基于组合赋权关联规则的塔吊事故成因分析

陈 莹，蔡春明，张伟豪

（南华大学土木工程学院，湖南 衡阳 421001）

摘要：为有效提高我国塔吊安全水平，揭示塔吊事故内在联系，利用改进 Apriori 算法，挖掘塔吊事故关联规则。首先，收集 210 份塔吊事故调查报告，根据事故调查报告、文献分析提炼塔吊事故基本属性和致因属性。然后，基于不同的事故阶段，提出组合赋权和定向约束的改进关联规则算法，并对塔吊作业事故影响因素进行定量分析，挖掘潜在映射关系。最后，根据挖掘结果，分析塔吊事故关键关联规则，为塔吊事故安全水平的提升提供理论指导，并提出相关建议。

关键词：塔吊；事故属性；关联规则；AHP-DEMATAL

中图分类号：TU714 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2024)06－0194－06

随着我国国民经济的增长，建筑业飞速发展，起重机械在施工现场已广泛投入使用，但其安全事故频发。因此，研究塔吊安全管理，保障塔吊安全具有重要意义。

塔吊安全事故是由多种因素相互作用共同诱发导致的复杂系统问题。在此之前，余群舟等[1]对塔吊历史事故数据进行统计分析；Shin[2]对塔吊安装与拆卸事故进行事故分析和焦点小组访谈，用来挖掘塔吊事故内在因素。但两者的研究都难以揭示事故致因的潜在组合作用关系。对此，国内外学者采用模糊贝叶斯[3]、复杂网络和关联规则组合模型[4]、N-K 模型[5]、机器学习[6]等方法来研究塔吊安全事故，探求事故因素间相互联系的规则。关联规则是数据挖掘的典型算法，能快速挖掘因素与因素间隐藏联系。Apriori 算法作为关联规则的经典算法，具有简单清晰、易于编程且适用于多维度多层次的数据挖掘等优点，常用于挖掘交通事故的关联规则。杨洋等[7]以 2016 年华盛顿州 3 万余条交通事故数据为样本，提出改进的 WOMDI-Apriori 算法，利用主客观加权的方式挖掘高速公路事故致因和事故维度间多维度交互的关联规则。况宇琦等[8]基于 Apriori 算法，提出一种适用于塔吊事故致因挖掘方法，挖掘事故属性与致因因素间多维多层的关联规则，研究发现，塔吊安装与拆卸阶段容易发生倒塌事故，使用阶段易发生吊物伤人事故。现大多数塔吊事故研究都未考虑事故属性在事故安全中的重要程度，因此，传统的 Apriori 算法并不能很好地适用于当下塔吊安全系统。

鉴于此，本文拟基于 Apriori 算法，对使用与安拆两种事故阶段提出一种考虑组合赋权、定向约束的改进 Apriori 关联规则方法，用于分析收集整理 210 起塔吊安全事故数据，挖掘内在致因，为塔吊安全管理提供决策。

1 关联规则挖掘原理

关联规则最早是由 Agrawal[9]提出，主要目标是挖掘数据库中每一个因素之间的内在联系，其中关联规则的强度用支持度和置信度来表述。

支持度(Sup)，用于挖掘频率较高的项目集，是指项目集 X 在数据库 D 中所占的百分比，即

$$\mathrm{Sup}(X)=\frac{\mathrm{Suppor_count}(X)}{|D|} \tag{1}$$

置信度(Conf)，用于验证挖掘的规则是否为关联规则，是指数据库中同时含有 X 与 Y 的项目集与含有 X 的项目集之比，即

$$\mathrm{Conf}(X\Rightarrow Y)=\frac{\mathrm{Sup}(X\cup Y)}{\mathrm{Sup}(X)} \tag{2}$$

挖掘关联规则就是找出满足最小支持度阈值和最小置信度阈值的规则，且支持度和置信度越高，说明规则越强。除了置信度和支持度两个指

收稿日期：2023-12-27

基金项目：国家自然科学基金(41175117)

