

# Life Cycle Cost Control and Optimization of Highway Engineering

Huan Zhang<sup>1</sup>, Yadong Xiong<sup>2</sup>, Guogang Ying<sup>3\*</sup>, Xinqian Le<sup>3</sup>, Zhihang Yang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ningbo High-Grade Highway Construction Headquarters, Ningbo Zhejiang

<sup>2</sup>Ningbo Traffic Engineering Management Center, Ningbo Zhejiang

<sup>3</sup>Ningbo Tech University, Ningbo Zhejiang

Email: \*747082608@qq.com

Received: Jun. 10<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jul. 3<sup>rd</sup>, 2020; published: Jul. 10<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Due to the development of large-scale social production and the rise of life-cycle cost control, the traditional cost management model has been unable to meet the needs of engineering. How to make corresponding designs for different stages and optimize cost control to increase the value of the project has become the ultimate goal of cost control. Based on the study of the adaptability of highway construction and LCC and the theory of the whole life cycle of highway engineering, this paper obtains the preliminary highway engineering cost control method: Through understanding the current status of highway project cost control, rationally and scientifically optimize the project cost control, and obtain further highway engineering cost control measures; Establish the highway engineering life cycle cost control and optimization model, quantify the cost of each stage, analyze the main factors affecting the cost change of each stage, refine the cost control, realize the highway engineering life cycle cost control and optimization.

## Keywords

Life Cycle Cost, Cost Control, the Optimization Design

---

# 公路工程全寿命周期造价控制及优化研究

张 桓<sup>1</sup>, 熊亚东<sup>2</sup>, 应国刚<sup>3\*</sup>, 乐昕倩<sup>3</sup>, 杨智杭<sup>3</sup>

<sup>1</sup>宁波市高等级公路建设指挥部, 浙江 宁波

<sup>2</sup>宁波市交通工程管理中心, 浙江 宁波

<sup>3</sup>浙大宁波理工学院, 浙江 宁波

Email: \*747082608@qq.com

收稿日期: 2020年6月10日; 录用日期: 2020年7月3日; 发布日期: 2020年7月10日

\*通讯作者。

## 摘要

由于社会化大生产的发展和全寿命周期造价控制的兴起,传统的造价管理模式已经不能符合工程需求。如何针对不同阶段作出相应的设计、优化造价控制以增加项目的价值成为造价控制的最终目标。本文在研究公路建设与LCC适应性和公路工程全寿命周期理论的基础上,得出初步的公路工程造价控制办法:通过对公路工程项目造价控制现状的了解,对工程造价控制进行合理、科学的优化,得出进一步的公路工程造价控制办法;建立公路工程全寿命周期造价控制与优化模型,对各阶段的造价进行量化,分析影响各阶段造价变化的主要因素,进行造价控制的细化,实现公路工程全寿命周期造价控制与优化。

## 关键词

全寿命周期造价, 造价控制, 优化设计

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

20世纪70年代末和80年代初,以英国皇家特许测量师为主的英美一些造价工程界的学者和实际工程者将项目竣工后的使用维护阶段也纳入造价管理范围,提出了以实现整个寿命周期总造价最小化为目标的全寿命周期造价管理(Life Cycle Cost Management, 简称LCCM)理论。

全寿命周期工程造价管理是指一种贯穿工程项目全寿命周期,包括工程项目前期、建设期、使用期和翻新与拆除期等阶段总造价最小化的方法,全寿命周期造价管理是一种可审计跟踪的工程成本管理系统。它既可以被看作工程项目投资决策的一种分析工具,或一种用来选择决策备选方案的数学方法,也被作为计算工程项目整个寿命期的所有成本,确定设计方案的一种技术方法。目前其在国外已经发展成为一种比较普遍的工程造价管理方法,得到了世界银行等国际性银行投资组织的认可和推广。

