

# 基于 BIM 的地铁换乘站工程钢筋 有效利用方法

——以沈阳某地铁换乘站工程为例

张德海,孙绍桐

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168)

**摘要:**针对当前地铁换乘站施工中普遍存在的钢筋损耗大问题,提出了一种基于建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)的钢筋有效利用方法。通过所开发的钢筋放样算法,能够高效得出各种规格型号钢筋的尺寸和数量表单,通过计算分析可得出施工人员使用的对照下料图表,进而实现钢筋的有效利用,从而较大幅度减少施工中的钢筋损耗量。将该方法应用于沈阳某地铁换乘站工程,钢筋损耗率较之采用传统“钢筋工长负责制”的钢筋损耗率降低了近2/3,证明该方法可以有效减少地铁换乘站工程施工中的钢筋损耗。

**关键词:**BIM;钢筋损耗;地铁换乘站;有效利用方法

**中图分类号:**U231

**文献标志码:**A

住房和城乡建设部印发的《十四五建筑业发展规划的通知》中提出:“对标‘十四五’时期经济社会发展目标和2035远景目标,落实碳达峰、碳中和目标任务,减少材料和能源消耗,推进建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)技术在工程全寿命期的集成应用。”建筑业作为国民经济重要的组成部分,其肩负着为人民创造美好生活条件的重任,伴随着中国经济的快速发展,依据中华人民共和国国家统计局网站发布的《中华人民共和国2022年国民经济和社会发展统计公报》中的相关数据,2022年全国建筑业增加值为83383亿元,比上一年度增长5.5%。2018—2022年,建筑业增长速度虽呈现下滑的趋势,但建筑业增加值始终保持稳步递增,在这样的背景下,建筑业有必要采

用BIM技术对建筑材料进行规范化、科学化、精细化的管理。各行业建设项目造价成果文件资料显示,材料费占工程总造价的60%~70%<sup>[1]</sup>,其中,钢筋工程费用占总造价的比例为20%~39%<sup>[2]</sup>。研究建筑工程中钢筋的有效利用方法,对实现国家碳达峰、碳中和目标任务具有重要意义。

## 一、传统钢筋工程的管理现状

连立川等<sup>[3]</sup>对传统钢筋下料面临的算量偏差及裁切无章问题进行了研究,建立了基于Revit技术导入钢筋下料优化的初步程序,为后期研究提供了思路。邵艳丽等<sup>[4]</sup>以某地下车库钢筋实体模型为例,通过Revit API二次开发接口扩展了Revit钢筋明细表统计功能,完成了钢筋用量分类统计工作。

漏家俊<sup>[5]</sup>运用 MATLAB 软件解决了钢筋下料优化的问题,提出了单根原料分割优化的方案,为整体分析钢筋下料问题提供了有效的依据。张琨等<sup>[6]</sup>提出了一种基于 BIM 技术的钢筋集约化加工作业方式,提高了作业效率并降低了钢筋损耗。高涛等<sup>[7]</sup>以实训基地为例,利用 BIM 软件建立模型并分析研究钢筋的布置方案,准确计算出钢筋工程的具体工程量指导实际施工。余轲<sup>[8]</sup>对某地铁车站的 BIM 模型进行了计价规则数据维护,通过对 BIM 工程量的自动统计形成了主材工程量清单,该方法具有计算速度快及结果准确的优点。张文月<sup>[9]</sup>以某办公大厦为例,通过研究 BIM 技术下的钢筋工程,充分考虑各构件之间钢筋的相互关系,实现了减少资源浪费的目的。虽然现有文献中对于建筑工程中钢筋下料优化方法等进行了大量研究,但是对于地铁换乘站工程中钢筋用量最少的下料方案仍缺乏系统研究。在全球货币宽松政策、供需改善及消费增长预期向好的背景下,原油价格的逐渐上涨导致建筑所需原材料(如水泥、混凝土等)也出现了一定幅度的上涨。鉴于这种形势,各施工企业均加强了对建筑材料用量的管理工作,在多施工段同时交叉作业时,需要综合考虑的因素纷繁复杂,钢筋放样时排布单体钢筋的难度大大增加,导致最终给出的各型号钢筋数量表单很难保证钢筋余料最少,钢筋浪费现象较为普遍。因此,研究地铁换乘站工程钢筋有效利用方法,科学合理地快速给出钢筋用量最少的钢筋下料方案是当前需要研究的紧迫课题。

