文章编号:1001-4373(2010)06-0057-04

全寿命周期成本下的沥青路面冷再生经济效益评价

陈 小 娟

(兰州交通大学 土木工程学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要:采用全寿命周期成本理论,界定了沥青路面冷再生改造项目的全寿命周期概念,分析了沥青路面冷再生改造项目的全寿命周期成本的组成,建立了沥青路面冷再生改造项目的经济效益评价模型及评价指标.

关键词:冷再生;全寿命周期成本理论;经济效益

中图分类号:F283 文献标志码:A

沥青路面冷再生改造是指将旧沥青路面材料,经铣刨加工后进行重复利用,并根据再生后结构层的结构特征,适当加入部分新骨料或细集料,按比例加入一定量的外掺剂和适量的水,在自然环境下连续完成材料的铣刨、破碎、添加、拌和、摊铺及压实成型,重新形成结构层的一种工艺方法.沥青路面冷再生技术是一种较新的具有广阔应用前景的公路路面施工技术,此技术具有节约材料,循环利用,减少新料用量的特点,还可环保节能,消除因旧路面材料弃置造成的环境污染.

由于沥青路面冷再生技术具有较强的经济外部性,同时要大规模实施旧沥青路面冷再生技术,需要庞大的资金投入.因此,需要构建科学合理的沥青路面冷再生经济效益评价方法,准确评价沥青路面冷再生的实际经济效益.本文采用全寿命周期成本理论构建了沥青路面冷再生的经济效益分析框架.

1 沥青路面冷再生的全寿命周期成本

1.1 建设项目的全寿命周期成本

建设项目全寿命周期成本是指从对象被研究开发、设计制造、使用直到停止使用的经济寿命期间所发生的各项成本费用之和.一个建设项目在其全寿命周期内的成本包括建设成本 C_1 和使用成本 C_2 两部分.建设成本是产品在研究、设计、施工等过程中发生的成本;使用成本是用户在使用产品过程中所发生的费用总和,包括维修、保养、管理、能耗等方面的费用.建设项目的全寿命周期成本发生在项目寿命周期的不同阶段,是项目各个阶段成本的累积.建设项目寿命周期成本 C 与产品功能 F 之间的关系见图1.

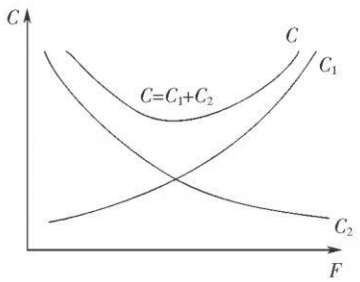

图1 建设项目功能与成本的关系

Fig.1 Relationship between function and cost of construction project

1.2 沥青路面冷再生项目的全寿命周期成本

沥青冷再生改造项目的全寿命周期是指从开始实施冷再生改造时点起到冷再生改造完成后路面报废不能继续使用时所经历的时间.沥青路面冷再生项目的全寿命成本 LCC 可以定义为:在公路工程整个寿命期内所发生的一切与建设、维护、管理等有关的费用,主要包括机构成本 AC 和使用者成本 UC 两部分.沥青路面冷再生项目的全寿命周期成本构成见图2.

图2中机构成本可以理解为建设管理单位在原有沥青路面上使用再生技术时所投入的建设费用 CC、寿命期内所进行的常规检测费用 NC、养护维修费用 MC 以及公路寿命期结束时的残余成本 SV;使用者成本包括公路寿命周期内因维修而引起的交通中断或阻塞所导致使用者费用(如乘客的时间价值

* 收稿日期:2010-09-28
作者简介:陈小娟(1977-),女,宁夏中宁人,讲师.

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

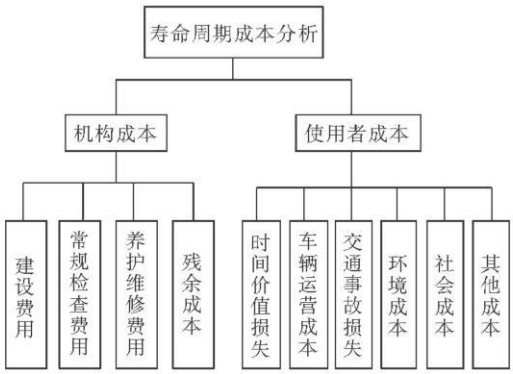

图 2 冷再生路面的全寿命周期成本模型

Fig. 2 Life cycle cost model of cold recycling pavement

损失 **PC**;货物的时间价值损失 **GC** 等) 的增加、车辆运营成本 TC 的提高、发生交通事故产生的经济损失 LC、环境成本 EC、社会成本 SC 及其他成本. 沥青路面冷再生项目的全寿命成本 LCC 可以用下列模型进行计算:

$$LCC = AC + UC \tag{1}$$

考虑资金的时间价值, 计算全寿命成本时应使费用乘以现值系数, 将所有的费用都折算到项目刚建成的时点, 再进行不同方案的经济比较.

$$NPV = \text{初值} + \sum_{t=1}^{n}\left[\frac{C_t}{(1+i_c)^t}\right] \tag{2}$$

式中: n 为该公路项目预计使用的年数; i_c 为基准折现率; C_t 为第 t 年所有成本的总和.

