

供应链波动下公路工程材料单价管控与风险应对

何立锋

中铁长江交通设计集团有限公司 重庆 401121

【摘要】：公路工程项目中，材料费用通常占项目总造价的50%~65%，其价格波动对项目成本控制具有决定性影响。本文基于供应链波动理论，系统分析了材料单价波动的主要因素及其传导机制。以某高速公路项目为例，通过建立风险评估模型和动态采购策略，量化分析了供应链波动对材料成本的影响程度。研究表明，钢材、水泥等大宗材料价格波动幅度可达±20%~30%，通过多元化采购、长期合同锁定、期货对冲等管控措施，可有效降低材料成本波动风险，将材料成本偏差控制在±3%以内。本文提出的管控策略和风险应对方案，为公路工程项目在供应链波动环境下的成本控制提供了量化依据和实践指导。

【关键词】：供应链波动；公路工程；材料单价；成本管控；风险应对；期货对冲

DOI:10.12417/2811-0722.26.05.090

引言

公路工程项目的材料费用通常占项目总造价的50%~65%，是成本控制的核心环节。据统计，2019-2025年间，螺纹钢价格波动幅度达±25%，水泥价格波动幅度达±18%，沥青价格波动幅度达±30%。供应链波动对公路工程材料单价的影响日益显著，如何有效管控材料单价波动风险，已成为工程成本控制的关键课题。

本文基于供应链波动理论，系统分析材料单价波动的影响因素和传导机制，结合某高速公路项目案例，通过建立风险评估模型和动态采购策略，量化分析供应链波动对材料成本的影响程度，提出针对性的管控措施和风险应对策略。

1 供应链波动对公路工程材料单价的影响

1.1 供应链波动的定义与特征

供应链波动是指在供应链体系中，因外部或内部因素变化导致的物料供应、价格、运输等环节的不稳定现象。根据对近5年公路工程主要材料价格的监测数据，供应链波动呈现以下特征：

特征类型	具体表现	量化指标
波动频率	价格调整周期缩短	2019年以前：年均调价35次 2023-2025年：年均调价812次
波动幅度	价格涨跌幅度扩大	钢材：±15%~25% 水泥：±12%~18% 沥青：±20%~30%
波动持续性	价格趋势持续时间变长	上涨周期：6~12个月 下跌周期：3~6个月
区域差异性	不同区域波动不同步	东部与西部价差可达10%~15%

以某项目为例，2024年螺纹钢价格从年初的3800元/t上涨至8月的4600元/t，涨幅达21%，单年振幅达25%，给材料采购带来巨大挑战。

1.2 供应链波动对材料价格的传导机制

供应链波动对材料价格的传导机制可通过以下路径量化分析：

(1) 原材料价格传导。钢材、水泥等主要材料的原材料成本占总成本的60%~70%。以钢材为例，铁矿石价格每上涨10%，螺纹钢成本约增加6%~8%。根据2024年数据，铁矿石价格从800元/t涨至1100元/t（涨幅37.5%），带动螺纹钢价格从3800元/t涨至4600元/t（涨幅21%），传导系数约0.56。

(2) 运输成本传导。运输费用占材料到岸价的5%~15%。当油价上涨或运力紧张时，运输成本上升直接推高材料单价。以2024年为例，柴油价格从7.5元/L涨至8.5元/L（涨幅13.3%），导致钢材运输成本增加约2.5元/t·km，按平均运距100km计算，每吨钢材运输成本增加约250元，占钢材单价的5.4%。

(3) 信息不对称传导。供应链中的信息不对称导致市场预期不稳定，加剧价格波动。研究表明，当市场出现供应紧张信号时，下游企业恐慌性采购可使价格在短期内上涨5%~10%，超出基本面变化的影响。

(4) 汇率波动传导。对于进口依赖度较高的材料（如沥青、部分特种钢材），汇率波动直接影响材料单价。2024年人民币兑美元汇率从6.8贬值至7.3（贬值7.4%），导致进口沥青成本增加约200元/t。

1.3 公路工程项目材料单价波动的案例分析

某高速公路项目（全长32km）材料采购情况如下：

材料	采购量	计划单价	实际单价	价格涨幅	成本超支
螺纹钢	8.2万t	3900元/t	4450元/t	14.10%	4510万元
水泥	28万t	420元/t	480元/t	14.30%	1680万元
沥青	1.5万t	3600元/t	4500元/t	25.00%	1350万元
合计	-	-	-	-	7540万元

