

## 铁路施工组织全过程自动化设计研究

曹政国，艾桂友，李致

### Automation design of whole process for railway construction organization

CAO Zhengguo, AI Guiyou, and LI Zhi

引用本文：

曹政国, 艾桂友, 李致. 铁路施工组织全过程自动化设计研究[J]. 铁路计算机应用, 2022, 31(10): 33–37.

CAO Zhengguo, AI Guiyou, LI Zhi. Automation design of whole process for railway construction organization [J]. Railway Computer Application, 2022, 31(10): 33-37.

在线阅读 View online: <http://tljsjyy.xml-journal.net/2022/I10/33>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 铁路工程施工组织形象进度系统研究与实现

Railway engineering construction organization image schedule system

铁路计算机应用. 2018, 27(3): 32–37

#### 5G技术在铁路工程智慧工地的应用研究

5G technology applied to railway smart construction site

铁路计算机应用. 2021, 30(5): 19–22

#### 基于Web的参数化施工组织系统研究

Web – based parametric construction organization system

铁路计算机应用. 2018, 27(1): 38–42

#### 基于Flex的施工组织形象进度图的设计与开发

Construction organization image progress chart based on FLEX

铁路计算机应用. 2017, 26(3): 26–29

#### 铁路工程BIM协同设计与构件共享研究

Collaborative design and component sharing of BIM in railway engineering

铁路计算机应用. 2020, 29(12): 25–28

#### 铁路企业固定资产核算全程化管理系统研究与设计

Whole process management system of fixed assets accounting in railway enterprises

铁路计算机应用. 2020, 29(4): 33–36



关注微信公众号，获得更多资讯信息

文章编号: 1005-8451 (2022) 10-0033-05

# 铁路施工组织全过程自动化设计研究

曹政国, 艾桂友, 李致

(中铁二院工程集团有限责任公司 工程经济设计研究院, 成都 610031)

**摘要:** 铁路施工组织设计的传统工作方式存在数据分布散、整合难度大、工作效率低、质量不易保证等问题, 难以满足铁路建设快速发展的需要, 为此, 提出了基于大数据和信息化技术的铁路施工组织全过程自动化设计的方法, 并开发了铁路工程施工组织及造价一体化编制系统。文章的研究内容包括从外业调查、内业整理到生成成果的各子过程, 利用移动端设备实现了外业调查数据的自动采集, 在PC端实现了数据共享、数据整合、数据分析及生成成果功能。所开发的系统的应用显著提高了铁路施工组织设计的工作效率, 保障了成果质量, 对铁路、公路等线性工程的施工组织自动化设计具有一定的参考意义。

**关键词:** 铁路工程; 施工组织; 全过程; 自动化设计; 信息化

**中图分类号:** U215.7 : TP39 **文献标识码:** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1005-8451.2022.10.07

## Automation design of whole process for railway construction organization

CAO Zhengguo, AI Guiyou, LI Zhi

(Engineering Economy Design and Research Institute, China Railway Eryuan Engineering Group Co. Ltd.,  
Chengdu 610031, China)

**Abstract:** The traditional working mode of railway construction organization design has problems such as data scattered, difficult integration, low work efficiency and difficult quality assurance, which are difficult to meet the needs of rapid development of railway construction. For this reason, this paper proposed a method of automation design of the whole process for railway construction organization based on big data and information based technologies, and developed an integrated compilation system for railway construction organization and cost. The research content of the paper included the sub processes from field survey, office work sorting to production results. The paper used mobile terminal equipment to implement the automatic collection of field survey data, and realized the functions of data sharing, data integration, data analysis and production results on the PC side. The application of the developed system significantly improved the work efficiency of railway construction organization design, ensured the quality of results. It has certain reference significance for the automation design of construction organization of linear projects such as railways and highways.

**Keywords:** railway engineering; construction organization; whole process; automation design; informatization

铁路施工组织设计包括外业调查、内业整理及后期的数据分析计算和成果输出。目前, 国内的工作方式还比较传统, 大部分采用人工方式进行, 尽管部分环节实现了信息化, 但整体上仍存在设计周期长、耗费人力多、数据处理量大、易出错等问题, 难以满足铁路建设快速发展的需要。因此, 急需转变工作方式, 充分利用信息化技术实现由人工或半自动化向全自动化的转变, 以提高工作效率和质量。另外, 铁路施工组织设计是一项由多个过程组成的

设计工作, 各过程环环相扣, 紧密相连, 任何一个过程没有实现自动化都会影响整个设计工作的自动化率, 因此, 为实现设计工作的全自动化, 有必要对铁路施工组织全过程自动化设计进行研究。