研究以沈阳某地铁换乘站项目为例,综合考虑施工图纸、合同及相关法律法规的规

定等因素,研究基于 BIM 技术的地铁换乘站工程钢筋有效利用方法。地铁换乘站作为地铁工程中的重要组成部分,其结构复杂,与一般建设项目相比钢筋使用量较大<sup>[10]</sup>。在地铁换乘站工程施工中,钢筋放样时需要同时考虑施工图纸、相关法律法规的规定、市场采购的单体钢筋长度、施工企业在多施工段同时交叉作业等多种因素,因此要实现钢筋余料最少以达到节约钢筋用量的目标难度很大,需要结合 BIM 技术开发钢筋放样的相关算法来解决。在实际施工管理过程中,钢筋工程按照施工准备阶段拟定好的施工段进行钢筋下料和加工。在各施工段下料过程中,先将各施工段拆分成由多榀框架组成的结构,再通过对各榀框架的钢筋数据进行提取,综合考虑施工图纸、单体钢筋长度、相关规范要求、余料最少等因素,最终给出钢筋排布和加工方案。由于以完整项目或一个施工段来推导钢筋排布及加工算法数据量庞大且数据格式错综复杂,因此研究以一榀框架梁上部钢筋排布与加工算法为例阐述钢筋放样算法的原理,然后给出按此原理所开发的算法在沈阳某地铁换乘站工程中的应用方法和效果。

## 二、一榀框架梁上部钢筋排布与加工算法

一榀框架梁上部钢筋配筋情况如图 1 所示,梁跨度分别为 3 300 mm、4 000 mm、4 000 mm。根据《混凝土结构设计规范》(GB50010—2010)(以下简称《规范》)要求,梁端伸入支座水平段长度为 330 mm,弯钩竖向长度为 210 mm,梁上部钢筋承受负弯矩仅能在梁净跨的跨中 1/3 处截断搭接,1/3 净跨长分别为 967 mm、1 200 mm、1 200 mm。

