

# 高速公路建设精细化管理效果评价体系

朱建国<sup>1</sup>, 王朝辉<sup>2</sup>

(1. 新疆北新路桥建设股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

**摘 要:**从组织结构、计划过程、质量控制、进度控制、成本控制、安全控制、环保控制、沟通控制和应用创新等 9 个方面, 提出了高速公路建设精细化管理效果评价三级指标体系; 建立了基于 Spearman 等级相关系数组合赋权方法的效果评价模型, 推荐了各级效果评价指标的主观权重, 建议采用专家打分法对各项指标进行分值确定, 采用最小隶属度加权平均偏差法和均方差法进行客观权重确定, 而后基于组合赋权获得评价指标的效果值。最后对精细化管理效果评价体系进行了某条高速公路建设的实例分析。结果表明: 精细化管理效果评价可客观地反映高速公路建设的管理水平。

**关键词:**道路工程; 高速公路; 精细化管理; 效果; 评价体系; 组合赋权

**中图分类号:** U415; U416

**文献标志码:** A

## Effect evaluation system of freeway construction meticulous management

ZHU Jian-guo<sup>1</sup>, WANG Chao-hui<sup>2</sup>

(1. Xinjiang Beixin Road & Bridge Construction Co Ltd, Urumqi 830002, Xinjiang, China;

2. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

**Abstract:** From the points of organization structure, planning process, quality control, schedule control, cost control, safety control, environmental control, communication control and applying innovation, a three-grade-index system of freeway construction meticulous management effect evaluation was proposed, the effect evaluation model based on the Spearman rank correlation coefficient combination weighting method was established, the subjective weights of effect evaluation indices were recommended, their scores were identified by experts, the objective weight was determined by the minimum membership degree method and the weighted average mean square deviation method, the evaluation index value was obtained by combination weighting means. An effect evaluation for a freeway construction meticulous management was carried out. The results show that the meticulous management effect evaluation can objectively reflect the management level for freeway construction. 3 tabs, 7 refs.

**Key words:** traffic engineering; freeway; meticulous management; effect; evaluation system; combination weighting

## 0 引言

近年来,高速公路建设步伐明显加快,高速公路建设管理的水平直接影响到建设项目的成败。国家和地方交通部门也越来越重视高速公路建设的整体管理水平,要求实施精细化管理。众多高速公路项目开始实施精细化管理,但总体上尚处于探索阶段,由于资金有限等问题导致精细化程度不高<sup>[1]</sup>。高速公路建设过程中仍存在诸如纵向体制关系不清晰、横向体制关系混乱、质量安全问题突出、工期造价控制难度大和环保、和谐问题重视程度不够等问题,导致决策过程的主观随意性大,质量、进度和费用的管理相互脱节。目前,中国虽然有高速公路建设项目管理评价体系,但没有相应的精细化管理效果评价体系<sup>[2-4]</sup>。为此,本文将从高速公路精细化管理构成的角度出发,提出高速公路建设精细化管理效果评价指标体系;建立基于 Spearman 等级相关系数组合赋权方法的效果评价模型,定量评价精细化管理在高速公路建设中的实施效果,进一步加快精细化管理在高速公路建设中的推广应用。

## 1 高速公路建设精细化管理效果评价指标体系

### 1.1 效果评价指标体系的构成

精细化管理是一种以“精、准、细、严”为基本原则,通过提高员工素质、加强企业内部控制和强化链接协作管理,从而从整体上提升企业整体效益的管理理念。精细化管理具有管理制度化、操作规范化、运行流程化、细节衔接化、考核数量化、信息准确性、反馈及时性和规程实用性等特点。在高速公路建设中,精细化管理涉及到设计理念、工程材料、工艺控制和施工管理等方面,贯穿于建设管理、勘测设计、工程施工、施工监理和质量安全生产监督等各个环节,以实现科学安排施工进度、合理分配资金、保证工程质量三大目标。因此,高速公路建设精细化管理效果评价体系由组织结构、计划过程、质量控制、进度控制、成本控制、安全控制、环保控制、沟通控制和应用创新等9个系统的管理内容组成。

