

Optimized building demolition method based on the digital model

Jie Sun Dingxin Shi* Rongren Yu Xiaojun Zhu

Shanghai Construction Engineering Group Co., Ltd., Shanghai, 200080, China

Abstract

there are a lot of problems in the process of demolition reconstruction, such as due to the demolition construction planning unreasonable demolition cost increase, according to the problem, based on the digital model can optimize building demolition construction control technology, and the engineering application, application verified the feasibility and practicability of the technology, demolition construction control provides a new method.

Keywords

demolition and construction; digital model; cost optimization; construction control

基于数字模型的可优化建筑拆除方法

孙杰 史定鑫* 俞荣仁 朱小军

上海建工集团股份有限公司, 中国·上海 200080

摘要

建筑在进行拆除重建过程中存在大量的问题, 比如由于拆除施工规划不合理导致的拆除成本的增加, 针对该问题, 提出了基于数字模型的可优化建筑拆除施工控制技术, 并进行了工程应用, 应用验证了该技术的可行性以及实用性, 为拆除施工控制提供了一个新的方法。

关键词

拆除施工; 数字模型; 成本优化; 施工控制

1 引言

在我国经济转向高质量发展阶段的背景下, 城市更新作为优化空间资源配置、实现土地价值、促进资本循环的有效途径, 已逐渐成为我国超大特大城市发展的主要路径^[1]。而旧城地区的拆除改建更是城市更新过程中的必要手段, 然后部分城市更新的过程中出现了随意拆除、破坏当地环境风貌等情况, 不仅不利于重要构件(比如具有历史人文气息的建筑构件)的保护, 而且随意的拆除工作产生的建筑垃圾的运输、安全问题以及相应拆除时间的延长还不利于施工成本的降低与环境的保护。因此针对建筑的拆除施工, 尤其是对具有保护要求的建筑的施工, 应当进行严格的控制, 以确保建筑拆除过程的安全。

目前对于建筑的拆除施工的安全控制主要分为三个阶段: 前期阶段的方案设计、施工阶段的控制措施及其后期的应急方案制定。在拆除施工前期, 应根据建筑设计图纸、目前的结构老化破损状态和施工经验初步分析建筑拆解过程中存在的安全隐患, 并提出相应的技术措施, 而对于结构较复杂的建筑还要利用数值模拟以及相关的理论公式进行安全核验。在施工阶段, 对拆除过程进行现场监测或者构建信息化控制预警系统进行安全控制。应急预案: 减少突发事件及其造成的损害而预先制定的工作方案。通过加强施工现场的安全监管以及施工人员的安全意识可大大降低安全隐患, 减少事故的发生^[2]。

现阶段的智能化数字控制技术多运用到建筑的建设过程中, 关于拆除施工过程却是很少有提及。而在现代社会中, 数字化、智能化、网络化、服务化的发展方向是建设工程行业的大势所趋, 本文针对拆除施工问题引入了数字控制技术, 提出了一种基于数字模型的可优化拆除施工方法, 以物理实体数据驱动数字模型, 可以集物联网、BIM、WEBGL、5G 通信、人工智能等多种技术于一体形成数字孪生系统^[3], 对整个施工流程进行有效控制。

【基金项目】上海市 2022 年度“科技创新行动计划”科技支撑碳达峰碳中和专项项目《低碳再建造关键技术及新型结构型式示范应用》(项目编号: 22dz1207304)。

【作者简介】孙杰(1980-), 男, 中国江苏滨海人, 本科, 高级工程师, 从事建筑施工研究。

本文以数字模型为基础，开发了一种可优化的建筑拆除方法，不仅可以降低拆解过程中的施工成本与损耗，还可以减少碳排放、提前规划好拆解路线，保障未来决策的高效性和可靠性，可以对建筑的拆解过程进行动态监管。

2 拆除方法

2.1 建立数字模型

本数字模型需要依据建筑设计图纸与结构图纸建立一个完整的建筑数字虚拟模型，并且该虚拟模型中包含建筑的墙、梁、板、柱、门窗等组成构件信息，由这些组成构件共同组成建筑数字虚拟模型整体，以便于建立的拆除分段与拆除区域的构件形成映射联动关系，以上步骤可通过 BIM 模型实现^[4]。