2 沥青路面冷再生项目的全寿命周期成本评价方法

2.1 建设项目财务评价方法

建设项目全寿命周期成本评价方法很多, 常用的评价方法有建设项目财务评价方法、价值评价方法和系统分析评价方法等. 本文选用财务评价方法对沥青路面冷再生项目的经济效益进行评价.

建设项目财务评价又称财务分析, 是在国家现行财税制度和价格体系前提下, 在初步确定冷再生改造项目方案基础上, 从项目的角度出发, 计算项目范围内的成本费用与经济效益, 计算沥青路面冷再生项目的经济评价指标, 考察沥青路面冷再生项目的盈利能力、清偿能力和财务生存能力, 据以判断沥青路面冷再生项目的经济可行性.

2.2 沥青路面冷再生项目的经济评价方法

2.2.1 独立型冷再生方案的经济评价方法

独立型方案是指冷再生方案间互不干扰, 即一个方案的选择不影响另一个方案的选择, 在选择方案时可以任意组合, 直到冷再生资金得到充分运用为止. 独立方案在经济上是否可接受, 取决于方案自身的经济性.

对于独立型冷再生方案, 若冷再生处理资金对所有方案不构成约束, 只要分别计算各方案的财务评价指标, 检查各方案自身是否满足财务评价标准即可, 即进行方案的"绝对经济效果评价". 如果冷再生方案受资金的限制, 则一般采用独立方案组合互斥化法和净现值率排序法.

净现值率是项目净现值与项目全部投资的现值之比, 计算如下:

$$NPVR = \frac{NPV}{I_p} = \frac{\sum_{t=1}^{n}(CI - CO)_t(1+i_c)^{-t}}{\sum_{t=1}^{n}I_t(1+i_c)^{-t}} \tag{3}$$

式中: I_p 为项目总投资的现值; i_c 为基准的折现率; CI 是现金流入量; CO 是现金流出量; n 为寿命周期.

2.2.2 互斥型冷再生方案的经济评价方法

互斥型方案是指在若干备选冷再生方案中, 各个方案之间存在着互不相容、互相排斥的关系, 各个方案可以互相代替, 方案具有排他性, 即选择其中一个方案, 则其他方案就必然被排斥的一组方案.

对互斥型冷再生方案, 比选方法分为两步: 首先进行方案的"绝对经济效果评价", 即检查各方案自身是否满足评价标准; 其次进行"相对经济效果评价", 即进行各方案选优. 各方案选优采用增量比选方法进行, 以便确定最优方案. 互斥型冷再生经济评价指标有增量投资回收期、追加投资净现值、增量内部收益率、费用现值法和费用年值法等.

增量比选方法如下: 假定冷再生方案 1 的建设成本为 C_1^1, 使用成本为 C_2^1, 净收益为 A_1; 冷再生方案 2 的建设成本为 C_1^2, 使用成本为 C_2^2, 净收益为 A_2. 如果 $C_1^2 > C_1^1$, 根据图 1 所示的建设成本与使用成本关系, 则有 $C_2^2 < C_2^1$.

1) 增量投资回收期 P_t 是指用互斥型改造方案使用成本的节约来补偿其增量建设成本的年限. 此法是一种静态比选法.

当各年使用成本的节约 $(C_2^1 - C_2^2)$ 或增量净收益 $(A_2 - A_1)$ 基本相同时, 其计算公式为

$$P_{t(2-1)} = \frac{C_1^2 - C_1^1}{C_2^1 - C_2^2} = \frac{C_1^2 - C_1^1}{A_2 - A_1} \tag{4}$$

当各年使用成本的节约 $(C_2^1 - C_2^2)$ 或增量净收益 $(A_2 - A_1)$ 差异较大时, 其计算公式为

$$C_1^2 - C_1^1 = \sum_{t=1}^{P_{t(2-1)}}(C_2^1 - C_2^2)_t \tag{5}$$

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

或

$$C_1^2 - C_1^1 = \sum_{t=1}^{P_{t(2-1)}} (A_2 - A_1)_t \qquad (6)$$

若计算出来的增量投资回收期小于基准投资回收期, 则选择建设投资大的冷再生方案; 反之, 则选择建设投资小的方案.

