

通信工程设计中的 图纸自动化生成方案研究

Research on Automatic Drawing Generation Scheme in Communication Engineering Design

沈涛,徐玉龙,陈亚峰,曲金豹(中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048)

Shen Tao, Xu Yulong, Chen Yafeng, Qu Jinbao (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China)

摘要:

分析了传统绘制CAD图纸存在的不足,对传统绘制与图纸自动化生成进行了对比分析,指出了图纸自动化生成是实现通信工程设计数字化的路径之一,可以基于数据管理实现图纸的自动化呈现和输出。同时可以实现基于数据的快速生成和编辑模型,并结合其他系统的接口数据,将图纸里面的单个模型语义化,方便直观地查看、编辑和导出设计图纸。最后提出了图纸自动化生成的业务系统架构,降低通信工程设计人员的劳动强度,对通信工程设计单位的数据利用效率、设计质量提升、知识库建设等均有较好的促进作用。

Abstract:

Some shortcomings of traditional CAD drawings are analyzed, and the traditional drawing and automatic drawing generation are compared and analyzed. It points out that automatic drawing generation is one of the ways to realize the digitization of communication engineering design, and automatic presentation and output of drawings can be realized based on data management. At the same time, the model can be quickly generated and edited based on data, the single model in the drawing can be semantically translated, combined with the interface data of other systems and the design drawing can be viewed, edited and exported conveniently and intuitively. Finally, a business system architecture of automatic drawing generation is proposed, which can reduce the labor intensity of communication engineering designers and promote the data utilization efficiency, the improvement of design quality and the construction of knowledge base of communication engineering design units.

Keywords:

Automated drawing generation; Attribute management; Digital asset management

引用格式:沈涛,徐玉龙,陈亚峰,等. 通信工程设计中的图纸自动化生成方案研究[J]. 邮电设计技术,2022(11):86-92.

1 概述

中国共产党十九届五中全会和2021年全国两会均对加快数字化发展作出总体部署,国资委认真贯彻落实党中央、国务院决策部署,着力推动国有企业数字化转型,在2021年2月印发了《关于加快推进国有企业数字化转型工作的通知》,明确了国有企业数字化转型工作的重要意义、主要任务和保障措施。中国联通积极响应党中央和国资委的号召,将数字化转型

关键词:

图纸自动化生成;属性管理;数字资产管理

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.11.016

文章编号:1007-3043(2022)11-0086-07

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



作为企业改革发展的重点任务,积极推进数字化转型工作。

工程图纸是通信建设工程在工程设计阶段的重要成果,以往均由设计工程师使用CAD等绘图工具完成。设计工程师先是现场查勘,分析设计,然后根据实际现场环境数据在CAD工具里选择预设好的模型,并拖拽到相应的位置,最后生成可以供施工参考的设计图纸。这种流程主要存在以下几个问题。

a) 设计图纸不够精细化,准确度不高。如单个模型在区域内的坐标不精确,交接点的空间定位高度也很难确定,位置完全靠设计工程师人工判断。

收稿日期:2022-10-10

b) 工程图纸不一致。由于传统基于CAD设计主要是人工绘制,并且没有统一的绘图标准,导致图纸千人千面,复用成本较高,产出效率较低。

c) 生成的图纸以及模型没有数字化和语义化。由于设计人员流动性比较大,老的图纸没有数字化存储和语义化表达,导致维护成本随着时间推移越来越高,并且有丢失的风险。

在中国联通相关单位着力推进通信工程设计领域数字化转型的背景下,中国联通在网络资源管理、工程规划、工程建设等领域的数字化方面取得了长足进展,通信工程建设所需的网络资源数据、网络规划数据、网络业务数据、工程建设数据等均实现了结构化的存储。设计工程师通过数据元和图纸自动化生成方案,可以实现基于数据的快速生成和编辑模型,并且结合其他系统的接口数据,将图纸里面的单个模型语义化,能够比较方便和直观地查看、编辑和导出设计图纸,从而使利用数据自动化生成通信工程设计图纸成为可能。

