 2 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} \\ 2 & 2 & 2 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} \\ 4 & 4 & 4 & 2 & 3 & 1 & \frac{1}{2} \\ 5 & 5 & 5 & 3 & 4 & 2 & 1 \end{pmatrix}。$$

经计算这些判断矩阵皆通过一致性检验,权重如下。

一级指标:(0.467 3 0.160 1 0.095 4 0.277 2);

人:(0.109 3 0.068 3 0.184 0 0.319 2 0.319 2);

机:(0.065 0 0.119 2 0.229 1 0.229 1 0.119 2 0.119 2);

环:(0.143 9 0.143 9 0.391 9 0.320 3);

管:(0.055 8 0.055 8 0.055 8 0.156 5 0.127 7 0.242 3 0.306 2)。

2.2 熵权法

层次分析法具有一定的主观性,为了使权重值更加客观,采用熵权法修正权重值。首先将判断矩阵按式(1)和式(2)的方法归一化,再将归一化后的矩阵各项加 0.000 1 以避免熵权法计算中 $\ln 0$ 的出现。

$$e_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (1)$$

$$e_{ij} = \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (2)$$

式中: e_{ij} 为归一化后矩阵各元素的值; x_{ij} 为原始矩阵各元素的值; $\max x_{ij}$ 、 $\min x_{ij}$ 分别为原始矩阵各元素中的最大值与最小值。

应用 MATLAB 进行归一化处理,用 EXCEL 进行熵权法计算后的权重如下。

一级指标:(0.394 4 0.148 5 0.238 0 0.219 1);

人:(0.109 3 0.260 1 0.114 6 0.258 0 0.258 0);

机:(0.065 1 0.072 7 0.322 1 0.322 1 0.072 7 0.072 7 0.072 7);

环:(0.193 7 0.193 7 0.419 1 0.193 5);

管:(0.052 4 0.052 4 0.052 4 0.141 2 0.074 5 0.247 4 0.379 6)。

将熵权法的权重与层次分析法的权重按式(3)的方法结合得到新的权重^[15]。

$$w_j = \frac{w'_j w''_j}{\sum w'_j w''_j} \quad (3)$$

式中: w_j 为新的权重值; w'_j 为熵权法权重值; w''_j 为层次分析法权重值。

一级指标:(0.632 2 0.081 6 0.077 9 0.208 3);

人:(0.055 5 0.082 4 0.097 9 0.382 1 0.382 1);

机:(0.022 7 0.046 4 0.395 8 0.395 8 0.046 4 0.046 4 0.046 4);

环:(0.098 9 0.098 9 0.582 5 0.219 7);

管:(0.013 5 0.013 5 0.013 5 0.102 0 0.043 9 0.276 8 0.536 7)。

3 实例分析

以长沙机场改扩建工程为例,进行模糊综合评价。模糊数学可以将难以解决的问题定性定量化,可以对量化困难的问题进行有效处理,具有较好的系统性,便于解决一些困难的系统问题,适合于多指标、多目标的综合性评价。长沙机场改扩建工程总投资约 430 亿元,总建筑面积约 50 万 m^2 ^[16]。新建 T3 航站楼和第三跑道,T3 航站楼可承担 4 000 万旅客吞吐量,近远机位总计 154 个,建成后可实现地铁、高铁、磁浮、城际“四线五轨”的一站式零距离换乘。邀请 10 位业内专家按 0~10 对二级指标进行隶属度打分,其中[0,2]为不及格,[2,4]为及格,[4,6]为中等,[6,8]为良好,[8,10]为优秀。

本项目主体工程由中国建筑第五工程局有限公司牵头,成员包括湖南路桥建设集团有限责任公司、中国建筑第八工程局有限公司。一线工作人员身体健康,接受安全教育,具有专项施工时间表。管理人员 24 h 一线坚守,自 2021 年开工以来达到千日安全。故“人”的评价矩阵为

$$\begin{pmatrix} 0 & 0.1 & 0.7 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0.7 & 0.1 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.1 & 0.8 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.1 & 0.8 \end{pmatrix}。$$

该项目安全设施完善,依靠新技术的应用工料

机的配置合理。项目团队通过 5G(第 5 代移动通信技术)、全球定位系统(global position system, GPS)、摄像、陀螺仪等物联网设备,利用人工智能算法实现定位、录像、功效统计、实时对话、脱帽报警、应急报警等功能。故“机”的评价矩阵为

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.1 & 0.1 & 0.8 \\ 0 & 0.1 & 0.2 & 0.6 & 0.1 \\ 0 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.7 \\ 0 & 0.1 & 0.1 & 0.6 & 0.2 \\ 0 & 0.1 & 0.1 & 0.7 & 0.1 \\ 0 & 0.1 & 0.1 & 0.7 & 0.1 \end{pmatrix}。$$

项目所在地长沙市长沙县黄花镇距市中心 23.5 km,以丘陵为主,四季分明,热量丰富,雨量充足,寒冷气短,平均气温 17.2℃。项目内监控、照明等设施齐全,仅为防止塔吊碰撞就安装了 35 个摄像头。故“环”的评价矩阵为

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.1 & 0.1 & 0.8 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0.9 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.1 & 0.8 \\ 0 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.7 \end{pmatrix}。$$

长沙机场改扩建工程被誉为湖南省“一号工程”,受到各方关注,各级领导重视。该项目耐火等级、地下室防水等级均为一级,屋面防水等级为一级,结构耐久性设计为 100 年,依靠建筑信息模型(building information modeling, BIM)三维模型进行施工辅助,有效解决不同施工主体间的沟通协调和施工进度问题。故“管”的评价矩阵为

