

人工智能在工程量自动计算与造价审核中的可行性分析

王林燕^{1,2}

1. 新疆兵建诚筑建设工程有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

2. 新疆兵团城建集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘要：近年来，人工智能技术在多领域的成功应用为工程管理数字化升级提供了新的可能。本文从工程量计算和造价审核两个维度的业务特征出发，深入剖析了计算机视觉、自然语言处理、知识图谱及机器学习等人工智能技术在图纸识别、构件提取、清单编制、价格合理性判断及合规性审查等关键场景中的适用性。在此基础上，系统分析了当前制约人工智能应用落地的技术瓶颈与行业壁垒，包括数据孤岛问题、标准体系不统一、模型可解释性不足及复合人才匮乏等，并据此提出了分阶段推进策略与配套保障建议，旨在为工程造价领域智能化转型提供理论层面的可行性论证与路径参考。

关键词：人工智能；工程量自动计算；造价审核；可行性分析

引言

工程造价管理中，工程量计算与造价审核长期依赖人工，存在效率低下、结果波动大、重复劳动多及漏审率高等痛点。随着设计变更频繁，传统模式难以适应需求。与此同时，人工智能技术迅猛发展：计算机视觉可自动识别工程图纸，自然语言处理能解析规范与合同语义，知识图谱可实现计价规则的结构化存储与推理。这些技术为破解造价管理困局提供了新视角。鉴于工程领域的高度专业性，AI是否适用及如何落地尚需审慎分析。本文旨在从技术适配性、应用场景、实施障碍及推进路径等维度，系统论证人工智能在工程造价管理中的可行性，以期为行业智能化转型提供理论依据与实践指导。

1 工程量自动计算中人工智能的适配性

1.1 工程量计算的业务特征与痛点

工程量计算是将图纸几何信息转化为按计量规范分类的数量表。其主要难点：一是图纸信息提取依赖视觉判读与空间想象，造价人员需在多视图间交叉识别构件边界、标高和做法，易遗漏或误判；二是计算规则繁杂，建筑、装饰、安装等专业口径各异，地方细则不一，记忆负担重；三是随建筑规模扩大，同类构件重复核算量呈指数增长，高重复性操作易引发注意力衰减，造成系统性偏差。

1.2 计算机视觉的图纸识别能力

人工智能介入工程量计算的最直接路径是计算机视觉技术的应用。当前基于深度学习的图像识别算法在通用目标检测领域已达到甚至超越人类水平，迁移至工程图纸识别时，可通过卷积神经网络对图纸中的图元、线

条、文字标注进行像素级解析。具体而言，目标检测算法可定位图纸中的柱、梁、板、墙等构件位置，语义分割算法能区分构件轮廓与填充区域，光学字符识别技术则提取尺寸标注和钢筋编号等数字信息^[1]。经训练后的模型能将识别结果输出为结构化数据，为后续工程量核算提供输入。从技术成熟度看，对标准CAD导出图纸的识别准确率已在实验条件下达到较高水平，但面对扫描版蓝图、手写修改痕迹及不规范图面表达时，识别性能仍有明显下降。

1.3 基于规则的工程量核算逻辑

工程量计算的另一技术基础是将繁杂的计量规则转化为可执行的算法逻辑。传统编程方式需要对每条规则进行显式编码，灵活性差且难以覆盖规则之间的交叉引用。机器学习方法则提供了一种不同的思路：通过大量已标注的工程量计算书作为训练样本，让模型自动学习图纸特征与最终工程量之间的映射关系。对于常规构件，这种数据驱动方式可以较好地概括计算规律。然而，工程中存在大量非标准节点和特殊构造，训练样本难以穷举，此时知识图谱技术体现出独特价值——将计量规范、定额说明、图集做法等知识以实体-关系网络的形式存储，推理引擎根据输入的构件属性动态组合适用规则，弥补纯数据驱动模型在专业逻辑上的不足。

1.4 适用性综合判断

综合来看，人工智能在工程量计算中的应用前景取决于构件类型和图纸标准化程度。对于标准化程度高、几何形态规则的建筑主体结构（如框架结构的梁板柱），计算机视觉结合规则引擎已具备较高的自动化计算可行性，可显著减轻人工重复劳动。对于安装工程中

管线错综复杂、路径选择灵活的系统,以及装饰工程中异形曲面和艺术造型部分,当前技术尚难以可靠应对,仍需人工主导、AI辅助的模式。因此,工程量自动计算的可行方向并非追求全自动化,而是定位于“AI预计算+人工复核”的人机协同架构,充分发挥机器在速度和一致性上的优势,同时保留人类在复杂判断和专业裁决上的不可替代性。