组织结构是实现管理精细化的平台,反映建设项目的制度建设、责任落实和岗位建设等;计划过程是高速公路建设项目建设客观规律的反映,是建设项目科学决策和管理的重要保证;质量、成本和进度是高速公路建设管理的三大控制目标;安全是精细化管理三大控制目标之外的又一重要目标;环保控

制是为有效避免高速公路建设中的环境污染;沟通项目管理是项目管理成败的关键,良好的沟通管理机制能有效地提高项目管理的效率;针对高速公路建设管理而言,创新体现在设计、施工和管理中产生的观念创新、科技创新、体制创新等诸多方面。高速公路建设管理应用创新评价,不仅可以提高公路建设质量,优化公路施工效率,同时也起到对资源的节约利用程度,减少了公路建设对环境的影响。因此,根据以上分析,建立的高速公路建设精细化管理效果评价指标体系见下页表1。

### 1.2 效果评价指标内涵

#### 1.2.1 组织结构

组织结构的完善程度和优化设置直接影响全面精细化管理效果。机构是否健全,体系是否完善,各个岗位职责是否明确,将直接影响到全面精细化管理的效率和管理的效果。组织结构是否完善,从制度建设、责任落实和岗位建设3个方面进行衡量。

#### 1.2.2 计划过程

计划过程反映工程项目建设的客观规律。主要包括工程前期筹备过程管理、开工筹备过程管理和施工建设期的过程管理。工程前期筹备过程管理主要分为前期立项管理、投资决策过程管理和项目审批过程管理;开工筹备过程管理主要分为征地拆迁过程管理、招投标与合同管理和试验段的开工准备过程;施工建设期的过程管理主要分为主要控制标段建设过程管理、竣工验收过程管理和风险控制过程管理。

前期立项管理作为项目投资决策的前提和依据,是基本建设程序的重要组成部分;投资决策过程管理评价通过衡量投资机会研究阶段、项目建议书编制阶段、详细可行性研究阶段、项目评估阶段和项目决策审批阶段是否准确、及时,是否保证工程的顺利开展;项目审批过程管理评价主要是指项目建议书、可行性研究报告、规划设计方案和开工前准备等审批报告准备是否全面、精细。

征地拆迁过程管理效果如何与征地拆迁是否合法、规范和快速,是否严格按照国家法律、法规和政策执行,是否按照各类合同及协议办事,是否统筹规划,是否实行验收制度等有密切关系;招投标与合同管理效果如何主要与招投标是否公平、公开、公正、科学和择优,以及合同制度的执行是否严格依据国家及交通主管部门颁布的有关法律法规等相关;试验段的开工准备过程因地域和地质环境不同,不同的高速公路建设要求不同,在试验段开工准备工程

表 1 高速公路建设精细化管理效果评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
组织结构	制度建设	
	责任落实	
	岗位建设	
计划过程	工程前期筹备过程管理	前期立项管理
		投资决策过程管理
		项目审批过程管理
	开工筹备过程管理	征地拆迁过程管理
		招投标与合同管理
		试验段的开工准备过程
	施工建设期的过程管理	主要控制标段建设过程管理
		竣工验收过程管理
		风险控制过程管理
质量控制	施工人员	
	材料	
	施工方案和工艺	
	施工机械	
	施工场地和通道条件	
	控制点	
	设计变更	
进度控制	进度计划编制	
	实施	
	检查	
	改进	
成本控制	决策阶段	
	设计阶段	
	施工阶段	
安全控制	安全管理活动	
	安全技术措施	
	安全检查评比	
	安全目标控制	
环保控制	环保新技术	
	路基扬尘	
	水毁	
沟通控制	设计阶段的沟通	
	征地拆迁方面的沟通	
	建设期各参建单位间的沟通	
	与设计、监理单位的沟通	
	材料供应方面的沟通	
	公司内部沟通	
应用创新	理念创新	
	技术创新	

中,是否经过实地勘察、方案比对等,都会影响此阶段的管理效果。

每个高速公路建设项目,都有主要的控制性标段。控制性标段建设过程管理是否细化流程、明确

责任,是否确保工程的顺利开展,直接影响到其他标段的工程开展;竣工验收过程管理要求项目部及时组织检查工作,各标段积极配合,做好档案工作,确保内业资料的质量;高速公路建设项目周期长、投资数额大、工作和工序繁多,与时间相关的外界因素和内部因素变化大,应加强风险管理,明确责任,服务现场<sup>[3]</sup>。

