

安全评估中的专家系统法及应用研究

张东平

(重庆市特种设备质量安全检测中心,重庆 401121)

摘要:文章在对安全评估方法进行分析介绍的基础上,提出了基于专家系统的安全评估方法,并将该方法应用于在用电梯的安全状况分级中,通过与传统在用电梯安全评估方法的对比发现,该方法可以达到在用电梯安全状况分级结果的客观性、科学性、系统性、可操作性和实时性的要求。

关键词:安全评估;专家系统;电梯

中图分类号:F062.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2010)06-0040-04

近年来,国内外学者在安全评估领域进行了深入研究,取得了丰硕的成果,各种评估方法层出不穷,这些方法的出现,减少了评估所需的资源,提高了评估所需的效率,与此同时,保证了评估结果的客观公正。这些研究成果被广泛应用到工农业及日常生活中的各个领域,如信息、交通、能源、住宅、食品等^[1-5]。笔者在对其中比较典型的几种方法进行介绍分析的基础上,提出了基于专家系统的安全评估方法,并将其应用于在用电梯的安全状况分级研究中。

一、经典安全评估方法

(一)预先危险性分析法

预先危险性也称初始危险性,是在每项生产活动之前,特别是在设计的开始阶段,对系统存在危险类别、事故后果、出现条件等进行分析,评价出潜在的危险性。进行危险性分级,排列出重点和轻、重、缓、急次序,以便处理;制定事故或灾害的预防性对策措施。该评估方法的优点是:(1)能为产品安全分析和设计提供指南;(2)能最大限度识别系统存在的危险,利用最少资金和最短时间就可实现系统安全的改进;(3)该方法实施简单易行、有效、经济。缺点:(1)该法一般在项目的发展初期使用;(2)只能进行粗略的危险和潜在事故情况定性分析,无法实现定量分析。

(二)安全检查表法

安全检查表(Safety Checklist Analysis,缩写SCA)是依据相关的标准、规范,对工程、系统中已知的危险类别、设计缺陷以及与一般工艺设备、操作、管理有关的潜在危险性和有害性进行判别检查。该方法的优点:(1)检查项目系统、完整,可以做到不遗漏任何能导致危险的关键因素,避免传统安全检查中易发生的疏忽、遗漏,因而能保证安全检查的质量。(2)可以根据已有的规章制度、标准、规程等,检查执行情况,得出准确的评价。(3)编制安全检查表的过程本身就是一个系统安全分析的过程,可使检查人员对系统的认识更深刻,更便于发现危险因素。缺点:针对不同的需要,须事先编制大量的检查表,工作量大且安全检查表的质量受编制人员的知识水平和经验影响。

收稿日期:2009-11-25

作者简介:张东平(1967-),男,上海人,重庆市特种设备质量安全检测中心高级工程师,主要从事安全评估研究。

(三) 事件树分析法

事件树分析(Event Tree Analysis, 简称 ETA)起源于决策树分析(简称 DTA),它是一种按事故发展的时间顺序由初始事件开始推论可能的后果,从而进行危险源辨识的方法。事件树分析法是一种时序逻辑的事故分析方法,它以一初始事件为起点,按照事故的发展顺序,分成阶段,一步一步地进行分析,每一事件可能的后续事件只能取完全对立的两种状态(成功或失败,正常或故障,安全或危险等)之一的原则,逐步向结果方面发展,直到达到系统故障或事故为止。该方法的优点是可用于找出由于一种失效引起的总后果或各种不同后果,缺点是不能分析平行产生的后果,不适用于详细分析。

(四) 基于 D-S 证据理论的安全评估法

基于 D-S 证据理论的安全评估法可以更好地克服评估过程中的不确定,与其他方法相比使用证据理论能够更加确定安全风险等级,可以提高安全评估的效率和可靠性。D-S 证据理论主要用于人工智能、模式识别和数据融合技术中,在安全评估中得到越来越多的应用。

