

基于迭代重心法的预拌混凝土拌合站选址研究

韩刚

北京建筑大学 机电与车辆工程学院，北京，100044；

摘要：本文聚焦预拌混凝土拌合站选址这一关键问题，旨在构建科学可行的选址方案。首先阐述了研究背景，指出混凝土在建筑行业的重要地位及拌合站选址的多维度意义，并提及 MATLAB 在解决选址优化问题中的作用。通过梳理相关研究现状，发现迭代重心法在各类选址问题中表现出优化坐标、考虑成本、提升精确性等优势。接着明确了预拌混凝土拌合站选址需遵循空间约束、交通便利、设备与场地适配等原则。随后详细介绍了迭代重心法，构建了基于该方法的选址模型，包括总运输成本函数及求解过程。以国道 108 线忻州段改建工程为实例，将线路划分为 5 个标段，利用迭代重心法进行多次迭代计算，结合 MATLAB 精确重心法的验证结果，在综合考虑运输成本和环境因素后，确定第四次迭代结果。

关键词：混凝土拌合站；迭代重心法；MATLAB；运输成本

DOI：10.69979/3029-2727.25.10.050

引言

混凝土是当今世界上最主要的大宗建筑结构类材料，我国作为基建强国，在水泥产量和混凝土用量方面约占世界总量的 60%，连续 20 年居世界首位，混凝土行业的发展也代表着中国建筑行业整体的高质量发展。商品混凝土也称预拌混凝土，其拌合站的选址是现代建筑工程供应链管理中的关键环节，其研究意义可从经济、环境及行业发展等多个维度展开。RMC 拌合站选址通常要考虑成本最小化，需要构建模型解决，MATLAB 作为一款功能强大的数学建模工具，可以自定义算法，如迭代重心法、遗传算法，可有效解决复杂的选址优化问题。本文通过 MATLAB 迭代重心法相结合，对选址问题进行优化，从而确定最优解。

1 实证研究

1.1 研究现状

众多学者对基于重心法选址开展了许多研究。李雪杉在其研究中对于选址问题强调要满足空间约束、安全要求、兼顾交通与成本，构建基于迭代重心法的成本优化模型，较好的考虑了生产与运输的成本^[1]。李庆胜以某品牌服装商的物流配送中心的选址为研究对象，运用 MATLAB 构建数学模型，通过重心法确定坐标，运用迭代重心法对选址进行优化，确定最优的物流配送中心地址^[2]。周莹在城市应急物流储备库选址研究中，对传统重

心法进行改良，提出融入时间成本的迭代重心法模型，有效提升了应急物流设施选址的精确性与响应效率^[3]。冯彦涛、胡正东以盒马鲜生为案例，针对成都青羊区的配送现状展开分析，基于重心法对配送中心选址进行计算，最后对选址效果进行评估，为生鲜电商配送网络优化提供了实践参考^[4]。郑贺在研究某区域物流配送中心选址时，采用“聚类-重心法”求解配送中心位置。运用该方法确定的多配送中心在总配送距离和费用上显著优化^[5]。

2 预拌混凝土拌合站选址原则

预拌混凝土拌合站选址要遵从的原则大致可分为空间、交通成本及其他等几个方面。

空间约束。在选址时要远离居民区、学校等敏感区域，减少粉尘、噪音污染；符合当地环保法规要求，选址需通过环境影响评价，避免位于水源保护区、生态红线区域内，同时确保废水、废渣处理设施便于接入市政管网或合规排放。

交通便利。靠近主干道或施工便道，确保原材料（砂、石、水泥等）运输车辆及混凝土运输罐车的通行效率，降低运输成本与时间损耗；需避免选址于交通拥堵路段或道路承载能力不足的区域，同时保证与主要施工标段的运输距离合理（通常单程运距不超过 30 公里）。