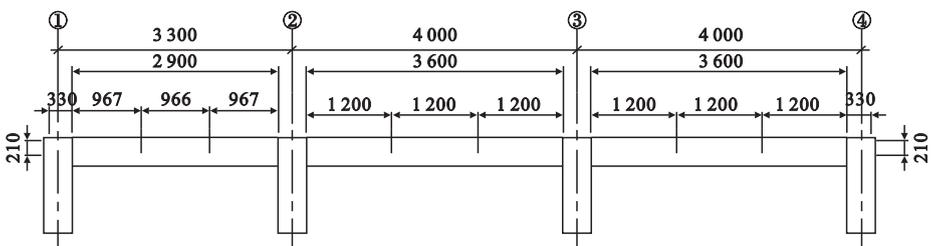


图 1 一榀框架梁上部钢筋配筋

首先对梁边跨及梁中间跨的上部纵向取值范围进行研究,在此基础上考虑规范要求研究钢筋的取值方法,最终给出考虑单体钢筋长度为12 m时的排布与加工方法。

### 1. 梁边跨上部纵向钢筋长度取值范围计算

梁上部纵向钢筋在实际施工中大部分采用90°弯折锚固方式,当采用机械锚头时仅较采用90°弯折锚固方式少用15*d*(*d*为梁纵向钢筋直径)长度的钢筋并应考虑机械锚固加工的影响,根据《国家建筑标准设计图集》(20G101—1)(以下简称《图集》)要求,梁上部纵向钢筋应伸至柱外侧纵向钢筋内边并向节点弯折,包括弯弧在内的水平投影长度不应小于0.4*l<sub>abE</sub>*(*l<sub>abE</sub>*为抗震受拉钢筋基本锚固长度)及柱截面沿框架方向高度减掉柱主筋直径及箍筋直径,计算值为330 mm。弯折钢筋在弯折平面内包含弯折弧段的投影长度不应小于15*d*,计算值为210 mm。因梁上部钢筋截断位置为梁净跨的跨中1/3处,可取值为靠近梁边跨*l<sub>n</sub>*/3处(*l<sub>n</sub>*为跨度值,取左跨和右跨较大值)到远离梁边跨2*l<sub>n</sub>*/3处的任意位置,且如遇梁跨较小时上部钢筋通常可直接设置在后面的跨中进行截断搭接,但计算长度均应以小于12 m为限,因此梁边跨上部纵向钢筋长度范围的最小值*BL<sub>min</sub>*和最大值*BL<sub>max</sub>*分别按照式(1)和式(2)计算:

$$BL_{\min} = 15d + \max(0.4l_{abE}, h_c - d_{\text{柱主筋}} - d_{\text{柱箍筋}}) + l_n/3 + \sum_{x=0}^{+\infty} (l_{nx} + h_{cx}) \quad (1)$$

$$BL_{\max} = 15d + \max(0.4l_{abE}, h_c - d_{\text{柱主筋}} - d_{\text{柱箍筋}}) + 2l_n/3 + \sum_{x=0}^{+\infty} (l_{nx} + h_{cx}) \quad (2)$$

式中:*d*为梁纵向钢筋直径;*l<sub>abE</sub>*为抗震受拉钢筋基本锚固长度;*h<sub>c</sub>*为柱截面沿框架方向高度;*d<sub>柱主筋</sub>*为柱主筋直径;*d<sub>柱箍筋</sub>*为柱箍筋直径;*l<sub>n</sub>*为跨度值,取左跨和右跨较大值;*l<sub>nx</sub>*为梁纵筋截断前穿过的完整跨长度;*h<sub>cx</sub>*为梁纵筋截断前穿过的柱截面沿框架方向高度。

根据式(1)、式(2)计算方法,图1中框架梁边跨上部纵向钢筋取值应当考虑不同跨的(*l<sub>nx</sub>* + *h<sub>cx</sub>*)长度时,其取值范围分别为:1 507 mm ~ 2 473 mm, 5 040 mm ~ 6 240 mm、

9 040 mm ~ 10 240 mm。

### 2. 梁中间跨上部纵向钢筋长度取值范围计算

梁中间跨上部钢筋应在跨中*l<sub>n</sub>*/3范围内进行搭接,若采用绑扎连接则应考虑钢筋下料时两侧各增加*l<sub>lE</sub>*/2(*l<sub>lE</sub>*为抗震情况下纵向受拉钢筋绑扎搭接长度),研究以焊接及机械连接进行计算推导,梁中间跨上部纵向钢筋取值也可如梁边跨上部纵筋取值一样,如遇梁跨较小时上部钢筋通常可直接设置在前后跨的跨中进行截断搭接,但计算长度也均应以小于12 m为限,梁中间跨上部纵向钢筋长度范围的最小值*ZL<sub>min</sub>*和最大值*ZL<sub>max</sub>*分别按照式(3)和式(4)计算:

$$ZL_{\min} = l_{n左}/3 + l_{n右}/3 + h_c + \sum_{x=0}^{+\infty} (l_{nx} + h_{cx}) \quad (3)$$

$$ZL_{\max} = 2l_{n左}/3 + 2l_{n右}/3 + h_c + \sum_{x=0}^{+\infty} (l_{nx} + h_{cx}) \quad (4)$$