二、基于专家系统的安全评估法

(一) 专家系统概述

专家系统(ES)产生于 20 世纪 60 年代中期,是人工智能(AI)的一个重要分支。1982 年美国斯坦福大学教授费根鲍姆给出了专家系统的定义:“专家系统是一种智能的计算机程序。这种程序使用知识与推理过程,求解那些需要杰出人物的专门知识才能求解的复杂问题。”一般认为,所谓专家系统,就是应用于某一专门领域,由知识工程师通过知识获取手段,将领域专家解决特定领域问题的知识,采用某种知识表示方法编辑或自动生成某种特定表示形式存放在知识库中;然后用户通过人机接口输入信息、数据或命令,运用推理机构控制知识库及整个系统,能像专家一样解决困难而复杂的实际问题的计算机(软件)系统。

由此可以看出,专家系统并不是代表某一种产品,而是表示一整套概念、过程和技术。这些概念、过程和技术能够帮助人们充分利用计算机系统更有效地解决实际问题,因此也可以说专家系统是一种“基于知识(Knowledge-based)”的人工智能诊断系统。它的实质是应用大量人类专家的知识 and 推理方法求解复杂的实际问题的一种人工智能计算机程序。专家系统能够模拟、再现、保存和复制有时甚至还能超过人类专家的脑力劳动,从而获得巨大的经济效益与社会效益,所以引起各国的充分重视,获得

许多新的进展,在医学、工程领域都得到了推广、应用和发展^[9-10]。

(二) 专家系统的构造

专家系统的基本结构如图 1 所示,其中箭头方向为数据流动的方向。专家系统通常由人机交互界面、知识库、推理机、解释器、综合数据库、知识获取等 6 个部分构成。

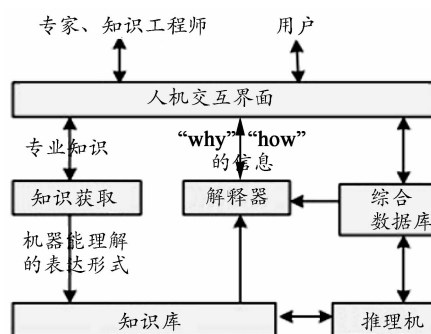


图 1 专家系统结构

三、基于专家系统的在用电梯安全状况分级研究

(一) 研究目的和意义

电梯作为重要的交通运输工具,其安全性越来越受到社会的普遍关注。当电梯使用超过一定年限以后,其机械部件将有不同程度的磨损,电气部分也将出现老化。这些问题的出现,一方面,将可能导致电梯使用可靠性下降;另一方面,电梯出现危险隐患的可能性大幅增加。目前重庆市超过 10 年以上的电梯有 1 777 台,并且每年以 3 000 台左右的评估数量进行增加。为了及时发现危险隐患,并提前消除可能存在的安全隐患,重庆市特种设备安全监察条例已明确规定超过 10 年以上老旧乘客电梯每 2 年需进行电梯安全评估。而安全评估的一个重要内容就是对所评估电梯安全状况进行分级,以确定所评估的电梯是否采取相应的安全防范措施。因此,电梯安全状况分级研究将为开展此项工作提供坚实的技术保障。

安全评估是通过查找分析、预测系统中存在的危险有害因素及可能导致的危险、危害后果和程度,提出合理可行的安全对策措施,指导事故预防。同时通过该方法的研究还可对电梯使用的可靠性、节能性等方面做出客观评价,为规范电梯的维修、改造行为提供有力的技术保障。

目前国内电梯安全状况分级研究工作尚处于起步阶段,因而相对成熟的电梯安全评估方法还未形成。本课题以降低电梯的事故率、用户损失最小化和安全投资效益最优化为宗旨,根据电梯安全状况分级的目的和相关要求以及电梯的运行特点,研究适合电梯安全状况分级的方法,利用所开发的专家

系统来加以实现。

研究本课题可对目前电梯使用过程中的安全状况水平做出客观公正的评价,与此同时,可为完成以下几方面的任务提供有力的保障。

(1)提高电梯企业和业主的安全管理水平,使其安全管理由事后管理向事前预防转变,由经验管理向目标管理转变,使其电梯安全管理水平向科学化、标准化迈进。

(2)指导电梯企业和业主对电梯使用进行全过程的安全控制。电梯从安装完毕投入使用到最终报废,要经历一个寿命周期,通过电梯安全评估可以找到电梯存在的各种安全隐患,并针对其安全隐患提出相应的整改措施,做到预防和控制事故的发生。