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.1 & 0.9 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.8 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.1 & 0.8 \\ 0 & 0.1 & 0.1 & 0.7 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.8 & 0.1 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.8 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.1 & 0.8 \end{pmatrix}。$$

最后将隶属度与最后得到的权重进行模糊运算,结果为

人:(0 0.097 9 0.097 9 0.100 0 0.382 1);
机:(0 0.100 0 0.100 0 0.395 8 0.395 8);
环:(0 0.100 0 0.100 0 0.100 0 0.582 6);
管:(0 0.100 0 0.102 0 0.276 8 0.536 7);
总:(0 0.100 0 0.102 0 0.208 3 0.382 1);
将总结果归一化得:(0 0.126 1 0.128 8

0.262 8 0.482 1)。

采用模糊加权平均法将结果最终量化,将不及格的权重设为 1、及格的权重设为 3、中等的权重设为 5、良好的权重设为 7、优秀的权重设为 9^[17],将模糊运算的结果加权得到最终结果为 7.200 8。计算显示为良好,这与该项目在由英国安全委员会公布的 2023 年国际安全奖(ISA 2023)获奖名单中长沙机场改扩建项目荣获“胜出奖”相匹配。

4 结语

通过构建民航机场建设风险评价体系,运用层次分析法与熵权法得到权重,再用模糊综合评价法对长沙机场的改扩建项目进行风险评价,取得了良好的评价结果。证明了该评价体系具有一定的合理性和可操作性。希望该静态风险体系能为日后民航机场在建工程风险的识别和分析提供一定的帮助。

参考文献

- [1] 陈唯冰,董鹏,王科文,等. 基于 SEIRS 模型的机场建设工程项目质量风险问题研究[J]. 兵工自动化, 2023, 42(10): 44-50.
- [2] 陈唯冰,董鹏,王科文,等. 基于 TOPSIS-GRA 法的机场建设工程质量风险评价分析[J]. 舰船电子工程, 2023, 43(5): 135-140.
- [3] 石佳琪. PPP 模式下通用机场建设项目风险管理研究[D]. 西安: 长安大学, 2023.
- [4] 刘威. 基于扎根理论的机场建设项目风险因素研究[D]. 南宁: 广西大学, 2020.
- [5] 陈桂香,廉晓敏,刘庆,等. 基于 WBS-RBS 的机场建设工程施工过程风险管理研究[J]. 施工技术, 2018, 47(20): 129-133.
- [6] 戴琦. 不停航机场改造工程风险识别与贝叶斯网络动态评估研究[J]. 建设监理, 2015(10): 48-51.
- [7] 刘凯. 大型建设工程项目施工进度风险耦合分析及其仿真研究[D]. 北京: 华北电力大学(北京), 2018.
- [8] 苗家瑞,李正忠. 机场光伏建设的安全风险及评估方法探讨[J]. 科技视界, 2023(10): 11-20.
- [9] 裘凯栋. 机场油库建设项目安全设施设计审查实施主体[J]. 劳动保护, 2018(7): 49-50.
- [10] 王友乐,缪正建,冯静静,等. 设计牵头的 EPC 项目沟通协调机制研究[J]. 建筑经济, 2024, 45(4): 22-29.
- [11] 谢露强,王海燕. 基于系统动力学的邮轮建造施工进度风险演化研究[J]. 中国安全科学学报, 2022, 32(S1): 63-71.
- [12] 宋洋,张卓. 基于三维数字模型的机场场道质量动态可靠性分析[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(11): 4614-4620.
- [13] 冯厚宁. 大跨度钢结构项目施工阶段风险评价研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2023.
- [14] 潘丹,罗帆,李永周,等. 基于 DW-MEE 的不停航施工情境下机场安全风险预警[J]. 北京航空航天大学学报,

2023, 49(4): 780-791.

[15] 王莉, 马衍青, 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]. 科学与技术, 2023, 23(3): 1319-1325.

[16] 卿信强, 陈镜丞, 刘纯硅, 等. 数智化助力“换乘之王”快速建造: 长沙机场 GTC 项目施工阶段数智建造实践[J]. 中国勘察设计, 2024(4): 90-93.

[17] 邓荣岳, 程小慷, 邹沛林, 等. 基于模糊层次分析法的人文机场评价体系研究[J]. 计算机时代, 2023(8): 121-124, 128.

Static Risk System of Civil Aviation Airport Project under Construction Based on
AHP-entropy Weight Method and Fuzzy Evaluation Method

DONG Jiacheng, SHEN Dajuan

(College of Safety Engineering, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

Abstract: Based on four aspects of man, machine, environment and pipe, 23 risk factors such as the configuration of workloads, geological conditions, climate conditions, participants, construction progress and non-stop construction of civil aviation airport are identified. According to the identified risk factors, the risk evaluation system of civil aviation airport construction is constructed. The analytic hierarchy process and entropy weight method are used for quantitative analysis, and the fuzzy evaluation method is combined with the quantitative analysis and case verification of Changsha Airport reconstruction and expansion project. The results obtained are consistent with the actual award situation, and the research shows that the static risk system is feasible. It provides the basis and reference for the risk identification and risk evaluation in the construction process of civil aviation airport.

Keywords: civil aviation airport construction; risk assessment; hierarchical analysis; entropy weight method; fuzzy mathematics