

文章编号:1671-8879(2005)01-0051-05

基于动态规划理论的高速公路项目质量控制

陈宽民, 宋 翔

(长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064)

摘 要:为解决传统公路项目质量控制理论方法侧重于施工阶段质量控制的不足,应用动态规划理论对高速公路项目质量控制进行研究。根据动态规划理论方法,在高速公路项目质量控制中,各阶段质量指标函数最优与全过程质量指标函数最优存在一致性,其质量控制必须贯穿项目建设过程的决策、设计、施工、竣工验收 4 个阶段。通过对影响高速公路项目质量各阶段的因素分析,给出了在确保各阶段质量指标函数最优的基础上实现项目质量总体优化的控制方法,从而保证高速公路项目投资建设效益的实现。应用结果表明,该方法在工程建设中具有较好效果。

关键词:交通工程;高速公路;项目质量控制;动态规划;指标函数

中图分类号:U491 **文献标识码:**A

Quality control of freeway item based on dynamic programming theory

CHEN Kuan-min, SONG Xiang

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In order to solve the problem that the conventional highway item quality control theories pay more attention to project construction quality, based on dynamic programming theory, the best quality index function of each phase should be consistent with the entirely process best quality index function, quality control of freeway item runs through the decision-making, design, construction, check and accept of a freeway item. The control method can make sure the quality index function of each phase is excellent and the item quality is excellent collectively, so the freeway item's investment and construction will bring benefits for the society, economy and other aspects even more.

Key words: traffic engineering; freeway; item quality control; dynamic programming; index function

0 引 言

高速公路项目质量控制是项目建设管理的核心,决定项目建设成败的关键。公路项目质量不是指单纯的工程质量,还包括建设过程各个阶段的质量及相应的工作质量,即公路项目决策质量、公路项目设计质量、公路项目施工质量、公路项目回访保修

质量^[1]。高速公路项目建设实施过程的每一个阶段都需要对项目质量进行(决策)控制,并且各阶段的决策(控制)的选取不是任意的,它依赖于当前参与公路项目建设的各方以及社会经济、自然环境、技术条件等约束,又影响下一阶段的发展。因此高速公路项目质量控制是一个动态过程。

传统的公路项目质量控制理论方法(如 PDCA

收稿日期:2003-11-15

作者简介:陈宽民(1957-),男,河南灵宝人,长安大学教授,博士。

法、控制图法、因果分析图法等)主要针对施工阶段质量控制研究,而将高速公路项目决策、设计、施工、竣工验收 4 个阶段作为一个全过程进行质量控制研究较少^[2]。本文应用动态规划理论,对高速公路项目的质量控制进行研究,给出了基于动态规划理论的高速公路项目质量控制方法。

1 质量控制的动态规划模型

将质量控制过程划分为项目决策、项目设计、项目施工、项目竣工保修 4 个控制阶段,并引入阶段变量 $k(k=1,2,3,4)$,相应的各阶段为状态 S_k (当 $k=1,2,3,4$ 时,分别是决策阶段、设计阶段、施工阶段、竣工保修阶段)。某阶段(状态 S_k)参与项目建设的有关各方、社会经济状况、自然状况及其他相关约束条件等对高速公路项目质量产生影响的各种因素称为该阶段的状态变量,用 S_{ki} 表示第 k 阶段的第 i 个状态变量,这样第 k 阶段状态集合可表示为: $S_k=(S_{k1}, S_{k2}, \dots, S_{ki}, \dots, S_{kr})$;相应的在各阶段采取的质量控制措施,称之为决策变量,用 $U_k(S_k)$ 表示。决策变量的选取不是任意的,通常限制在某一个范围内,用允许决策集合 $D_k(S_k)$ 表示这一范围,显然 $U_k(S_k) \in D_k(S_k)$ 。当项目建设过程处于某个状态时,在做出相应的决策(或控制)后,从而进入下一状态,这一过程可用状态转移方程 $S_{k+1}=T_k(S_k, U_k)$ 表示。各阶段指标函数用 $V_j(S_j, U_j)$ 表示, $j=1,2,3,4$ 时分别指项目决策质量、项目设计质量、项目施工质量、项目回访保修质量,全过程指标函数用 $V_{1,4}(S_1, U_1, S_2, U_2, \dots, S_5)$ 表示。从 k 阶段的状态 S_k 开始到终止状态的最优指标函数用 $f_k(S_k)$ 表示^[3]。