综上所述,在通信工程设计企业实施数字化转型的大背景下,采用自动化的方式生成工程设计图纸以替代原有的人工方式,对通信设计行业而言具有较大的应用价值。

2 架构及流程描述

基于上述通信工程中设计遇到的问题和需求,本文提出一套基于结构化基础数据进行图纸自动化生成以及二维/三维展示的技术解决方案,并基于该解决方案开发出原型系统。系统整体架构包括真实物理世界数据、三维重建/CAD图纸识别等方式生成的结构化数据、基于统一信息库进行数据管理、绘图服务抽象化(包括机房服务、铁塔服务、设备互联服务、传输线路服务、配套电源服务等)、二维/三维展示平台,整体技术架构如图1所示。

2.1 数据采集和生成

目前,传统的数字化设计主要是针对机房和铁塔场景,可以采用以下3种方式将机房和铁塔数字化。

a) 使用手持instan360全景相机或者遥控无人机扫描机房/铁塔,将获取到的图片上传到三维重建平台,经过点云重建、语义/实例分割,生成结构化的数据。

b) 对纸质的CAD图纸进行角点识别,通过识别每个设备的4个边角信息,连点成线,恢复出这个设备,

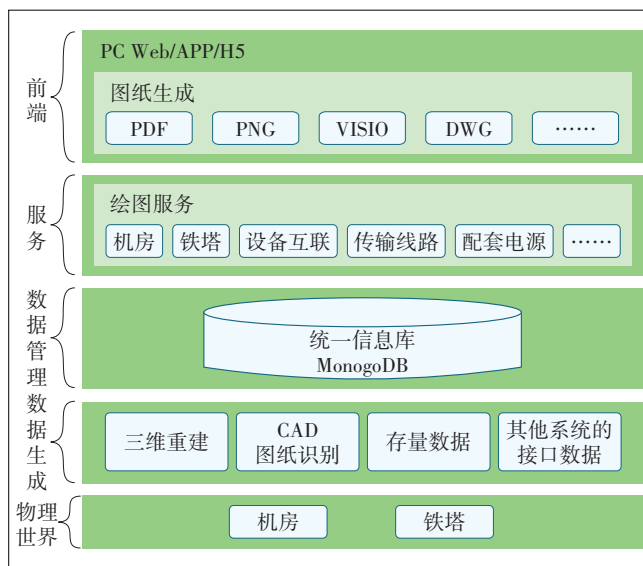


图1 技术架构

实现对机房中墙体、窗、门、仪器设备的识别,最终生成结构化的数据。

c) 前期查勘的工程资料很多是以表格的形式进行存储的,通过开发 excel 导入功能,将数据批量存入数据库。

通过以上3种方式实现机房和铁塔基础信息数字化,通过其他现有系统(机房动环监控系统)提供的接口快速关联内部设备(服务器,通信设备等)信息,经过统一的处理后,存入统一信息库。

2.2 数据管理

通过属性管理平台和数字资产管理平台进行机房和铁塔基础信息的新增、编辑和关联等管理工作,包括机房柜体布局图、平面轮廓图、机柜/空调/ups等设备信息、站点与机房/铁塔的关联关系、机房/铁塔与工程的关联关系等。

2.3 绘图服务

基于后端统一的结构化基础数据,实现一个图纸自动化生成及二维/三维展示平台。将各个行业的服务进行抽象化、标准化,主要包括机房服务、铁塔服务、设备互联服务、传输线路服务、配套电源服务等。以机房设计服务为例。