2) 追加投资净现值 ΔNPV 是指用一个预定的基准收益率(或设定的折现率) i_c, 将互斥型冷再生方案整个计算期间内各年所发生的净现金流量之差都折现到投资方案开始实施时的现值之和, 其计算公式为

$$\Delta NPV_{(2-1)} = \sum_{t=0}^{n}[(CI_2 - CO_2)_t - (CI_1 - CO_1)_t](1+i_c)^{-t} = \sum_{t=0}^{n}(CI_2 - CO_2)_t(1+i_c)^{-t} - \sum_{t=0}^{n}(CI_1 - CO_1)_t(1+i_c)^{-t} = \sum_{t=0}^{n}(\Delta C_2 - \Delta C_1)_t(1+i_c)^{-t} \qquad (7)$$

式中: ΔC_2 是两互斥方案的现金流入差额; ΔC_1 是两互斥方案的现金流出差额.

当 $\Delta NPV_{(2-1)} \geqslant 0$ 时, 必有 $NPV_2 \geqslant NPV_1$ 成立, 则选择建设投资大的冷再生方案; 反之, 则选择建设投资小的方案. 此法与净现值法得到的结论是一致的, 故一般采用净现值最大原则来选择方案.

3) 增量投资内部收益率 ΔIRR 是两个冷再生方案各年净现金流量的差额的现值之和等于零时的折现率, 其表达式为

$$\sum_{t=0}^{n}(\Delta C_2 - \Delta C_1)_t(1+\Delta IRR)^{-t} = 0 \qquad (8)$$

若 $\Delta IRR \geqslant i_c$ 时, 则选择建设投资大的冷再生方案; 反之, 则选择建设投资小的方案.

4) 费用现值法 PC 和费用年值法 AC

在对多个冷再生方案比较时, 如果各方案的收益皆相同, 或收益难以用货币计量, 此时在计算净现值指标和净年值指标时可以省略现金流量中的收益, 只计算费用, 这样的计算称为费用现值和费用年值. 本文主要应用此法演示沥青冷再生方案的优选过程.

$$PC = \sum_{t=1}^{n} CO_t(1+i)^{-n} = \sum_{t=1}^{n} CO_t(P/F, i, n) \qquad (9)$$

$$AC = \sum_{t=1}^{n} CO_t \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \sum_{t=1}^{n} CO_t(A/P, i, n) \qquad (10)$$

在多方案比较中, 费用现值和费用年值越低, 方案的经济效果越好.

3　工程案例

3.1　工程背景

目前我国的公路建设飞速发展, 每年投资规模已经超过 2 000 亿元. 在 20 世纪 90 年代以后陆续建成的高速公路已进入大、中修期, 大量翻挖、铣刨的沥青混合料被废弃, 一方面造成环境污染, 另一方面造成资源的浪费, 导致森林植被减少, 水土流失等严重的生态环境破坏. 按照沥青路面的设计寿命, 从现在起, 每年有 12% 的沥青路面需要翻修, 旧沥青废弃量将达到每年几百万吨之巨, 如能加以利用, 每年可节省材料费几亿人民币, 而这个数字是以每年 15% 的速度增长的. 10 年以后, 沥青路面的大、中修产生的旧沥青混合料将达到上千万吨, 届时通过再生利用每年可节约材料费几十亿元, 否则这些为数巨大的沥青混凝土层翻挖后只能白白的废弃掉, 不仅浪费了资源, 也会对环境造成严重的污染. 因此, 沥青再生技术的实施, 尤其是方案的选择, 对降低建设成本、保护生态环境以及对我们国家的公路建设都有极大的意义.

3.2　案例

案例1: 随着经济的迅猛发展, G106线交通量逐渐增大, 使路面出现大面积的坑槽、臃包、纵向裂缝、横向裂缝、沉陷、唧泥等病害, 致使车速降低、行车颠簸、安全隐患增大, 降低了道路的使用性能. G106 线大修工程如按传统的做法进行施工, 不仅要对沥青面层维修, 还必须同时维修基层甚至是底基层, 必然产生大量废弃物, 旧沥青混凝土及结构层需全部挖除外运, 不仅破坏环境, 而且占用大量土地.

为了解决上述道路建设面临的迫切问题, 经相关部门研究决定, 采用泡沫沥青冷再生技术就地法对该工程进行大修. 为此取 G106 线某段长 4 000 m, 路面宽 11 m 的路段作为大修工程试验段. 该路原路面结构为: 4 cm 细粒式沥青混凝土 + 6 cm 中粒式沥青混凝土 + 18 cm 水泥稳定碎石 + 30 cm 石灰土. 将破损严重的两个车道用泡沫沥青进行冷再生, 深度为 13 cm 作为基层, 剩余部分根据损坏情况局部冷再生, 然后统一铺筑沥青混凝土面层 10 cm.