高速公路项目质量控制过程的动态规划模型见图 1)。控制过程可用动态规划的函数方程表示为^[4]

$$\begin{aligned} \max V_{1,4}(S_1, U_1, S_2, U_2, \dots, S_5) = & \\ & \sum V_k(S_k, U_k) \quad k=1,2,3,4 \\ \text{s.t. } & U_k(S_k) \in D_k(S_k), S_{k+1} \in S_k \\ & S_{k+1}=T_k(S_k, U_k), f_5(S_5)=0 \end{aligned}$$

高速公路项目质量控制动态规划过程可通过逆

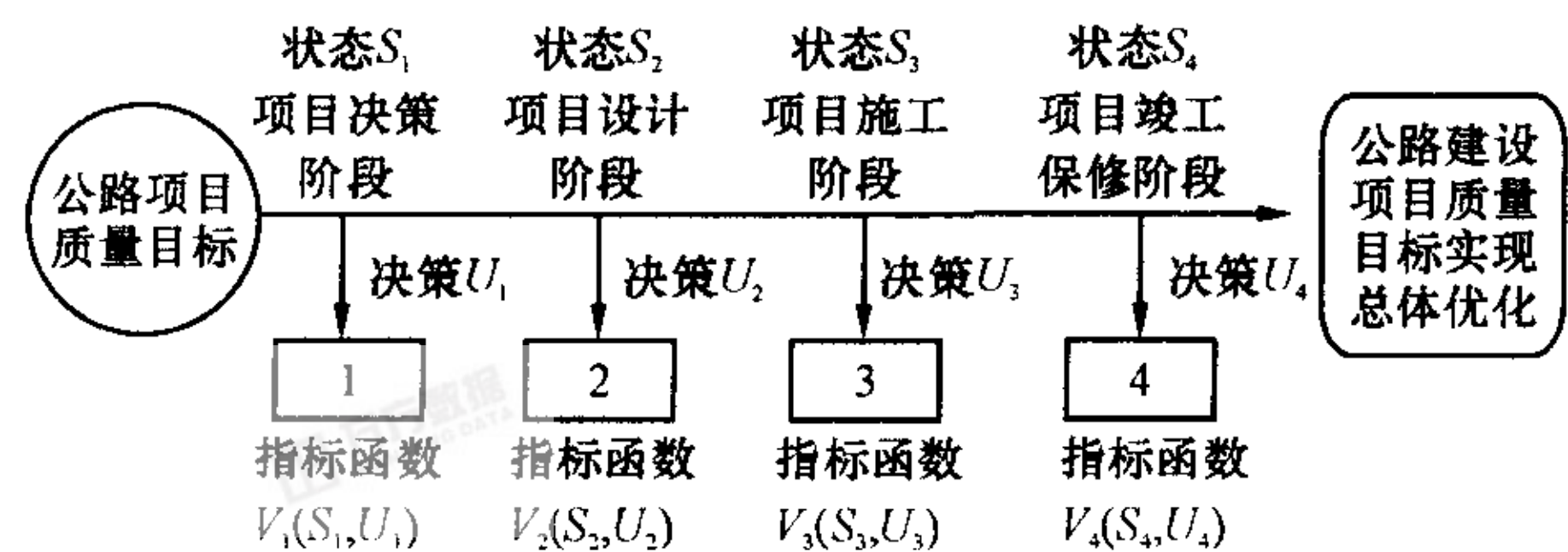


图 1 质量控制动态规划模型图

序解法求解。高速公路项目质量控制的线路是唯一的,这是由高速公路项目的建设程序决定的,即项目的建设过程必须严格按照决策、设计、施工、竣工验收 4 个阶段来实施。高速公路项目质量控制最大的特征是衡量所实现过程优劣的指标函数不是资源、路程等可用确切数字表示的量化指标,而是质量这一抽象概念。

2 质量控制的动态规划求解分析

由于高速公路项目质量控制这一多阶段决策过程决策线路的唯一性以及指标函数的抽象性,其求解过程与其他问题相比有特殊性。根据逆序解法,从项目质量总体优化出发,由后向前逆推,要求项目回访保修质量最优,进而要求项目施工质量最优以及设计质量和决策质量的最优化。各阶段质量的最优化也就是最优指标函数 $V_j^*(S_j, U_j)$ 可用定性语言表述,见表 1。