(3)通过开展电梯安全状况分级使其业主的安全投入与安全事故损失之间达到经济、技术、安全的合理统一。

(4)通过该课题的研究,使我们能够对电梯使用过程中的安全性、可靠性、节能性作全面的分析,充分考虑剩余风险和可接受的安全水平,对采取直接(电梯设备本质安全)安全措施和间接安全措施(增加安全装置)都无法解决或解决问题的投入过多,通过安全状况分级研究可为最终电梯报废标准的形成提供有力的技术支撑。

(5)以前电梯评估过程受评估人员技术水平差异的制约,因而,对评估结果的客观性、公正性产生较大的影响。因此,基于专家系统的电梯安全状况分级研究,将整个评估过程的相关流程及其专家信息系统进行整合,使其形成一个软件包来科学地指导电梯安全评估,填补了国内电梯安全评估领域的空白。

(二)基于专家系统的电梯安全状况分级研究成果转化绩效分析

1. 研究成果转化介绍

电梯安全风险软件包已开始在重庆市在用电梯安全风险中加以应用。同时,电梯安全状况分级也在安全风险评估结果的基础上得到充分的应用。上述成果的转化对科学指导重庆市电梯安全评估工作起到了积极作用。

2. 产业化情况及直接效益和间接效益

按目前重庆市电梯安全评估平均2000元/台估算,超过10年以上的电梯为1700台,以后每年按2500台递增,则检测机构每年直接经济收入为350万~500万左右。同时,通过电梯安全评估可为用户大修改约节约15%~20%的资金,按3万/台计算,可为电梯用户节省大修改基金900万~1200

万元。

通过该项目的研究,除了能产生较好的经济效益外,同时,通过对该项目研究成果的广泛应用将有力地弥补目前电梯监督检验和定期检验中存在的局限性,对科学预防电梯安全隐患的发生,及时有效地采取有针对性的措施具有十分重要的作用。因此,该项目的研究成果同样具有良好的社会效益。在宜居重庆、平安重庆的建设中也将发挥显著的作用。

(三)基于专家系统的电梯安全状况分级研究的内容

1. 安全状况分级研究基于系统安全工程原理及电梯事故发生特点

本项目主要从人的不安全行为、物的不安全状态(电梯机械故障与电器故障产生原因,以及因电梯设备本体而导致典型事故案例)和管理缺陷三个方面加以分析和研究。根据上述分析结果,研究电梯安全状况等级划分内容的合理性和科学性。研究按照相关评估内容对电梯安全评估时形成不同结果的风险度。这些风险度通过大量行业专家意见的处理形成专家风险数据库,并作为评估软件的数据库。

在上述研究的基础上研究风险度大小对电梯安全运行的影响。风险度大小主要从损失的严重程度、故障的影响范围、故障的发生频率等要素进行研究。“风险等级”是通过综合衡量“严重程度”和“概率等级”来确定的,如表1所示。

表1 风险等级表

概率等级	严重程度			
	1-高	2-中	3-低	4-可忽略
A-频繁	1A	2A	3A	4A
B-很可能	1B	2B	3B	4B
C-偶尔	1C	2C	3C	4C
D-极少	1D	2D	3D	4D
E-不大可能	1E	2E	3E	4E
F-几乎不可能	1F	2F	3F	4F

根据上述研究结果,参照GB/T20900-2007《电梯、自动扶梯行业人行道风险评价和降低的方法》中的风险评定的有关内容,将电梯评估后风险度作为确定电梯安全状况的分级依据。

2. 基于专家系统的电梯安全软件包研究

据上述电梯安全评估要素所指定的安全评估内容,结合评估风险度,开发基于专家系统下电梯安全状况等级评估系统。本系统通过软件实现评估的输入、计算、输出等功能,使电梯安全评价人员可以通过计算机简单、方便、快捷地进行电梯安全状况分级。