式中:*l<sub>n左</sub>*为支座左跨跨度值;*l<sub>n右</sub>*为支座右跨跨度值。

根据上述计算方法,图1框架梁中间跨上部纵向钢筋取值,当考虑不同跨的(*l<sub>nx</sub>* + *h<sub>cx</sub>*)长度时,其取值长度范围分别为:2 567 mm ~ 4 733 mm, 2 800 mm ~ 5 200 mm, 6 567 mm ~ 8 733 mm。

### 3. 考虑规范要求的钢筋取值方法

根据《规范》要求,梁上部纵向钢筋应满足同一连接区段内钢筋接头面积百分率不大于50%,故同一区间范围内钢筋搭接接头间距需大于*l<sub>lE</sub>*(*l<sub>lE</sub>*为纵向受拉钢筋抗震搭接长度)。图1中梁上部钢筋根据《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》规定*l<sub>lE</sub>*取值为46*d*(920 mm),经测算,各取值长度范围差值均符合此要求。

各取值范围内在满足钢筋搭接接头间距920 mm的前提下,钢筋的搭接位置可有无数个,在实际加工过程中考虑加工的实用性可以1 cm、10 cm或其他长度作为单位步长将无数个搭接位置转换为有限个搭接位置,即可得出有限组的钢筋取值长度。为便于表达计算过程,将根据*l<sub>n</sub>*/3的一半即600 mm

作为单位步长,在取值范围内可根据最大值、最小值分别计算具体取值,以此得到若干组同牌号、同直径钢筋的分类组别。

根据取值方法,框架梁边跨上部纵向钢筋第二组取值范围 5 040 mm ~ 6 240 mm 如图 1 所示,其具体取值计算方法如下:当步长取 600 mm、搭接间距为 920 mm 时,以最小值 5 040 mm 为计算基础,为满足钢筋接头面积百分率要求,其对应的其他钢筋长度最小应取为 5 960 mm;当增加一个步长后其取值为 5 640 mm 时,其对应的其他钢筋长度最小应取为 6 560 mm,超出最大值 6 240 mm 要求不符合搭接位置规定,此时实际可取长度为 5 040 mm 和 5 960 mm;当以最大值 6 240 mm 为计算基础,其对应的其他钢筋长度最小应取为 5 320 mm;当减小一个步长后其取值为 5 640 mm 时,其对应的其他钢筋长度最小应取为 4 720 mm,超出最小值 5 040 mm 要求不符合搭接位置规定,此时实际可取长度为 6 240 mm 及 5 320 mm。

#### 4. 单体钢筋排布和加工方法

一榀框架梁上部纵向钢筋的计算以梁的一侧边跨开始计算,首先根据梁边跨上部纵向钢筋取值范围依次计算出梁边跨上部纵向钢筋的具体取值;再根据梁边跨的具体取值即可确定梁中间跨上部纵向钢筋与梁边跨上部纵向钢筋的连接处到支座的准确取值,再根据梁中间跨上部纵向钢筋取值范围依次计算出梁中间跨上部纵向钢筋的具体取值;得出最后一段梁边跨上部纵向钢筋的准确取值。

在满足《规范》要求的前提下,钢筋尺寸具体计算方法为:以梁边跨取值 1 507 mm 为例,其余跨取值均以最小值作为计算基础,可得:左侧梁边跨钢筋长度取值 1 507 mm(对应考虑搭接位置钢筋长度为 2 427 mm),中间跨左侧取值为  $966 \text{ mm} + 2 567 \text{ mm} = 3 533 \text{ mm}$ ,中间跨右侧取值为  $1 200 \text{ mm} + 2 800 \text{ mm} = 4 000 \text{ mm}$ (因第 1 跨已将需考虑搭接位置的钢筋长度进行了修正,中间跨不再需要进行调整),最后,右侧梁边跨长度取