2.2 规划拆解路线，划分拆解区域

对于拆解区域的选定，拆解区域可根据不同结构形式进行进一步的局部细化与调整、合并与组合，如图 1~图 2 所示，图 1 展示了单层结构拆除区域的划分，图 2 展示了竖向结构拆除区域的划分，数字编号表示其拆除区域及其拆除

顺序，图中阴影部分展示了部分区域的合并与组合以及细化与调整。

图 3 则展示了根据图 2-1 拆除区域调整后的结果，对于每个调整后的拆除区域中，根据建立的建筑拆除分段与大小组成构件的联动映射关系可计算出该拆除区域所含构件的种类以及对应的数量（如 1 号区域所含的构件种类以及对应的数量设为 J_1 ），再根据选用的拆除机械可推测出该区域拆除所需要的费用以及时间（如 1 号区域拆除所需要的费用设为 F_1 ，时间设为 T_1 ），需要进一步说明的是拆除区域的结构构件种类及其数目并不包括与下一拆除阶段与其相邻区域共有的构件（如 1 号区域为第一拆除区域，且与 2、4、6、7 拆除区域相邻，则与相邻区域的共有构件设为 $GM_{1,2}$ 、 $GM_{1,4}$ 、 $GM_{1,6}$ 、 $GM_{1,7}$ ，该部分区域的构件数目不计入 1 号区域中，如 2 号区域为第二拆除区域，且与 1、3、4 相邻，则 $GM_{1,2}$ 计入 2 号区域中，而与 3、4 相邻的共有构件 $GM_{2,3}$ 与 $GM_{2,4}$ 不计入 2 号区域中，以此类推），则每个拆除区域的构件种类以及对应的数量可以明确，其拆除对应区域所耗费的时间 T 与费用 F 也可确定，如图 4 所示。

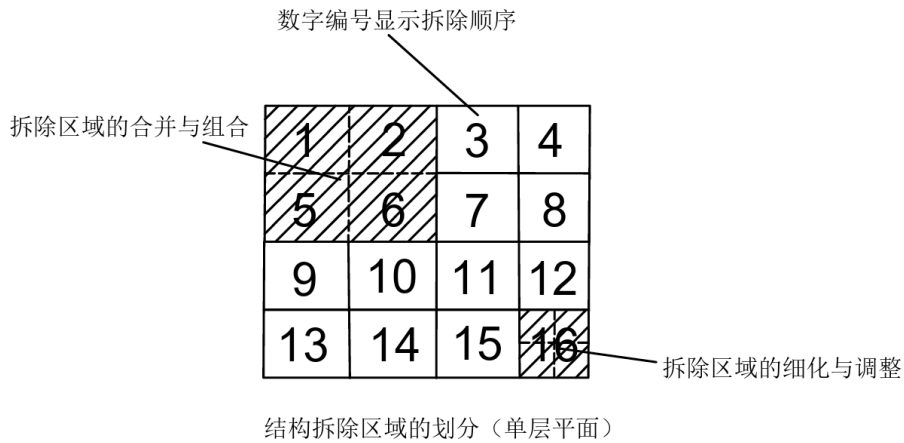


图 1

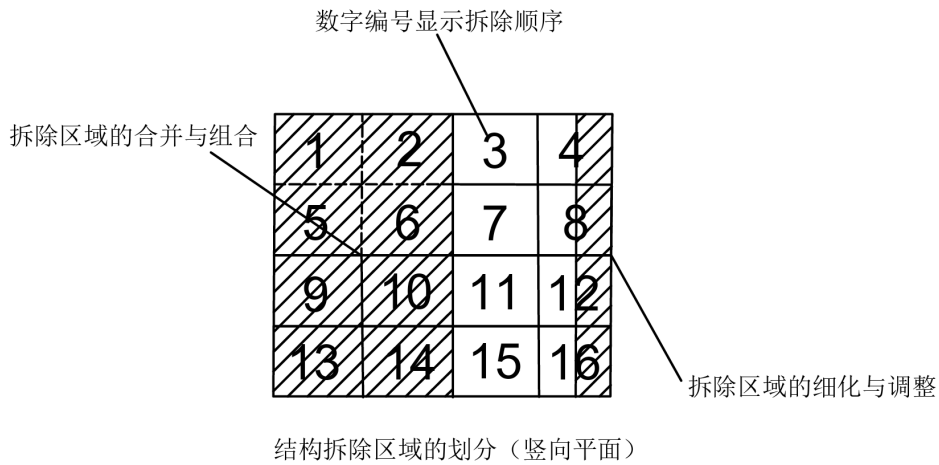
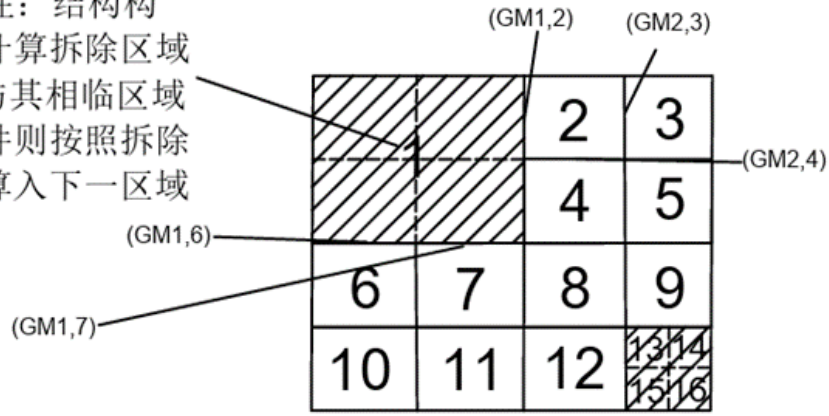


