

地铁安全评价研究

王 山, 姚晓晖, 汪 彤

(北京市劳动保护科学研究所, 北京市 宣武区 100054)

摘 要: 针对地铁是一个复杂的巨系统, 影响安全因素众多的特点, 按照人-机-环-管的安全体系建立了指标评价体系, 并选用模糊综合评价方法建立了安全评价模型, 最后给出了应用案例, 并对此进行了分析。

关键词: 安全系统学; 地铁; 指标体系; 模糊评价

中图分类号: X951 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7169(2006)01-0046-04

目前, 我国城市规模发展极为迅速, 居民出行困难成为城市首要解决的问题之一, 修建地铁是一个重要的解决办法。我国的北京、上海、天津、重庆、广州、深圳、武汉、南京、长春、大连、青岛等众多城市已经拥有或正在修建地铁。地铁是城市快速轨道交通的一部分, 具有运量大、快速、正点、低能耗、少污染、乘坐舒适方便的优点, 常被称为“绿色交通”。与此同时, 因地铁建设于地下, 又具有封闭性强、运行速度快、起停频繁、客流量大且来源复杂、乘客自助乘车、应急疏散难度大等固有特点, 事故一旦发生, 后果极为严重, 不仅会造成设备设施的损坏, 而且会造成乘客的伤亡, 产生不良的社会效果。因此地铁作为一类特殊的人员密集公共场所, 对安全程度进行评价, 发现其薄弱环节, 预先采取措施把事故消灭于萌芽状态是极为重要的。

1 地铁安全综合评价的基本要求

地铁安全性综合评价的目的是在地铁各子系统安全性评价的基础之上, 给出地铁的总体安全水平, 发现地铁的安全薄弱环节, 为地铁的安全管理提供决策支持。

地铁是一个复杂的巨系统, 要把乘客安全、快速的输送到目的地, 需要行车调度、客运组织、机车车辆、线路、供电、通信信号等子系统协调运作, 任何一个设备出现故障或管理不到位, 都可能导致事故的发生。地铁安全综合评价必须考虑到地铁系统的各个组成部分。

地铁系统安全影响因素众多, 且各因素之间关系复杂。在地铁系统的运营过程之中, 系统因

素之间既相互作用, 又相互影响。为了恰当的反应地铁的安全水平, 需要在众多的地铁安全影响因素中找出最灵敏、内涵最丰富且便于度量的主导性因素作为地铁安全的评价指标。

地铁安全综合水平的一级评价指标主要包括以下4个:

- (1) 地铁行车设施、设备安全评价
- (2) 地铁相关人员安全性评价
- (3) 外界环境安全性评价
- (4) 地铁管理的安全性评价

2 地铁安全综合评价指标体系

2.1 评价指标体系建立原则

系统评价指标体系是由若干单项评价指标组成的整体, 系统评价指标体系的确定是系统评价成功与否的关键, 指标体系要实际、完整、合理、科学, 尽可能全面反应地铁系统安全的所有因素。在建立地铁安全指标体系的过程中, 要遵循下面的原则:

1) 科学性原则 评价指标需充分反应地铁系统的内在安全机制, 指标体系结构的确定、指标的取舍都要有科学的依据, 以此保证评价结果的真实、可靠, 正确反应地铁系统的安全现状。

2) 全面性原则 地铁是一个复杂的巨系统, 安全影响因素众多, 指标体系必须全面反应地铁的安全现状, 既要包括隐患指标, 又要包括事故指标, 综合衡量地铁的安全水平。

3) 主导性原则 在全面性原则的基础上, 指标要选择那些影响全局的安全关键因素。

4) 操作性原则 指标要求概念明确, 能方便

收稿日期: 2005-12-10 北京市自然科学基金资助项目(8062012)

作者简介 王山(1978-), 山东邹平人, 2004年毕业于北京交通大学, 获硕士学位, 现在北京市劳动保护科学研究所工作, 主要从事交通安全方面的研究。

的测量,尽可能的把指标量化。

5) 可比性原则 指标体系中同一层次的安全指标要具有相同的计量范围、计量口径和计量方法,使指标能反应实际情况,便于比较优劣。

2.2 评价指标的确定

根据评价指标体系的建立原则,将地铁安全

性综合评价指标分为三个层次。第一个层次为地铁综合安全水平;第二层次包括地铁设备、设施安全水平,地铁行车相关人员安全水平,外界环境的安全水平,地铁管理的安全水平,第三层次为具体的评价指标。地铁综合安全性水平层次结构模型如图 1 所示。