值为  $1 200 \text{ mm} + 1 200 \text{ mm} + 330 \text{ mm} + 210 \text{ mm} = 2 940 \text{ mm}$ (对应考虑搭接位置钢筋长度为 2 020 mm)。若以梁边跨取值 2 473 mm 为例,其余跨取值均以最大值作为计算基础可得:左侧梁边跨钢筋长度取值 2 473 mm(对应考虑搭接位置钢筋长度为 1 557 mm),中间跨左侧取值为  $2 567 \text{ mm} + 1 200 \text{ mm} = 3 767 \text{ mm}$ ,中间跨右侧取值为  $2 800 \text{ mm} + 1 200 \text{ mm} = 4 000 \text{ mm}$ ,最后右侧梁边跨长度取值为  $1 200 \text{ mm} + 330 \text{ mm} + 210 \text{ mm} = 1 740 \text{ mm}$ 。其余计算方式同上可得出多组计算结果,将得到的同组数据进行随机选择,以实现选择的  $n$  个同牌号同直径钢筋累加求和后在满足小于等于 12 m 的同时最接近于 12 m, $n$  取正整数( $n = 1, 2, 3, \dots$ )。重复上述步骤,直至所有分类组别的数据均进行组合后,分别求出各组别未被利用钢筋的总长度,采用累加求和方式取未被利用的总长度最小值为最优方案。对最优方案进行复核,复核无误后对余料进行利用,如加工成马镫筋等,最终形成带尺寸的钢筋加工图纸交付给钢筋加工班组进行下料加工。

### 三、所开发算法在沈阳某地铁换乘站的应用方法与效果

沈阳某地铁换乘站为两层三跨岛式站台车站,车站主体结构总长 199 m,标准段结构宽 22.7 m、高 13.55 m,采用盖挖法施工、坑外降水。车站设 5 个出入口、2 个风道及一个疏散楼梯,工程造价约为 2.8 亿元。主体结构顶板厚度为 800 mm,顶层纵梁尺寸为  $1 200 \text{ mm} \times 1 800 \text{ mm}$ ,中间层板厚度为 400 mm,中间层纵梁尺寸为  $1 000 \text{ mm} \times 1 000 \text{ mm}$ ,底层盾构段板厚度为 1 100 mm,底层标准段板厚度为 1 000 mm,底层纵梁尺寸为  $1 400 \text{ mm} \times 2 200 \text{ mm}$ ,中柱尺寸为  $800 \text{ mm} \times 1 100 \text{ mm}$ 。主体结构中梁板采用 C40 混凝土,立柱采用 C50 混凝土,主体结构纵向受力钢筋采用 HRB400E 级钢筋,混凝土采用商业混凝土现场浇筑。地铁换乘站工程中需要按划分好的施工段进行施工,因此

沈阳某地铁换乘站项目沿横向分割成 7 段,沿纵向分割成 3 层进行施工。

### 1. BIM 模型创建方法

BIM 是通过建立虚拟的建筑三维模型与参数化模型将项目信息进行传递和共享<sup>[11]</sup>,BIM 利用数字化技术对拟建工程的相关建设信息进行完善,为这个模型提供完整的、与实际情况一致的建筑工程信息库。BIM 技术强大的信息管理能够真正实现为建筑项目全生命周期内提供一个信息资源库<sup>[12]</sup>。研究采用 Autodesk Revit 建模软件创建地铁换乘站的混凝土 BIM 模型,通过项目团队自主研发的 Autodesk Revit 与 Tekla 接口软件将混凝土 BIM 模型导入 Tekla 建模软件中进行钢筋模型的创建,所创建的混凝土 BIM 模型如图 2 所示;钢筋需在施工场地中现场制作,施工采用分层分段施工,因整体钢筋模型完全显示在窗口中无法清晰展示,故选取一段钢筋模型进行展示,所创建的钢筋 BIM 模型如图 3 所示。