1.2.3 质量控制

施工人员、材料、施工方案和工艺、施工机械、施工场地和通道条件、控制点和设计变更等均是影响质量的主要因素。施工人员的控制应从施工组织者、管理者的资质和管理水平,以及特殊专业工种和关键施工工艺或技术、新工艺、新材料等应用方面的操作者的素质和能力等方面考察;材料应从采购、进场和存放方面控制;施工方案应有相应的质量保证措施,要经监理工程师的审查认可;施工机械的选型、数量、质量和技术性能都是控制的要点;对施工作业的辅助技术环境、施工质量管理环境和现场自然环境条件的控制,直接影响到施工场地和通道条件的好坏;控制点应进行复核;设计变更应根据不同情况对待。

1.2.4 进度控制

进度控制精细化应在既定工期内,编制最优的过程项目进度计划;在实施过程中,经常检查实际进度情况,检查是否出现偏差,分析其原因和对工期的影响度,并加以调整,不断循环,直至工程竣工验收。

1.2.5 成本控制

在决策阶段、设计阶段和施工阶段等各阶段的成本控制效果,直接决定建设项目成本控制管理效果如何。有研究表明,设计阶段对成本的影响程度最大,约为 75%,而施工阶段对成本的影响约为 15%。决策阶段、设计阶段和施工阶段的工程总实际成本分别低于预算成本的 8%、10%和 10%,说明成本控制效果良好<sup>[5]</sup>。

1.2.6 安全控制

安全管理活动是建立安全承包责任制,明确各方责任,对各单位管理人员安全职责进行考核;安全技术措施表现在加强全员安全教育,贯彻安全生产的法律法规,健康安全检查制度,保障安全生产防护设施供给,如安全帽、消防器材等;安全检查评比包括综合检查、专业性检查、季节性检查和日常检查(日常检查包括班前检查和班后检查)。通过检查发现不安全因素,采取措施,消除隐患,预防事故发生;安全目标控制,主要是控制年死亡率为 0,年重伤率

为 0。

1.2.7 环保控制

环保控制主要控制容易造成污染的路基扬尘和水毁 2 个方面。效果评价时,可从施工单位是否经常性对路基洒水养护,是否在路堤填筑阶段就规范路堤施工程序等方面进行考察。此外,可从环保新技术应用方面,例如橡胶沥青、温拌沥青等的应用方面进行效果评价。

1.2.8 沟通控制

高速公路建设管理沟通控制主要包括设计阶段的沟通、征地拆迁方面的沟通和建设期各参建单位间的沟通、与设计、监理单位的沟通、材料供应方面的沟通和公司内部的沟通等。评价沟通控制的好坏,是否能把项目公司与各相关利益主体所处的外部环境有机联系起来,是否就复杂的地质条件和建设条件经多方协调解决,是否满足了各利益相关主体的需求。

1.2.9 应用创新

应用创新主要包括理念创新和技术创新 2 个方面。理念创新是评价在高速公路建设过程中,管理是否坚持以人为本,是否坚持人与自然和谐相处,是否坚持可持续发展的理念。技术创新包含工程中新技术、新材料、新工艺和新结构的创新。

2 基于 Spearman 等级相关系数组合赋权的效果评价模型

2.1 分值确定方法

由于组织结构、计划过程、质量控制、进度控制、成本控制、安全控制、环保控制、沟通控制和应用创新均为定性分析指标,需要一定的赋值,可以采用专家打分进行单因素模糊评价<sup>[6]</sup>。高速公路建设精细化管理的组织结构、计划过程、质量控制、进度控制、成本控制、安全控制、环保控制、沟通控制和应用创新的效果均采用 5 个评语组成的评语集,即  $V = (V_1, V_2, \dots, V_5) = (\text{优}, \text{良}, \text{中}, \text{次}, \text{差})$ ,分别表示管理效果的好坏,并采用百分制,则对应的离散语言值标尺见表 2。