作者简介：陈莹(1998—)，女，湖南衡阳人，研究方向为工程项目管理；通信作者蔡春明(1965—)，男，湖南衡阳人，教授，研究方向为工程项目管理；张伟豪(1998—)，男，湖南娄底人，研究方向为工程项目管理。

标,提升度(Lift)也是衡量关联程度的一个重要指标,用于检验挖掘规则是否为有效的强关联规则,为置信度与支持度之比,即

$$\mathrm{Lift}(X\Rightarrow Y)=\frac{\mathrm{Conf}(X\Rightarrow Y)}{\mathrm{Sup}(Y)} \tag{3}$$

当提升度越大时,则证明项目集 X 与项目集 Y 的关联程度越高。提升度大于 1 的关联规则为强关联规则。

2　基于改进的组合赋权 Apriori 算法挖掘

塔吊事故发生机制复杂,直接使用 Apriori 算法无法有效挖掘塔吊事故规则,需对 Apriori 关联则进行优化与改进。

(1)通过 AHP-DEMATEL 组合算法赋权对所有影响因素进行指标权重计算,寻找出有价值的关联规则。

(2)引入决策实验与评价实验法(decision-making trial and evaluation laboratory,DEMATEL),根据各个影响因素之间的因果关系,确定项目集判断与输出关联规则的约束条件,筛选所需规则。

2.1　组合赋权计算各指标权重

层次分析法(analytic hierarchy process,AHP)是一种定量与定性分析相结合的科学分析方法[10]。该方法将研究对象的相关因素建立有序的层次模型,通过计算求得各指标权重。其计算过程为:基于 santy1-9 对比标度法,通过专家打分将塔吊事故影响因素两两对比,分别评分赋值,构建判断矩阵 $\boldsymbol{A}=(\alpha_{ij})_{n\times n}$,利用"根值法"对各个塔吊影响因素权重系数进行计算,并通过一致性检验,最终得到属性指标权重的初始权重 ω_{1i} 与因影响因素指标的初始权重。

但层次分析法往往忽略了影响因素之间的相互影响作用,因此引入 DEMATEL 对 AHP 法求得的初始权重再进行修正,解决了单独使用 AHP 算法的弱势[11],使计算结果更加科学有效。具体操作步骤如下。

第一步:确定因素直接影响程度。首先专家根据研究系统中因素间相互影响程度的关系,建立直接影响矩阵 $\boldsymbol{A}$,其中 α_{ij} 为影响因素 N_i 对 N_j 的影响强度。然后将直接影响矩阵 $\boldsymbol{A}$ 归一化计算出规范化直接影响矩阵 $\boldsymbol{G}$,再进一步计算出综合矩阵 $\boldsymbol{T}$[12],其中 $\boldsymbol{E}$ 为单位矩阵。其计算公式为

$$\boldsymbol{G}=\frac{\boldsymbol{A}}{\max\limits_{1<i<n}\sum\limits_{j=1}^{n}\alpha_{ij}} \tag{4}$$

$$\boldsymbol{T}=(t_{ij})_{n\times n}=\boldsymbol{G}(\boldsymbol{E}-\boldsymbol{G})^{-1} \tag{5}$$

第二步:根据综合影响矩阵 $\boldsymbol{T}$ 计算各影响因素的影响度 D_i、被影响度 C_i、原因度 R_i 和中心度 M_i,其计算公式为

$$D_i=\sum_{j=1}^{n}t_{ij} \tag{6}$$

$$C_i=\sum_{i=1}^{n}t_{ij} \tag{7}$$

$$R_i=D_i-C_i \tag{8}$$

$$M_i=D_i+C_i \tag{9}$$

第三步:结合两种方法引入指标的综合影响度 α_i[11]。其中 ω_{1i} 为 AHP 法计算所得的属性指标初始权重,M_i 为 DEMATEL 法计算所得的中心度。计算公式为

$$\alpha_i=\frac{\omega_{1i}M_i}{\sum\limits_{j=1}^{n}\omega_{1j}M_j} \tag{10}$$

第四步:最终权重为综合影响度与影响因素的初始权重的乘积。

2.2　加权关联规则

如果只考虑数据集出现的频数,没有考虑每个项目集对事故程度的影响,就会导致产生许多无效的关联规则[13]。其中,加权支持度表示为

$$\mathrm{WSup}(X)=\mathrm{Sup}(X)\times\left(\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}W_i\right) \tag{11}$$

