

基于 BIM 的钢筋精细化下料优化研究

陈丹

重庆工贸职业技术学院建筑工程学院, 重庆 408000

DOI:10.61369/ME.2025110020

摘要：本文就钢筋工程的质量、成本控制问题展开探讨，在BIM精细化下料的基础上，构建了一整套模型信息集成-智能算法优化-结果应用的技术方案，同时提出针对质量、成本、组织标准3个方面管控的三维控制策略，研究表明，该管控体系能有效提高材料利用率、保障工程质量并实现动态成本控制，为建筑业的精益化管理提供了可行的路径。

关键词：BIM技术；钢筋质量；精细化管理；下料优化；成本控制

Research on the Optimization of Precision Reinforcement Bar Cutting Based on BIM

Chen Dan

School of Architectural Engineering, Chongqing Industry & Trade Polytechnic College, Chongqing 408000

Abstract : This paper discusses the issues of quality and cost control in reinforcement engineering. Based on the precision cutting of reinforcement bars using BIM (Building Information Modeling), a comprehensive technical solution is constructed, integrating model information, optimizing through intelligent algorithms, and applying the results. Additionally, a three-dimensional control strategy is proposed for managing quality, cost, and organizational standards. The research indicates that this management and control system can effectively enhance material utilization, ensure project quality, and achieve dynamic cost control, providing a feasible path for lean management in the construction industry.

Keywords : BIM technology; reinforcement bar quality; refined management; cutting optimization; cost control

引言

钢筋是建筑工程中重要的材料之一，钢筋下料质量关系到项目的质量和进度。传统的钢筋下料主要依赖人工，依据二维图纸和经验进行，该模式存在效率低下、误差率高、协同性差等问题，具体表现为：信息传递易失真、材料损耗大、协同困难。面对这一问题，在建筑信息化和工业化的背景下，使用新技术对钢筋工程进行精准化管理已成为一种必然趋势，而建筑信息模型恰恰是最有效的方案之一。本文基于建筑信息模型（BIM），针对钢筋下料环节的现存问题，系统构建了一套优化方法与管理策略，旨在提升下料过程的精细化水平，从而为提高项目整体效益提供理论依据与实践支持。

一、基于 BIM 的钢筋精细化下料理论基础

基于 BIM 的钢筋精细化下料是建筑工程领域实现资源节约与效率提升的关键技术路径，把 BIM 技术嵌入到钢筋工程的下料环节中去，借助于信息技术手段，实现由原来经验型的粗放管理向精细化的数据管理转变。传统的钢筋下料方法都是根据二维图来手工识读并计算下料长度，容易出现尺寸计算出错、数量统计出错、形状优化失准等这样的一些问题，进而造成材料浪费、加工成本高企、工程质量隐患等问题。BIM 技术所具有的三维可

视化、信息集成化、参数化驱动特性，为解决这些问题提供了良好的条件，借助 BIM 软件能够建立完整的几何尺寸、空间定位、材质属性和力学性能等钢筋的数字化模型，并将其作为唯一可信的数据源，为实现精准工程量统计、虚拟碰撞检查、深化设计优化提供可能，从源头杜绝由于设计冲突或者信息不全造成的返工和浪费；在此基础上为后续的优化算法提供依据，在基于 BIM 获取准确的钢筋信息后，运用数学优化算法来实现定尺钢筋的智能套裁，旨在实现材料利用率的最大化，并基于精确数据进行优化决策，使下料过程从被动执行变成主动优化，显著超越了传统依

课题：重庆工贸职业技术学院 2024 年度校级科研项目：精细化管理理念下钢筋质量与成本控制研究，编号：ZR202439

作者简介：陈丹（1989-），女，重庆涪陵人，学士，讲师，研究方向：建筑工程造价、建筑工程管理及建筑工程成本控制。

赖人工经验的下料模式。所以基于 BIM 精细化下料实际上构建的是一个“模型驱动数据、数据支撑决策、决策优化结果”的技术体系，它能提升单一下料环节的精确度和效率，又能通过钢筋精细化管理软件把设计、施工融为一体，确保质量与造价的相辅相成，并且可为钢筋工程全局精益化管理提供坚实的理论依据。