表 2 评价指标的离散语言值标尺

评分标尺	优	良	中	次	差
评分	90~100	80~90	60~80	50~60	0~50

2.2 主观赋权

主观权重的确定采用专家咨询进行确定。根据有关专家咨询及分析结果,建议高速公路建设精细化管理效果评价指标体系的组织结构、计划过程、质

量控制、进度控制、成本控制、安全控制、环保控制、沟通控制和应用创新这 9 项一级指标的主观权重分别为 0.11, 0.12, 0.15, 0.15, 0.15, 0.10, 0.06, 0.09, 0.07。

建议组织结构的二级指标主观权重分别为 0.4, 0.3, 0.3。计划过程的二级指标的主观权重分别为 0.3, 0.3, 0.4;其中,工程前期筹备过程管理的三级指标主观权重分别为 0.35, 0.35, 0.30;开工筹备过程管理的三级指标主观权重分别为 0.40, 0.35, 0.25;施工建设期的过程管理的三级指标主观权重分别为 0.45, 0.25, 0.30。质量控制的二级指标主观权重分别为 0.15, 0.15, 0.20, 0.12, 0.16, 0.10, 0.12。进度控制的二级指标主观权重分别为 0.25, 0.25, 0.25, 0.25。成本控制的二级指标的主观权重分别为 0.25, 0.45, 0.30。安全控制的二级指标的主观权重分别为 0.25, 0.25, 0.25, 0.25。环保控制的二级指标主观权重分别为 0.30, 0.35, 0.35。沟通控制的二级指标的主观权重分别为 0.15, 0.20, 0.15, 0.20, 0.12, 0.18。应用创新的二级指标的主观权重分别为 0.4 和 0.6。

2.3 客观赋权

设有  $n$  个决策方案的方案集  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ,每个方案都有必要考虑  $m$  个目标,记目标集  $B = \{B_1, B_2, \dots, B_m\}$  构成的决策矩阵  $X = (x_{ij})_{n \times m}$ ,其中  $x_{ij}$  表示第  $i$  族的第  $j$  个目标值。由于原始数据相互之间可能具有不同量纲与不同的数量级,因此有必要对原始指标值进行量纲一处理<sup>[7]</sup>。

对于效益型指标,即越大越好的指标,公式为

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$$

(1)

式中: $y_{ij}$  为量纲一后的值; $x_{ij}$  为  $i$  方案  $j$  目标对应的指标值; $x_j^{\max}$ 、 $x_j^{\min}$  分别为所有方案中  $j$  指标的最大值和最小值。

对成本型指标,即越小越好的指标,公式为

$$y_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$$

(2)

规范化处理后的原始指标值转化为量纲一值  $y_{ij}, y_{ij} \in [0, 1]$ ,于是决策矩阵  $X$  变为决策矩阵  $Y$ 。

$$Y = (y_{ij})_{n \times m} = \begin{bmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ y_{n1} & \cdots & y_{nm} \end{bmatrix}$$

(1) 最小隶属度加权平均偏差法

设理想指标  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$ ,其中, $g_j =$

$\max\{y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{nj}\}, j = 1, 2, \dots, m。$

权重  $w_j$  的计算公式为

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^m (g_j - y_{ij})}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (g_j - y_{ij})} \tag{3}$$

(2) 均方差法

权重的计算公式为

$$w_j = \frac{\sigma(B_j)}{\sum_{j=1}^m \sigma(B_j)} \tag{4}$$

式中: $\sigma(B_j) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{ij} - E(B_j))^2}, E(B_j) = \frac{1}{n} \cdot$

$\sum_{i=1}^n y_{ij}; w_j$  为第  $j$  个指标的权重; $B_j$  为第  $j$  个分值。

2.4 组合赋权

本文采用基于 Spearman 等级相关系数的组合赋权法,方法如下所述。

(1) 计算 Spearman 等级相关系数。假定有  $s$  个赋权方法,Spearman 等级相关系数主要用来检测各种赋权方法之间的相关程度。其公式为

$$\rho_{ik} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^m (\omega_{ij}^0 - \omega_{kj}^0)^2}{m(m-1)(m+1)}$$

$i = 1, 2, \dots, s; k = 1, 2, \dots, s; j = 1, 2, \dots, m$  (5)

式中: $\rho_{ik}$  为第  $i$  种赋权方法和第  $k$  种方法之间的 Spearman 等级相关系数; $\omega_{ij}^0$  为第  $i$  方法测出的第  $j$  指标权重; $\omega_{kj}^0$  同理。

