

挣值法驱动 S 公司机电项目成本优化措施研究

周成长

西安工业大学，陕西西安，710000；

摘要：我国传统建筑行业逐渐向科技化、数字化和智能化的方向发展，对机电设备的安装提出了更高要求。机电设备安装工程以前是附属于土建项目的组成部分，但没有受到应有的关注，而且费用控制也只限于核算方面，并为建立科学、合理的成本控制体系，导致工程造价控制的效果不佳。基于此，本文围绕挣值法驱动 S 公司机电项目成本优化展开研究，聚焦基于关键线路的模糊挣值法的应用，通过必要性与适用性分析、成本控制计算体系构建、融合 AI 技术的应用流程构建，提出挣值法驱动 S 公司机电项目成本优化措施。

关键词：挣值法；机电项目；成本优化

DOI：10.64216/3080-1508.26.02.054

机电工程项目是 S 公司的核心业务，其建设过程复杂，所涉及的专业多，进度和成本之间存在着很强的相关性，其成本控制的效果将直接影响到项目的收益和企业的市场竞争力。随着计算机人工智能技术的飞速发展，在模糊环境中进行成本造价控制具有重要意义^[1]。基于关键线的模糊挣值法可以有效地适应进度数据的模糊特性，并与人工智能技术相结合，进一步提高数据处理效率和成本控制的准确性^[2]。

1 案例概况

本文的研究对象是某集团公司下属的一家优秀骨干企业，其主营业务涵盖了工、民建筑、机电设备安装、装修等领域，是一家综合性的国有特级施工总承包企业。该机电项目工程建设用地面积 169495.92 平方米，其中 28 层、总楼面面积 136129.92 平方米，1 层楼面面积 33366 平方米。工程造价主要包括人工、材料、机械、制造费用等。

2 基于关键线路的模糊挣值法成本控制计算体系构建

2.1 关键线路核心控制参数确定

在建立成本控制系统的前提下，关键线路核心控制参数的确定，必须经过重点线的关联分析指数的筛选才能得到。首先，确定机电工程关键线辨识标准，运用双代号网络计划，对整个工程过程进行梳理，通过计算各条线的工作时长，确定工期最长的线路作为关键线。其次，提炼关键工序相关性分析指标，包括关键工序工期、关键工序资源消耗、关键工序费用占比、关键工序偏差影响系数等。最后，结合 S 公司机电工程项目特点，确定关键线路实际进度（%）、关键线计划费用（万元）、关键线实际成本（万元）等核心基础参数。关键线的实

际进度是一种模糊数据，需要对其进行模糊量化，才能将其转换成可计算的数据；关键线计划费用和实际费用都是确定的，是由工程预算文件和实际成本计算资料得出的。确定核心控制参数，为后续成本控制计算提供明确的量化目标，保证计算系统的针对性和实用性^[3]。

2.2 基于三角模糊函数的模糊进度数据量化

(1) BCWP 模糊化。用非常高，低于一半这样的含糊评价来表达工作进展，而不是以完成率来显示。在选取模糊函数时，为方便运算，而工作过程自身又不具有代表性的功能特性，故采用三角形模糊函数来处理。记三角模糊数 $x = (L, M, U)$ ，其中 $L, M, U \in R$ ， $0 < L < M < U$ ， L 为 x 的下确界（最小值）， M 为 x 的中值（最可能值）， U 为 x 的上确界（最大值）。三角模糊数表示为：

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-L}{M-L}, & L \leq x < M \\ \frac{U-x}{U-M}, & M \leq x < U \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.1)$$

工作 i 在进度模糊化后的已完成工作预算成本即挣值为：

$$BCWP_i = m_i \times BCWS_i = [B_{i1}, B_{i2}, B_{i3}] \quad (2.2)$$

式中， $BCWS_i$ 为工作 i 的完工预算， m_i 为工作 i 的模糊进度，表示形式采用模糊值：

$$\hat{m}_i = [L_i, M_i, U_i] \quad (2.3)$$

因为每个检验节点的挣得值都是这个节点之前的全部工作的累计挣值， $i=1, 2, \dots, n$ ， n 为工作总数，因此某个检查节点的累加挣值为：

$$BCWP_i = \sum_{i=1}^n BCWP_i = \left[\sum_{i=1}^n B_{i1}, \sum_{i=1}^n B_{i2}, \sum_{i=1}^n B_{i3} \right] = [B_1, B_2, B_3] \quad (2.4)$$

(2) 绩效指数模糊化。最基础的变量 BCWP 已经模糊处理，与该变量有关的指标均采用三角模糊数表示，

应用较为广泛的两个绩效指标在模糊环境中对应为 CPI 和 SPI，计算公式为：

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} = \left[\frac{B_1}{ACWP}, \frac{B_2}{ACWP}, \frac{B_3}{ACWP} \right] \quad (2.5)$$