基于动态规划理论的高速公路项目质量控制,就是要使得(决策)控制变量作用下状态变量对各阶段指标函数的负面影响作用最小,从而全过程最优指标函数 $f_1(S_1)=\max \sum V_j^*(S_j, U_j)$,达到项目质量控制的目的,实现建设项目质量目标的总体优化以及与外部环境的协调。

表 1 高速公路项目建设各阶段最优指标函数值

阶段	最优指标函数 $V_j^*(S_j, U_j)$	指标函数主要评价指标
决策阶段	项目立项符合国家发展规划,其建设将对地区经济及交通发展起到促进作用,项目的建设及建成后对地区的环境无不良影响(确定质量目标与水平的依据,体现“做什么”)	1. 项目建议书的内容; 2. 可行性研究报告; 3. 设计任务书
设计阶段	完全满足设计任务书、工程勘察设计合同及有关法律、法规的要求;符合公路工程技术标准、规范(使质量目标与水平具体化,体现“如何做”)	1. 功能和使用价值的满足程度;2. 工程设计的安全可靠;3. 自然及社会环境的适应性及美观程度;4. 工程造价的控制状况;5. 设计进度的时间性
施工阶段	完全履行工程施工、监理合同及有关法律、法规;施工没有给环境造成不良影响(形成质量实体,体现“做出来”)	1. 功能和使用价值的实现程度;2. 工程的安全可靠性;3. 自然及社会环境的适应性及美观程度;4. 工程的经济性;5. 施工进度时间性
保修阶段	完全履行工程施工、监理合同及有关法律、法规;工程质量优良(体现达到目标水平的程度)	保持或恢复原使用功能的能力

3 状态转移与状态分析

高速公路项目建设过程的状态转移是指由一个状态转移到另一个状态的演变过程。从项目建设的初始状态决策阶段到终止状态竣工验收阶段,这一演变过程都是伴随着各阶段的决策进行的。当项目建设处于某一状态比如决策阶段时,高速公路项目建设的有关各方在一定的经济、资源、技术条件下进行项目建议书、可行性研究报告等的编制及审查、审批工作,在完成该阶段的各项任务基础上,最终决定项目是否立项执行,一旦项目立项并完成项目建议书的审批,即可转入项目设计阶段^[5,6]。可见伴随着高速公路项目决策阶段的“决策”行为,项目的建设过程也从初始状态转入设计阶段。状态 S_{k+1} 随着状态 S_k 和 U_k 的变化而变化,这种关系可用状态转移方程 $S_{k+1} = T_k(S_k, U_k)$ 表示。高速公路项目建设的状态转移过程(质量形成过程)图见图 2。

高速公路项目的建设过程也就是有关各方的工作与材料设备、技术方法、环境条件等的有机组合过程。由于指标函数是状态 S_k 和决策(控制) $U_k(S_k)$ 的函数,状态 S_k 中的各变量对项目质量有正负 2 个方面的影响,而决策是针对状态而言的,如何对状态进行分析是质量控制的关键环节。

高速公路项目建设按照决策、设计、施工、竣工这一线路进行状态变量分析,有利于发现状态变量与高速公路项目质量之间的内在联系。表 2 为高速公路项目建设各阶段状态变量集合。

表 2 高速公路项目建设各阶段状态变量集合

状态	子状态	状态变量集合 S_k
项目决策阶段	项目建议书阶段	1. 政府行政主管部门;2. 政府计划审批部门;3. 沿线地方政府;4. 社会公众及项目使用者;5. 项目法人;6. 科研咨询(设计)单位;7. 社会经济发展规划;8. 交通规划;9. 现状公路网及综合交通的分布状况;10. 资金、资源等经济约束;11. 沿线自然及生态环境;12. 技术条件
	可行性研究阶段	
	设计任务书阶段	
项目设计阶段	初步设计阶段	1. 项目法人;2. 科研咨询单位;3. 设计单位;4. 沿线地形地质等自然条件;5. 资金、技术、资源条件
	施工图设计阶段	
项目施工阶段	招标文件编制阶段	1. 政府质量监督、检测部门;2. 项目法人、科研咨询单位;3. 监理单位;4. 施工单位;5. 材料、设备供应商;6. 沿线地方政府及居民;7. 原材料、半成品、构配件、施工机械设备等;8. 施工技术方案等;9. 气候、地质等自然因素
	项目施工招投标	
	征地拆迁等准备工作	
	编制项目开工报告	
	项目施工实施阶段	
回访保修阶段	竣工验收、保修阶段	1. 政府质量监督、检测部门 2. 项目法人 3. 监理单位 4. 施工单位 5. 设计单位