a) 基础模型库维护。平台维护一套机房内部设备的基础模型,包括机柜、服务器、空调、设备、走线架等。

b) 二维设计图在线预览。结合结构化的基础数据和基础模型库,平台通过设计好的算法快速生成预览二维/三维的设计图,某机房的二维设计图如图2所

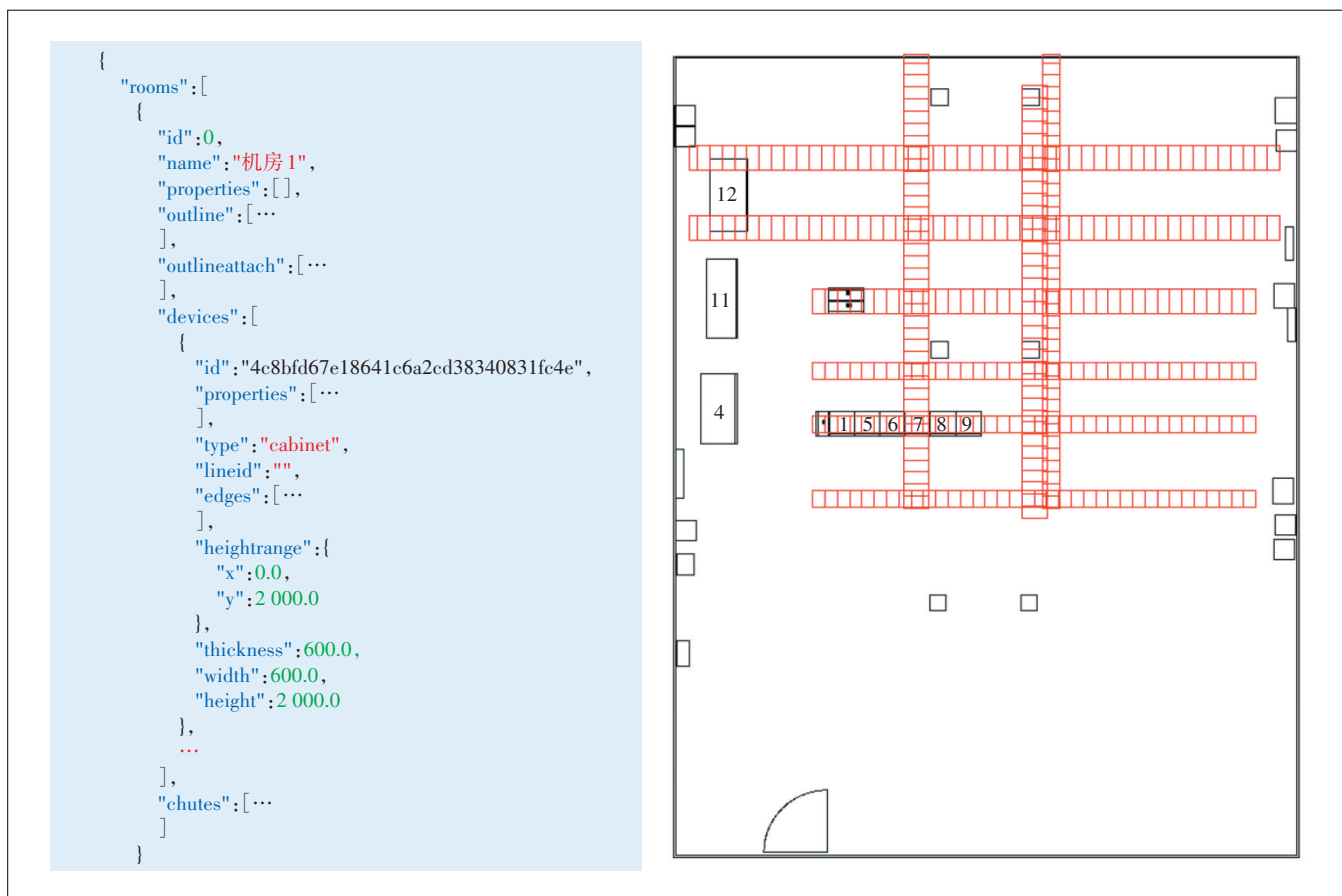


图2 机房二维设计图

示。

c) 二维设计图导出。平台将多格式图纸生成封装成API服务,从而达到自动化生成多种格式的图纸的目标,满足各个业务系统和工程化的需求。某机房的三维设计图如图3所示。