设备与场地适配原则。为了满足拌合站正常运行，所选择的场地应当与拌合站所选取的设备型号相适配。

3 迭代重心法概述及模型构建

3.1 迭代重心法概述

迭代重心法(Iterative Weighted Centroid Method)是一种常用于解决空间优化、资源分配及位置规划问题的数学方法，其核心思想是通过多次迭代计算逐步调整权重和位置，基于“重心”（即加权平均位置）的概念，通过迭代优化权重系数使目标函数（如总成本、距离和）达到最优，以确定设施选址、数据点聚类中心等最优解。该方法常用于构建具有静态、连续特点的选址模型，采用平面几何基本理论，将拟选址对象及目标对象视为独立坐标，通过反复迭代求解出平面系的重心位置作为理想选址点位，但实际上需结合现场环境、约束条件等客观因素在迭代结果中选取最佳点位，以公路工程施工项目中混凝土拌合站选址为例，将拌合站坐标作为选址对象、各施工标段混凝土送料点坐标作为目标对象，把选址对象与单个目标对象间的运输成本总和设为线性规划函数（运量、运输距离、单位运量及运距下的运输价格为自变量），在运量、单位运输价格一定时，线性规划函数取极小值对应运距下的选址对象坐标即为最佳选址点。

3.2 基于迭代重心法的 RMC 拌合站选址模型构建

在假设条件下，由单一预拌混凝土拌合站中心点和四个施工点位构成总运输成本 W ，总运输成本的影响变量包括配送距离、运输单价、运输量三个因素。假定 m_i ($i = 1, \dots, n$) 表示为从拌合站到施工点间的运输单价； q_i ($i = 1, \dots, n$) 表示拌合站到施工点的混凝土运量； d_i ($i = 1, \dots, n$) 表示拌合站到施工点间的运距。在其他因素如路况、机具损耗忽略不计的情况下，RMC 拌合站与施工点间的总运输成本函数可表示为如式（1）：

$$W = \sum_{i=1}^n m_i q_i d_i \quad (1)$$

式（1）中 d_i 根据平面几何求解两点间距离可将 d_i ($i = 1, \dots, n$) 表示为式（2）：

$$d_i = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} \quad (2)$$

由此可得总运输成本函数的表达式可转化为式（3）

$$W = \sum_{i=1}^n m_i q_i \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} \quad (3)$$

在明确运输成本函数 W 之后，需进一步求解总运输成本函数极小值对应的坐标 (x_0, y_0) ，当成本函数取最小时，所求得的对应坐标 (x_0, y_0) 即为选址重心点坐标。因

此，将运输成本函数 W 分别对 x_0 和 y_0 求一阶偏导数，令 $\frac{\partial W}{\partial x_0} = 0$ ，分别对 x_0 和 y_0 求偏导，具体表示为式（4）：

$$\begin{cases} \frac{\partial W}{\partial x_0} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i q_i (x_0 - x_i)}{d_i} = 0 \\ \frac{\partial W}{\partial y_0} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i q_i (y_0 - y_i)}{d_i} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

通过对运输成本函数 W 分别对 x_0 和 y_0 求偏导，可以求得对应的极值点坐标，具体见式（5）：

$$\begin{cases} x_0^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i q_i x_i / d_i}{\sum_{i=1}^n m_i q_i / d_i} \\ y_0^* = \frac{\sum_{i=1}^n m_i q_i y_i / d_i}{\sum_{i=1}^n m_i q_i / d_i} \end{cases} \quad (5)$$

由于预拌混凝土拌合站的选址计算结果只需接近于最优解即可，对于精度的要求较低，因此，在计算过程中选择最优解的近似值。在求解过程中，首先将 $M_0(x_0, y_0)$ 作为初始坐标值，将 M_0 代入到式（3）可以得到对应的总运输成本 W_0 。

在求得总运输成本后继续将 $M_0(x_0, y_0)$ 代入到式（2）、式（5）可以得到第一次迭代后对应的优化点的坐标 $M_0^1(x_0^1, y_0^1)$ ，而后继续将新求得的优化点坐标 $M_0^1(x_0^1, y_0^1)$ 代入到式（3），可以获得优化后的总运输成本 W_1 ，如果 $W_1 < W_0$ ，则表明优化后的拌合站的位置所产生的总的运输费用更小，降低了运输成本，那么就可以利用坐标 $M_0^1(x_0^1, y_0^1)$ 计算新的优化坐标 $M_0^2(x_0^2, y_0^2)$ 。反之则说明初始重心坐标已不能再优化，不能再降低总运输成本。