图 2

1号拆除区域结构构件数目为J1,再根据选用的拆除机械可测算出拆除所耗费的时间T1及费用F1,注:结构构件数目只计算拆除区域内部,若与其相临区域共有的构件则按照拆除顺序依次算入下一区域中



结构拆除区域的所包含的构件数目

图3

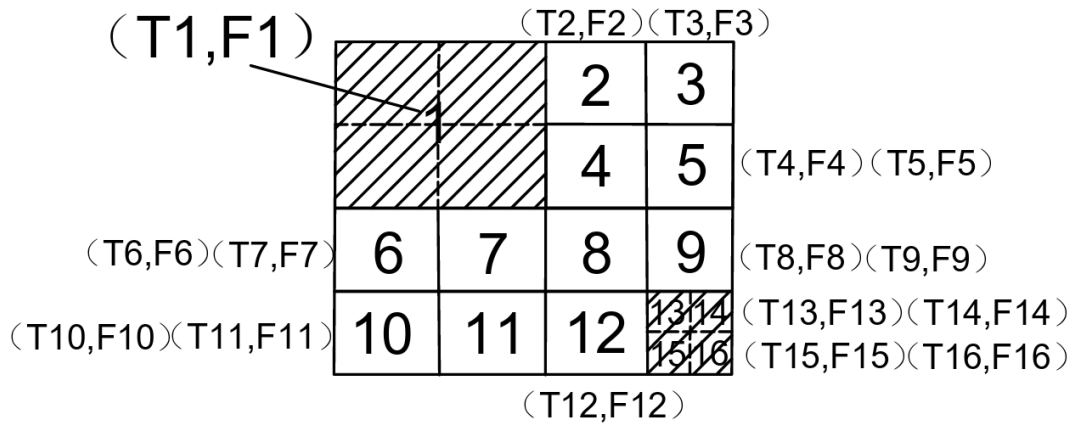


图4

同时,由于拆除区域的划分及拆除路线不同,每个拆除区域的结构复杂程度以及拆除线路的曲折程度也不相同,总体而言,每个拆除区域面积越大,所含结构复杂程度也就越高,所用拆除机械、人工费用也就越高,因此本模型引入了拆除区域结构复杂程度评价系数 P_n (n 为拆除区域编号),以修正单位面积的拆除时间与耗费,同理,拆除路线的不同会导致施工路线的复杂程度不同,机械移动与材料运输路线也会不同,总体而言,拆除的施工路线越长,会导致机械移动以及材料运输路线越长,进而会导致整体拆除天数与所耗费用越高^[9],因此引入拆除路线连续程度评价系数 K_1 ,以修正整体区域面积的拆除时间与耗费(如图5,拆除顺序均为1→2→3→4→5→6→7→8→9→10→11→12→13→14→1