国内外学者对于铁路施工组织自动化设计的研究尚少, 所做的研究仅限于自动绘制施工组织进度图方面<sup>[1-4]</sup>。近年来, 随着建筑信息模型 (BIM, Building Information Modeling) 技术的发展, 许多学者提出将BIM技术应用在铁路设计中<sup>[5-10]</sup>, 还有学者提出在铁路施工组织设计中应用BIM技术的方案<sup>[11]</sup>, 以提高工作效率和质量。这些研究虽然部分实现了自

收稿日期: 2022-02-10

作者简介: 曹政国, 教授级高级工程师; 艾桂友, 工程师。

动化设计，但由于BIM软件的局限性，尚未实现全过程自动化设计。针对上述问题，本文基于大数据和信息化技术，研究实现了铁路施工组织的全过程自动化设计。

## 1 铁路施工组织全过程自动化设计的基本条件

要实现铁路施工组织全过程自动化设计，需要具备以下基本条件。

### 1.1 地理信息系统基础数据及铁路设计数据

地理信息系统（GIS，Geographic Information System）基础数据包括铁路沿线的地图数据、交通数据、经纬度坐标、等高线等；铁路设计数据包括铁路线路、站场、路基、桥梁、隧道、轨道等专业的设计数据。根据GIS基础数据和铁路设计数据可自动感知建设工程周围地理空间信息，用于大型临时设施（简称：大临）工程自动规划和材料运输路线自动规划等。地图数据和交通数据可在相应官网获取。等高线数据则可通过航天飞机雷达地形测绘任务（SRTM，Shuttle Radar Topography Mission）数据获得矢量数据，再由栅格地图渲染器（Mapnik）把矢量数据渲染成栅格图片以供使用。

### 1.2 具有大数据处理技术和能力

铁路施工组织自动化设计需要处理大量数据，如展示设计线位须加载标记语言（KML，Keyhole Markup Language）数据文件，读取线路坐标信息，并在大量数据中提取断链信息和里程信息用于工点经纬度坐标的计算和转换。在自动规划大临便道时需提取铁路沿线所有等高线数据，通过计算分析判断等高线走向及分布密集程度，根据公路选线规范，确定大临便道设计方案。在自动规划梁部砂、道砟一类需长距离运输的材料运输路线时，由于运输方式有铁路、公路，须遍历全国铁路路网数据和公路路网数据，并结合运价因素，通过分析计算，确定最优运输路线。上述自动化设计需要提取的基础数据量至少百万级别，须分析计算的过程数据量更是多至上亿级别，只有具备了大数据处理技术和能力，才能实现真正意义上的自动化设计。

### 1.3 具有可进行信息交流的协同平台

铁路施工组织设计需要多专业协同配合，既须

获取站前、站后各专业设计信息，也须将施组设计信息反馈给站前、站后各专业。用传统手工方式进行设计信息交流，工作量大、效率低、数据更新慢、经常不一致，无法用于自动化设计。因此，若要实现铁路施工组织自动化设计须构建协同平台，共享设计数据，打破各专业数据孤岛现状。协同平台需要设置大容量数据库，存储各专业设计数据，统一管理，及时更新，基于标准的接口规则进行数据提取及交互。

### 1.4 移动设备、服务器等支持设备

移动端具有显示地图、导航、定位记录轨迹线、拍照录音等功能，可用于铁路施工组织外业调查数据的自动采集。服务器具有容量大、运算速度快等特点，可存储大量设计数据，并对数据进行分析计算，也可作为不同终端间数据通信的中转站。

## 2 铁路施工组织全过程自动化设计方法

铁路施工组织全过程自动化设计遵循铁路施工组织设计指南及规范<sup>[12-13]</sup>，其方法是在施工组织调查、施工组织设计等各个环节利用硬件设备和软件技术实现自动化，并与现行造价软件相连接共享数据。铁路施工组织全过程自动化设计流程如图1所示。