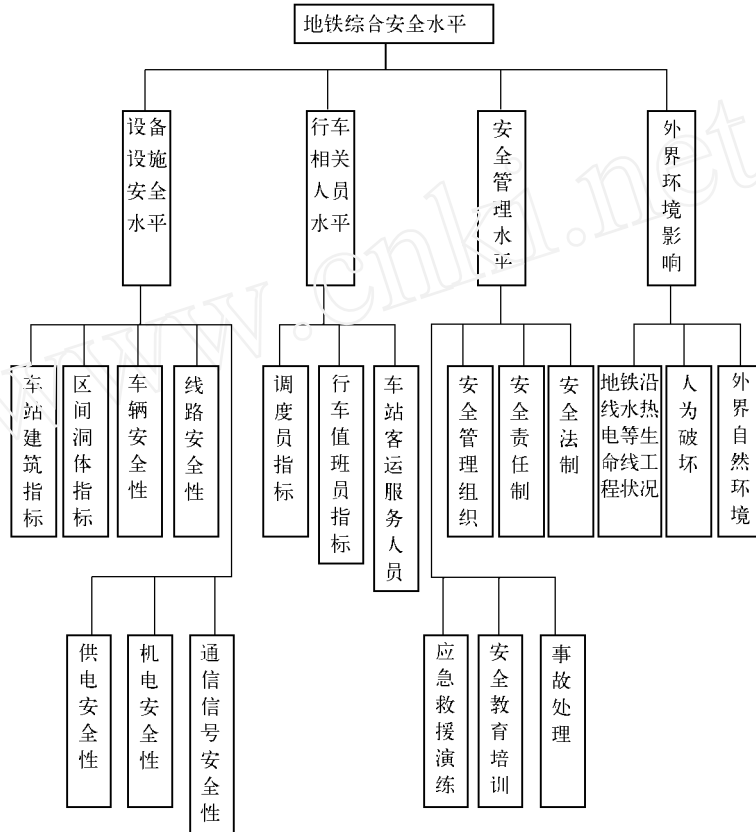


图 1 地铁安全评价综合指标体系

1) 地铁设备、设施安全水平

主要是指地铁行车移动设备和固定设备的安全水平,它可以通过车站建筑、洞体结构等固定设施的安全水平,车辆、线路、供电、机电、通信信号的安全水平等指标来量化。

2) 地铁行车相关人员安全水平

主要是指地铁行车相关人员保证安全行车的能力,它包括行车指挥人员(调度员、车站值班员)、客运服务人员的安全水平。

3) 外界环境安全水平

主要指外界自然环境和社会环境对地铁安全的影响,它可以通过地铁附近电、热、水等生命线工程状况、人为破坏、社会治安等指标来量化。

4) 地铁安全管理水平

为了保证地铁这台“大联动机”的正常运转,必须具有较高的安全管理水平,它可以通过安全管理组织、安全责任制、安全法制、事故处理等指标来衡量。

3 地铁安全性综合评价方法

3.1 评价方法的选定

目前的系统安全评价方法主要有定性评价方法,评分评价方法,概率风险评价方法,灰色评价方法,模糊综合评价方法,神经网络评价方法和计算机辅助评价方法。定性评价方法要求评价人员具有丰富的知识和经验,由于评价人员仅是某一方面的专家,不可能懂得全部的知识,使得定性评

价方法不适合复杂大系统的评价。定量评价方法需要大量的数据资料,而当前我国的地铁界还缺少相应的数据库,使得单纯的定量评价方法也难以有效的对地铁安全水平进行衡量。为此,选用定性、定量相结合的方法对地铁安全性进行评价,在综合比较目前比较成熟的灰色评价法、模糊综合评价法、神经网络评价法的优劣基础上,根据地铁系统的实际情况,选定模糊综合评价方法为地铁安全的评价方法。

3.2 评价模型的建立

3.2.1 建立因素集

“因素”是指人们考虑问题时的着眼点。因素集是影响评判对象的因素组成的集合,通常用 \underline{U} 表示,即

$$\underline{U} = \{ u_1, u_2, u_3, \dots, u_n \}$$

u_i 表示影响评判对象的因素,在地铁安全的模糊综合评判模型中是指上述地铁安全性评价指标,这些评价指标都具有不同程度的模糊性。

3.2.2 建立评价集

评价集是评价者对评判对象所作出的各种可能的判断结果的集合。一般用 \underline{V} 表示,即

$$\underline{V} = \{ v_1, v_2, v_3, \dots, v_n \}$$

地铁安全性水平模糊综合评价的目的就是在综合考虑所有地铁安全影响因素的基础上,从评价集中得出地铁安全性水平的一个比较合理的评判结果。在地铁安全水平的评价中,我们取评价集为: $\underline{V} = \{ \text{非常安全, 很安全, 安全, 基本安全, 不安全} \}$ 。

3.2.3 建立权重集

在诸“因素”中,各因素对地铁系统安全的影响程度是不同的,这就是权重。一般而言,在评价诸因素中,各个评价因素的重要程度是不一样的。为了表征各个因素的重要程度,对各个因素 u_i 应赋予一相应的权数 w_i ,由各权数组成权重集 \underline{W} ,即

$$\underline{W} = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)$$

通常各权数应归一化和满足非负性条件,即

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad w_i \geq 0 \quad (i = 1 \dots n)$$

w_i 可视为各因素 u_i 对“重要”的隶属度。因此,权重集可视为因素集上的模糊集合,记为

$$\underline{W} = \frac{w_1}{u_1} + \frac{w_2}{u_2} + \frac{w_3}{u_3} + \dots + \frac{w_n}{u_n}$$

