

基于VBA的铁路工程当地材料运输系统研究

张博恺

中铁第一勘察设计院集团有限公司

摘要：铁路工程当地材料运输设计是铁路工程施工组织的重要组成部分，对项目投资有着重要意义。本文通过分析研究铁路工程当地材料运输设计理论，建立了基于Excel VBA语言环境的算法建模和数据引用的运输设计系统，该系统可以针对铁路行业工程经济专业勘察阶段成果，快速、高效的完成运输方案设计，并能结合材料价格、料源储量、材料运距综合计算，给出最优解，可以简化设计流程，提高专业设计效率。

关键词：铁路工程当地材料；VBA技术；运输系统设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.11.050

一、引言

当地材料运输方案设计是铁路工程投资设计工作中的重要内容，也是控制工程投资的重要手段。目前，在铁路工程设计阶段，无论是高速铁路、客运专线、普速铁路、专用线路及病害整治工程，都需要进行当地材料运输方案设计计算，其计算结果的准确性直接影响铁路项目的投资合理性，是项目决策阶段的重要因素。同时，铁路项目一般是长大线性工程，工点繁多，如何提高运输方案计算效率，满足日益繁重的设计任务，也是设计阶段的重要问题。为此，建立科学、合理、高效的计算模型，是提高工作效率，提升设计文件质量，推进项目进度的一个关键因素。

二、铁路行业当地材料运输方案设计方法

铁路工程上当地材料运输方案设计主要是指价外运杂费的调配设计，主要计算内容是考虑经济运距、材料单价及材料储量的综合运输调配分析后，确定料源点的合理供应范围。价外运杂费指根据设计需要，在编制单项预算时，需在材料费之外单独计列的材料运杂费，包括材料自指定的交货地点运至工地所发生的运输费、装卸费、其他有关运输的费用，以及为简化预算编制，以运输费、装卸费、其他有关费用之和为基数计算的采购及保管费。价外运杂费=Σ（运输费+装卸费+其他有关费用）×（1+采购及保管费率）。运输方案设计的核心问题是解决材料供应分界里程问题，供应分界里程示意图如图1所示。

- 图1中：A、B——料源点；
- a、b——料源点至铁路线的横向距离（km）；
- L——两料源点间铁路线的长度（km）；
- x——料源点A的供应范围（km）；
- L-x——料源点B的供应范围（km）；

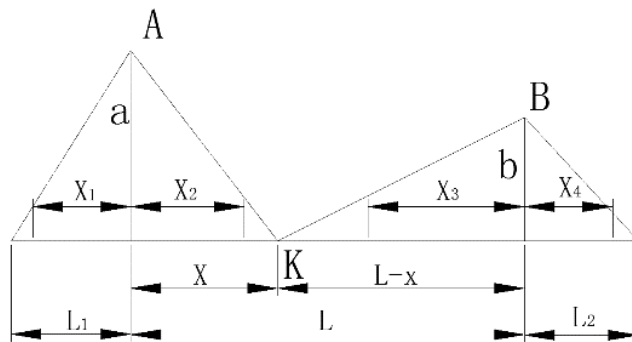


图1 材料供应分界计算示意图
K——A与B料源点供应范围的分界点。

目前，铁路工程常用的当地材料调配方法有两种，分别按照最大运距相等法与平均运距相等法确定材料经济运距。在工程项目实践中考虑到工作简化，大量铁路工程项目在工程实践中采用平均运距相等法进行计算。最大运距相等法是基于A、B两个料源点的最大运距相等的计算方法，即A和B两个料源点到材料供应分界点的运距相等。平均运距相等法是基于A、B两个料源点的平均运距相等的计算方法，即A和B两个料源点到材料供应分界点，并以分界点K为界的供应范围长度的平均值相等。对比上述两种方法，采用平均运距相等法，计算工作量少，但计算出来的运量（吨公里）比最大运距相等法稍大。