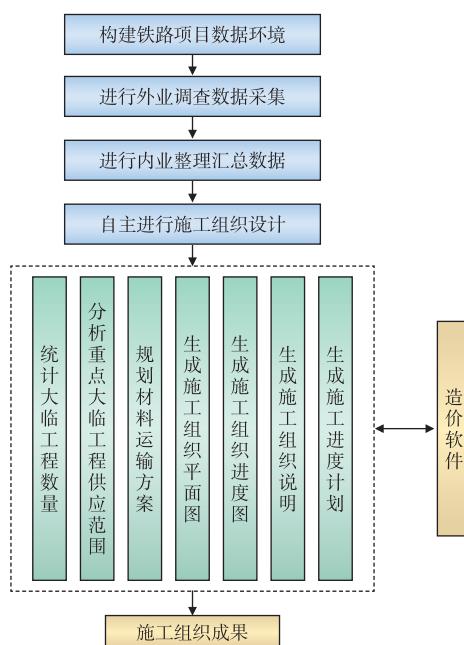


图1 铁路施工组织全过程自动化设计流程

### 2.1 构建铁路项目数据环境

铁路项目施工组织自动化设计需要有大量的项目数据做支撑，包括铁路项目周边的 GIS 基础数据和铁路设计数据。可独立设置存储有 GIS 基础数据的服务器，从该服务器上自动获取或直接通过相关网站获取；对于铁路设计数据，可从预先构建的协同平台上自动获取，并存储到项目服务器上，为后续的施工组织自动化设计提供数据环境，并为不同终端间的数据共享创造条件。

## 2.2 外业调查采集数据

外业调查前，移动端设备与项目服务器相连，下载项目数据并构建移动端项目数据环境。外业调查时，设计人员通过移动端设备查看设计线位及铁路沿线的地形地貌情况，利用其导航功能自动导航到工点；利用其定位记录轨迹线功能自动记录铁路、公路路线及料源点位置，大临工程的规划草图；利用其拍照录音功能实时拍摄现场照片、录制调查对话音频，并自动将照片和音频按照工程类别和名称进行整理归档。外业调查完成后，将移动端设备与项目服务器相连，上传数据至项目服务器，完成外业调查数据的自动采集。

## 2.3 内业整理汇总数据

移动端采集的数据有过于简略或冗余的问题，需要在 PC 端进行整理，进一步补充完善数据，达到后续进行施工组织自动化设计所需的数据条件。

对于工点，尤其是控制工程和重点工程需进一步补充相关信息，如：自然特征、施工条件、施工方案等。对于交通运输，需要将断路的道路进行连通，基于拓扑分析原理，利用 PostGIS 数据库对路网（公路、铁路、水运等网络）数据进行分析，找到不连通的道路，通过添加点、延长线等方式实现道路的自动连通，从而构建铁路沿线完整路网。对于大临便道，需要进一步确定设计方案，在 PC 端基于等高线数据，在满足坡度、转弯半径等相关规范的要求下，利用 PostgreSQL 数据库规划出最短折线路径，采用 Chaikins 算法将折线路径曲线化，实现大临便道的自动规划。

## 2.4 自主进行施工组织设计

基于外业调查和内业整理的数据，在 PC 端可进行统计、分析、计算并生成施工组织成果。

### 2.4.1 统计大临工程数量

根据大临工程的位置坐标，利用 PC 端 GIS 平台功能可自动统计一定里程范围内的大临工程对象数，并按照单元划分自动统计出各单元大临工程数量。

### 2.4.2 分析重点大临工程供应范围

对于铺轨基地、梁场、轨枕板场等重点大临工程，根据线路的设计数据，将大临工程在 GIS 平台上的地理分布关系转化为数学模型，计算重点大临工程到工点的运输距离，基于平衡合理原则，自动分析供应范围，并根据已确定的供应范围，自动统计铺轨、架梁、铺设轨枕板的数量和运距。

### 2.4.3 规划材料运输方案

根据已有的料源点坐标、工点坐标及已构建的铁路沿线路网数据，基于 Dijkstra 算法规划料源点至工点的最短、最优运输路线并计算其距离，获取最优运距。在计算出所有工点各类材料的运输距离后，按照单元划分，采用加权平均法计算线路、桥梁、隧道等工程各类材料的运输距离，实现材料运输方案的自动规划。

### 2.4.4 生成施工组织平面图

根据项目 GIS 平台上已有的工点、大临工程、交通、料源点数据，基于 CAD、PostGIS 技术按照设计线路走向裁剪地图区域成像，通过设计线路弯曲角度进行旋转，并将旋转后的地图成像数据进行平移、组装、合成，自动生成施工组织平面图。

### 2.4.5 生成施工组织进度图

根据已有的工点、大临工程数据及工期指标数据<sup>[14]</sup>，通过工程数量和对应工期指标计算出各项工程所需工期，再按里程顺序自下而上计算各项工程的开工和完工时间。采用 CAD 技术，根据横轴里程、纵轴时间的位置关系进行绘制，自动生成施工组织进度图。

### 2.4.6 生成施工组织说明

预先制定模板，根据模板自动生成施工组织说明。模板分成固定和变化两部分，固定部分为通用文本，如大纲结构、标准施工工艺等；变化部分为项目设计数据和分析、计算后的数据，如工程概况、地区特征、施工组织方案、资源配置方案等，将变化部分设置成变量，当数据源发生变化时，可快速