5→16,在本模型中,施工线路视为按照拆除顺序对每个拆除区域的几何中心的依次连接,其线路复杂程度评价系数 K 与线路的长度成正相关)。

由此,当拆除施工线路确定后,其所耗费的时间为:

$$T = k \sum_{n=1}^{n=n} P_n T_n,$$

$$\text{即 } T = k(P_1 T_1 + P_2 T_2 + P_3 T_3 + \dots + P_n T_n) \quad (1)$$

所需要的费用为:

$$F = k \sum_{n=1}^{n=n} P_n F_n,$$

$$F = k(P_1 F_1 + P_2 F_2 + P_3 F_3 + \dots + P_n F_n) \quad (2)$$

式(1)与式(2)为有限元的累加算法^[6],在参数确定的情况下,通过不同路线选择,可运行建筑数字虚拟模型

计算出拆解时间及其拆解费用，选择出最优拆解线路。

2.3 拆除施工

搭建拆解施工平台，根据规划好的最优拆解路线进行拆解，并及时统计真实拆解过程中的施工数据。

2.4 监测和分析

在拆解过程中，需要对每个拆解分段的施工数据（如拆解所消耗时间、拆解成本耗费）进行统计，再将统计好的施工数据与模型运行数据进行对比，以实现对其施工过程的控制。

3 整体流程

图6展示了以该拆除施工方法为基础的整体施工流程，收集的施工数据还可以对模型数据进行更正，达到优化模型的效果，使模型可以在接下来的施工步骤中，对施工流程进行更加科学的规划，再合理辅以流水施工并应用施工管理技术可以在施工过程中更好地实现科学调度，确保施工安全，实现节约成本、工期的目标