4 工程实例——以国道 108 线忻州段改建工程为例

4.1 工程概述

国道 108 线忻州段改建工程，是山西省“十四五”期间国省干线新改建项目中，里程最长、规模最大、投资最多的一项工程。其中，路面三标项目全长 46.2 公里，按双向四车道一级公路标准建设，设计时速 80 公里，路基宽度 25.5 米，目前施工已全面进入攻坚阶段。

该项目的沥青混凝土采用厂拌方式生产。根据施工组织方案，在路面摊铺阶段，需通过载重车辆将沥青混凝土运送至各施工标段的指定地点，而全线路面摊铺施工共划分为 5 个标段。

由于项目现场自然环境复杂且混凝土拌合站建设

需要占用大面积平整场地，因此在选址时，需在不违背拌合站选址基本原则的前提下，最大限度降低运输成本。基于此，计划采用迭代重心法模型生成若干最优选址备选方案，再结合现场实际情况进行综合比选，最终确定最优的拌合站选址方案。

4.2 基于迭代重心法的预拌混凝土拌合站选址

在该工程项目模型的构建过程中，将 46 公里的线路划分为 5 个标段，各个标段对应的运输地点为模型目标，混凝土拌合站则为模型的选址对象，如有必要，需要通过多次迭代来确定最低运输成本的选址方案。

在模型构建中，假设运输车辆的运输单价为 q_i ($i = 1, \dots, n$) = ϕ ，则划分的 5 各标段所对应的运输量、运输成本可量化，具体见表（1）：

表 1 国道 108 线忻州段改建工程混凝土运输数据表

施工段划分	运输点坐标 (km)	分段工程量 (t)	运输单价/元 ($t * km^{-1}$)	运输成本 (x_i 方向)	运输成本 (y_i 方向)
1	(9.5, 7.5)	6583	ϕ	62538.5 ϕ	49372.5 ϕ
2	(20.5, 14)	4600	ϕ	94300 ϕ	64400 ϕ
3	(28.3, 15)	5350	ϕ	151405 ϕ	80250 ϕ
4	(36.8, 11)	5134	ϕ	188931.2 ϕ	56474 ϕ
5	(46.2, 7.0)	4348	ϕ	200877.6 ϕ	30436 ϕ

根据上表（1）可以利用重心法初步求解拌合站初始坐标 $M_0(x_0, y_0)$ ，计算公式为式（6）：

$$\begin{cases} x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i q_i d_{ix}}{\sum_{i=1}^n m_i q_i} \\ y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n m_i q_i d_{iy}}{\sum_{i=1}^n m_i q_i} \end{cases} \quad (6)$$

根据表（1）中的数据代入到式（6），可以得到初始坐标 $M_0(x_0, y_0)$ 为 $M_0(26.8327, 10.7989)$ ，求得初始坐标之后，根据式（2）可将其代入求出各施工段对应的运输距离，最后，根据式（1）测算出各个施工段的分段运输成本和工程总成本，如表（2）所示：

表 2 国道 108 线忻州段改建工程混凝土运输成本结果表

施工段划分	分段工程量 (t)	运输单价/元 ($t * km^{-1}$)	运输距离/KM	运输成本/元
1	6583	ϕ	17.64	116149.42 ϕ
2	4600	ϕ	7.10	32640.599 ϕ
3	5350	ϕ	4.45	23807.326 ϕ
4	5134	ϕ	10.82	51182.532 ϕ
5	4348	ϕ	19.74	85813.698 ϕ

根据表（2）中分段运输成本可知，在点 $M_0(26.8327, 10.7989)$ 情况下，该工程运输总成本 W_0 约为 309593.58 ϕ 。在求得运输总成本 W_0 后，继续对拌合站选址坐标进行优化并求出优化后的混凝土拌合站坐标，经过多次迭代，将所求坐标 $M_0^{n+1}(x_0^{n+1}, y_0^{n+1})$ 代入式（2），

求出各施工段对应的运输距离，最后，根据式（1）测算出该坐标点对应下的工程总成本 W_{n+1} ，对比 W_{n+1} 与 W_n 之间的关系，如果 $W_{n+1} \geq W_n$ ，此时停止继续优化迭代，认为 W_n 成本对应的坐标点 $M_0^n(x_0^n, y_0^n)$ 为混凝土拌合站的最优选址点。多次迭代结果如表（3）所示：