经相关数据测算, 如果采用新建基层的处置方式, 则完成基层所需要的花费约为 90 元 / m^2, 其中主要包括旧路面(面层和基层) 挖除、清运和弃置以及基层的新建、底基层的处理等费用. 而采用冷再生就显得更加经济、实用, 用再生层作为基层, 原路基

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

层成为底基层, 以再生层为 13 cm 计算需要花费约 70 元/m^2, 其中主要包括材料费、机械费和人工费等. 由此可见, 利用就地冷再生技术比新建基层的造价要低很多, 可降低造价幅度为 20% 以上.

案例 2: 某沥青路面冷再生改造项目拟有 A、B 两个方案可供选择, A 方案采用泡沫沥青冷再生, B 方案采用乳化沥青冷再生. A、B 方案的使用寿命都为 12 年. 初步考察, 沥青冷再生路面每四年需要大修一次, A 方案 3 次大修费用分别为 15, 20, 35 万, B 方案 3 次大修理费用分别为 25, 40, 50 万; 两方案路面每年使用费用前六年分别为 30 万和 40 万, 后六年使用费分别为 40 万和 60 万. 本项目采用较低的标准折现率 6%. 具体费用构成如表 1 所示.

表 1 沥青冷再生方案寿命周期费用构成

Tab. 1 Life cycle cost constitute of cold reutilization technology of asphalt pavement 万元

项目	A 方案	B 方案
初始投资(0 年)	600	450
年维修费用	2.5	7
大修理费用(每四年一次)	15+ 20+ 35	25+ 40+ 50
使用者费用	30+ 40	45+ 60
寿命周期	12	12

由表 1 中的数据, 根据上述所列的沥青路面冷再生项目的经济评价方法, 采用费用现值法比选两方案.

对于方案 A:

$$PC = 600 + 2.5(P/A, 6\%, 12) + 15(P/F, 6\%, 4) + 20(P/F, 6\%, 8) + 35(P/F, 6\%, 12) + 30(P/A, 6\%, 6) + 40(P/A, 6\%, 6)(P/F, 6\%, 6) = 948.97(\text{万元})$$

对于方案 B:

$$PC = 450 + 7(P/A, 6\%, 12) + 25(P/F, 6\%, 4) + 40(P/F, 6\%, 8) + 50(P/V, 6\%, 12) + 45(P/A, 6\%, 6) + 60(P/A, 6\%, 6)(P/F, 6\%, 6) = 1\,007.71(\text{万元})$$

通过算例说明, 只从初始投资分析, 方案 B 优于方案 A, 但考虑了全寿命周期内的各项成本后, 方案 A 的费用现值小于方案 B 的费用现值, 也即, 针对整个寿命期的成本, A 方案的总成本小于 B 方案的总成本, 故 A 方案为最优方案.

4 结语

沥青路面冷再生节约了大量的建设和养护资金, 减少了资源的浪费和环境的破坏, 具有巨大的经济效益和社会效益. 在强调科学发展、可持续发展、注重环保的今天, 绿色技术对人们具有越来越大的吸引力, 进一步加强对路面冷再生技术及其经济效益的研究, 对公路事业的持续、健康发展具有重大意义.

本文采用全寿命周期成本理论, 界定了沥青路面冷再生的全寿命周期成本的构成, 运用建设项目财务评价方法构建了沥青路面冷再生的经济效益评价模型与评价指标, 运用简单实例说明了方案的比选过程, 为沥青路面冷再生技术的经济效益评价提供了一个基本分析框架.

参考文献:

[1] 沈鸿雁, 陈艾荣. 全寿命成本分析法及其对我国公路建设的现实意义[J]. 成本研究, 2009(3): 62-63.

[2] 刘玉明, 刘长滨. 既有建筑节能经济效益评价[J]. 节能经济, 2009(3): 58-61.

[3] 欧阳旭. 沥青路面冷再生技术在公路工程中的应用[J]. 四川建筑, 2009(1): 1-2.

[4] 田辉. 泡沫沥青冷再生技术在路面大修工程中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2010(6): 25.

[5] 王恩茂. 工程经济学[M]. 北京: 科学出版社, 2010.

Economic Benefit Evaluation on Cold Recycling of Asphalt Pavement Based on Life Cycle Cost

CHEN Xiao-juan

(School of Civil Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to evaluate the economic benefit of cold recycling of asphalt pavement, the life cycle theory is adopted to analyze the life-cycle conception and life-cycle cost constitution of cold reutilization technology of asphalt pavement. Then a set of models and indexes are set up for economic benefit evaluation on cold recycling of asphalt pavement.

Key words: cold recycling; life-cycle cost theory; economic benefit

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net