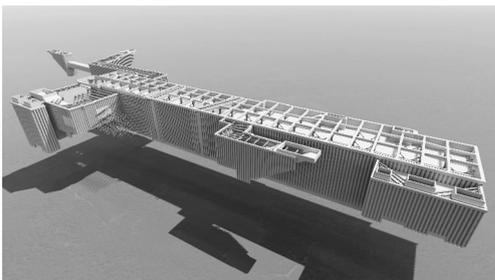


图 2 沈阳某地铁换乘站混凝土 BIM 模型

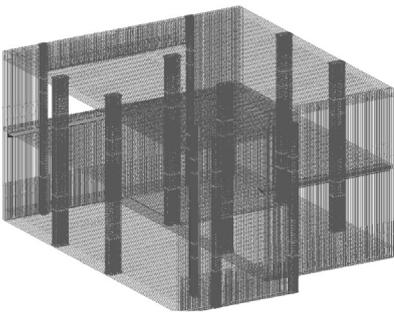


图 3 沈阳某地铁换乘站钢筋 BIM 模型

### 2. BIM 模型数据提取方法

Autodesk Revit 软件在进行明细表统计时更便于依据实际需求得到响应的数据<sup>[13]</sup>,首先在 Tekla 建模软件中创建钢筋 BIM 模

型,通过对 IFC 格式与 Autodesk Revit 建模软件创建的混凝土 BIM 模型进行整合,形成钢筋混凝土结构的全部模型,并通过分析程序中的明细表/数量指令对所需计算的钢筋进行模型数据的提取,提取方法如图 4 所示。

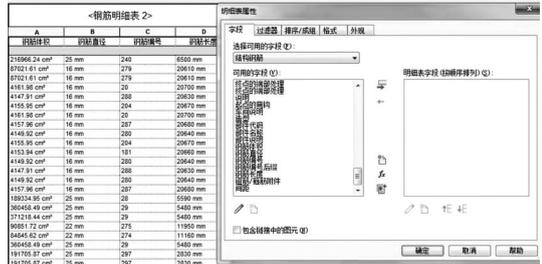


图 4 钢筋模型数据的提取

Autodesk Revit 软件在明细表属性中根据项目所需的数据选择钢筋编号、钢筋直径、钢筋体积以及钢筋长度作为数据指标,软件能够自动生成数据明细表<sup>[14]</sup>,生成的数据报表如图 5 所示。将数据明细表通过导出报告的命令转成 txt 格式文件,最终通过 Excel 办公软件进行加工整理<sup>[15]</sup>。

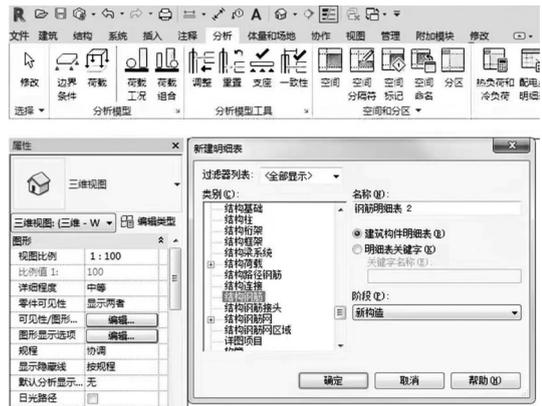


图 5 软件生成的数据报表

### 3. 计算结果分析

(1) 地铁换乘站工程钢筋理论用量  $Q_L$  是指不考虑钢筋搭接和钢筋加工时所产生的余料,按照施工图给出的钢筋排布方案计算出的钢筋用量<sup>[16]</sup>。应用 Tekla 软件创建地铁换乘站的钢筋模型,将钢筋模型导入 Autodesk Revit 软件生成钢筋明细表<sup>[17]</sup>,通过对钢筋明细表统计后进行累加求和的方法得出的钢筋工程理论用量  $Q_L$  为 393.94 t。