更新施工组织说明。

#### 2.4.7 生成施工进度计划

根据施工组织设计进度图中箱梁场、T梁场、轨枕场、轨道板场、铺轨（架）基地的工程数量、里程信息、施工区段、时间安排、施工方向，可以自动生成铁路项目的架梁进度计划、铺无砟道床进度计划、铺轨（架）进度计划。

#### 2.5 与造价软件关联共享成果数据

通过把施工组织项目与现行造价软件的服务器相连接，将铁路施工组织项目服务器中的数据导入到现行造价软件服务器的对应数据库表中，实现成果数据共享。需要按照方案名称，将材料运输方案的各种材料运输方式、运距、装卸次数等数据导入现行造价软件中，使之在程序界面中显示出来，并计算材料运输单价；大临工程需要内置概算模板，在概算模板中建立工程数量与概算的对应关系，根据工程数量自动编制大临工程概算的原始数据，导入到现行造价软件中计算大临工程的单项概算。

### 3 方法应用

本文基于上述铁路施工组织全过程自动化设计的方法，开发了铁路工程施工组织及造价一体化编制系统（简称：一体化编制系统），该系统采用C/S设计模式，使用Android、WinForm、Windows Communication Foundation（WCF）技术和SQL Server数据库。

一体化编制系统由移动端、PC端、平台运维端（简称：运维）端组成。移动端用于外业调查，支持在线、离线模式采集数据；PC端用于内业整理和施工组织自动化设计；平台运维端用于完成不同终端间的数据中转及数据存储。一体化编制系统移动端主要由工程模块、导航模块、大临模块、料源模块、交通模块、上传下载模块组成；PC端主要由工程模块、大临模块、料源模块、交通模块、分析计算模块、成果模块组成，一体化编制系统设计架构如图2所示。

一体化编制系统利用移动端自动采集施工组织外业调查数据，并上传至PC端，在PC端可自动设置、规划施工便道等大临工程，自动计算重点大临工

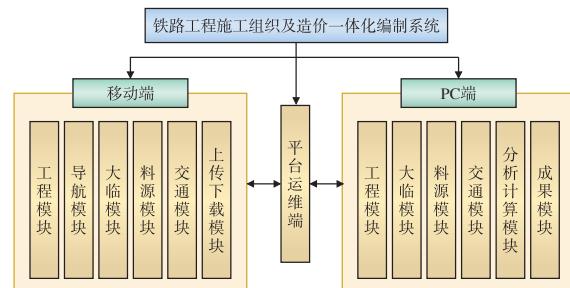


图2 一体化编制系统设计架构

程的供应范围和供应数量，自动构建材料运输所需的交通系统和自动规划材料运输路线并生成材料运输方案，根据工程、大临、料源和交通的分布情况自动绘制施工组织平面图，根据工程工期和重点大临供应情况，自动进行施工组织安排并绘制施工组织进度图，根据施工组织安排按年度分配工程数量、静态投资和劳动材料，自动生成施工组织设计各类成果附图如图3所示，各类成果附表如图4所示。