二、基于 BIM 的钢筋精细化下料优化方法

(一) 钢筋模型构建与信息集成

钢筋模型构建与信息集成是基于 BIM 的钢筋精细化下料优化的首要与基础环节，钢筋模型的质量将直接影响后续所有优化工作的可能性及有效性，钢筋模型构建要完成的目标就是把具有几何可视化和完整的工程信息的数字化钢筋产品模型建立起来。其中，在模型构建阶段中需采用 Revit、Tekla Structures 等专业的 BIM 建模软件，根据结构设计图纸做高度精细化的三维实体建模，不能仅仅满足于用三维来表示钢筋，而应该采用参数驱动的方法来把钢筋的直径、等级、弯钩角度、保护层厚度等均变为可驱动的参数，这样才能达到模型灵活、准确的目的，并能随着后续的设计变更联动更新^[1]。更重要的是，在信息集成过程中还应该把钢筋的非几何信息深深植入到模型图元上，包括所使用的材料的生产批次、力学性能、加工工艺的要求、安装顺序、造价等数据，从而形成完整的数字化信息链。为了实现以上集成目的，常常需要借助于 BIM 软件的自定义项目参数或者关联外部数据库的方式，建立钢筋的信息结构化数据库，该模型作为唯一可信的数据源，为后续的自动化工程量统计、碰撞检测以及优化算法提供精准的输入数据。这样既解决了钢筋模型构建和信息集成的问题，也解决了由于传统的信息孤岛问题、图样错读造成的建模数据有误以及人工计算存在的误差、计算精度低等问题；实现了由“经验下料”转变为“数据驱动下料”，完成了钢筋材料的精准化控制和全过程的精细化管理的前提条件。

(二) 钢筋下料优化算法与流程

钢筋下料优化算法与流程是实现材料精确利用、控制工程造价的关键。该过程起始于从已构建的精细化 BIM 钢筋模型中自动提取所有钢筋的几何数据，包括定尺长度、形状参数与数量，形成初始下料清单。传统的经验式下料采用人工的方式排布钢筋，在整盘钢材上只是单纯的排布，不能顾全大局，使得大量的废料产生。为突破此局限，需引入数学优化算法，线性规划、遗传算法都是有效的解决方法。对于上述问题求解的目标就是确定一个目标函数，如：目标函数是使总废料量最小或使原材料总长度最短，然后带入具体约束条件，满足一定规格的定尺钢筋的库存，钢筋搭接长度的要求，以及加工设备参数等，通过计算机的高速迭代计算，能够快速生成全局最优或近似最优的钢筋切割方案，该方案所能达到的优化效果，是传统人工经验排布所无法比拟的。最后要将优化的结果无缝对接到后面的工艺，其首要输出是自动生成的、具备可执行性的精细化下料单，该单据清晰列出每根原料钢筋的切割点与对应的构件编号；随后，通过与现代化数控加工设备联动，可将优化方案转换为 G 代码来驱动钢筋弯箍

机、剪切线等设备自动下料^[5]。“BIM 模型数据提取智能算法优化结果自动输出”这一连贯的过程，构成了数字模型到物理加工的闭环智能决策系统，大大提高了材料利用率，并且通过自动化代替了人工操作，从而减少了中间环节，在本质上大大提升了钢筋下料的总效率及经济效益，数据驱动决策为工程施工精细化管理提供了强大支持。

(三) 钢筋下料优化结果分析与应用

钢筋下料优化结果的分析与应用是检验优化方案实效性并实现其工程价值的关键步骤，也是将优化方案应用于工程实践的关键环节，优化计算得到的结果并不是输出的终结，还需要对其进行系统的可视化分析及量化分析后才能判断出方案的优劣。首先，应利用 BIM 平台的可视化功能，对优化后的下料方案进行三维模拟，直观检查钢筋切割组合的合理性以及是否存在异常余料。分析优化结果时要注意量化评价，先定量求出该次优化前后相关关键指标的变化量（比如综合材料利用率，某些规格钢筋的损耗率、合计理论节约量），然后定量比较其增减数量，对优化算法进行判定^[2]。最后在施工过程中所涉及的具体应用还有优化下料清单是钢筋准确采购与配送的基础资料；数控加工代码能够直接控制数控设备，实现高精度、高效率的下料加工，从源头消除人为因素产生的误差；优化结果还包含了每根钢筋的信息唯一标识，可关联物料管理系统，通过二维码标签等方式来实现钢筋从下料到加工、运输、安装全过程的精准追溯、动态管理。基于优化结果的精细化管理实现了从数字方案到实体动作的过程闭环，大大提高了材料的利用率；并通过过程的透明化与可追溯性，实现了事中的有效控制，进一步提高施工过程的质量与成本控制力度，进一步突出 BIM 技术下料优化在工程上的意义所在。

三、精细化管理理念下钢筋质量与成本控制策略

(一) 全过程质量保障策略

全过程质量保障策略是以 BIM 为手段形成的全过程、全方位的质量闭环保障模式，以设计深化设计及碰撞检查为基础，在实现 BIM 钢筋模型下料的基础上，自动检出钢筋与预应力管道、预埋件等组合节点的空间冲突点，在加工下料前彻底排除由于设计原因造成质量隐患以及现场返工现象的发生；其次利用优化下料数据和物联网技术实现对每条成型钢筋赋予一个包含规格、尺寸、安装位置等内容的身份识别码，并将该编码输入于施工人员手中所持有的移动设备，使施工人员能够随时将钢筋的三维模型、安装图纸等调入施工现场，执行“按模施工”的过程质量管控，极大避免了误用、错配等传统管理中的常见问题。事后追溯与改进是质量闭环的重要组成部分。所有关键质量信息，如钢筋的生产批次、加工时间、检验报告及安装验收记录，均被动态关联至 BIM 模型构件，形成完整的数字化质量档案。一方面可以方便问题的快速溯源，便于责任的确定；另一方面则是为之后项目的质量管理提供大量有价值的资源，促进项目管理从被动式改进到主动式的不断提升的过程转变。通过以 BIM 为载体全过程控制的管理方式，把质量控制从传统的末端检验转变为涵盖设计、加