三、基于VBA的当地材料运杂费模型

随着铁路工程建设管理精细化程度不断提高，现阶段已经不能单纯利用运距来反应材料的运输供应方案，材料的运输供应方案设计已变成材料出厂价格、料源点储量、材料运距的多维度耦合设计过程。同时，传统方法计算经济分界里程时，通常采用道路系数的概念来等效现场路网情况，但随着我国基础设施建设的高速发展，道路系数的准确设计已经变的越发困难，单纯采用道路系数概念已经不能满足实际路网情况，易造成较大的偏差，影响最终运输方案结果。为此，通过计算机技术建立高效高质的运杂费计算模型是十分必要的。Visual Basic for Applications（简称VBA）是新一代标准宏语言，是基于Visual Basic for Windows 发展而来的。VBA 提供了面向对象的程序设计方法，提供了相当完整的程序设计语言。VBA主要用来扩展Windows的应用程序功能，特别是Microsoft Office系列，具有高度的适配性。本文结合铁路行业工程经济专业工作习惯，以excel软件为平台，VBA宏语言为开发工具，建立开发铁路工程当地材料运杂费程序。

(一) 理论模型

当地材料运输方案计算的核心是在复杂路网、不同料源点、路桥隧不同工点消耗量下建立经济的计算模型，总原则是调配材料经济性最佳，但在现场工程实践中，还应充分考虑到料源点的储量情况，保证运费调配的结果满足对应料源点储量。为合理建立计算模型，我们做出如下定义：

- C---材料出厂价格 (元/t)；
- L---工点对应料源点运距 (Km)；
- K---材料单位运费 (元/t.km)
- Q---工点对应的运输费用 (元)
- F---料源点储量 (t)
- b---单位工点长度上对应的材料消耗量 (t/Km)
- a---单位工点长度 (Km)

假定全线共有n处料源点，则每个工点对应的运距最优应按照下式计算：

$$Q = \min (L_1 * K + C_1, L_2 * K + C_2, \dots, L_n * K + C_n) \quad (8)$$

同时假定料源点供应m处工点，还应满足下式：

$$F \geq \sum_1^m (a_i b_i), \quad i \leq m \quad (9)$$

由上述分析可以，建立合理的当地材料运输费用调配系统应当满足两个必要条件，单个工点对应的料源点应为运输费用最优解，同时全线的调配费用应满足各个料源点的储量要求。若发生料源点储量不满足全线各个工点，应按照料源点供应能力，重新迭代计算料源点供应范围。

(二) 软件模型

本文研究思路是首先建立符合当地路网特征的数据统计表、料源点信息表，建立结合储量、单价、运距的综合计算程序，自动计算经济分界点里程，从而实现当地材料运输方案的自动调配，

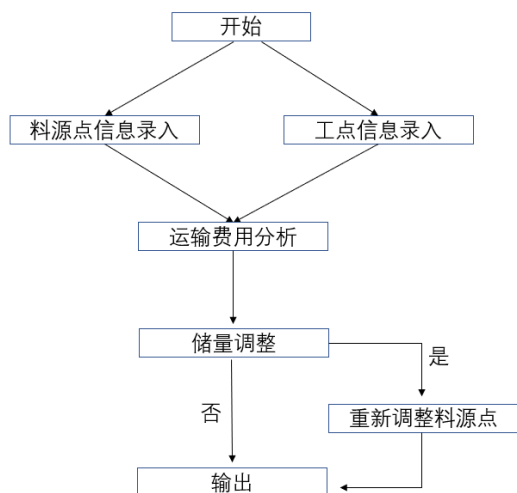


图1 系统技术路线

(三) 路网数据抽象化模型建立

在铁路工程当地材料运输计算时，一般考虑在铁路

沿线选取贯通路线作为主干道通道，主干道通道一般由国道、省道、县道、乡村公路构成，考虑货物运输的行车安全，不考虑高速公路。铁路线路上各个工点结合现场情况，通过工点到主干道的引入线实现物资接运，引入线一般情况下利用既有道路，没有条件的可以新修便道满足货物运输需求。同铁路工点相似，沿线各个料源点也需要确定主干道的上路点和运输途径。由此，可以将沿线路网与铁路线路之间的关系等效成三个距离，即料源点到主干道的距离S1、工点到主干道的距离S2、主干道间的近距离S3。关系示意详见下图：