我国传统的公路造价管理依据地方或国家统一的标准进行工程量、造价定额的套用,然后确定一个公路工程项目的最终造价,关注的是工程在各阶段的结算控制。在工程建设期未考虑项目后期费用,容易出现后期造价不受前期造价控制的问题。等实际造价控制不利时再采取造价控制方法为时已晚,这就要求传统的公路造价控制模式转变为主动、科学、全面控制工程造价的现代管理模式[1]。根据《基于全寿命周期的公路工程造价管理研究》、《论公路工程全过程造价管理模式的问题及对策》等著作的研究,全寿命周期理念对工程造价进行系统化、具体化的分析,结合工程造价控制的优化设计,提高了公路工程项目的价值,本文即在全寿命周期理论的基础上,得出初步的公路工程造价控制办法。

## 2. 公路工程造价控制

### 2.1. 全寿命周期造价控制思想

工程建造费用与使用费用两者的关系以及各自对工程项目功能与成本的影响情况如图1所示。公路工程全寿命周期造价控制与优化,其最终目标是要在满足工程规定功能需求的基础上,实现全寿命周期造价的最低。为了实现全寿命周期造价的最低值,就要寻找工程项目使用费与工程项目建造费之间的均衡点。在这个均衡点上,工程项目的建造费与使用费比较合理,核算的全寿命周期造价最低[2]。

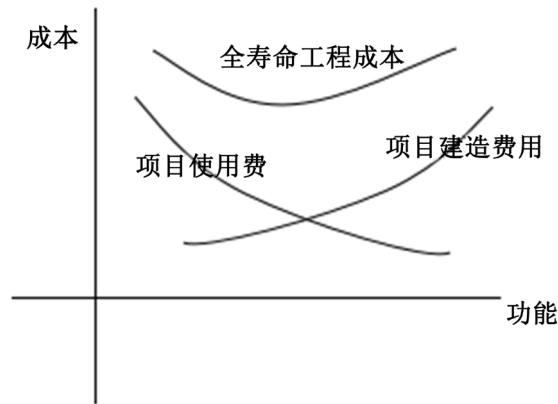


Figure 1. Construction project life cycle function-cost diagram  
图 1. 建设项目全寿命周期功能 - 成本关系图

## 2.2. 公路工程全寿命周期理论

公路工程项目的全寿命周期理论主要包括全寿命设计、全寿命成本分析和全寿命周期评价。全寿命设计是以满足公路工程规定的功能需求为前提，在考虑经济、社会、环境等因素的基础上，将工程质量与性能作为核心进行的可持续设计。公路工程全寿命周期成本(Life Cycle Cost)也称寿命周期成本，由美国国防部于 20 世纪 60 年代末正式提出并率先在武器装备的研制中应用。LCC 是公路工程项目在全寿命周期内发生的一切与建设、维护和管理有关费用，包括机构成本、使用者成本和不确定性成本。公路工程全寿命周期造价控制评价方法有技术经济评价法、价值分析法、系统分析法等，其中价值分析法是比较容易量化分析的一种方法[3]。

## 2.3. 公路工程全寿命周期造价控制方法：工程限额设计

限额设计要求在达到合理的限额时，实现工程价值最大化[4]。工程限额设计按照前期阶段的估算控制初步设计，由初步设计得出的概算控制施工图设计阶段，以施工图设计得出的预算控制决算，实现估算控制概算、概算控制预算、预算控制决算的公路工程造价控制。

通过研究影响公路工程项目全寿命周期造价的因素，进行方案比选与全寿命周期评价，结合全寿命周期成本理论，在满足工程要求功能的基础上寻找最低公路全寿命造价，是限额设计的最终目标。限额设计的最低目标为设计概算，较高要求为项目投资估算。

## 3. 公路工程项目造价控制现状

### 3.1. 公路造价控制的法制环境

我国法律法规的制定者包括全国人大及其常委会、国务院和交通运输部，其中涉及公路工程项目造价控制的法律法规大致可分为规范公路建设市场、管理建设环节和规范成本费用计价核算三类[5]。