(2) 寻找相对一致性最高的方法。首先,找出 Spearman 等级相关系数中的最大者  $\rho_{uv} = \max\{\rho_{ik}\}$ ;然后,比较方法  $u$  和方法  $v$  与其他方法的 Spearman 等级相关系数大小,选出较大者;假设为方法  $u_0$ ,也就是说  $u$  在所有赋权方法中是一致性相对最高的一种赋权方法,其他方法与方法  $u$  的 Spearman 等级相关系数构成向量  $\boldsymbol{\rho}_u = (\rho_{1u}, \rho_{2u}, \dots, \rho_{su})。$

(3) 将  $\boldsymbol{\rho}_u$  进行归一化处理,得到权向量  $\boldsymbol{w} = (w_1, w_2, \dots, w_s),$  其中,  $w_i = \frac{\rho_{ij}}{\sum_{i=1}^s \rho_{iu}} \quad (i = 1, 2, \dots, s)。$

(4) 计算出综合权向量  $\boldsymbol{\theta} = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m)$

$$\boldsymbol{\theta} = \boldsymbol{w}\boldsymbol{w}^0 = (w_1, w_2, \dots, w_s) \begin{bmatrix} \omega_{11}^0 & \cdots & \omega_{1m}^0 \\ \vdots & & \vdots \\ \omega_{s1}^0 & \cdots & \omega_{sm}^0 \end{bmatrix} \tag{6}$$

式中: $\boldsymbol{w}^0$  为原始指标权向量。

由此可见,Spearman 等级相关系数是通过把各个赋权法有机集成起来,从而在一定程度上克服了单一赋权法的不足之处。

2.5 评价准则

把综合权向量  $\boldsymbol{\theta} = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m)$  与决策矩阵  $\boldsymbol{Y}$  相乘后,即可得到评价矩阵  $\boldsymbol{R}$

$$\boldsymbol{R} = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m) \begin{bmatrix} y_{11} & \cdots & y_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ y_{n1} & \cdots & y_{nm} \end{bmatrix} \tag{7}$$

在评价矩阵  $\boldsymbol{R}$  中,评价指标的分值  $r_j^l$  为

$$r_j^l = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m r_{1j} \tag{8}$$

高速公路建设精细化管理中采用下一级指标评价上一级指标,即无三级指标的二级指标评价一级指标;有三级指标的二级指标评价时,可采取组合赋权的方法,并以式(7)、式(8)进行计算及评价。最终评价出来的一级指标分值与主观权重相乘并相加,即可得到高速公路建设精细化管理效果评价价值。

3 实例分析

某高速公路建设项目已于 2011 年年初完成,采用基于 Spearman 等级相关系数组合赋权法对其精细化管理效果进行评价。现以质量控制效果评价为例加以说明。5 位专家对质量控制的下一级指标进行打分,结果见表 3。

表 3 某高速公路质量控制效果分值

二级指标	施工人员	材料	施工方案和工艺	施工机械	施工场地和通道条件	控制点	设计变更
评分 1	87	89	90	86	80	90	86
评分 2	85	86	86	90	82	87	80
评分 3	82	85	82	88	86	83	84
评分 4	90	90	89	84	79	84	90
评分 5	81	83	90	91	83	86	87

将表 3 的 7 项指标作为质量控制的二级指标,构成质量控制指标集,可知评价矩阵  $\boldsymbol{X}$  为

$$\boldsymbol{X} = \begin{bmatrix} 87 & 89 & 90 & 86 & 80 & 90 & 86 \\ 85 & 86 & 86 & 90 & 82 & 87 & 80 \\ 82 & 85 & 82 & 88 & 86 & 83 & 84 \\ 90 & 90 & 89 & 84 & 79 & 84 & 90 \\ 81 & 83 & 90 & 91 & 83 & 86 & 87 \end{bmatrix}$$

这 7 项指标均为效益型指标,用式(1)量纲一处理,计算可得正规化矩阵  $\boldsymbol{Y}$  为

$Y =$

0.70	0.90	1.00	0.60	0.00	1.00	0.06
0.50	0.60	0.60	1.00	0.20	0.70	0.00
0.00	0.50	0.00	1.00	0.67	0.17	0.33
1.00	1.00	0.91	0.45	0.00	0.45	1.00
0.00	0.20	0.90	1.00	0.20	0.50	0.60