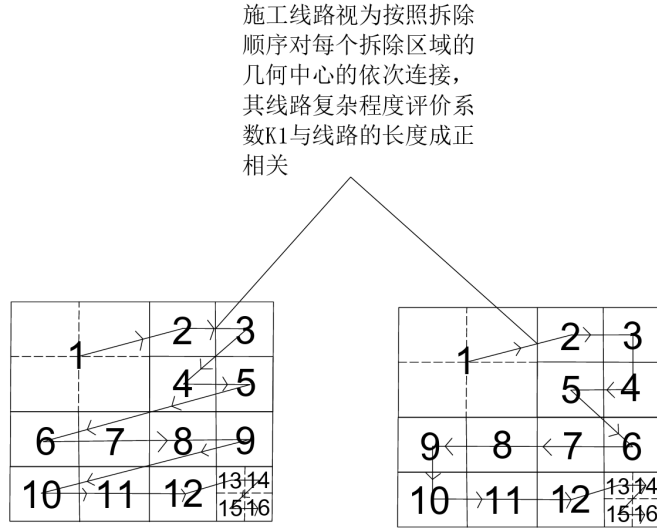


图 5

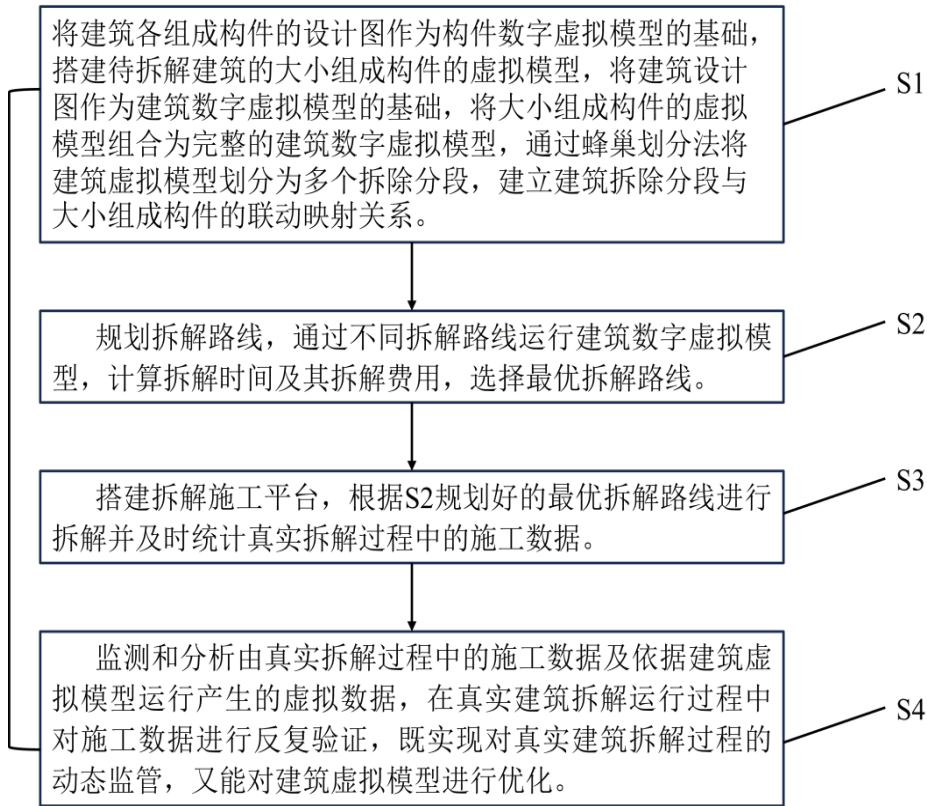


图 6

4 实例应用

为了便于说明，我们引入下例实例加以说明，该项目位于长宁区中山西路、武夷路交口东北侧。该工程 10 层主楼要进行保留改造，部分结构层要进行拆除，建筑模型如图 7a 所示，拆除结构设备层顶层如图 7b 所示，图 7c 为楼面的拆除示意图。

根据步骤 S1，我们通过 BIM 模型建立了映射关系，模型示意图如图 7a 所示，根据步骤 S2，我们进行拆解路线的规划，根据工程实际情况以及相关施工经验，我们最终确定采用 2 个施工队伍以及 2 种不同拆除路线的方案，如图 8a 路线 1 与图 8b 路线 2，由于楼层结构形式的特性，其拆除分段的划分一样，但其拆除路线各不相同。