深入分析发现，供应链中断（铁矿石供应紧张）、运输瓶

颈（燃油价格上涨）、政策调整（环保限产）是造成价格波动的主要原因。这一案例凸显了在项目前期对供应链波动进行有效预判和风险应对的重要性。

2 材料单价波动的风险评估方法

2.1 风险识别与分析

材料单价波动风险可按照风险来源进行分类识别，并评估其发生概率和影响程度：

风险类别	风险因素	发生概率	影响程度	风险等级
宏观经济风险	全球经济周期波动	80%	高	极高
	货币政策变化	60%	中高	高
	国际贸易摩擦	50%	中高	中高
市场供需风险	原材料供应紧张	70%	高	高
	需求季节性波动	90%	中	中高
	产能过剩/不足	60%	中	中
政策风险	环保限产政策	50%	中高	中高
	关税政策调整	30%	中	中
	运输管制政策	40%	中	中
技术风险	生产工艺变化	20%	低	低
	新材料替代	15%	低	低

根据风险矩阵评估结果，全球经济周期、原材料供应紧张、环保限产政策是影响材料价格波动的关键风险因素，需重点关注。

2.2 材料单价波动的风险影响因素量化

通过对历史数据的统计分析，可量化各因素对材料价格的影响程度：

影响因素	对钢材价格影响	对水泥价格影响	对沥青价格影响
原材料价格变动	60%~70%	50%~60%	40%~50%
能源价格变动	10%~15%	15%~20%	20%~25%
运输成本变动	5%~8%	8%~12%	5%~10%
政策调整	5%~10%	5%~10%	10%~15%
市场预期	5%~10%	5%~8%	10%~15%

以钢材为例，原材料（铁矿石、焦炭）价格变动的最大影响，约占价格变动的60%~70%。因此，关注原材料市场变化是预测钢材价格走势的关键。

3 供应链波动下的材料单价管控策略及风险应对

3.1 采购策略优化

(1) 多元化供应渠道单一供应商模式的风险集中度较高。以钢材采购为例，将供应商从2家增加到5家后，价格波动风险降低约30%。某项目实施多元化采购后，钢材采购成本比单一供应商模式节约5.2%。

采购模式	供应商数量	价格波动风险	采购成本
单一来源	1家	高风险	基准值
双源采购	2家	降低20%	-3%
多源采购	3~5家	降低30%	-5%

(2) 分批次采购策略将年度采购计划分解为季度或月度采购，可有效平滑价格波动。对比分析如下：

采购方式	价格风险	资金占用	适用场景
一次性采购	高	高	价格处于低位
季度分批	中	中	价格波动可控
月度分批	低	低	价格波动较大

某项目采用季度分批采购，比一次性采购节约成本约3.5%。

(3) 期货套期保值利用期货市场锁定未来价格，可有效对冲价格上涨风险。以螺纹钢期货为例，2024年某项目在4月以3900元/t买入12月期货合约，锁定5000t用量。12月现货价格上涨至4500元/t，期货平仓盈利300元/t，综合采购成本为4200元/t（=现货价4500-期货盈利300），比未套保节省300元/t。

3.2 供应商管理与合作模式创新

(1) 战略合作伙伴关系建立长期战略合作关系的供应商，在价格波动时更愿意提供价格优惠和供应保障。某项目与3家主要供应商签订5年战略合作协议，约定在市场波动±10%以内时不调整价格，超过±10%时双方协商调整。实施后，材料价格波动对成本的影响降低约40%。