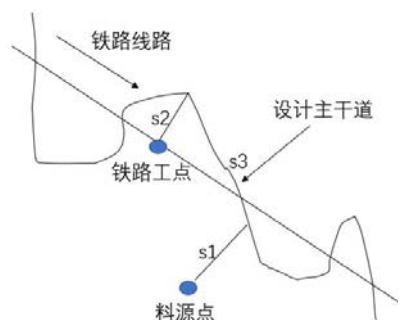


图2 材料供应分界计算示意图

对主干道可以采用里程划分，利用里程差计算相应的主干道之前距离，以制定相应的数据处理表格，录入表格界面，详见图3、图4。

序号	工点名称	起始里程	终点里程	工点长度	中心里程	单位材料消耗量	引入线长度	主干道里程
1	xx特大桥	251925	273035	16010	265930	22.9	500	20000
2	xx大桥	275490	284815	9325	280152.5	22.9	1500	37000

图3 工点基础信息表

料点名称	对应主干道里程	引入线长度	储量情况	出厂价格
XX砂料点	115000	18701	xx	xx
XX砂料点	75000	5040	xx	xx

图4 料源点基础信息表

用户根据不同的项目信息，主要填写工点相关基础资料（起止里程、工点长度、中心里程、单位材料消耗量、引入线长度、对应主干道里程），料源点基础信息表（对应主干道里程、引入线长度、储量情况、出厂价格）。相关参数符合工程设计习惯。

根据铁路工程概预算编制办法，钢材、水泥、木材、给排水管材、土工材料、钢筋混凝土预制桩、电杆、铁塔、机柱、接触网及电力线材、光电缆线等当地材料一般价格为综合出厂价，综合出厂价是指交货地点的价格，交货地点指生产厂或能办理货运业务的铁路营业站、水运码头等，上述材料在建立计算模型时一般无须考虑料源点储量问题，确认经济分界点时一般只需考虑价格及运距因素。砂石料供应点由工程经济专业在外业勘察设计时确定，在设计确认经济分界点时需要综合考量价格、储量、运距的因素。

(四) 经济分界点里程确认方法

结合铁路工程概预算编制办法，经济分界点的计算方法根据材料类别不同略有差异，主要影响因素是是否需要料源点储量进行考虑。各种当地材料运输方案计算过程为设定运费取大值按照10000计算，遍历循环各个工点信息，对每一个工点按照各个料源点分别计算运费，运费简化等效为出厂价格+0.55*(料源点工点主干道里程差+料源点引入线长度+工点引入线长度)，0.55元/(t.km)为铁路工程一般运价率，如果计算结果小于运费值，则运费值自动更新为计算结果，每个工点按照运费最小原则选取对应料源点，建立工点-料源点一一对应关系。若当地材料为砂石料，还需要遍历循环每个工点-料源点对应关系，根据工点长度与相应单位材料消耗量累加计算不同料源点的供应总量，若供应总量小于料源点储量，则认为计算经济分界距离满足设计要求，若供应总量大于料源点储量，则对工点料源点对应关系进行供应距离远近进行重新修正，迭代计算，更新数据；最后按照数据迭代修正结果，完成材料运输调配方案设计。在上述两种情况下，在VBA语言中主要通过执行For-Next循环语句来实现，通过调用工点基础信息表与料源点基础信息表数据进行计算。

四、工程案例分析

某铁路线路全长约194Km，设计速度目标值250Km/h，沿线工点共计167处，勘察设计阶段确定沿线砂石料源点3处、石料源点6处，利用既有站6处进行综合调配分析，该项目需要计算工点运输方案共计2505个。