加权置信度表示为

$$\mathrm{WConf}(X\Rightarrow Y)=\frac{\mathrm{WSup}(X\bigcup Y)}{\mathrm{WSup}(X)} \tag{12}$$

2.3　改进 Apriori 算法的基本步骤

基于 AHP-DEMATEL 组合赋权关联规则算法的塔吊事故影响因素识别流程如下。

第一步:数据预处理。基于塔吊不同事故阶段,按照事故基本属性和致因属性的划分,在事故调查报告中提取相关影响因素数据集。

第二步:组合赋权优化指标权重。利用 AHP-DEMATEL 法组合赋权计算出塔吊事故数据中各影响因素的权重。

第三步:设置关联规则中的定向约束。根据 DEMATEL 法得出的因果关系,确定各影响因素在先导项和后继项的约束集合。

第四步:参数设置。依据不同事故阶段要求,确定最小支持度(min-Sup)、最小置信度(min-Conf)以及提升度(lift)的阈值。

第五步:改进 Apriori 关联规则挖掘。依照图 1 中的改进 Apriori 算法流程,首先求得满足最小支持度阈值的频繁项集,然后根据最小置信度阈值和

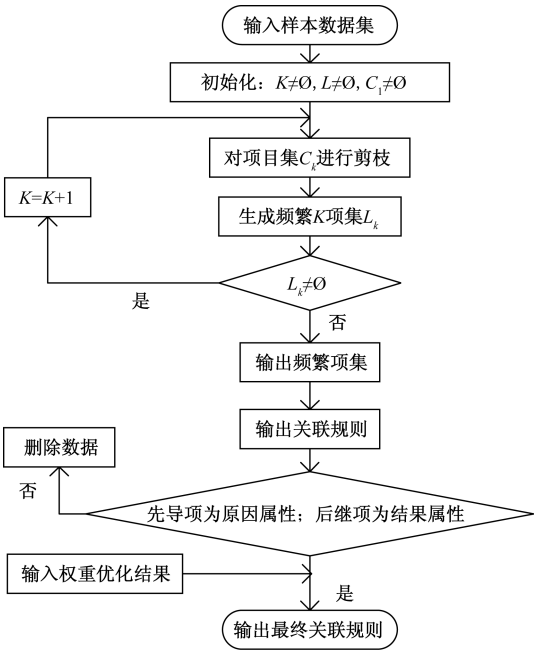

图 1　改进 Apriori 算法流程

提升度阈值约束条件，求得并输出符合要求的关联规则。

第六步：基于步骤二中的指标权重优化结果，求得各规则的加权支持度（Wsup）、加权置信度（WConf）的值，重新排序并筛选出有价值的强关联规则。

3　组合赋权关联规则塔吊事故案例分析

3.1　数据预处理

从国家及各省份住房和城乡建设部、人民政府、应急管理厅等官方网站收集 210 份塔吊事故调查报告。预处理报告中的关键信息，按照表 1 和表 2 中的基本属性与致因因素提取关键信息，其中 123 份为使用阶段事故调查报告、87 份为安装与拆卸阶段事故调查报告，形成标准化塔吊事故数据库，以便数据进行数据分析。塔吊事故调查报告原始信息（部分）如表 1 所示。

通借鉴事故调查报告和王金辉[3]、陈伟等[4]、周红波等[5]，人工提取事故报告中的关键信息，将事故调查报告的数据信息属性分为事故基础属性与致因属性两类。基础属性又细分为事故等级、事故类型、事故阶段（表 2）。事故致因属性细分为人员因素、设备因素、管理因素和环境因素（表 3）。