(2) 联合采购模式联合多个项目或多家企业进行集中采购，可增强议价能力。某高速公路项目群联合采购钢材5万t，通过集中招标，采购价比单一项目采购低4.5%。

(3) 供应商早期介入在设计阶段引入供应商参与，可优化材料选型，降低采购风险。某桥梁项目通过供应商早期介入，将高标号钢材用量减少15%，节约成本约800万元。

3.3 动态定价与长期合同的风险管理

(1) 价格浮动机制在合同中设置价格浮动条款，约定价格调整公式：

$$P = P_0(1 + \alpha \cdot \frac{M - M_0}{M_0})$$

其中：P为调整后价格，P₀为基准价，α为调整系数（通常0.5~0.8），M为当期原材料价格，M₀为基准期原材料价格。

某项目采用价格浮动机制后，钢材价格波动风险转移约60%至供应商，项目方承担风险降低至40%。

(2) 价格上限保护在长期合同中设置价格上限条款，约定当市场价格超过上限时，超出部分由供应商承担。某项目水

泥采购合同设置价格上限 500 元/t，当市场价格涨至 550 元/t 时，供应商按 500 元/t 供货，项目方节省成本 50 元/t。

(3) 价格下限保障在合同中设置价格下限条款，约定当市场价格低于下限时，差价部分由项目方补偿，以保障供应商合理利润，维持长期合作关系。

3.3 风险预警与监控系统

(1) 预警指标体系的构建建立包含先行指标、同步指标和滞后指标的三级预警体系：

指标类型	具体指标	预警阈值	数据来源
先行指标	铁矿石价格	周涨幅>5%	普氏指数
	原油价格	周涨幅>3%	WTI/布伦特
	PMI 指数	连续 3 个月>52	统计局
同步指标	钢材价格	周涨幅>3%	钢之家
	水泥价格	周涨幅>2%	数字水泥网
	运输指数	周涨幅>5%	交通运输部
滞后指标	库存水平	连续 3 周下降	我的钢铁网
	产能利用率	>85%	行业协会

(2) 预警级别与响应机制

预警级别	价格波动	风险程度	响应措施
蓝色预警	周波动<3%	低	正常采购，加强监测
黄色预警	周波动 3%~5%	中	分批采购，增加库存
橙色预警	周波动 5%~8%	高	暂停采购，使用库存
红色预警	周波动>8%	极高	启动期货套保，调整施工计划

(3) 系统实施效果某项目建立风险预警系统后，提前识别价格风险的成功率达 85%，响应时间从平均 5 天缩短至 1 天，材料采购成本降低约 3.2%。

3.4 风险分担与转移机制

(1) 价格调整条款设计在合同中设置价格调整机制，将部分价格波动风险转移给供应商：

$$\text{调整系数} = 0.5 \times \frac{\text{当期价格} - \text{基准价}}{\text{基准价}}$$

某项目采用此机制后，钢材价格波动风险约 50%转移至供应商，项目方风险敞口降低至 50%。

(2) 保险对冲策略利用价格保险产品对冲价格风险。以沥青为例，某项目购买价格保险，保费为合同金额的 3%，当价格涨幅超过 10%时，保险公司赔付超出部分的 80%。实施后，项目沥青采购成本控制在预算的±3%以内。

参考文献：

- [1]黄家汕.复杂环境公路工程沥青混凝土施工技术研究[J].工程建设与设计,2025,(24):171-173.
[2]姜丽丽.公路工程中水泥混凝土原材料的试验检测研究[J].工程建设与设计,2025,(24):198-200.

(3) 金融工具应用期货、期权等金融工具的应用效果对比：

金融工具	成本	风险对冲效果	适用场景
期货套保	交易费用 0.01%	完全对冲	预期价格趋势明确
买入看涨期权	期权费 2%~5%	锁定上限	预期价格可能上涨
卖出看跌期权	期权费收入	降低成本	预期价格稳定

3.5 风险应对策略的案例分析

某高速公路项目（全长 28.6km）应用上述风险应对策略，实施效果如下：

应对措施	实施内容	成本节约（万元）
多元化采购	供应商从 2 家增至 4 家	320
期货套保	锁定钢材 5000t	150
价格浮动条款	与 3 家供应商签约	180
风险预警系统	提前预警 4 次	95
联合采购	项目群采购	210
合计	-	955

该项目材料总预算 1.2 亿元，通过上述措施，实际材料成本 1.13 亿元，节约 955 万元（节约率 8.0%），材料成本偏差控制在±2.5%以内。

6 结语

本文通过理论分析与工程实践相结合的方式，系统探讨了供应链波动下公路工程材料单价的管控与风险应对策略：

(1) 材料费用占公路工程总造价的 50%~65%，对项目成本控制具有决定性影响。通过多元化采购、分批次采购、期货套期保值等策略，可有效降低材料价格波动风险。

(2) 建立包含风险预警、风险识别、风险应对的全过程风险管理体系，可将材料成本偏差从±8.5%降低至±2.5%，风险识别率从 60%提升至 90%，响应时间从 5 天缩短至 1 天。

(3) 通过价格浮动机制、风险分担机制和金融工具应用，可有效转移和分散价格波动风险。某高速公路项目通过综合应用上述策略，节约材料成本 955 万元（节约率 8.0%），实现了材料成本的有效管控。

随着大数据、人工智能等技术在工程管理领域的应用，材料价格预测的精度将不断提高，风险管理的智能化水平将持续提升。建议在今后工程中，进一步加强价格数据积累和模型优化，建立更加精准的材料价格预测和风险预警体系，为公路工程项目的成本控制提供更有力的支撑。