工、施工各阶段的主动预防性管理，大大提高了钢筋工程质量可靠性一致性和一致性。

（二）动态成本控制策略

动态成本控制策略是指借助 BIM 技术使成本管理从事后的静态核算转变为事前的预测以及事中的动态调整。第一步是以精准成本测算为基础，通过将完整的钢筋信息融入 BIM 模型之中，并且能够自动迅速准确地从模型中获取工程量，以解决传统的手工算量耗时费力、容易出错的问题；在编制预算、拟定采购计划方面提供可靠的依据，并对成本上限进行有效的确定。第二步则是把成本控制的关键步骤放在下料优化当中，通过运用智能算法实现对钢筋切割方案的全局优化，直接实现原材料损耗最低，真正意义上做到从成本的主要构成要素——材料上面进行源头性的节约。第三步是在项目实施阶段将动态控制体现在将 BIM 模型与施工进度计划相结合，根据施工进度表精准地进行钢筋用量的需求预测以及按需分批供货，很大程度减少现场库存积压，加快资金回笼速度，减少仓储及管理费用；另外当有设计变更时能及时在模型中进行修改，在模型中直接实时反应到变更后的工程量及变更增加的成本上来，使管理人员能及早掌握变更后引起的成本增加情况，从而作出正确的决断，避免造成不必要的成本上涨，最后所有过程数据（包括优化节约量、实际采购量、库存量变化）都留在 BIM 平台上，并结合以上的过程数据，进行动态成本的核算、比对、分析，生成多维度的成本分析报告。此举不仅实现了成本过程的透明化，更重要的是为成本绩效评估和后续项目的成本预测提供了数据驱动的决策依据；并且形成从项目开始到结束贯穿整个项目生命周期的成本控制闭环，可以实现项目的反馈与学习^[4]。

（三）组织与标准保障策略

组织和标准保障是 BIM 钢筋精细化下料优化技术落地生效

的根本依托。一是组织上保障，要突出再造工作流和变革协同模式，不能按照设计-预算-施工-加工等先后顺序做分开的串行工作方式，而应该以 BIM 模型为唯一数据来源，进而构建以 BIM 模型为基础的协同工作流，使设计方提供模型精度达钢筋深化精度，施工方、加工方按模型进行下料优化及生产，以实现各阶段、各专业之间的高效协同，防止信息失真导致的返工；二是标准上保证，保证数据的流动和互操作性，需要建设涵盖项目级 BIM 建模标准、钢筋建模细节要求、钢筋建模命名规则及信息属性、统一的钢筋优化下料算法参数库与结果交付标准、全过程编码、加工工艺及现场安装标准化管理规范等方面的标准体系；三是所有技术流程与标准最终依赖于人员的执行，因此必须实施系统能力建设策略，分别针对项目管理人员、技术人员、作业人员开展多级分类培训，提高项目管理人员及技术作业人员数据协同工作及精细化管理的能力^[3]。只有组织、标准和人，三者一起，不断演化才能为 BIM 钢筋精细化下料优化及带来的质量效益、成本效益提供实现的平台环境，确保先进技术能够转化为可持续的竞争优势。

四、结语

本文基于 BIM 技术对钢筋精细化下料优化的方法开展了系统的探究，建立起基于 BIM 模型构建、算法优化及结果应用的完整的技术体系，并且借助于数据驱动实现钢筋材料利用效率的提高以及实现施工现场的精准化管控；通过对全过程质量把控和动态成本管控，对钢筋工程的精细化管理提出了全新的观点以及可供借鉴的实施路径，未来，可以将智能算法进一步优化，并结合人工智能等新兴技术的发展，钢筋工程施工管理向着更加智能化、精细化的方向进行发展，为推动建筑业的高质量发展提供参考。

参考文献

- [1] 代启胜,王同培.桥梁工程中精细化 BIM 模型的钢筋优化管理 [J].黑龙江交通科技,2024,47(08):158-161+167.
- [2] 戴伶.钢筋工程造价管理中 BIM 技术的应用研究 [J].建筑机械化,2023,44(08):109-111.
- [3] 秦艳萍,林冠宏.BIM 技术在钢筋工程精细化管理中的应用 [J].工程技术研究,2023,8(01):130-132+136.
- [4] 陈凯,伍昌,邵志国,等.基于 BIM 技术的钢筋工程施工阶段精细化管理研究 [J].微型电脑应用,2022,38(07):81-84.
- [5] 孔泉,刁伟,闫磊.基于 BIM 智能加工技术的钢筋精细化管理应用分析 [J].江西建材,2022,(06):238-239.