3.2　影响因素指标权重确定及分析

基于 AHP-DEMATEL 组合赋权法，将除事故阶段的塔吊事故影响因素，运用层次分析法对指标权重进行计算，得到初始权重。然后，利用塔吊属性指标，基于决策实验与评价实验法（DEMATEL）研究除塔吊事故阶段外属性的影响度、被影响度、原因度及中心度，并绘画出属性指标的中心度与原因度关系如图 2 所示。

原因度是对因素的属性进行分类的一个重要指标，如果原因度大于 0 则表示该因素为原因属性，反之为结果属性。因此，由图 2 可知人员因素、设备

表 1　塔吊事故调查报告原始信息（部分）

编号	时间	地点	事故等级	事故阶段	事故类型	…
1	2021-07-13	湖北	一般	使用	高处坠落	…
2	2018-12-10	陕西	较大	使用	倒塌	…
3	2018-10-30	河南	一般	拆卸	倒塌	…
4	2020-07-01	浙江	一般	安装	倒塌	…
…	…	…	…	…	…	…

表 2　塔吊事故基础属性

基础属性	基本因素
事故阶段（A）	安拆（A_{01}）；使用（A_{02}）
事故类型（B）	倒塌/倾覆（B_{01}）；交叉碰撞（B_{02}）；高处坠落（B_{03}）；吊物伤人（B_{04}）；塔吊折断（B_{05}）；其他（B_{06}）
事故等级（C）	一般事故（C_{01}）；较大事故（C_{02}）

表 3　塔吊事故致因属性

致因属性	影响因素
人员因素（R）	安全意识淡薄（R_{01}）；违章作业（R_{02}）；无证上岗（R_{03}）；未佩戴安全防护设备（R_{04}）；身心状况不佳（R_{05}）；违规指挥（R_{06}）
设备因素（W）	塔吊基础承载力不足（W_{01}）；塔吊构件质量不合格（W_{02}）；安全保护装置失效（W_{03}）；吊运超载（W_{04}）；钢丝绳损伤/断裂（W_{05}）；构件出现裂纹（W_{06}）；吊物不在平衡位置（W_{07}）；销轴连接故障（W_{08}）；吊物捆绑不牢固（W_{09}）；材料锈蚀老化（W_{10}）；螺栓连接故障（W_{11}）
管理因素（G）	安全培训不到位（G_{01}）；未编制/错误的专项施工方案（G_{02}）；未制定安全应急措施（G_{03}）；管理人员责任落实不到位（G_{04}）；塔吊相关单位无工作资质（G_{05}）；安全技术交底未落实（G_{06}）；塔吊日常维修管理不到位（G_{07}）；安全监督管理不严（G_{08}）；安全隐患排查不到位（G_{09}）；现场人员配备不合理（G_{10}）；安全防护措施不到位（G_{11}）
环境因素（H）	恶劣天气（H_{01}）；施工作业环境不良（H_{02}）

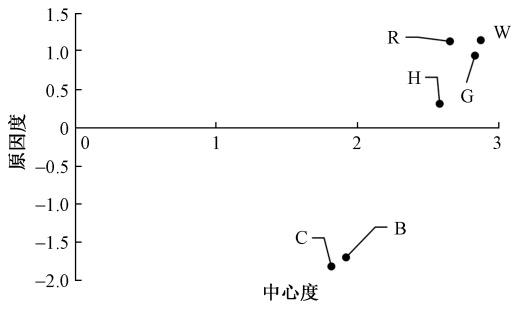

图 2　属性指标的中心度与原因度关系

因素、环境因素、管理因素为原因属性,事故等级与事故类型为结果属性,故将致因属性作为先导项(left hand side,LHS),事故属性作为关联规则的后继项(right hand side,RHS),并基于公式计算,得到AHP-DEMATEL组合赋权塔吊事故影响因素权重如表4所示。