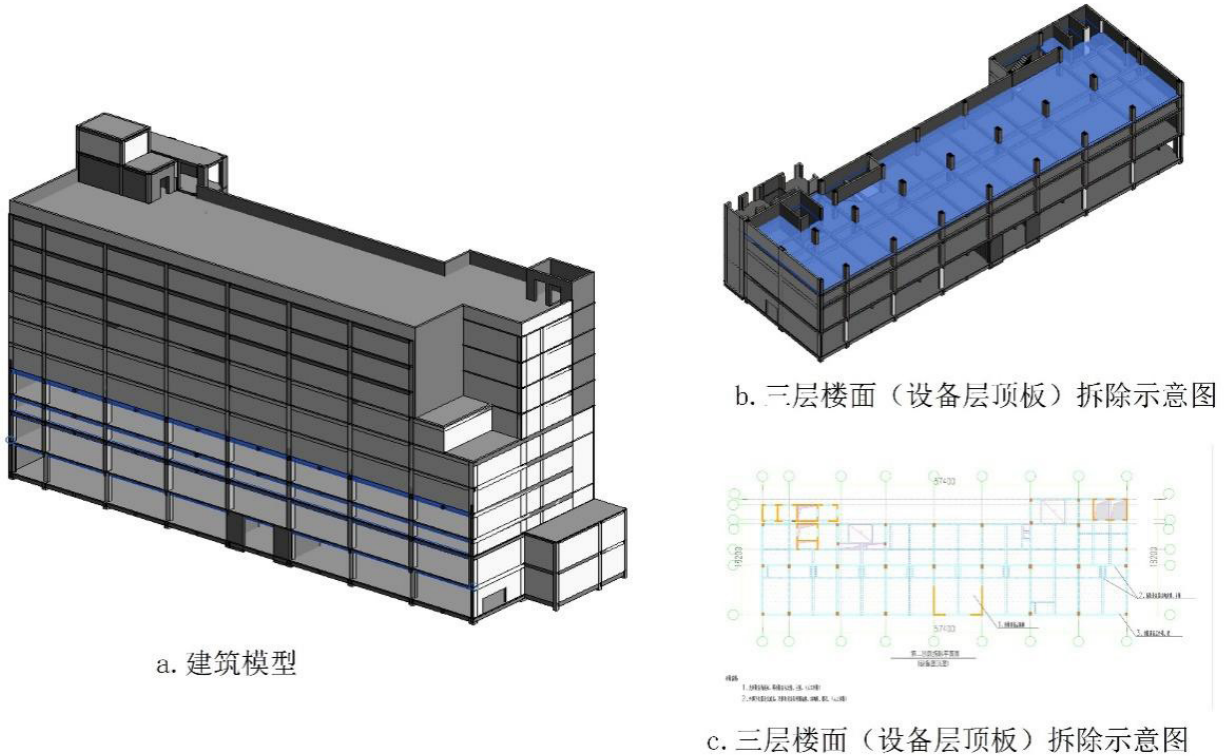


图 7

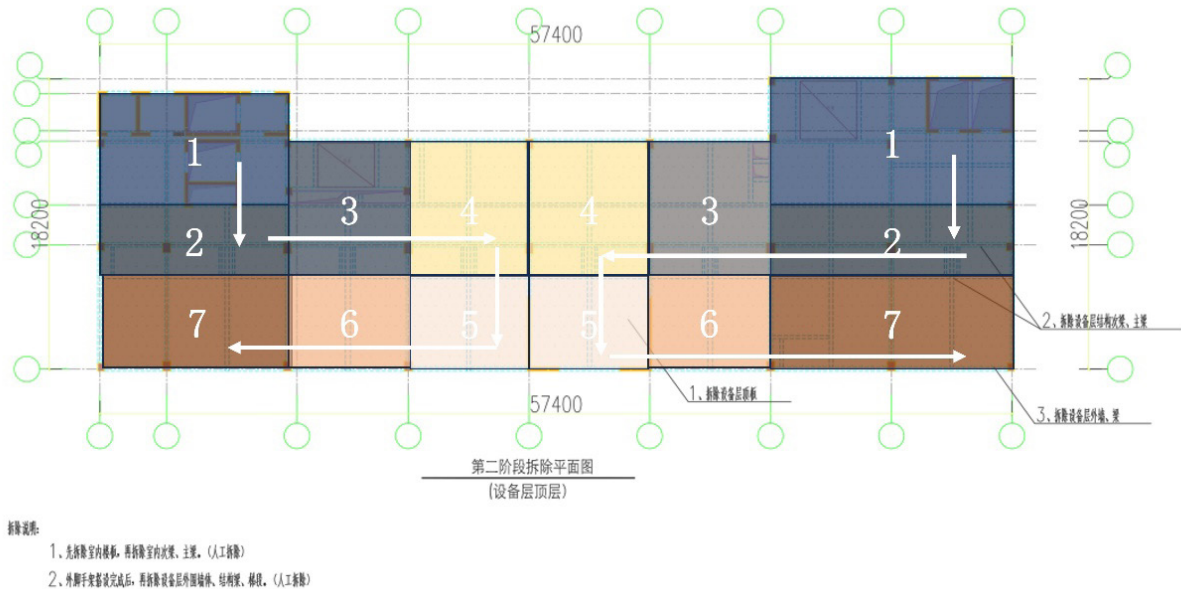
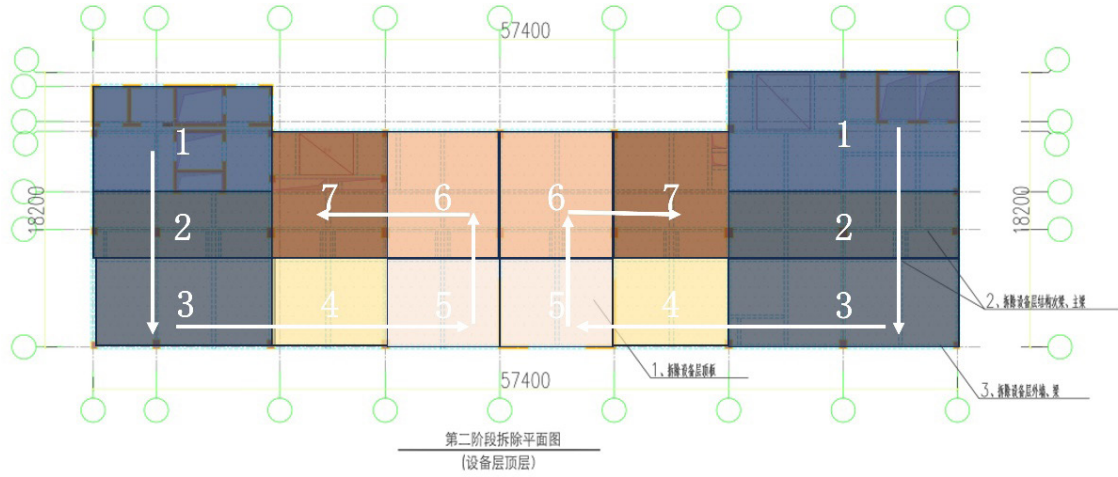


图 8a 路线 1



拆除说明:
 1、先拆除室的顶板,再拆除室的次梁、主梁。(人工拆除)
 2、外脚手架拆除完成后,再拆除设备层外围墙柱、柱帽梁、梁板。(人工拆除)