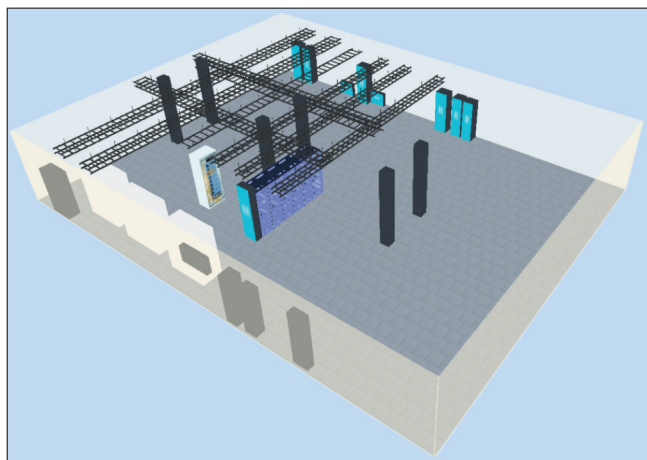


图3 机房三维设计图

2.4 图纸生成

平台还提供图纸生成导出功能,将多种图纸格式的导出服务进行封装,提供给设计人员使用,具体如下。

a) DWG 图纸生成。基于中望 CAD 平台提供的 SDK,进行软件的个性化定制和二次开发,将图纸导出为 DWG 格式。

b) PDF 图纸生成。使用 PDF“虚拟打印机”技术将图纸导出为 PDF 格式。

c) PNG 图纸生成。使用 PNG“虚拟打印机”技术将图纸导出为 PNG 格式。

d) VISIO 图纸生成。使用 VISIO“虚拟打印机”技术将图纸导出为 VISIO 格式。

可以通过 PC Web/APP/H5 等多种前端系统展现方式将图纸交付给客户使用,从而大大提高用户操作的方便性。

以下分别是机房(见图4)和铁塔(见图5)图纸数字化效果示意图。

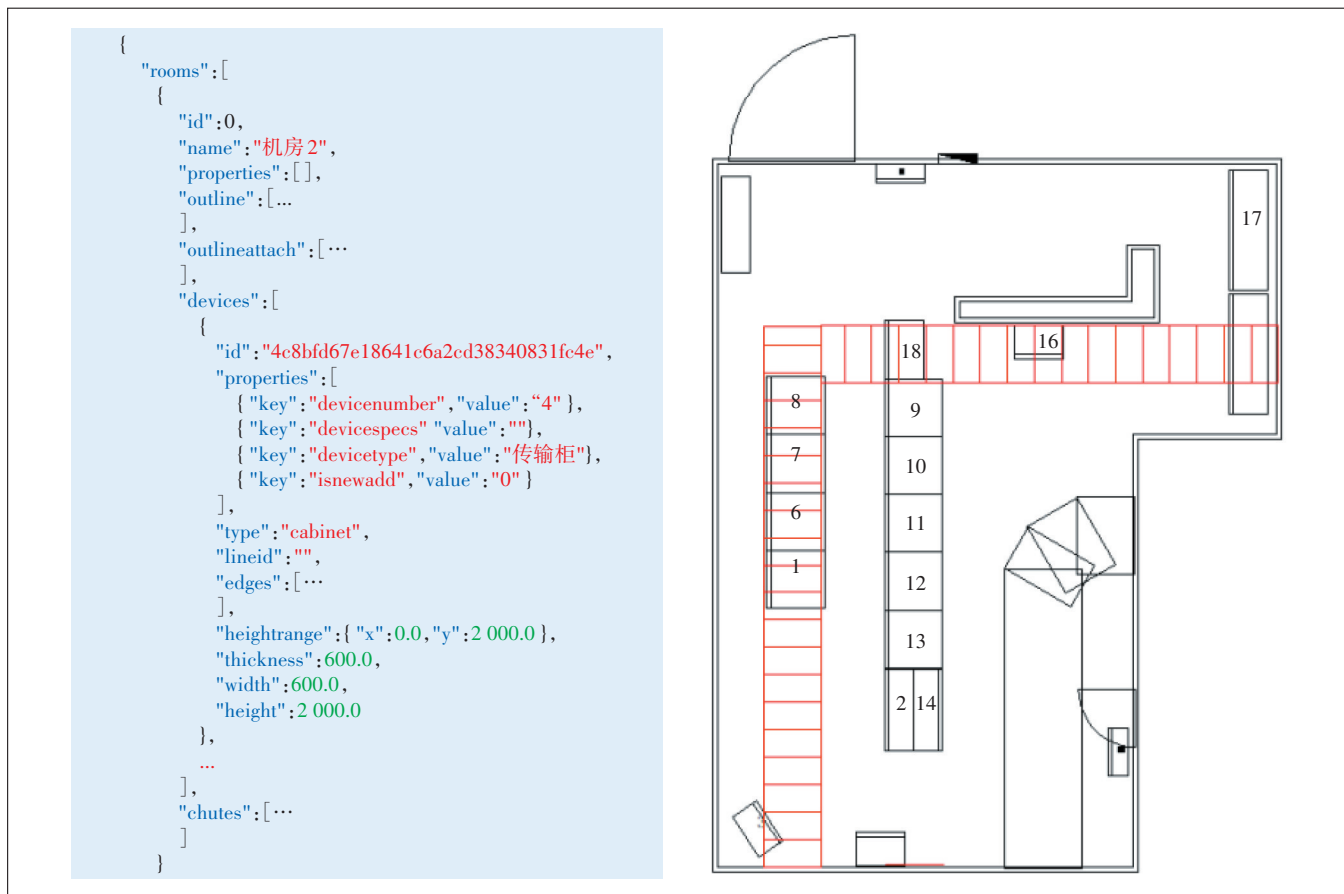


图4 机房效果图

3 结构化数据生成及管理方案

3.1 结构化数据来源

a) 三维重建生成结构化数据。使用全景相机,按照预设好的规则,扫描指定的机房或铁塔,将获取到的图片上传到三维重建平台,通过三维点云重建、模型重建、语义分割、全景图、矢量模型生成,手动调整后输出结构化数据。

