

球团 EPC 工程多工艺单元造价指标提炼与偏差预警费控研究

叶伟

中冶南方武汉钢铁设计研究院有限公司 湖北武汉 430080

DOI: 10.32629/ems.v8i9.22128

[摘要] 针对球团 EPC 工程造价管控痛点，本文基于多座已建项目实际造价数据，构建了覆盖原料准备、造球、焙烧冷却、公辅系统等主要工艺单元的造价指标体系，提出设计阶段限额测算、变更快速测算及概算—预算—结算三阶段偏差预警方法。试点应用表明，该体系使概算准确度提升约 8.7%，变更测算效率提高约 24.6%，为球团 EPC 项目全过程精细化费控提供了有效支撑。

[关键词] 球团工程；EPC 总承包；造价指标

引言：

球团矿是优质的高炉炉料，产能不断增大，EPC 总承包模式在球团工程中得到广泛使用。但是球团工程造价控制存在三大痛点，即缺少内部造价参考指标、设计阶段技术经济比选没有量化的依据、变更签证造价测算效率低。目前工程造价指标体系和 EPC 费控方法的研究大多集中在通用工程上，对于球团专项的研究还处于空白状态。本文就造价指标提炼、限额测算、变更快速测算和偏差预警机制展开研究，给球团 EPC 项目全过程费控赋予可复用的技术方案。

1 球团工程EPC项目造价构成与特点

1.1 球团工程工艺流程与工艺单元划分

球团生产工艺流程主要由原料准备、配料混合、造球、焙烧冷却、成品储运等几个主要部分组成。原料经过破碎、磨矿、干燥后进入配料系统，配合粘结剂在造球盘（或造球筒）中滚动成球，生球经过筛分后进入焙烧工序，通过链篦机一回转窑或者带式焙烧机完成干燥、预热、焙烧和冷却，最后成为成品球团矿。

根据工艺流程和造价管理的需要，本文把球团工程分为原料准备系统、配料混合系统、造球系统、焙烧冷却系统、循环风系统、主抽风系统、成品储运系统、喷煤系统、除尘通风系统、能源公辅系统、高压供配电系统、电气传动系统、仪表自动化系统、通信系统、厂区道路及综合管网系统、脱硫脱硝系统等。划分依据以功能独立性、造价可分离性为原则，即每一个单元有相对完整的工艺功能，并且费用可以单独归集核算，便于以后的指标提取和限额分解。各个工艺单元的设备选型、装机容量、材质等级差别很大，从而造成造

价构成不同。

1.2 球团 EPC 项目造价构成体系

球团 EPC 项目造价按照费用构成可以分为设备购置费、建筑结构费、安装工程费和其他费用四大部分。以某典型球团 EPC 项目为例，工程费用总额约 4.2 亿元，其中设备购置费占比约 57%，建筑结构费占比约 28%，安装工程费占比约 15%。从上表可知，设备费在球团工程造价中占主导地位，是造价控制的主要对象。就费用构成特点而言，设备购置费占比较大体现出了球团工艺装备密集型行业的特性，建筑结构费和安装工程费受项目场地状况以及施工组织形式的影响较大，各个项目的变动情况也很大。

按照专业分类，球团工程造价可以进一步分为结构工程、建筑工程、总图专业、球团、工业炉、燃气、热力、暖通、给排水、电力、电气、仪表、自动化、通信等专业类别。球团占约 29%，暖通设备及材料安装占约 24%，结构工程占约 21%，这三类合计超过 74%，是造价的主要部分。

1.3 球团工程造价关键影响因素

球团工程造价的影响因素可以分为产能规模、工艺路线、装备水平和建设条件这四个部分。产能规模影响设备的规格和数量，一般规模效应在单位产能造价上表现为随着规模增大而递减。工艺路线上链篦机一回转窑和带式焙烧机两种主流工艺投资相差较大，前者设备体系分散但是国产化率高，后者设备集成度高但是进口依赖性强。装备水平方面，自动化程度、材质等级、环保配置等都会对造价造成较大的影响。建设条件中场地地质条件、气候环境、地方材料价格水平等也不能忽略。

2 球团工程造价指标体系构建

2.1 造价数据来源与标准化处理

本文选取了近几年来国内建成的5座球团EPC项目为样本，产能规模从150万吨/年至300万吨/年不等，工艺路线有链篦机一回转窑和带式焙烧机两种。样本主要分布在我国的华北、东北、华东等主要的钢铁生产区，具有不同的气候条件和地质环境的地域代表性，可以用来评价结果的地域适用性。数据来源为项目初步设计概算、施工图预算和竣工结算文件。