### 3.2. 公路工程造价控制存在的问题

#### 3.2.1. 公路工程全寿命周期成本分析造价控制组织结构有待优化

项目公司内部各部门专注各自职能范围内的事务和考核指标，相互之间沟通很少，对除自己以外的其他部门缺乏了解，没有统一有效的项目公司造价控制协调结构。

项目公司内部缺乏独立的项目监督机构，工程项目的造价控制主要依靠各单位的自觉性，无法对造价控制组织结构的决策者和执行部门进行监督[6]。

### 3.2.2. 工程项目建设全过程造价控制不力

“三超”现象仍很常见，工程全过程的造价控制仍然存在较大的问题：决策阶段缺乏严谨的科学依据、动态评估不合理、资金分配不合理。实施阶段监督管理未发挥作用、不重视设计变更引起的造价变化。使用阶段病害处理不妥当、公路养护存在不足。

### 3.2.3. 全寿命造价控制环境不成熟

我国现阶段的公路工程全寿命造价控制理论较为分散，未形成统一有效的公路工程造价管理制度规范和行业标准；没有明确的政策引导公路建设按照全寿命周期的相关理论进行设计与建设；缺乏较为系统的全寿命周期造价控制大数据作为公路工程建设与管理时的参考[7]。

## 4. 公路工程全寿命周期造价控制与优化

### 4.1. 定位项目造价控制关键点

项目造价控制关键点是指在公路全寿命周期内起重要作用与影响的关键环节或事项。把握并正确处理造价控制关键点，对造价控制关键点采取有效的措施，有利于实现公路工程的造价有效控制与管理[8]。

除了将工程建设项目基本程序对应造价作为控制关键点，项目公司要求、施工环境改变以及其他不确定性事件的发生，会出现原有设计文件中未提及的工程项目和对应的工程量变更问题。对工程变更及对应工程量控制不利时，容易延误项目工期，造成造价管理失误，因此也将工程变更作为造价控制关键点。

### 4.2. 强化项目建设全过程造价控制措施

#### 4.2.1. 公路建设资金管理

随着我国科学技术和国民经济的发展，依靠国家和企业财力的传统建设模式已经不能满足新时代的公路建设需求。借鉴银行贷款封闭运行办法，探索“封闭运行、双系统控制”的工程建设资金管理新模式。

“封闭运行、双系统控制”指银行监管和业主内部管理相结合，项目业主及其开户银行(包括开户银行的分支结构)依靠银行先进网络监管系统和业主内部管理机制共同对施工、监理单位及地方指挥部的资金收、付、转实行全过程全方位监督、控制与管理，确保工程建设资金安全有效地使用和专款专用的工程建设资金管理新模式。

#### 4.2.2. 公路全寿命造价优化控制

工程建设项目的全寿命周期进程对 LCC 的影响程度各不相同且呈递减趋势，要把工程项目前期作为造价控制主要阶段，具体分析工程全寿命周期内的其余各阶段造价情况，对公路工程全寿命周期内不同阶段采取相应的造价控制与优化管理措施。

##### 1) 项目建议书和可行性研究阶段

工程限额设计的较高要求为项目建议书和可研报告阶段的工程估算，为了实现更好的公路工程造价控制管理，需要适当增加项目前期阶段的投资，提高可研报告真实性和科学性、合理性，然后依据规划方案计算公路工程的相关费用。避免出现先决策后报告、项目建设单位领导主观意志决定项目方案、造价相关管理人员凭借经验编制报告等情况。

编制人员根据交通部颁布的《公路工程投资估算编制办法》计算投资估算，结合经济、社会、政策、技术等指标进行造价评价，编制可行性研究报告。严格按照相关办法计算工程量后，要检查是否存在漏项、缺项、重复的问题，尽量保证投资估算合理、真实、可靠，为实现估算控制概算打下基础。

## 2) 设计阶段

概算按照交通部颁布的《公路基本建设工程概算、预算编制方法》、《公路工程概算定额》编制，是公路工程项目总投资的最高限额。当概算超过估算的 10% 时，修编可行性研究报告和估算，并交由原批准部门重新审批。预算造价根据交通部《公路基本建设工程概算、预算编制方法》、《公路工程预算定额》编制，保证估算控制概算，概算控制预算。