3.3　组合赋权关联规则挖掘结果与分析

依据组合赋权关联规则步骤,并依据关联规则挖掘的规则的数量和有效性,选择合适的最小支持度和最小置信度,生成和筛选规则,分别按照加权支持度、加权置信度从大到小排序。

3.3.1　使用阶段塔吊事故关联规则

设置最小支持度为0.02,最小置信度为0.3。按照加权支持度、加权置信度的排列顺序如表5和表6所示。

由表5塔吊使用阶段事故分析的高加权支持度关联规则结果显示,在使用阶段中,吊物伤人和高处坠落事故为高频事故,且易造成伤亡人数较少的一般事故。当管理人员责任落实不到位、安全监管管理不严,作业人员安全意识淡薄和违章作业时,易发生吊物伤人事故。

由表6塔吊使用阶段事故分析的高加权置信度规则结果显示,在使用阶段时,管理人员责任落实不到位,安全监管管理不严,且塔吊日常维修管理不到位,塔吊出现裂纹未处理,同时塔吊吊运超载,安全保护装置失效,极易导致发生事故,且伤亡人员较多,经济损失较大。

3.3.2　安拆阶段塔吊事故关联规则

设置最小支持度为0.05,最小置信度为0.3。按照加权支持度、加权置信度的排列顺序如表7和表8所示。

由表7塔吊安拆阶段事故分析的高加权支持度关联规则结果显示,安拆阶段倒塌事故为高频事故,且造成较大的人员伤亡与经济损失,且安拆阶段

表4　基于AHP-DEMATEL塔吊事故影响因素权重

一级指标	初始权重 ω_{1i}	中心度 M_i	综合影响度 α_i	二级指标	最终权重	一级指标	初始权重 ω_{1i}	中心度 M_i	综合影响度 α_i	二级指标	最终权重
事故类型(B)	0.050	1.918	0.036	B_{01}	0.006 1	设备因素(W)	0.201	2.871	0.217	W_{06}	0.007 3
				B_{02}	0.006 1					W_{07}	0.022 5
				B_{03}	0.006 1					W_{08}	0.009 7
				B_{04}	0.006 1					W_{09}	0.018 7
				B_{05}	0.006 1					W_{10}	0.007 2
				B_{06}	0.006 1					W_{11}	0.011 4
事故等级(C)	0.050	1.814	0.034	C_{01}	0.006 9	管理因素(G)	0.268	2.83	0.285	G_{01}	0.007 6
				C_{02}	0.027 5					G_{02}	0.048 2
人员因素(R)	0.317	2.653	0.316	R_{01}	0.015 1					G_{03}	0.009 3
				R_{02}	0.091 4					G_{04}	0.013 3
				R_{03}	0.035 7					G_{05}	0.047 5
				R_{04}	0.045 5					G_{06}	0.037 0
				R_{05}	0.031 6					G_{07}	0.018 1
				R_{06}	0.096 9					G_{08}	0.038 9
设备因素(W)	0.201	2.871	0.217	W_{01}	0.046 3					G_{09}	0.029 8
				W_{02}	0.009 7					G_{10}	0.014 3
				W_{03}	0.033 0					G_{11}	0.021 4
				W_{04}	0.019 4	环境因素(H)	0.114	2.58	0.111	H_{01}	0.082 9
				W_{05}	0.032 0					H_{02}	0.027 6

表5　加权支持度排序的使用阶段塔吊事故关联规则

关联规则	加权支持度	加权置信度	提升度
$\{G_{04}、R_{01}、R_{04}、R_{02}\}=>\{B_{03}、C_{01}\}$	0.003 36	0.082 8	1.116
$\{G_{04}、R_{02}、R_{01}、G_{08}\}=>\{B_{04}、C_{01}\}$	0.002 90	0.098 3	1.272
$\{G_{04}、R_{06}、R_{03}、R_{02}\}=>\{B_{04}、C_{01}\}$	0.002 89	0.109 0	2.121
$\{G_{01}、G_{08}、R_{03}、R_{02}\}=>\{B_{04}、C_{01}\}$	0.002 82	0.085 5	1.211