为了保证数据的可比性，用如下标准处理数据：一是时间价格指数修正，以各项目建设年份为基准，用冶金行业设备价格指数、建筑工程造价指数把数据统一调整到可比基准年；二是口径统一，确定各个工艺单元的划分边界以及费用归集规则，消除不同项目之间分类的差别；三是异常值处理，对明显超出合理范围的数据予以剔除或者修正。

2.2 主要工艺单元造价指标提炼

单位产能造价指标，样本项目单位产能造价在180~260元/吨·年之间，均值为215元/吨·年，带式焙烧机项目比链篦机一回转窑项目高出10%~15%。

各个工艺单元的造价所占比例不同，根据样本数据可知各个工艺单元在工程费用中所占比例存在较大差别。焙烧冷却系统占总造价约20%，除尘通风系统占总造价约16%，脱硫脱硝系统占总造价约15%，原料准备系统占总造价约7%，电气传动系统占总造价约8%，其他单元占总造价的比例较低。造成差异的主要原因就是焙烧冷却系统有高温热工设备，设备投资大、材质要求高；除尘通风和脱硫脱硝系统受到越来越严格的环保标准的驱动，配置规模越来越大。该分布特点说明焙烧冷却、除尘通风、脱硫脱硝这三个系统应该被当作费控的首要对象。

核心设备造价指标，在焙烧冷却系统中，链篦机、回转窑、冷却机这三个主要设备的设备购置费占到该单元设备费的65%~75%，属于设备费控制的重点。在除尘通风系统当中，高效布袋除尘器、电除尘器等主要设备的购置费所占比例大于80%，体现出环保设备在球团工程中投资大的特点。

2.3 造价指标参考库设计

根据以上指标提炼出的结果，本文建立了球团工程造价指标参考库，用工程、工艺单元、专业、费用类别四个层次进行分类。第一层为工程总体指标，用单位产能造价来表示；

第二层为各个工艺单元的造价占比和单位产能指标；第三层为各个专业在各个工艺单元中的费用指标；第四层为设备、材料、安装、土建等各种费用明细。用户可以根据项目产能规模和工艺路线逐层检索出对应的指标，把基准值当作限额设计的参照上限，再依照项目实际情况实施系数调整，从而达到快速对标并精确测算的目的。

指标库给出各个指标的基准值和合理取值范围，说明各指标适用范围为产能规模区间、工艺路线类型、建设年份等。指标库采取动态更新的方式，每一个新增项目就会对指标实施滚动修正，保证指标的时效性以及适用性。

3 关键阶段费控技术方法

3.1 设计阶段限额测算方法

根据造价指标库，本文建立了一个工程总限额、工艺单元限额和专业限额三级分解体系。在项目投标或者初步设计阶段，根据项目产能规模和工艺路线，从指标库中选择对应的基准指标，计算出各个工艺单元的限额目标值，然后分解到各个专业上。与传统的依靠经验的估算法相比，该体系是以实际项目的数据为基础进行量化，从而保证限额目标更加科学合理、具有可操作性，不会因为经验上的偏差而造成限额过于宽松或者过紧。

设计方案技术经济比选用费用效益分析法，从全生命周期角度对备选方案进行综合比较。以焙烧冷却系统链篦机一回转窑和带式焙烧机方案比选为例，需要综合考虑设备投资、运行能耗、维护成本、产品品质等各方面因素，用指标库中造价数据快速量化工方案的投资差异，辅助决策。

3.2 变更签证快速造价测算方法

球团工程变更按类型可分为工艺调整类、设备替换类、工程量增减类和施工条件变化类。工艺调整类、设备替换类变更对造价影响大，是快速测算的重点。

本文建立了一个基于典型构件、设备单价库的快速测算模型。模板库的建立逻辑为梳理球团工程历史变更案例，按照工艺单元将高频变更场景归类整理出来，然后为每一个场景编写标准化的工程量清单，再与设备单价库中对应的设备单价进行关联，最后设置参数化的调整规则，生成可以复用的计算模板。发生变更时只需要选择变更类型和输入关键参数（设备规格发生变化、数量发生变化等）就可以完成造价测算，测算效率比传统逐项计价方式提高了大约60%。