## 3) 招投标阶段

业主、有资质的公路造价咨询机构根据地区、国家有关招投标内容的规定，结合当地的公路工程建设实际环境进行标底的编制。投标单位在考虑自身技术、经济运营条件的基础上确定投标报价。

## 4) 合同实施阶段

业主、监理工程师和承包商三方协调合作。业主建立合同管理、技术管理、质量与进度管理等必要的管理机构，选择可靠的监理单位监督公路工程项目建设。按合同条款中的计价方法计算工程结算造价，保证结算在合理控制范围内波动。

## 5) 竣工验收阶段

决算依据竣工决算报告编制办法编制，经审查后提交竣工验收委员会审定。

## 6) 项目使用阶段

公路病害的产生与地方气候、交通量密不可分，分析产生公路病害的具体原因，选择相适应的公路养护决策方案；编制科学合理的公路工程施工组织设计，按照公路工程养护维修特点进行造价控制；建立养护资金标准，如宁波市的《关于印发宁波市农村公路管理养护体制改革实施意见的通知》等。

## 7) 项目改建或拆除阶段

尽量充分利用旧路资源；合理利用虽有病害但是结构尚好、还有利用价值的桥涵等结构性工程；确定路基合理高度，尽量减少公路工程土石方数量；就近利用路面材料，结合工程建设环境择优选择合理的路面结构形式；防护工程尽量采用自然的环保方式，降低公路建设对自然环境的影响，减少工程造价。

公路工程全寿命周期造价各阶段及具体相应造价控制措施、要点如表 1 所示。

**Table 1.** Highway life cycle cost stages and corresponding cost control measures and key points

**表 1.** 公路全寿命周期造价各阶段及相应造价控制措施与要点

公路造价控制阶段	造价控制
项目建议书和可行性研究阶段	可靠的编制依据；编制内容与规定一致；造价信息真实、合理、科学。
设计阶段	竞选工程设计方案；完善设计单位技术经济责任制；运用限额设计的方法进行造价控制。
招投标阶段	套用定额计算工程量；取费符合有关规定；审查标底、投标文件等。
合同实施阶段	加强对工程难点的控制；严格按承包方法、图纸和技术标准进行工程建设；监理结合经济、组织、技术、合同等主动控制造价；工程变更和费用记录；质量监督、进度监督等。
竣工验收阶段	按标准规范编制决算；建立投资回报反馈；项目后评价。
使用阶段	选择与病害相适应的公路养护决策方案；按公路养护维修特点进行造价控制；各部门形成有机统一的整体。
改建或拆除阶段	充分利用旧路资源和有利用价值的桥涵等结构性工程；确定路基合理高度；就近利用路面材料；选择合理的路面结构形式；防护工程尽量采用自然的环保方式。
要点：设计阶段为工程全寿命周期造价控制重点阶段；尽量回避各种工程风险；合理控制工程变更和相关费用。	

公路工程项目的分阶段造价控制方法和全寿命周期造价控制方法相互影响，共同促进公路工程造价控制管理。

其中，分阶段造价控制将公路工程造价相对独立化、具体化，研究具有阶段特征的不同造价控制情况，是公路工程全寿命周期造价控制的基础。全寿命周期造价控制用系统化的思想进行工程的造价控制与优化管理，层层递进，以全寿命周期为推进轴线，前者造价控制后者造价，后者造价影响前者造价。全寿命周期造价控制是分阶段造价控制的最终目标。