与此同时,电梯安全风险软件包也是在电

梯安全评估方法和评估内容确定的情况下,根据专家所选定的评估项目以及所确定的安全风险等级专家数据库共同作用,实现对电梯的安全状况分级。

该专家系统设计了良好的人机交互界面。根据电梯安全状况可能出现的需求情况,设计了相应的菜单式录入,根据评估人员现场采集的电梯评估信息提交后,生成各要素的安全风险状况等级,进而形成整机安全状况风险等级。

3. 基于专家系统的电梯安全状况分级研究的启示

相对于以前电梯安全等级分级方法,基于专家系统下电梯安全状况等级研究成果的实际应用,具有以下几个特点:(1)实现了电梯安全等级划分过程的自动化和智能化。(2)减少了人为因素所带来的结果的不确定性,结果更加客观公正。在电梯安全评估中,同一项目的评估会由于个人的知识、经验等影响而得出不同的评价结果。而软件评估则只需评估者输入评估项目的当前状态,软件会自动根据专家库得出该项目的安全等级,避免了人为判断的差异。(3)可以提高评价人员的工作效率。通过软件评估不仅仅减少了评估人员查找专家库来得出评估结果的时间耗费,而在评估中可以通过直接输入检测结果从而方便地得到评估结果。同时,系统将自动输出评估报告,也大大提高了评估效率。(4)可以方便地管理和查询评估报告。传统的纸质报告的管理会带来很多不方便,如查询困难、保存不方便。而通过软件则可以方便地进行管理和查询。(5)建立了一套既在程序上科学、公正、严密的工作机制,同时又在技术上切实可行的评估体系。(6)集成专家的知识,通过评议打分,形成的评估内容和专家知识评估数据库,使电梯安全评估更具可操作性,评估结论更具权威性。(7)引入安全评估中故障类型和影响分析中半定量故障等级划分法,按照故障等级分出轻重缓急以采取相应的对策,提高系统的安全性。

综上所述,通过专家系统在电梯安全分级研究中应用是对传统电梯安全评估手段、方式和内容的一次技术创新。

参考文献:

- [1] 马继辉,吕永波,夏云兰,等. 高新技术企业安全评估研究评论推荐[J]. 中国软科学, 2007(11):114-121.
- [2] 林梦泉,王强民,陈秀真,等. 基于粗糙集的网络信息系统安全评估模型研究[J]. 控制与决策, 2007, 22(8): 951-955,960.
- [3] 王华伟,左洪福. 航空公司安全评估研究[J]. 系统工程, 2006, 24(2):46-51.
- [4] 周经伦,周忠宝,彭宝华,等. 基于BDD的多态系统概率安全评估方法研究[J]. 系统工程学报, 2009,24(3): 380-384.
- [5] 朱艳,刘方,蒲清平. 大空间建筑消防安全评估[J]. 重庆建筑大学学报, 2005, 27(2):80-83.
- [6] 陈龙海. 信息安全风险评估的几种典型方法剖析[J]. 情报探索, 2009(11):7-9.
- [7] 周忠宝,马超群,周经伦,等. 基于动态贝叶斯网络的动态故障树分析[J]. 系统工程理论与实践, 2008, 28(2): 35-42.
- [8] 宋晓莉,余静,孙海传,等. 模糊综合评价法在风险评估中的应用[J]. 微计算机信息, 2006, 22(36):71-73, 79.
- [9] LIU X, XUAN F Z, SI J, et al. Expert system for remnant life prediction of defected components under fatigue and creep-fatigue loadings [J]. Expert Systems with Applications, 2008, 34(1):222-230.
- [10] NAN C, KHAN F, IQBAL M T. Real-time fault diagnosis using knowledge-based expert system [J]. Process Safety and Environmental Protection, 2008, 86(1):55-71.

A Study on Safety Evaluation Method Based on Expert System and Its Application

ZHANG Dong-ping

(Chongqing Special Equipment Inspection and Testing Centre of Molar Safety, Chongqing 401121, P. R. China)

Abstract: This article introduces the elevator safe status classification method, proposes safe assessment method based on expert system, and applies this method to elevator safe status classification. Compared with traditional elevator safe status classification method, new method achieves requirements of objectivity, scientific, systematic, feasible and real-time in elevator safe status classification results.

Key words: safety evaluation; expert system; elevator

(责任编辑 傅旭东)