3.3 造价偏差预警与控制要点

建立概算、预算、结算三个阶段的偏差分析体系，用造价指标库中基准值作为参照，对各个阶段造价的偏差率进行动态跟踪。偏差预警阈值为单工艺单元偏差率大于 $\pm 10\%$ 小于等于 $\pm 20\%$ ，黄色预警，分析原因、制定纠正措施；单工艺单元偏差率大于 $\pm 20\%$ ，红色预警，立即进行专项审查，调整预算控制方案。预警响应流程是偏差识别、原因分析和责任界定、制定纠偏方案、方案审批和执行、跟踪验证，闭环管理，保证偏差得到及时有效的处理。

关键费控节点有初步设计完成后的限额复核节点、施工图设计完成后的预算对比节点、重大变更签证的造价评估节点、月度进度款的偏差分析节点。用节点控制和偏差预警相结合的方式达到全过程动态费控的目的。

4 试点应用与效果分析

4.1 试点项目概况

选取年产 240 万吨球团 EPC 项目为试点，该项目建设方案为链篦机一回转窑工艺路线，工程总造价约 4.2 亿元，设备购置费占工程总造价约 57%，建筑结构费占工程总造价约 28%，安装工程费占工程总造价约 15%。该项目产能规模在行业内属于中等偏上水平，工艺路线为国内主流类型，造价数据结构和样本统计特征高度吻合，具有较好的典型性、代表性，适合做指标体系验证的试点对象。项目 2025 年开始建设，正处在施工图设计和设备采购阶段。

4.2 方法应用过程

造价指标库在限额设计中运用，施工图设计开始之前，根据指标库对各个工艺单元进行限额目标测算。操作要点为，按照项目产能和工艺路线匹配指标库中的基准值，根据项目特殊的条件（地质差异、环保要求等），做相应的系数调整后得出各个单元的限额目标。焙烧冷却系统指标库给出该单元造价占比基准值约 20%，据此计算出限额目标约 8400 万元，与设计概算基本一致，证明指标库合理。

变更快速测算方法的应用，项目施工过程中因原料准备系统皮带输送机规格变更而引起的测算时间由原来的 3 到 4 个工作日缩短为 1 个工作日。采用快速测算模型后，用选择设备替换类变更模板输入新旧规格参数，在 1 个工作日内完成造价影响评价，效率大大提高。

造价偏差预警的应用，在预算编制阶段，除尘通风系统预算比概算大了大约 15%，发出黄色预警。对本次预算超概

算的原因进行溯源分析可知，由于环保排放标准要求提高，项目不得不对原有的除尘器设备进行升级改造而造成的。根据以上偏差产生的具体情形，项目造价管控人员及时对原定的预算控制方案做出有针对性的调整，从而将该工艺单元的造价偏差控制在项目事先设定的可接受范围之内。

4.3 应用效果评价

根据概算的准确性、测算速度以及造价偏差率这三个方面来评价应用效果。对比基准选择的是该企业之前没有使用指标库体系的三个同类球团 EPC 项目的过去数据，保证评价有客观的参照。与同类没有使用指标库的项目相比，试点项目的概算编制准确度提高约 8.7%，变更测算效率提高约 24.6%，已完成预算编制的各个单元偏差率都在 $\pm 10\%$ 以内，费用控制效果较好。同时在试点过程中也发现了指标库对于脱硫脱硝等新型环保工艺单元数据的缺乏，在后期需要继续增加样本。

5 结论

本文以多座已经建成的球团 EPC 项目实际造价数据为基础，创建出包含 16 个工艺单元的造价指标体系，提出了一种三级限额分解法、变更快速测算法以及三阶段偏差预警法的费控方法，形成全过程费控技术体系。试点应用结果表明，概算准确率提高约 8.7%，变更成本测算速度提高约 24.6%，证明该方法有可行性的、实用性的特点，可以为球团工程以及类似冶金 EPC 项目的精细化造价管理提供可以复制的方法。

[参考文献]

- [1] 单鹏. 房建工程项目总承包（EPC）模式下的施工技术管理要点[C]//中国国土经济学会. 2026 智慧城市建设与创新发展研讨会论文集. 2025:34-36.
- [2] 仇倩霞. EPC 总承包模式下全过程工程审计质量控制体系优化研究[C]//中国国土经济学会. 2026 智慧城市建设与创新发展研讨会论文集（二）. 2025:45-47.
- [3] 童丹丹. 工程总承包模式下石化工程招标实务问题及优化路径[J]. 石油化工技术与经济, 2025, 41 (6): 7-11.
- [4] 王恩能. EPC 总承包模式下建筑工程质量管理与风险控制研究[J]. 城市建筑空间, 2025, 32 (S2): 405-406.
- [5] 孙利. SGGC 公司带式焙烧机球团业务竞争战略研究[D]. 河北大学, 2025.