b) 对CAD图纸识别生成的结构化数据。

c) 前期查勘的工程资料或者人工采集的调研资料。

3.2 属性管理平台

基础设施数据资产库的结构如图6所示。

属性管理平台可以非常方便地管理机房和铁塔,包括其本身具有的和各个子设备的基础属性以及设备间的关联关系。

a) 属性列表模块。可以查看新增的机房/铁塔属性,包括机柜、空调、电池组、通信设备等属性。

b) 属性分类模块。支持创建1~N级分类,支持通

过excel导入分类关系表;能够直观地看到属性之间的依赖关系。

c) 属性新增/编辑模块。通过预设模版+属性分类,用户可以很方便地完成属性的新增/编辑。

d) 属性模版管理。支持属性模版的增删改查,方便用户线下excel导入属性,提供多种属性导入方式,提升用户体验。

3.3 数字资产管理平台

数字资产管理平台,可以查看管理数字化后的机房和铁塔,并能够基于此进行迭代数字化设计。

a) 机房列表模块。可以查看数字化的机房/铁塔信息,包括机房ID、名称、位置等属性。

b) 机房设备列表模块。可以查看机房内部包含的设备列表,包括设备ID、名称、位置、类型、使用状态等。

c) 机房设备图示模块。将数字化后的机房/铁塔,通过图像绘制引擎绘制到网页上,能够直观地看到机房/铁塔的布局结构,以及内部包含的设备列表,为传统设计提供服务支持。