(2) 采用算法优化后对地铁换乘站相同

施工段进行钢筋下料方案计算,当考虑热轧带肋钢筋单体长度为 12 m 时<sup>[18]</sup>,按照实际施工要求给出单体钢筋排布和加工方案,包含钢筋搭接和钢筋加工时所产生的余料,钢筋实际用量  $Q_S$  为 397.18 t。

(3)采用传统的“钢筋工长负责制”,依托钢筋工长的工程经验进行单体钢筋排布和加工,包含钢筋搭接和钢筋加工时所产生的余料,地铁换乘站工程钢筋实际用量  $Q_{SC}$  为 403.10 t。

(4)在建筑工程中,钢筋损耗量为钢筋实际用量与钢筋理论用量的差值,钢筋损耗率为钢筋损耗量与钢筋理论用量的比值,可通过计算得出。采用优化后算法的钢筋损耗率  $S_S = (Q_S - Q_L)/Q_L = 0.822\%$ 。采用传统的“钢筋工长负责制”的钢筋损耗率  $S_S = (Q_{SC} - Q_L)/Q_L = 2.33\%$ 。

由以上数据可见,采用算法优化与采用传统的“钢筋工长负责制”两种方法计算出的钢筋损耗率均低于国内建筑行业钢筋损耗率 3% 这一数字,但采用算法优化得出的损耗率更能体现施工企业的管理水平和能力,有利于施工企业降低成本,增加其在竞争中的优势。由于两种方法的损耗率不同,在本地地铁换乘站的整体建设过程中采用算法优化计算出的钢筋费用比采用传统的“钢筋工长负责制”的费用节约近 200 万元。同时,有效解决了地铁换乘站工程在多施工段同时交叉作业而导致的钢筋放样时整体计算与拆分放样困难的问题。通过基于 BIM 技术的电子化计算和分析能力代替在传统钢筋放样过程中采用人脑进行钢筋的放样计算,规避了施工单位只考虑单施工段进行钢筋放样而放弃考虑整体钢筋工程进行放样的问题,应用基于 BIM 技术的电子化计算有助于施工单位在多施工段同时施工时求出最优放样的整体性分析方案,进而避免了钢材在切割过程中存在损耗过大的问题。

#### 四、结 语

随着国家“双碳”目标的逐步推进,建筑

节能成为了建设项目必须跨越的一道关口。现阶段除了在建筑使用过程需要满足绿色建筑的各项评审指标要求外,在施工阶段对建筑材料的节约也引起了建筑业各参与方的注意,施工企业在施工管理过程中更加重视建筑材料的用量节约。钢筋算法优化的研究综合考虑了施工图纸、单体钢筋长度、相关规范要求、余料最少等限制条件,得出单体钢筋排布及加工方案的有效算法。研究将所开发的算法应用于沈阳某地铁站工程中,按照算法得出的单体钢筋排布及加工方案,该地铁站工程钢筋用量为 397.18 t,仅比工程的钢筋理论用量 393.94 t 多出 3.24 t,钢筋损耗率为 0.822%。该地铁站采用传统的“钢筋工长负责制”进行单体钢筋排布及加工,工程钢筋用量为 403.10 t,比工程钢筋理论用量多出 9.16 t,钢筋损耗率为 2.33%,采用算法优化后地铁站钢筋损耗率较之采用传统“钢筋工长负责制”的钢筋损耗率降低了近 2/3。数据表明研究得出的算法在一定程度上达到了减少钢筋损耗、提高钢筋的利用率、降低施工成本等效果。同时,由于利用算法优化进行单体钢筋排布和加工可以极大地缩短钢筋排布时间,有效解决了多施工段同时交叉作业而导致钢筋放样时的整体计算与拆分放样难度等问题,改善了现阶段实际施工管理中存在的问题,从而有效避免了钢筋资源的大量浪费,实现了减少材料消耗的目标。