采用VBA编写的程序进行分析，主要过程如下：首先，根据不同料源类别，分别分析不同工点的运输方案，建立工点-料源点运输对应表，用时约1min；其次，对于砂石料、石料，根据料源点相应储量，对于运输分析结果进行再次分析与迭代计算，保证材料供应方案在满足储量要求的情况下，运输距离最优，分析耗时共计5min；最后，在自定义的结算结果输出目录下，输出全线计算结果。

为验证本文计算模型的合理性与可靠性，采用平均运距相等法对项目也进行了分析，两种方法主要材料（砂、石、钢材、水泥）的分析结果表明详见下图：

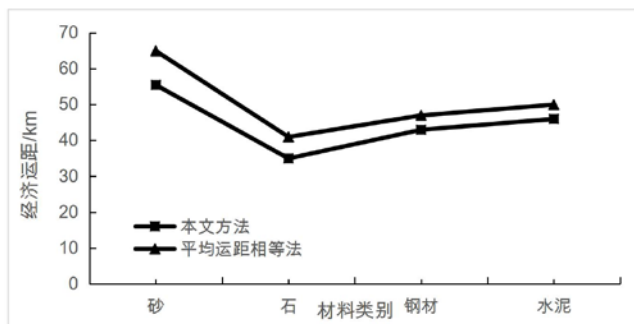


图5 主要材料经济运距对比分析图

对比两种计算方法：采用本文方法计算的砂石料运距为55.5Km，石料运距为35Km，钢材运距为43Km，水泥运距为46Km；采用平均运距相等法计算的砂石料运距为65Km，石料运距为41Km，钢材运距47Km，水泥运距50Km。采用本文计算的材料运距平均较平均运距相等法减少11.4%，主要原因为：本文的计算方法实质上是对最大运距相等法考虑材料储量及价格要素后的修正，从计算原理上最大运距相等法是优于平均运距相等法的，只是在工程实践中，平均运距相等法相对工作量较小，在计算机利用率不高的情况下可以简化设计过程，而本文方法利用VBA手段，在计算精度与效率上均大幅提高；本文在建立计算模型时，采用料源点到主干道距离、工点到主干道距离、主干道之间里程差三个要素来等效现场道路情况，且三者均为现场外业调查时的收集数据成果，真实性较高，传统平均运距相等法通常采用道路系数的概念来描述现场路网情况，道路系数的取值易造成计算成果有较大的偏离度。综上所述，同传统的铁路工程采用的平均运距相等法相比，本文方法具有计算精度高、计算效率快的特点，具有更好的适用性及投资控制意义。

五、结语

当地材料运输方案的分析与确认是铁路工程施工组织设计工作中的重要内容，也是铁路工程项目投资的控制要点。传统铁路工程当地材料运输方案设计依靠最大运距法或平均运距法计算合理经济分界点，再进行综合运距分析，工作强度大，劳动效率低。本文从理论分析入手，综合材料出厂价格、运输距离、料源点储量三个方面综合建立计算模型，通过VBA语言环境开发，建立自动经济分界点的程序系统，通过项目实践，该系统能够合理自动确定材料经济分界点，对于提高铁路行业该内容设计水平与生产效率有着积极作用，具有行业参考借鉴意义。

参考文献

- [1] 国铁科法[2017]30号，铁路基本建设工程设计概（预）算编制办法。
 - [2] 蒋德军. 运杂费分析中经济运距分界点的确定[J]. 铁路工程造价管理，2009（1），14-15.
 - [3] 陈天宇. 铁路工程材料经济运距计算方法及分析[J]. 铁路工程造价管理，2014（5），41-44.
 - [4] 黄玉刚. 浅析线性规划法在铁路工程材料经济运距计算中应用[J]. 铁道勘测与设计，2006（1），39-42
- 作者简介：张博恺，男，1991年4月30日，汉族，陕西省西安市，硕士研究生，工程师，研究方向：工程经济。