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} = \left[\frac{B_1}{BCWS}, \frac{B_2}{BCWS}, \frac{B_3}{BCWS} \right] \quad (2.6)$$

(3) 完工成本预测 (Estimate At Complete, EAC)。完工成本的预测方法有很多，CPI 在预测完工成本上被广泛应用。本文采用 CPI 进行预测，其公式为：

$$EAC = \frac{\sum_{i=1}^n BCWS_i}{CPI} = \frac{\sum_{i=1}^n BCWS_i}{\frac{B_1}{ACWP}, \frac{B_2}{ACWP}, \frac{B_3}{ACWP}} \quad (2.7)$$

3 基于 α 截集的成本控制与预测计算

在模糊数学中， α 截集是一种重要的转换方法，它

的实质是通过设置一个置信程度 α ($\alpha \in [0,1]$)，从模糊集中抽取出不小于 α 的全部元素，从而构成一个清晰的区间集。在机电工程中，由于人员调配、材料供给、天气变化等诸多不确定性因素的共同作用，传统的确定性方法难以准确刻画其表达的模糊性，而 α 截集能将该模糊性转变为可量化和可分析的区间，从而为工程造价管理提供更加符合现实的决策依据。

3.1 机电安装项目预算费用 (BCWS)

要将挣值法应用到 S 公司机电安装项目的造价控制中，必须先对工程的总预算费用进行确定，然后再对工程的进度和费用进行详细的分解，这样才能更好地控制工程的进度和费用的配合。机电项目 2024 年 5 月至 7 月预算费用见下表：

表 1 机电安装项目 2024 年 5 月-7 月预算费用表

施工项目	计划工期 (天)	预算费用 (万元)	2024 年 5 月预计成本 (万元)	2024 年 6 月预计成本 (万元)	2024 年 7 月预计成本 (万元)
室内配电装置按照	33	137.1		8.13	129.42
消防系统安装	24	27.39		27.42	
排水系统安装	21	16.20	13.27	2.9	
给水系统安装	13	9.79	9.77		
预算费用总计		190.48	23.04	38.45	129.42

3.2 机电安装项目完成费用 (BCWP)

完成费用就是获利值，在研究分析项目实际进度

方面起到了至关重要的作用，利润价值在预算成本和实际成本之间搭建了桥梁，可以更准确地评估项目的进度和成本。机电项目 2024 年 5 月至 7 月完成费用见下表：

表 2 机电安装项目 2024 年 5 月至 7 月完成费用表

施工项目	计划工期 (天)	完成费用 (万元)	2024 年 5 月完成成本 (万元)	2024 年 6 月完成成本 (万元)	2024 年 7 月完成成本 (万元)
室内配电装置按照	33	132.79		7.92	124.90
消防系统安装	24	24.63		20.98	3.7
排水系统安装	21	12.40	9.38	2.96	
给水系统安装	13	7.82	7.83		
完成费用总计		177.64	17.21	31.86	128.6

3.3 机电安装项目实际费用 (ACWP)

在工程资料员提供的资料基础上，分析并汇总机电安装工程的实际成本，运用挣值法作为成本控制的基础，

通过对比工作细分后的实际费用与计划费用的差异，实现对工程进度的调整，对工程造价进行控制。机电安装项目实际费用见下表：

表 3 机电安装项目 2024 年 5 月-7 月实际费用表

施工项目	计划工期 (天)	实际费用 (万元)	2024 年 5 月完成成本 (万元)	2024 年 6 月完成成本 (万元)	2024 年 7 月完成成本 (万元)
室内配电装置按	33	77.10		6.36	70.70
消防系统安装	24	20.72		17.79	3
排水系统安装	21	10.19	7.94	2.2	
给水系统安装	13	6.40	6.34		
实际费用总计		114.41	14.28	26.35	73.70