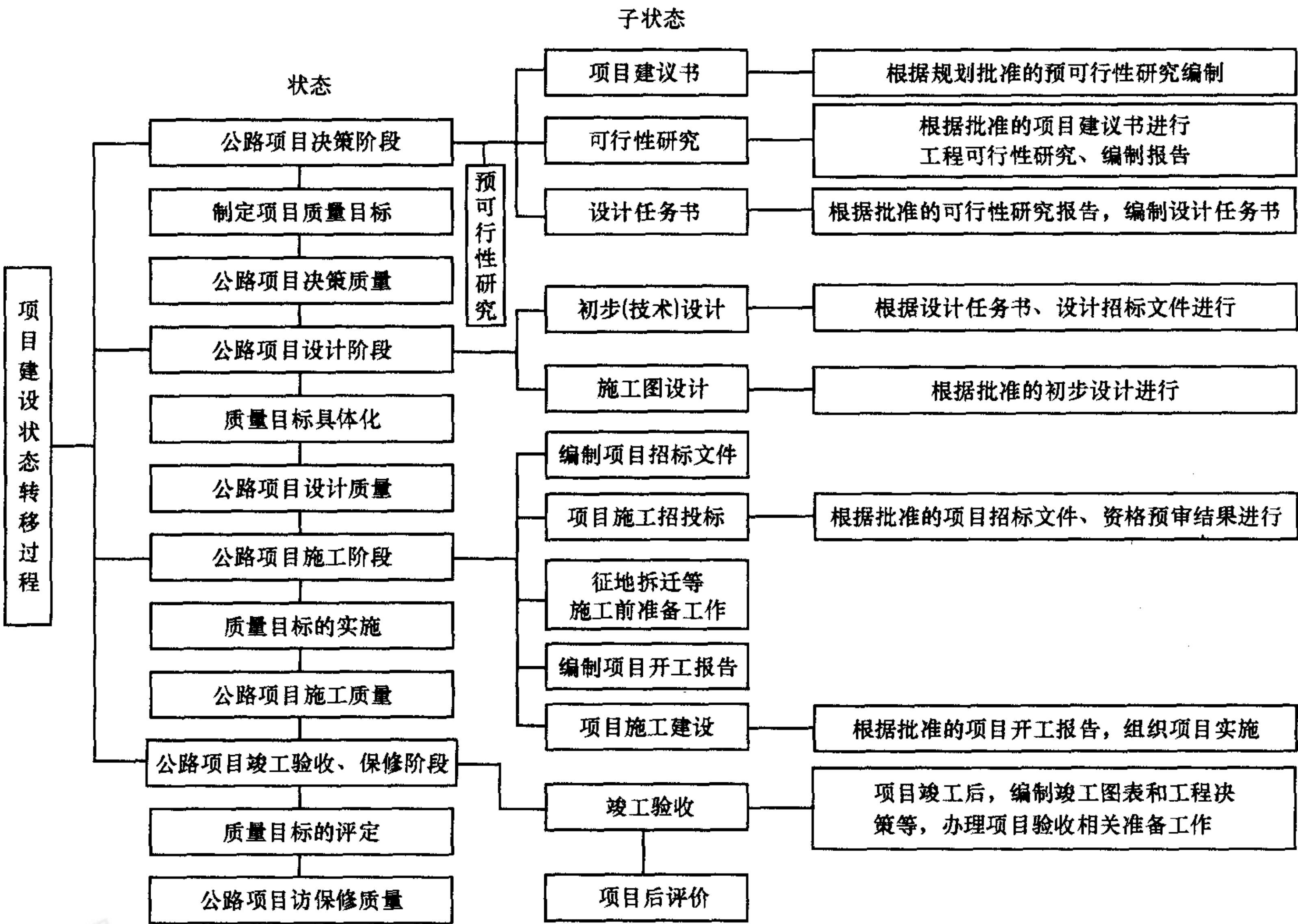


图 2 高速公路项目建设状态转移过程图

将项目建设全过程划分为 4 个状态、11 个子状态,并给出了相应的状态变量,在此基础上再进行状态变量的特征分析。运用层次分析法将其划分为建设各方、材料设备、技术方法、环境 4 大类,从 4 大类变量的特征分析看,建设各方的工作质量和技术方法具有较大可变性,环境中的自然环境和社会环境中的一些变量具有不可预测性,对其进行控制的难度较大,材料设备的质量及其对质量的影响具有较强的可控性。状态变量的层次划分见表 3^[7]。