表6　加权置信度排序的使用阶段塔吊事故关联规则

关联规则	加权支持度	加权置信度	提升度
$\{W_{06}、W_{04}、G_{08}、W_{03}、G_{07}、G_{04}\}=>\{C_{02}\}$	0.000 528	1.269 0	1.120
$\{R_{01}、G_{09}、R_{04}、G_{04}、G_{01}\}=>\{B_{03}、C_{01}\}$	0.000 525	0.292 0	1.120
$\{R_{01}、G_{08}、G_{04}、W_{09}、G_{01}\}=>\{B_{04}、C_{01}\}$	0.000 761	0.248 0	4.390
$\{W_{06}、W_{04}、G_{08}、W_{03}、G_{07}\}=>\{B_{01}\}$	0.000 759	0.209 0	4.100

表 7　加权支持度排序的安拆阶段塔吊事故关联规则

关联规则	加权支持度	加权置信度	提升度
$\{R_{02}、G_{01}、G_{02}\}=>\{C_{02}、B_{01}\}$	0.006 20	0.342 3	1.581
$\{G_{08}、R_{02}、G_{02}、G_{04}\}=>\{B_{01}、C_{02}\}$	0.006 06	0.296 4	1.338
$\{G_{08}、G_{06}、R_{02}、G_{02}、G_{04}\}=>\{B_{01}\}$	0.005 25	0.066 6	1.450
$\{R_{02}、G_{01}、G_{02}、G_{04}\}=>\{B_{01}\}$	0.005 07	0.072 7	1.380

表 8　加权置信度排序的安拆阶段塔吊事故关联规则

关联规则	加权支持度	加权置信度	提升度
$\{G_{10}、G_{01}、G_{04}\}=>\{C_{02}、B_{01}\}$	0.000 809	0.780 9	1.581
$\{G_{10}、G_{08}、G_{01}、G_{04}\}=>\{C_{02}、B_{01}\}$	0.001 006	0.755 0	2.900
$\{G_{01}、G_{08}、R_{02}、G_{02}、G_{04}\}=>\{C_{02}\}$	0.002 750	0.591 0	1.355
$\{W_{08}、G_{10}、G_{08}、G_{04}\}=>\{C_{02}、B_{01}\}$	0.001 310	0.537 2	1.242

中，工作人员违章作业，未编制/错误的专项施工方案以及安全监督管理不严，会造成塔吊倒塌。

由表 8 塔吊安拆阶段事故分析的高加权置信度规则结果显示，由于现场人员配置不合理，安全培训不到位，管理人员责任落实不到位，安全监督管理不到位时，大概率导致倒塌事故的发生；销轴连接故障，现场人员配备不合理，管理人员责任落实不到位，安全管理监督不严时，也易导致倒塌事故发生以及较大的人员伤亡与经济损失。

4　结论

基于关联规则挖掘的结果，加权支持度较大的关联规则说明这类关联规则发生的频率较高，在安全管理过程中应该重点关注先导项所包含的信息，采取相关的措施避免先导项的发生；高加权置信度关联规则表明先导项事件一旦发生就大概率可能发生后继项事故。因此，在安全管理过程中，发生了高加权置信度先导项因素时，应该重点关注，并尽量控制和防止后继事故的发生。根据以上规则，提出下列建议。

(1)加强人员管理，杜绝违章作业。在塔吊使用阶段中，人员管理的失误会导致高频事故的发生。加强人员管理，实行岗位责任制，制定合理的奖罚制度，提高作业人员的积极性。合理安排施工进度，降低操作人员时间压力与工作压力，加强安全培训教育，严格遵守塔吊作业流程进行作业。

(2)做好安全隐患排查，加大维修管理力度。在塔吊使用阶段，设备管理不严格时，大概率会导致后继事故发生。由于塔吊设备和组件易受雨水和恶劣天气的影响而腐朽磨损，因此建立健全的塔吊安全检查制度十分重要。安排专业人员做好设备养护，通过定期检查、不定期检查、每班检查的形式，重点检查销轴、螺栓等连接位置是否牢固，以及安全保护装置是否失效的问题，及时发现并消除塔吊设备安全隐患。