#### 4.2.3. 准确计算工程量

保证工程量的准确计算主要由设立工程计量支付台账、建立和更新工程签证信息、控制公路隐蔽工程等内容组成。

#### 4.2.4. 工程合同横纵向管理

公路工程项目合同管理分为横向管理和纵向管理。合同横向管理是根据标的物不同进行的合同分类管理，合同纵向管理是根据工程的建设进展进行的合同分类与管理。

### 4.3. 其他造价控制与管理措施

- 1) 建立健全公路造价管理机制；
- 2) 全面提高造价人员素质；
- 3) 建设、完善造价信息管理系统。

## 5. 案例分析——S319 省道宁波北段改建案例

### 5.1. 工程概况

S319 省道江北段东起北环西路交叉口西与余姚交界，公路管辖里程 16.3 公里，是连接宁波中心城快速路系统“四横五纵五连”中重要的一条通道，实现了余姚、杭州方向与江北片区、海曙片区等的联系，同时又沟通了沈海高速、绕城高速、北环高架、机场高架。该工程估算在 8.2 亿元内，概算造价为 8.1 亿元，预算造价为 7.5 亿元，决算造价为 7 亿元，项目在全寿命周期内各阶段造价变化如图 2 所示[4]。

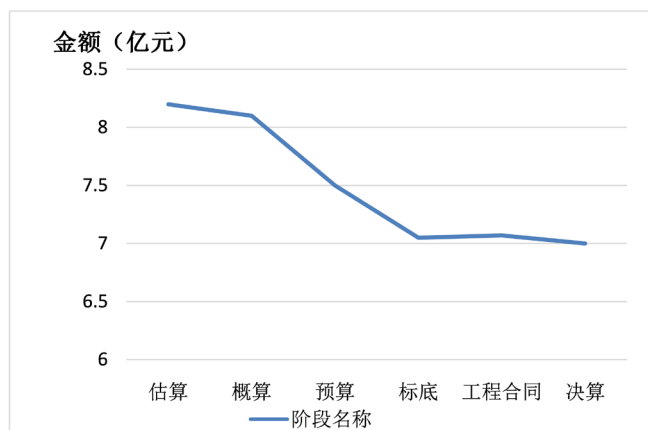


Figure 2. The variation of highway cost in each stage

图 2. 公路各阶段造价变化情况

由图可知，公路工程决算造价小于预算造价，预算造价小于概算造价，概算造价小于估算造价。工程的标底、合同价和决算大致相等。

## 5.2. 公路工程项目的造价控制

公路工程全寿命造价控制优化的要点为：设计阶段为工程全寿命造价控制的重要阶段；尽量回避工程风险；合理控制工程变更及对应的造价。即将公路全寿命周期内的设计阶段和施工阶段作为重点控制阶段[9]。