表 3 高速公路项目状态变量层次分析表

第一层	第二层	第三层
建设各方	政府部门	1. 对项目建议书、可行性研究报告、设计任务书的审批;2. 质量监督、检测部门对工程质量的监督及事故鉴定等
	项目法人	1. 项目建议书、可行性研究报告、设计任务书的编制及审查;2. 组织项目设计、施工、监理招投标及评审;3. 设计文件的审查;4. 建立本项目的质量监控体系;5. 对合同履行程度的监督;6. 质量缺陷、事故、设计变更的处理
	沿线地方政府及居民	1. 对项目立项决策的参与;2. 对征地拆迁工作及施工期间的配合
	设计单位	1. 编制设计文件;2. 其他受咨询业务;3. 处理设计变更
	科研咨询单位	1. 受委托编制项目建议书、可行性研究报告、设计任务书;2. 会同业主进行项目建议书、可行性研究报告、设计任务书或涉及文件的审查;3. 会同业主进行招投标的评审
	监理单位	履行合同承诺
	施工单位	1. 履行合同承诺;2. 分包行为及其管理;3. 质量保证体系
	材料、设备供应商	有无作弊行为
	项目使用者	1. 有无参与项目的决策建议;2. 项目服务水平的认可度
材料设备	材料	原材料、半成品、够配件等质量
	设备	施工机械、质量检测、勘测设计、试验等设备的性能
技术方法	决策技术	交通量预测、多方案评价、社会经济影响评价等
	设计方法	新技术、新工艺、新方案等
	施工技术	施工组织、计划、方案等
	质量检测技术	科学性、方便程度
环境	自然环境	地质、气候、沿线人文、自然景观
	社会环境	建设市场规范程度、建设各方的廉政道德建设
	施工环境	1. 施工场地、通道;2. 水电供应、交通条件等;3. 施工场地内其它设施

通过状态变量的层次分析,可以确定 $U_k(S_k)$ 与状态 S_k 密切相关。以决策阶段的允许决策(控制)

集合与该阶段状态变量分析为例,决策变量主要涉及到政府部门、项目法人、科研咨询(设计)单位,进一步分析,我们可以看到决策变量的实质是上述建设各方在项目建设过程中的相关建设行为的具体表征。其他各阶段的决策与状态也有上述性质。因此高速公路项目建设质量控制存在这样 1 个问题,作为状态变量的建设各方同时又是决策(控制)的主体,无疑其工作质量与项目质量控制密切相关,它既是项目建设质量的影响因素又是控制因素。因此高速公路项目质量控制的核心问题是如何采取有效措施提高公路建设各方的工作质量,从而保证对材料设备质量及性能进行有效控制,有效地改进技术方法,并对环境可能造成的不利情况进行预防。

4 高速公路项目质量控制的决策分析

基于动态规划的高速公路项目质量控制过程中,阶段的最优决策与全过程的最优决策是一致的。因此,高速公路项目质量控制必须一次成功。

高速公路项目质量控制目标能否实现取决于全过程的一系列决策是否构成最优策略。对于不同的公路项目,项目状态变量的特征差异较大,因而最优策略也存在较大差异,但允许策略集合一般是相同的。表 4 给出了允许策略集合的一般概括,在实际操作时还要进行更详细的分析,表中所列的每一项决策都包含众多的工作环节,涉及有关建设各方,能否保证决策最优要根据实际情况做出相应的对策调整。

表 4 高速公路项目建设各阶段决策变量集合

阶段	允许决策集合 $D_k(S_k)$
决策阶段	1. 项目建议书的编制、审查、审批;2. 可行性研究报告的编制、审查、审批;3. 设计任务书的编制、审查、审批
设计阶段	1. 勘察设计招投标;2. 建立设计质量保证体系;3. 设计文件的审查
施工阶段	1. 施工、监理招投标;2. 业主的合同管理;3. 施工质量控制体系;4. 政府部门的质量监督;5. 征地拆迁工作;6. 对气候、地质等不可抗拒自然因素的防范
回访保修	1. 竣工验收;2. 发现及解决问题;3. 质量缺陷责任期