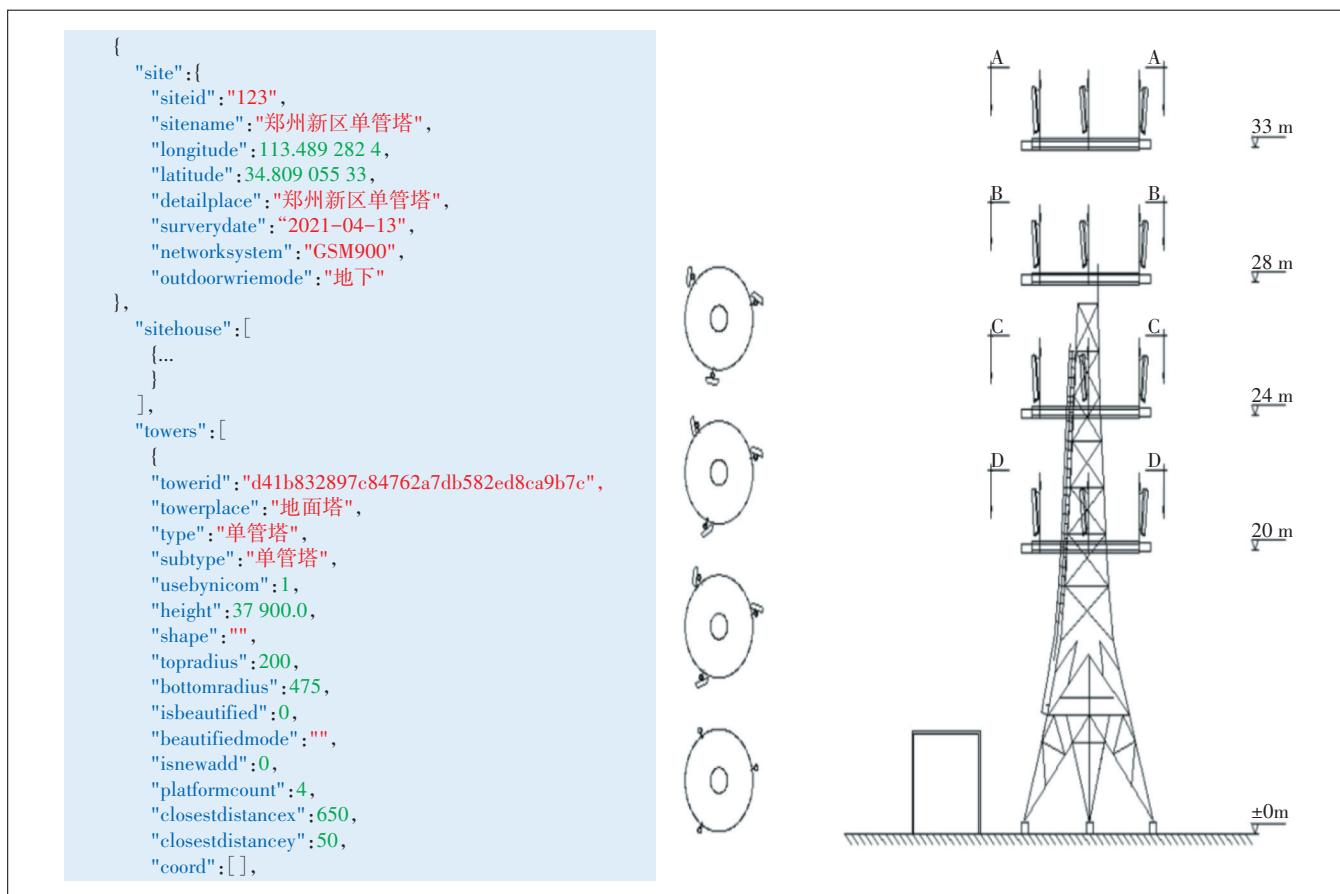


图5 铁塔效果图

机房与工程 关联关系库	空调与工程 关联关系库	柜体与工程 关联关系库	电池组与工程 关联关系库	UPS与工程 关联关系库	设备与工程 关联关系库	板卡与工程 关联关系库	端口与工程 关联关系库	铁塔与工程 关联关系库	天线与工程 关联关系库
基础设施数据资产库									
机房走线架图库		机柜内设备信息库							
机房柜体布局图库		机柜查勘资料库			设备内板卡信息库	设备端口业务信息库	铁塔上天面信息库		
机房平面轮廓图库									
机房实例信息库	机房空调实例信息库	机房机柜实例信息库	机房电池组实例信息库	机房UPS实例信息库	通信设备实例信息库	通信板卡实例信息库	室外铁塔实例信息库	天线实例信息库
通信机房属性定义库	机房空调属性定义库	机房机柜属性定义库	机房电池组属性定义库	机房UPS属性定义库	通信设备属性定义库	通信板卡属性定义库	室外铁塔属性定义库	无线天线属性定义库
机房元素二维图标库	机房空调二维图标库	机房机柜二维图标库	机房电池组二维图标库	机房UPS二维图标库	通信设备二维图标库	通信板卡二维图标库	室外铁塔二维图标库	无线天线二维图标库
机房元素三维模型库	机房空调三维模型库	机房机柜三维模型库	机房电池组三维模型库	机房UPS三维模型库	通信设备三维模型库	通信板卡三维模型库	室外铁塔三维模型库	无线天线三维模型库
	机房空调类型库	机房机柜类型库	机房电池组类型库	机房UPS类型库	通信设备类型库	设备板卡类型库	室外铁塔类型库	无线天线类型库

图6 基础设施数据资产库

4 基于结构化数据的图纸生成技术方案

4.1 图元实现方案

工信部于2015年发布了《通信工程制图与图形符号规定》(YD/T 5015-2015)的行业标准,各个设计单位也根据自身业务需求制定了自有标准图形符号库。工程设计图纸一般需要使用标准图形符号(以下称为“图元”)进行绘图,在图纸自动化生成过程中主要通过绘制图元的方式完成图纸生成。图纸自动化生成系统对图元相关需求主要包括以下几点。

a) 图元是虚拟打印机基本绘图操作的组合,可实现绘图单元的重复利用。

b) 在绘制时可以平移、缩放、旋转图元,且操作后图元表现的图形符号轮廓不发生变化。

c) 图元可以由其他图元及基本绘图操作组合而成。

d) 图元可以以静态代码或动态数据加载方式生成。

图元绘制实现的技术难点在于图元可以在图纸内平移、缩放和旋转,主要通过为图元添加相对坐标系来实现,即每个图元均须具备相对坐标系信息,主要包括原点相对X坐标、原点相对Y坐标、缩放系数、旋转角度。