### 1) 工程设计阶段造价分析

公路工程造价控制的重点为建筑安装工程费，以建筑安装工程费用的优化与控制进行工程在设计阶段的造价情况分析，具体情况如图3所示。

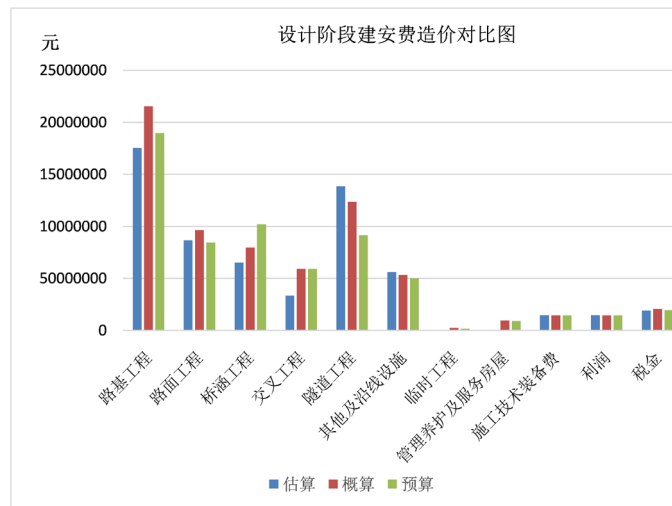


Figure 3. Comparison of construction and installation cost  
图3. 设计阶段建安费不同类目造价对比

可以看出，影响公路工程设计阶段造价的主要因素是路基、桥涵、交叉和隧道等结构性工程的工程量和相应造价，分别对它们进行优化控制。

### 2) 工程施工阶段造价分析

同样以建筑安装工程费为主要研究对象，对公路工程施工阶段的造价进行分析，具体情况如图4所示。

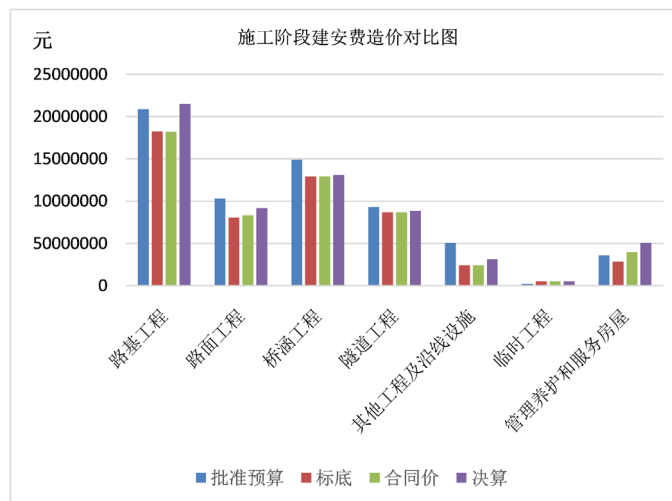


Figure 4. Comparison of construction and installation cost  
图4. 施工阶段建安费不同类目造价对比

建安费各类目造价的标底与合同价几乎相等, 决算一般比合同价高。因此在控制造价时, 通常设置标底低于批准预算一定空间, 防止决算超合同价过多造成决算超预算的情况。

## 6. 结论

### 1) 分析思路

主要以工程设计阶段和施工阶段的造价情况和工程量为研究对象, 对不同类目的造价进行对比分析, 在研究影响公路阶段性造价原因的基础上, 进行主要原因的摘选, 采用限额设计的方法实现造价控制。

### 2) 造价控制、优化要点

在工程设计阶段, 引起工程项目从估算、概算到预算的造价变化主要原因是设计方案的调整、选择和优化。为了实现更好的造价控制, 工程项目在前期阶段要投入一定的人力、物力, 保证研究报告真实性, 让报告尽量满足科学性、合理性、经济性的要求, 以工程预期功能和最低全寿命造价为目标, 对项目造价进行动态性评估, 及时反馈造价控制, 使工程造价在可控范围内尽量优化。

在工程施工阶段, 工程变更是影响工程造价的主要原因, 为了实现更好的造价控制, 需要完善设计变更和索赔程序, 尽量减少出现工程变更的概率。一旦出现工程变更, 必须按照工程变更程序控制造价。造价管理部门要加大对工程变更的审核力度, 有效管理由工程变更引起的造价变化。施工、监理、设计和业主四方要发挥各自职能, 建立和谐、有序、健康的造价控制组织结构。

## 参考文献

- [1] 周雪娇. 论公路工程全过程造价管理模式的问题及对策[J]. 中国科技纵横, 2010(15): 233+265.
- [2] 白鑫. 基于全寿命周期的公路工程造价管理研究[J]. 工业技术, 2015(11): 48-50.
- [3] 张悦民. 浅谈建设项目全寿命周期成本控制[J]. 福建建筑, 2008(5): 91-93.
- [4] 肖雄. 限额设计在公路工程造价控制中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 长沙理工大学, 2012.
- [5] 仇培. 公路工程造价的回顾与展望[J]. 安徽建筑, 2004(6): 130-131.
- [6] 冯芝媛. 公路工程造价管理技术发展趋势与对策分析[J]. 商业经济, 2014 (11): 104-105.
- [7] 陈思博. 公路工程造价的发展方向[J]. 科技经济导刊, 2018, 26(19): 90.
- [8] 沈鸿雁. 基于全寿命周期的公路建设政策理论、方法与应用[D]: [博士学位论文]. 上海: 同济大学, 2007.
- [9] 刘贵忠, 朱巧云. 经营性公路与非经营性公路有关问题的理解和探讨[J]. 交通财会, 1999 (10): 18-19.