5 项目建议书阶段质量控制分析

以子状态项目建议书阶段的质量控制为例进行简要分析。项目建议书是业主单位向国家提出的要求建设某一项目的建议文件,是对建设项目的轮廓设想,主要从宏观上来考察项目建设的必要性,看其是否符合国家长远规划的方针和要求,同时初步分

析项目建设的条件是否具备,是否值得投入人力、物力作进一步的深入研究。项目建议书阶段是公路项目质量控制的第一个环节。

按照本文提出的动态规划方法,首先确定最优指标函数,即项目建设必须符合国民经济长远规划,符合部门行业和地区规划的要求,并且具有良好的社会效益和经济效益,项目的建设不会对生态环境和社会环境造成负面影响。

状态变量主要包括项目业主、交通行政主管部门、政府计划审批部门等,决策变量就是以上各方的相关行为。

项目业主的质量控制主要体现在编制项目建议书必须本着对国家、社会负责的态度,而不能从本地区、本部门的局部利益出发,否则不仅难以保证项目建议书的质量,甚至影响公路项目决策质量,可能造成国家投资决策失误给国家带来巨大损失。

交通行政主管部门和政府计划审批部门进行项目建议书的审批正是为了有效防止盲目投资,避免不良项目的有效控制程序。随着中国公路建设市场的进一步开放,项目投资主体多元化趋势更加明显,国家对项目的审批制度也在进行改革,不同投资主体的项目,其审批重点也应有所侧重,对于自主投资建设的经营性高速公路项目应重点审查其布局对自然、生态环境、土地利用及社会环境造成的影响等。

6 结 语

(1)基于动态规划理论的高速公路项目质量控制,与其他多阶段决策问题相比具有一般动态规划的基本特征,在解法上又区别于其他动态规划问题,是运用动态规划基本思想进行质量控制的一种方法。通过指标函数的确定,可以找出影响指标函数的关键因素,即相关状态,通过状态的特征分析而采取相应的决策。

(2)虽然可将全过程最优指标函数定义为各阶段最优指标函数的综合,但对高速公路项目质量起决定性作用的应该是高速公路项目决策质量,从动态规划的逆序解法很容易证明这一点。

(3)本文的质量控制理论方法在郑州西南绕城高速公路项目建设中得到了运用,并取得较好的

效果。

参考文献:

References:

- [1] 陈传德. 公路项目建设管理手册[M]. 北京:人民交通出版社,2002.
CHEN Chuan-de. The manual of highway item construction manage[M]. Beijing: People's Communication Press, 2002.
- [2] 李宇峙. 工程质量监理[M]. 北京:人民交通出版社, 2001.
LI Yu-zhi. Project quality supervise[M]. Beijing: People's Communication Press, 2001.
- [3] 钱颂迪. 运筹学(修订版)[M]. 北京:清华大学出版社,1990.
QIAN Song-di. Operational research[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1990.
- [4] 张劲文,张起森. 高速公路项目管理[J]. 中外公路, 2001,21(5):43—46.
ZHANG Jin-wen, ZHANG Qi-sen. Freeway item manage[J]. Journal of China and Foreign Highway, 2001, 21(5):43—46.
- [5] 江苏省高速公路建设指挥部. 江苏省高速公路建设文件汇编(1997—1999)[Z]. 南京:江苏省高速公路建设指挥部,1999.
Freeway Construction Headquarters of Jiangsu Province. Freeway construction documents collection of Jiangsu Province(1997—1999)[Z]. Nanjing: Freeway Construction Headquarters of Jiangsu Province, 1999.
- [6] 曾江洪. 试论高速公路全面质量管理[J]. 湖南交通科技,2000,(3):37—39.
ZENG Jiang-hong. Discuss on freeway quality control entirely[J]. Hunan Communication Science and Technology, 2000,(3):37—39.
- [7] 冯基学,张玉芬. 公路建设项目中环境影响评价指标[J]. 长安大学学报(自然科学版),2002,22(1):24—27.
FENG Ji-xue, ZHANG Yu-fen. Assessment index of noise environment of highway projects[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2002, 22(1):24—27.