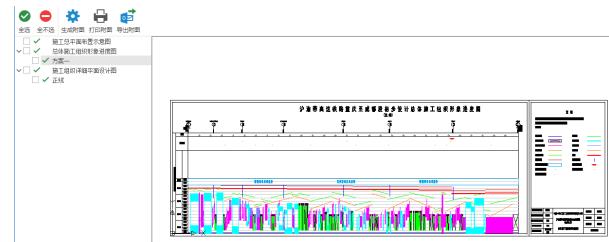


图3 一体化编制系统成果附图界面

材料类别	预测量(套)	重达(吨)	需用吨数	工程量(米)	公路(吨)	单耗(吨)	预测量(套)
普通箱型	3	138	414	22	11	2	3.0
带托盘箱型02	2	138	276	22	11	2	3.0
带托盘箱型01	62	63	393	22	70	2	4.0
带托盘箱型03	12	729	729	22	48	4	5.0
带托盘箱型04	12	729	729	22	48	4	5.0
带托盘箱型05	7	773	773	22	33	2	3.0
带托盘箱型06	7	773	773	22	33	2	3.0
带托盘箱型07	1	48	48	22	11	2	4.0
带托盘箱型08	128	138	1736	51	4	5.0	
带托盘箱型09	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型10	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型11	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型12	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型13	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型14	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型15	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型16	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型17	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型18	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型19	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型20	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型21	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型22	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型23	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型24	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型25	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型26	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型27	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型28	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型29	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型30	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型31	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型32	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型33	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型34	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型35	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型36	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型37	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型38	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型39	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型40	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型41	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型42	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型43	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型44	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型45	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型46	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型47	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型48	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型49	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型50	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型51	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型52	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型53	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型54	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型55	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型56	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型57	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型58	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型59	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型60	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型61	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型62	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型63	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型64	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型65	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型66	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型67	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型68	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型69	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型70	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型71	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型72	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型73	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型74	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型75	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型76	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型77	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型78	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型79	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型80	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型81	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型82	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型83	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型84	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型85	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型86	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型87	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型88	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型89	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型90	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型91	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型92	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型93	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型94	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型95	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型96	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型97	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型98	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型99	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型100	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型101	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型102	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型103	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型104	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型105	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型106	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型107	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型108	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型109	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型110	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型111	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型112	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型113	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型114	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型115	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型116	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型117	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型118	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型119	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型120	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型121	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型122	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型123	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型124	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型125	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型126	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型127	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型128	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型129	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型130	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型131	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型132	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型133	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型134	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型135	22	138	3076	51	2	5.0	
带托盘箱型136	22	138	3076	51	2	5.0	
带							

该系统可有效保证文件质量。

#### 4 结束语

本文针对国内铁路建设项目采用人工方式进行施工组织设计、工作效率低、设计文件质量不易保证等问题，提出了基于大数据和信息化技术进行铁路施工组织全过程自动化设计的方法，并开发了铁路工程施工组织及造价一体化编制系统。该系统通过数据分析自动确定工点、大临工程、交通、料源点之间的位置关系，用于分配材料供应范围并规划材料运输方案，进行施工便道设计，计算重点大临工程供应数量并安排施工组织方案，同时，解决铁路施工组织设计专业接口多、数据获取不易等问题，有效促进各专业间的信息交流和数据共享。系统的应用显著提高了铁路施工组织设计的工作效率，保障了成果质量，对铁路、公路等线性工程的施工组织自动化设计具有一定的参考意义。

#### 参考文献

- [1] 鲍 榴, 王万齐, 王辉麟, 等. 铁路工程施工组织形象进度系统研究与实现 [J]. 铁路计算机应用, 2018, 27 ( 3 ): 32-37.
- [2] 张金苍. 铁路施工组织进度辅助设计系统的实现 [J]. 铁道标准设计, 2012 ( 2 ): 23-25.
- [3] 徐晓磊, 解亚龙, 鲍 榴, 等. 基于Flex的施工组织形象进度图的设计与开发 [J]. 铁路计算机应用, 2017, 26 ( 3 ): 26-29.
- [4] 李志义. 铁路建设项目信息化管理的应用与发展 [J]. 中国铁路, 2016 ( 1 ): 14-18.
- [5] 魏方华. 基于数字化设计系统的铁路站场BIM自动化建模研究 [J]. 铁道标准设计, 2019, 63 ( 4 ): 1-3,16.
- [6] 徐 博. 基于BIM技术的铁路工程正向设计方法研究 [J]. 铁道标准设计, 2018, 62 ( 4 ): 35-40.
- [7] 孟晓健. 铁路车站BIM设计实施标准研究及应用 [J]. 铁道标准设计, 2018, 62 ( 6 ): 120-125.
- [8] 张 轩. 基于Bentley平台的铁路隧道BIM技术应用研究 [J]. 铁道标准设计, 2019, 63 ( 4 ): 107-112.
- [9] 沙培洲, 刘彦明, 徐 博. 西成客运专线铁路桥隧工程BIM技术应用研究 [J]. 铁道标准设计, 2017, 61 ( 7 ): 66-71.
- [10] 赵亮亮, 卢文渊, 张广庆. 基于BIM+GIS的铁路隧道地质灾害辅助整治技术研究 [J]. 高速铁路技术, 2019, 10 ( 2 ): 27-32.
- [11] 曹政国, 吴刘忠球, 李 致, 等. BIM在铁路施工组织设计中的应用探讨 [J]. 铁道工程学报, 2018, 35 ( 12 ): 99-103.
- [12] 中国铁路总公司. 铁路工程施工组织设计指南: 铁建设[2009]226号 [A]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.
- [13] 中国铁路总公司. 铁路工程施工组织设计规范: Q/CR 9004—2018[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2018.
- [14] 郭晋恒. 《铁路工程施工组织设计指南》中工期参考指标的确定 [J]. 铁路工程造价管理, 2010, 25 ( 3 ): 11-14.

责任编辑 李依诺