表 3 多次迭代选址坐标和运输总成本表

迭代次数	迭代后坐标	运输总成本/元
初始坐标	(26.8327, 10.7989)	309593.5814 ϕ
第一次迭代	(27.0326, 12.5434)	303197.4581 ϕ
第二次迭代	(27.2704, 13.0612)	302242.0365 ϕ
第三次迭代	(27.4674, 13.2939)	301911.1674 ϕ

第四次迭代	(27.6010, 13.4340)	301764.9934φ
第五次迭代	(27.6856, 13.5295)	301697.2203φ

在混凝土拌合站选址过程中，通过运用 MATLAB 基于精确重心法对拌合站坐标点进行测算，得到的坐标点为 (26.83, 10.80) 如图 (2) 所示：

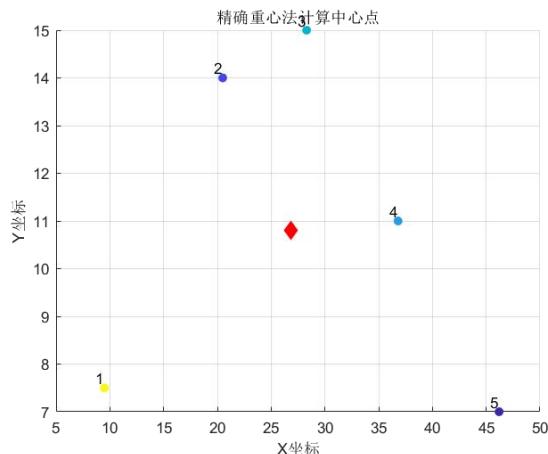


图 2 基于 MATLAB 精确选择混凝土拌合站坐标图

通过对比 MATLAB 仿真结果与基于迭代重心法测算的中心点坐标发现二者初始坐标基本一致，因此测算结果符合要求，经检验，初始坐标和第一次优化迭代坐标对应的运输成本较二到五次迭代后的运输成本更高，因此在选址过程中优先考虑二到五次迭代的选址结果为最终选址方案，同时，在充分考虑环境因素的前提下，最终选择第四次迭代结果作为选址方案，其对应的混凝土拌合站选址坐标为 (27.6010, 13.4340)，总运输成本为 301764.9934 φ 元。

5 结论

本文旨在构建一套科学、全面、客观且可行的公路改建项目混凝土拌合站选址方案。在遵循混凝土拌合站选址基本原则的前提下，采用迭代重心法，通过多次迭代筛选出运输总成本最优的方案。

为验证该选址方案的实际可行性，研究先借助 MATLAB 软件，运用精确重心法求解初始坐标；随后经过 5 次迭代计算，并结合选址原则展开综合考量，最终确定了最佳选址方案的具体坐标位置。

值得注意的是，迭代重心法凭借更缜密的数学模型和公式，能够逐步逼近最优解，这一特性可显著提高选址的准确性。在实际操作中，该方法通过不断调整和优化坐标位置，能切实保障混凝土拌合站选址实现运输成本的最小化。

参考文献

- [1] 李雪杉. 基于运输成本最优的公路施工项目混凝土拌合站选址方法研究 [J]. 山西交通科技, 2024, (04): 14-16+61.
- [2] 李庆胜, 王嘉琦. 基于 MATLAB 的物流配送中心选址优化：重心法与迭代重心法的实证分析 [J]. 泰山学院学报, 2025, 47(02): 88-94.
- [3] 周莹. 基于考虑时间成本迭代重心法的城市应急物流储备库选址研究——以江苏省为例 [J]. 全国流通经济, 2020, (29): 92-94.
- [4] 冯彦涛, 胡正东. 基于重心法的生鲜配送中心选址问题研究——以盒马鲜生为例 [J]. 中国储运, 2024, (05): 170-171.
- [5] 郑贺. 基于聚类-重心法和改进的蚁群算法的低碳物流选址-路径优化问题研究 [D]. 安徽理工大学, 2024.

作者简介：韩刚（1999-）男，汉族，山西省朔州市，硕士研究生，研究方向：设计与制造管理。