图 8b 路线 2

表 1 拆解路线 1 与拆解路线 2 的参数表

Parameter 1							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
1+1.5	0.5+1	0.7+0.8	1.6	1.4	0.6+0.6	0.7+1.1	
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
10+15	5+10	7+8	16	14	12	18	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
1.2	1	1.1	1	1	1	1	K=1
Parameter 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
1+1.5	0.5+1	0.8+1.3	0.7+0.7	1.4	1.6	0.7+0.8	
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
10+15	5+10	8+13	14	14	16	15	
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	
1.2	1	1	1	1	1	1.1	K=0.9

根据拆解路线的不同,各拆除分段对应的参数如表 1 所示, T 为所消耗的时间(单位:天), F 为所消耗的费用(单位:万元), P 为区域结构复杂程度评价系数,在参数表中,由于拆除分段的划分相同,因此区域结构复杂程度评价系数 P 也相同,运行该模型,由式(1)与式(2)可得,

对于路线 1:

$$T = k \sum_{n=1}^{n=n} P_n T_n = 1 \times (1.2 \times 2.5 + 1 \times 1.5 + 1.1 \times 1.5 + 1 \times 1.6 + 1 \times 1.4 + 1 \times 1.2 + 1 \times 1.8) = 12.15 \text{ (天)}$$

$$F = k \sum_{n=1}^{n=n} P_n F_n = 1 \times (1.2 \times 25 + 1 \times 15 + 1.1 \times 15 + 1 \times 16 + 1 \times 14 + 1 \times 16 + 1.1 \times 15) = 121.5 \text{ (万元)}$$

对于路线 2:

$$T = k \sum_{n=1}^{n=n} P_n T_n = 0.9 \times (1.2 \times 2.5 + 1 \times 1.5 + 1 \times 2.1 + 1 \times 1.4 + 1 \times 1.4 + 1 \times 1.6 + 1.1 \times 1.5) = 11.385 \text{ (天)}$$

$$F = k \sum_{n=1}^{n=n} P_n F_n = 0.9 \times (1.2 \times 25 + 1 \times 15 + 1 \times 21 + 1 \times 14 + 1 \times 14 + 1 \times 16 + 1.1 \times 15) = 113.85 \text{ (万元)}$$

根据运行结果可知, T1>T2, F1>F2, 也即第二种拆除路线所消耗的时间与成本比第一种更低,能节约 1 天的工期以及约 8 万元的成本,因此最终选择了第二种拆除路线作为本次施工的方案。

5 施工效果

通过数字技术对拆除施工进行控制,应用到该项目施工中保证了施工安全性,通过对拆除线路的优化提高了工作效率,减少了施工工期,减少了不必要的资源浪费,节约了施工成本,做到了安全、经济、快速、绿色的拆除。

6 总结

城市中心区拆除施工环境复杂,技术难度大,施工风险大,施工安全需要保证。本文引入数字技术,对拆除工作进行分析研究,在某建筑的拆除施工过程中系统应用数字模型对拆除路线进行合理优化,并同时可对施工状态的建筑进行实时可视化管控,采用系统决策对不稳定数据进行分析进而实时提出控制策略,实现了建筑拆除的自动控制,保证了拆除施工的安全性。本研究现阶段所用参数均可根据具体施工状况进行调节,具有较大的灵活性,后续对参数的优化需

要大量的施工数据进行支撑,以达到更进一步的精确控制,同时本模型仅适用于非爆破式拆除施工控制,针对爆破式拆除施工安全控制还需继续深入研究。

参考文献

- [1] 黄轶伦.超大特大城市更新中旧区改造的规划策略探索——以上海市为例[J].上海城市规划,2023(06):61-68.
- [2] 苏文建,李林.城市化进程中的道路桥梁施工安全问题与安全管理对策解读[J].江西建材,2016(02):143-144.
- [3] 苗勇,邹贻权,裴尧尧.基于数字孪生的桥梁拆除施工安全控制技术[J].湖北工业大学学报,2024,39(01):116-120.
- [4] 丁杰.BIM在高层建筑改造施工中的应用研究——以锦沧文华广场项目为例[J].价值工程,2023,42(35):139-143.
- [5] 崔洋.既有混凝土框架结构拆除方案决策研究[D].吉林建筑大学,2022. 2021.000071.
- [6] 张洪才,何波.有限元分析[M].机械工业出版社:201107.532.