按最小隶属度加权平均偏差法,可得客观权重  $W_1 = (0.199, 0.128, 0.113, 0.067, 0.161, 0.155, 0.176)$ ;按均方差法可得客观权重  $W_2 = (0.170, 0.140, 0.171, 0.136, 0.103, 0.132, 0.149)$ ;设专家主观赋权权重为  $W_3 = (0.15, 0.15, 0.20, 0.12, 0.16, 0.10, 0.12)$ 。

按基于 Spearman 等级相关系数的组合赋权法计算可得综合权向量  $\theta = (0.173, 0.139, 0.161, 0.108, 0.142, 0.129, 0.148)$ 。

把综合权向量  $\theta = (\theta_1, \theta_2, \cdots, \theta_m)$  与决策矩阵  $X$  相乘后,即可得到评价矩阵  $R$  为

$R = (86.903, 84.933, 84.056, 86.861, 85.625)$

最终计算的质量控制评价指标分值  $r_j^d = 85.675$ , 质量控制为良。

按照以上方法,评价组织结构、计划过程中前期筹备过程管理、开工筹备过程管理和施工建设期的过程管理、进度控制、成本控制、安全控制、环保控制、沟通控制和应用创新这几项指标。得到最终评定的分值为 89.300、87.653、85.675、84.215、90.145、87.642、91.367、83.468、85.021。则该高速公路建设精细化管理效果分值为 87.063,说明管理效果评价为良。

## 4 结 语

(1)从组织结构、计划过程、质量控制、进度控制、成本控制、安全控制、环保控制、沟通控制和应用创新等 9 个方面,建立了高速公路建设精细化管理效果评价三级指标体系,并对其体系构成指标进行了详细分析和阐述,为高速公路建设精细化管理效果评价的实施提供了依据和参考。

(2)建立了基于 Spearman 等级相关系数组合赋权方法的精细化管理效果评价模型,推荐了各级效果评价指标的主观权重,建议采用专家打分法对各项指标进行分值确定,采用最小隶属度加权平均

偏差法和均方差法进行客观权重确定,最后采用 Spearman 等级相关系数进行组合赋权,最终获得评价指标的效果值。

(3)以某高速公路精细化管理为例,对其效果进行了评价,结果表明,该方法科学合理、应用便捷,可对高速公路建设精细化管理效果进行有效评价。

## 参考文献:

### References:

[1] 李春伟,陈伟乐.高速公路建设的精细化管理应用研究[M].北京:中国经济出版社,2009.

[2] 杨献文,梁平安.高速公路建设项目管理评价体系构建方案的探讨[J].公路,2007(10):149-152.

YANG Xian-wen, LIANG Ping-an. Discussion of construction scheme of highway construction project management evaluation system [J]. Highway, 2007 (10):149-152.

[3] 魏 力.宁夏公路建设项目中评价指标体系及方法研究[D].西安:西北工业大学,2002.

[4] 袁玉玲,王选仓,王朝辉.公路建设投资决策系统分析及评价[J].公路,2008(5):133-138.

YUAN Yu-ling, WANG Xuan-cang, WANG Chao-hui. Analysis and evaluation of highway construction investment decision-making system [J]. Highway, 2008(5):133-138.

[5] 王朝辉,王丽君,杨育生,等.高速公路建设费用控制决策体系[J].长安大学学报:自然科学版,2010,30(5):40-44.

WANG Chao-hui, WANG Li-jun, YANG Yu-sheng, et al. Decision system of expressway construction cost control[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2010, 30(5):40-44.

[6] 王朝辉,王选仓.基于综合赋权多属性决策的养护路段优化[C]//《第五届交通运输领域国际学术会议》组委会.第五届交通运输领域国际学术会议论文集,北京:人民交通出版社,2005:922-925.

[7] 陈春花,叶 飞.基于多目标决策的综合客观赋权方法研究[J].甘肃科学学报,2001,13(2):83-87.

CHEN Chun-hua, YE Fei. Research on the comprehensive objective determining weights in the multiple objective decision making based on the grey relation [J]. Journal of Gansu Sciences, 2001, 13(2):83-87.