(3)提高作业流程规范，定制专项施工方案。塔吊安装与拆卸阶段危险性较高，施工环境复杂，突发情况较多，提高作业流程的规范性十分重要。在塔吊安拆前，安装单位技术人员应结合工程项目的具体情况，制定对应的专项施工方案。经过施工单位技术负责人对专项施工方案进行严格的审批后，审批达标才可进行使用。

(4)落实安全监督管理，保障现场管理人数。在安装和拆卸的过程中，必须有监理单位的专职监理安全人员的监督，发现不符合安拆施工方案以及技术规范的行为时，应立即制止，并确保现场有塔机安装负责人、专业技术人员、专职安全生产管理人员以及特种作业人员在岗履职。

参考文献

[1] 余群舟，孙博文，骆汉宾，等. 塔吊事故统计分析[J]. 建筑安全，2015，30(11)：10-13.

[2] SHIN I J. Factors that affect safety of tower crane installation/dismantling in construction industry[J]. Safety Science，2015，72：379-390.

[3] 王金辉，郝伟，陶泽，等. 基于模糊贝叶斯网络的塔吊作业安全风险评估[J]. 安全与环境工程，2021，28(4)：15-20.

[4] 陈伟，王利莹，杨劼，等. 基于关联规则的塔式起重机事故致因网络模型研究[J]. 安全与环境学报，2023，23(4)：1161-1168.

[5] 周红波，杨奇，杨振国，等. 基于复杂网络和 N-K 模型的塔吊安全风险因素分析与控制[J]. 安全与环境学报，2020，20(3)：816-823.

[6] JIANG L，ZHAO T，FENG C，et al. Improvement of random forest by multiple imputation applied to tower crane accident prediction with missing data[J]. Engineering，Construction and Architectural Management，2023，30(3)：1222-1242.

[7] 杨洋，袁振洲，王印海，等. 基于 WOMDI-Apriori 算法的高速公路交通事故风险识别[J]. 交通工程，2021，21(6)：1-10.

[8] 况宇琦，赵挺生，蒋灵，等. 塔式起重机事故案例关联规则挖掘与分析[J]. 中国安全科学学报，2021，31(7)：137-142.

[9] AGRAWAL R, IMIELINSKI T. Mining association rules between sets of items in large database[J]. Acm Sigmod Record, 1993, 22(2): 207-216.

[10] 俞书伟, 刘飞扬, 肖金花. 基于 AHP-DEMATEL 的智能洗鞋机设计及评估方法研究[J]. 包装工程, 2023, 44(S1): 359-364.

[11] 瞿英, 路亚静, 刘紫玉, 等. 基于 AHP-DEMATEL 法的权重计算方法研究[J]. 数学的实践与认识, 2016, 46(7): 38-46.

[12] 于梦露, 周利粒, 潘灶林, 等. 基于模糊 AHP-DEMATEL 的小型木质海洋渔船安全风险评估[J]. 船舶工程, 2023, 45(10): 1-12.

[13] 周秀梅, 黄名选. 基于项权值变化的完全加权正负关联规则挖掘[J]. 电子学报, 2015, 43(8): 1545-1554.

Cause Analysis of Tower Crane Accident Based on Combination Weighting Association Rules

CHEN Ying, QI Chunming, ZHANG Weihao

(School of Civil Engineering, University of South China, Hengyang 421001, Hunan, China)

Abstract: In order to effectively improve the safety level of tower crane in China and reveal the internal relationship of tower crane accidents, the improved Apriori algorithm was used to mine the association rules of tower crane accidents. Firstly, 210 accident investigation reports of tower crane were collected. According to the accident investigation report and literature analysis, the basic attributes and cause attributes of tower crane accidents were extracted. Then, based on different accident stages, an improved association rule algorithm based on combination weighting and directional constraints was proposed, and the influencing factors of tower crane operation accidents were quantitatively analyzed to mine the potential mapping relationship. Finally, according to the mining results, the key association rules of tower crane accidents were analyzed to provide theoretical guidance for the improvement of the safety level of tower crane accidents, and relevant suggestions are put forward.

Keywords: tower crane; accident attribute; association rules; AHP-DEMATAL