地铁安全水平的模糊综合评价是地铁安全的各因素权重和单因素评判的复合作用,因此权重集的确定十分重要。选用目前最为成熟的 AHP (层次分析法) 以及专家打分相结合的方法来确定权重集。

3.2.4 单因素模糊评判

地铁安全水平的单因素模糊评判就是从因素集 \underline{U} 中单个因素出发进行评判,确定评判对象对评价集中各元素的隶属度。设评判对象按因素集中第 i 个因素 u_i 进行评判时,对评价集中第 j 个元素 v_j 的隶属度为 r_{ij} ,则按第 i 个因素 u_i 评判的结果可用模糊集合表示为

$$\underline{R}_i = \frac{r_{i1}}{v_1} + \frac{r_{i2}}{v_2} + \frac{r_{i3}}{v_3} + \dots + \frac{r_{in}}{v_n}$$

\underline{R}_i 称为单因素评判集,可简单表示为 $\underline{R}_i = (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, \dots, r_{in})$ 。

将 n 个因素的评判集组成一个单因素的评判矩阵 \underline{R}

$$\underline{R} = \begin{bmatrix} \underline{R}_1 \\ \underline{R}_2 \\ \dots \\ \underline{R}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix}$$

3.2.5 地铁综合安全水平模糊综合评判

当权重集 \underline{W} 和单因素评判矩阵 \underline{R} 为确定已知时,可以通过作模糊变换来进行综合评判。

$$\underline{B} = \underline{W} \underline{R}$$

$$= (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, b_3, \dots, b_n)$$

式中 \underline{B} 称为模糊综合评判集,“ \underline{B} ”表示某种模糊合成运算, $b_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 称为模糊综合评判指标,简称评判指标。 b_i 的含义为综合考虑所有因素的影响时,评判对象对评价集中第 i 个元素的隶属度。根据地铁安全模糊综合评价集的计算结果,按照最大隶属度原则法来确定地铁综合

安全性水平等级。由最大隶属度原则法原理,选择模糊综合评判集中最大的模糊综合评判指标 $b_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 所对应的评价集元素 $V_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 作为地铁安全水平的综合评判结果。

4 案例分析

根据前面建立的地铁安全评价指标体系和选定的模糊综合评价方法,对我国某条地铁线进行了安全水平评价,评价结果为“安全”,基本符合该条地铁线的安全水平现状。

评价结果说明目前的人员配备、运输组织能较好地适应地铁的实际情况,基本满足社会对地铁的安全需要。但因为该地铁线路修建年代比较早,存在着机车车辆、线路等设备老型老化的问题,是安全的重大隐患,需要进行更新。该地铁正在进行大规模的改造工程,随着地铁设备设施改造、更新的完成,该地铁的安全水平将会有所提高。

5 结语

地铁安全的影响因素众多,指标体系的建立

极为关键,本文从“人-机-环-管理”的角度出发,按照科学、系统的原则,建立了地铁安全指标体系,并采用模糊综合评价方法进行了评价。最后用所建立的指标体系和方法对某条地铁线进行了评价,评价结果符合实际情况,该方法基本可行。不足之处是该指标体系还有待于细化,该指标体系的可操作性也有待改进,这些都是下一步的研究方向。

参考文献:

- [1] 赵吉山,肖贵平. 铁路运输安全管理[M]. 北京:中国铁道出版社,2002
- [2] 孙章,何宗华,徐金详. 城市轨道交通概论[M]. 北京:中国铁道出版社,2003
- [3] 白雪梅,赵松山. 指标选择与简化的定量分析方法探讨[J]. 财经问题研究,1995,(4)
- [4] 田钦谟. 模糊综合评价中的若干问题[J]. 模糊系统与数学,1996,(2)
- [5] 朱玉柱,吴兆麟. 营运船舶船体安全的模糊综合评价方法[J]. 大连海事大学学报,1998,(3)

On Subway Safety Assessment

WANG Shan, YAN Xiaohui, WANG Tong

(Beijing Scientific Research Center of Labour Protection, Beijing 100054)

Abstract: Subway is a huge and complicated system and there are many elements influencing its safety. According to the safety system of people - machine - circle - administration, the author established target assessment system and a safety assessment model by using the method of illegibility comprehensive assessment. Finally the author presents an applicable case and analyzes it.

Key Words: safety system; subway; target system; illegibility assessment

(上接 34 页)

A Research on the Design and Implementation of the Fixed Pump Station Ejecting Gas in the Mine

LI Yuejun, YU Shuang-hai

(Kai Luan Group Corporation Zhao Ge Zhuang Mine, Hebei Tangshan 063101)

Abstract: This article analyzes the main structure of Zhao Ge Zhuang Mine and the necessity of setting up a fixed pump station system of ejecting gas in it. It generalizes the practical experiences of daily management and puts forward effective methods of controlling gas disasters and ensuring safe production.

Key words: in the mine; a fixed pump station system of ejecting gas; daily management