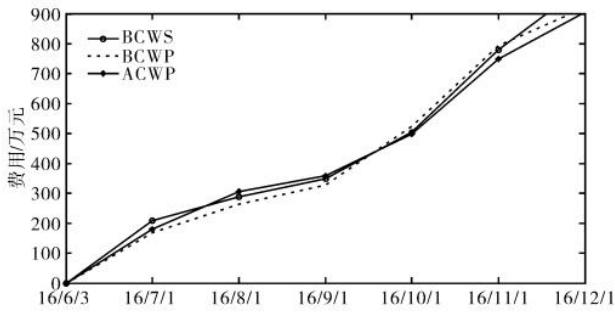


图1 挣值法分析曲线

如图1所示, BCWS, BCWP, ACWP 彼此接近, 平稳上升, 说明机电安装项目的进度和成本控制处于控制之中。

4 应用模糊挣值法的成本控制优化建议

4.1 精准规划机械租赁周期

机电工程安装项目建设过程复杂, 多专业交叉, 其中设备是关键生产因素, 其租用期限的合理与否, 将直接关系到工程造价控制效果和建设进度的稳定。传统机械租赁方式以静态的施工计划为基础, 并没有考虑到机电安装工程中的不确定性特点, 容易造成机器的闲置和浪费, 甚至在关键操作环节出现设备紧缺, 从而加重了企业的成本损失。基于模糊应得值的动态管控思路, 对租赁需求和工程计划进行深度匹配, 在理论层次上建立既有弹性又有系统的租赁管理体系^[4]。从租赁需求预测的逻辑出发, 机电工程施工过程受到多种不确定性(如人员调配、材料供应、技术衔接等)的影响, 表现出典型的模糊特征, 单个固定的租用周期难以对其进行响应。精确计划需要基于模糊挣值法对项目进度进行模糊定量分析, 并根据关键线路项目的进展情况, 预测设备的实际需求周期。比如, 根据模糊进度评价转换的定量结果, 发现某个关键任务的进度进展速度比预期慢, 从而动态地延长相应机器的租用时间, 防止设备提前退出造成的建设停顿。如果不是关键性的工作提前, 就可以缩短机器租用时间, 降低空闲费用。该方法的实质就是通过合理控制不确定因素, 达到租赁资源和建设需要之间的动态平衡。

4.2 构建成本统计模型

针对机电工程特点, 建立适合机电工程特点的造价统计模型, 是实现其高效应用的关键, 其核心理论价值在于突破传统统计建模方法对确定性数据的过度依赖, 实现对模糊环境下代价数据的系统分析和深层挖掘。传统的成本计算模式侧重于对历史成本的计算和汇总, 很难适应机电项目进度的模糊性和复杂的费用构成, 造成成本分析脱离了现实, 无法对项目成本进行有效的决策。

然而, 针对性地构造成本核算模式, 需要将模糊数学和工程造价管理的逻辑结合起来, 形成既适合又具有指导性的理论框架^[5]。数据维的系统集成是模型构建的核心理论逻辑。机电安装工程项目造价受到多种因素的影响, 单个造价数据不能反映其内在规律。为此, 需要将预算成本、实际成本、模糊进度、资源消耗、外部环境等多维信息纳入统计框架中。以多源数据融合为基础, 即机电项目成本生成是多个因素相互作用的结果, 全面反映了机电安装项目成本与进度、资源、环境等要素之间的内在关系, 为机电安装项目成本管理奠定理论基础。

4.3 建立成本控制信息化系统

由于机电设备安装工程涉及的工作种类很多, 所需的材料数量也很多, 所以只靠手工进行统计, 工作量很大, 效率也很低, 并且还有可能出现数据出错的情况, 从而无法达到挣值的效果, 反而会增加工作费用。然而, 挣值方法的适用前提是要及时、准确地获取有关的数据, 因此要将其运用到企业中, 必须使其达到信息化、标准化的程度。企业可以采用外部采购、自行研发、联合研发等多种形式来构建成本管理的信息化体系。

5 结论

综上所述, 基于关键线的模糊挣值法能够有效地适应S公司机电工程进度数据的模糊性特点, 在工期预算、费用预算和数据处理上比传统的挣值法具有更大的优势, 可以提高成本控制的针对性和准确性。通过利用三角形模糊函数对模糊进度数据进行定量化, 并将 α 截断区间($\alpha=0.8$, 以区间上界作为对照)进行费用控制和预测, 可以精确地辨识出费用超支和工期延误等问题, 为项目成本优化提供可靠的依据。

参考文献

- [1]翟卫波,顾浩宇,张平,等.基于BIM与挣值法的高速公路隧道机电系统安装进度控制[J].河南大学学报(自然科学版),2024,54(06):730-737.
- [2]张妍.改进挣值法在道路施工项目成本控制中的应用[J].工程造价管理,2024,35(02):69-75.
- [3]梁军,常自昌,巩利军,等.BIM5D与挣值法在工程施工成本管理应用的研究[J].山西建筑,2023,49(23):195-198.
- [4]王泽,边晶梅,杨晓雯.基于挣值法的建筑工程项目成本控制研究[J].中国集体经济,2023,(27):103-105.
- [5]叶光焰.机电设备安装造价影响因素以及控制策略浅析[J].建筑监督检测与造价,2021,14(Z1):53-55+63.