2 造价审核中人工智能的适配性

2.1 造价审核的内容与逻辑

造价审核是对已编制的工程量清单、招标控制价、投标报价及竣工结算等进行系统性审查,以确认其准确性和合规性。审核内容涵盖:工程量数据的重新核算、定额套用的合理性评估、材料及人工单价的时效性与地区适用性判断、取费基数和费率标准的一致性核查,以及措施费、规费和税金等项目的完整性和正确性审查。上述审核要点可归纳为三类逻辑:其一为确定性逻辑,即是否严格遵守计量计价规范的硬性规定,此类审核结论明确、规则固定;其二为比较性逻辑,即单价的水平是否处于合理区间,需结合市场行情和历史数据进行横向对比判断;其三为经验性逻辑,即施工方案对应的计价方式是否经济合理,依赖对施工工艺和现场条件的深入理解。

2.2 基于规则校验的自动化审核

确定性逻辑审查是人工智能最易于介入的领域。自然语言处理和规则引擎可将工程量清单中的项目特征描述、计量单位与规范库进行逐项匹配校验,自动检出项目编码错误、单位不符、计算规则违背等显性疏漏。机器学习分类模型可对定额子目的选用进行合规性判定,例如将某混凝土构件的截面尺寸、配筋率和混凝土强度等级输入模型,输出应选用的定额编号及其置信度^[2]。对于取费程序,可建立数字化台账将各工程类别的费率标准内置,系统自动核对填报值是否在允许阈值内。这些功能已在部分造价软件中初步实现,验证了规则自动化审核的技术可行性,其效率远超人工逐条翻阅规范的校核方式。

2.3 基于市场数据的单价合理性判断

价格合理性审核对人工智能而言是更具挑战性但同时也更具价值的应用方向。大量历史工程项目的材料采购价格、人工工资单价和机械台班费用形成了丰富的市场数据池。通过构建回归模型或神经网络模型,输入项目所在地、时间节点、材料品牌及规格等特征,可输出该材料在当前市场条件下的预测参考价格区间。审核人员将待审单价与模型给出的基准区间进行比对,若超出

合理范围则系统自动标记预警,供人工进一步核查。类似的逻辑适用于综合单价分析——将人工费、材料费、机械费和管理费利润的构成比例与行业平均水平比较,识别异常报价行为。这种数据驱动的智能定价辅助,将有效缓解审核人员因对特定地区或非常规材料行情不了解而导致的判断偏差。

2.4 模型可解释性要求及约束

造价审核不同于一般的预测任务,其结论具有法律效力和经济后果,因此对人工智能决策过程的可解释性提出了刚性约束。若一个审核结论被标注为“异常”却无法说明异常依据——是价格超限、定额不当还是逻辑矛盾——则审核人员难以采信和处理。这一要求限制了复杂黑箱模型(如深层神经网络)在审核核心环节的应用空间,而决策树、随机森林、规则学习等可解释性较强的模型更受青睐。知识图谱和问答系统的结合提供了一种折中方案:系统展示推理链条,每一步结论均附有引用的规范条款或统计依据,使审核人员可以复核和确认。在可解释性得到充分保障之前,人工智能在造价审核中的定位应始终是“辅助”而非“替代”,最终的审核签章责任和职业判断仍须由具备执业资格的专业人员承担。

3 人工智能应用的瓶颈与挑战分析

3.1 数据基础与标准化问题

人工智能模型的有效性高度依赖于训练数据的规模、质量和标注一致性。然而,工程造价领域的数据积累严重不足:历史项目的完整造价文件、设计图纸与对应审核意见的配对数据分散于各企业和项目之中,互不联通且格式多样。即便在同一企业内部,不同时期、不同造价人员编制的工程量计算书在表达方式和详略程度上也存在显著差异,难以直接用于模型训练。此外,造价领域的专业术语和缩写表达各地不一,进一步加大了自然语言处理的难度。数据孤岛、非结构化存储和标准缺失构成了制约人工智能落地的首要瓶颈,其严重程度远超算法层面的技术难题。

3.2 行业标准与规范动态变化

工程造价的计价依据和规范体系处于动态调整之中。国家标准更新、地方性补充规定出台、市场价格指数波动,都要求人工智能模型随之同步更新。不同于图像识别等相对静态的任务,造价知识的变化频率较高且影响面广,一次定额库的全面修订可能使既有模型的输出全面失效。若每次标准调整都需要重新标注数据和训练模型,则维护成本将十分高昂^[3]。这种动态性要求模型架构具备在线学习和快速迁移的能力,也要求行业主管