#### 参考文献:

- [1] 刘伊生,齐宝库,苟志远,等.建设工程计价[M].北京:中国计划出版社,2021.
- [2] 连峰.小议建筑工程造价中钢筋比例[J].价值工程,2010,4(1):204.
- [3] 连立川,张鹏程,刘燕妮.基于 BIM 体系的钢筋优化下料初探[J].土木建筑工程信息技术,2016,8(4):69-72.
- [4] 邵艳丽,汪德江,杨骁.建筑信息模型的钢筋建模及用量统计方法[J].BIM 技术与应用,2017,47(4):179-183.
- [5] 漏家俊.基于 MATLAB 的钢筋下料优化算法[J].建筑施工,2018,40(2):292-294.
- [6] 张琨,王辉,明磊,等.钢筋工程 BIM 应用关键

- 技术研究[J]. 施工技术, 2019, 48(4): 57 - 60.
- [7] 高涛, 陈云娟, 敬艺, 等. 基于 BIM 技术的钢筋算量应用研究[J]. 山东建筑大学学报, 2020, 35(5): 97 - 102.
- [8] 余轲. 基于 BIM 的地铁车站算量系统研究[J]. 建筑经济, 2021, 42(S1): 103 - 106.
- [9] 张文月. 基于 BIM 技术的钢筋用量经济性研究[J]. 建筑经济, 2022, 43(S1): 492 - 495.
- [10] 罗平, 王辉, 高银鹰, 等. 北京地铁 19 号线 BIM 总体管理体系研究及在典型工点的示范应用[J]. 土木工程信息技术, 2018, 10(5): 38 - 45.
- [11] 齐宝库, 张美琪. 基于 BIM 技术的施工现场安全管理[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2018, 20(4): 360 - 364.
- [12] 孙丽, 徐自强, 金岍, 等. 基于 BIM 平台的健康监测系统集成方法研究[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版), 2017, 19(4): 410 - 415.
- [13] LUKMAN A, AKANBI L, KUMON O, et al. Savaging building materials in a circular economy: a BIM-based whole-life performance estimator [J]. Resources, conservation & recycling, 2018(9): 175 - 186.
- [14] 陈前, 魏章俊, 许城瑜. 广州地铁十八和二十二号线基于 BIM 的项目管理平台的研究与应用[J]. 土木工程信息技术, 2020, 12(6): 109 - 117.
- [15] 黄锰钢, 王鹏翊. BIM 在施工总承包项目管理中的应用价值探究[J]. 土木工程信息技术, 2021, 5(5): 88 - 91.
- [16] 欧亮, 黄峰. 基于 BIM 的建设工程全过程造价管理研究[J]. 中国标准化, 2021(18): 112 - 113.
- [17] 吴贤国, 秦文威, 张立茂, 等. 基于 BIM 的项目进度管理与控制研究[J]. 建筑经济, 2019, 40(6): 115 - 119.
- [18] 孙昱, 谌红杰, 刘文尧. BIM 技术在中南大学湘雅五医院项目中的应用[J]. 土木工程信息技术, 2018, 10(5): 81 - 89.

## Effective Use of Steel Bars in a Subway Transfer Station Project Based on BIM: a Case Study of a Subway Transfer Station Project in Shenyang

ZHANG Dehai, SUN Shaotong

(School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of large loss of steel bar in the construction of Metro transfer station, this paper proposes a method of effective utilization of steel bar based on Building Information Modeling (BIM). This method can obtain the size and quantity form of all kinds of steel bar efficiently through the steel bar lofting algorithm developed, and can obtain the contrast cutting diagram used by the construction personnel through the calculation and analysis, then realize the effective use of steel bar, so as to greatly reduce the loss of steel bar in construction. The method was applied to a subway transfer station project in Shenyang, and the loss rate of steel bar was reduced by nearly 3 times compared with that of the traditional "head of steel" system, it is proved that this method can effectively reduce the steel loss in the subway transfer station construction.

**Key words:** BIM; steel loss; subway transfer station; effective utilization method

(责任编辑:王丽娜 英文审校:林 昊)