部门提供数字化、结构化的规范发布接口，以便于机器自动读取和更新。目前这两方面的准备均不充分。

3.3 复合型人才缺口

人工智能与工程造价的交叉应用需要兼具两个领域深度知识的复合型人才。但现实中，工程造价人员普遍缺乏算法和编程基础，难以准确向技术团队表达业务需求和约束条件；人工智能工程师则对工程计量计价的专业逻辑和行业惯例认知不足，容易设计出技术上先进但业务上不可用的方案。这种认知鸿沟导致技术供给与业务需求之间长期错位，许多开发出的模型在测试环境中表现良好，投入实际使用后却因忽视某些行业隐性规则而效果欠佳。培养兼具两类知识体系的复合人才需要较长的周期和系统的机制设计，短期内这一缺口难以弥合。

4 推进路径与保障建议

4.1 分阶段推进策略

鉴于上述挑战，人工智能在工程造价领域的应用应遵循务实、渐进的原则，不宜追求一步到位的全面智能化。近期（1-3年）应以单点工具开发为主，选择图纸标准化程度较高的住宅项目，在土建主体结构的混凝土和钢筋工程量计算环节试点AI辅助功能；造价审核侧优先落地定额套用合规性校验和综合单价横向比对两类场景。中期（3-5年）应推进从单点工具到集成平台的升级，打通设计、算量、计价、审核各环节数据流，并在多种结构类型和工程类别上扩大应用范围。远期（5年以上）可在基础数据积累和模型迭代成熟的基础上，探索面向全生命周期的智能造价管理平台，实现从投资估算到竣工结算的全过程智能化管控。每个阶段均须设置明确的评估节点和退出机制，对未达预期效果的模块及时调整或暂停。

4.2 行业基础设施与标准体系建设

行业层面的统筹协调是人工智能规模化应用的基本保障。建议由行业主管部门牵头，组织编制工程造价数据交换标准，统一工程量清单、定额库、价格信息等核心数据的数字化格式和接口规范，使不同软件系统之间实现数据互认。同时推动历史项目造价数据的脱敏共享，建立行业级造价知识图谱和价格基准数据库，为模型训练提供充足、规范的数据资源^[4]。规范发布环节应同

步提供机器可读的结构化版本，减少人工录入环节的信息损耗。此外，应建立人工智能应用效果的评价与认证机制，对应用于造价审核的算法模型进行第三方验证，确保其输出结果的准确性和可靠性达到行业接受标准。

4.3 人机协作模式与组织能力升级

引入人工智能并不意味着造价岗位的消亡，而是角色定位和工作方式的深刻转型。未来造价人员的核心价值将从重复性的量价核算转向对AI输出结果的审核裁定、对非常规复杂项目的专业判断以及对造价风险的主动管控。企业层面应调整造价部门的职能分工，设立专门的数据管理岗位负责训练数据的清洗和标注，设立算法验证岗位负责模型输出的抽检评估。高校工程造价专业的课程体系应增设人工智能基础、数据分析和信息系统开发等相关内容，培养新一代具备数字化素养的造价工程师。行业协会应组织在职人员的技能培训，帮助现有从业者理解AI工具的能力边界和操作规范，减少因不信任或误操作导致的应用障碍。

5 结语

人工智能在工程量自动计算与造价审核中兼具理论可行性与实践迫切性。计算机视觉、自然语言处理及机器学习等技术为图纸提取、规则推理及价格判断提供了支撑。然而，数据孤岛、标准缺失、模型可解释性不足及复合人才匮乏等障碍制约了其落地深度。推进转型需采取分阶段、渐进式路径：以行业数据标准和知识库建设为基础，从高标准化场景的辅助工具切入，并以人机协同模式保障运行。唯有技术研发与制度建设双轮驱动，人工智能才能从学术构想转化为工程造价管理的现实生产力，推动行业迈向精细化、智能化的新阶段。

参考文献

- [1]周建平,何敏.基于深度学习的建筑工程图纸识别技术综述[J].图学学报,2022,43(3):401-409.
- [2]刘艳红,王浩.知识图谱在工程造价智能审核中的应用探索[J].建筑经济,2023,44(7):68-74.
- [3]郑文杰,陈晓.自然语言处理在工程量清单自动生成中的研究进展[J].工程管理学报,2021,35(5):78-83.
- [4]马国富,李婷.数据驱动的建设工程造价预测模型比较研究[J].工程造价管理,2024(2):33-40.