具备了相对坐标系信息后,在使用虚拟打印机的绘图功能绘制图元时,均需先使用相对坐标系将坐标转换为图元在图纸中的“实际坐标”,然后再进行绘制。

在图元类使用的原始相对坐标系参数一般为(0, 0, 1, 0),即相对X、Y坐标为0,缩放系数为1,旋转角度为0。在实例化图元对象时可传入定制的相对坐标系参数,亦可通过方法设定图元的相对坐标系参数,从而实现图元在图纸上的平移、缩放、旋转。

4.2 多格式输出方案

工程设计中一般采用CAD工具制作设计图纸,如需其他格式,一般需要用户手动从CAD格式图纸转换为其他格式。在采用图纸自动化方案后,由于使用了结构化的后端基础数据,使得利用同一套后端直接输出多种图纸格式成为可能。其核心技术方案是在架构设计中将不同格式的基本绘图操作抽象为“虚拟打印机”,在生成图纸时使用不同格式的打印机完成不同格式图纸文件的输出,如图7所示。

a) 系统定义了“虚拟打印机”基类,打印机基类定

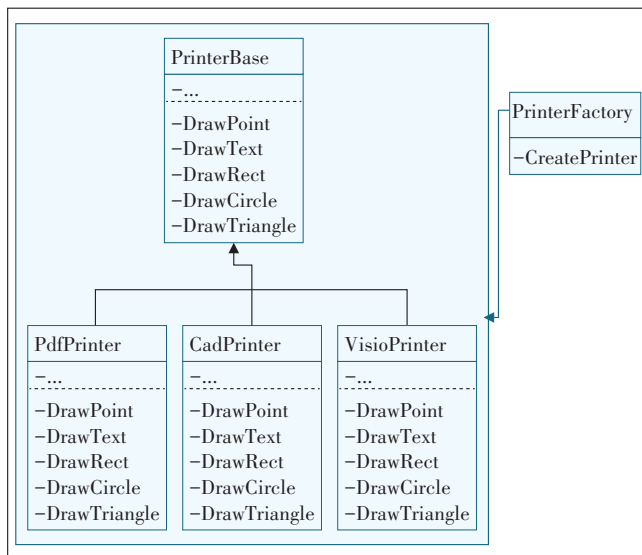


图7 多格式输出技术架构

义了画点、画线、画文本、画形状等基本的绘图操作。

b) 不同输出格式需要实现单独的“虚拟打印机”类,按照输出格式要求通过SDK、COM接口、文件接口等方式实现格式的基本绘图操作。

c) 系统使用“工厂模式”根据业务需求产生“虚拟打印机”类。

d) 图纸绘制业务逻辑使用“虚拟打印机”类接口完成绘图任务。由于所有的“虚拟打印机”类具备同样的接口,因此系统只需要实现一份图纸绘制业务逻辑即可支持多种格式文件的输出。

4.3 图层功能实现方案

在工程图纸生成过程中,常常需要为图纸增加除核心内容之外的附加性内容,如设计单位图框、水印、固定的提示说明、通用装饰性内容等等。该部分内容通常与图纸的核心工程设计内容无关,但在实际应用过程中是必须具备的,而且常常随着业务需求的变化而变动。一般采用图层功能来实现上述需求,即将不同展示内容的绘图内容抽象为图层,通过图层的组合、显隐来装配出需要的工程图纸。

图层功能可采用软件工程设计模式中的“装饰器模式”来实现。使用装饰器模式完成图层功能的主要实现过程为:

a) 设计图层类型,每个类型的图层均实现Draw函数,其中核心图层实现设计图纸的核心内容绘制。

b) 装饰器初始化时需传入图层类型,并保存为图层成员变量,通过包装方式实现装饰器的Draw函数。

c) 自定义图层装饰器可对传入的图层进行装饰,

通过对引入不同的图层成员及自定义绘制操作,可以实现业务所需要的绘图效果。

d) 由于图层装饰器与图层具备相同的核心功能接口,可以通过多个装饰器的静态或动态组合完成灵活的图层定制功能。

5 总结与展望

本文提出了一套图纸自动化生成的方案以及平台,相比于传统绘图,其设计理念发生了巨大的变化。传统的设计还是基于图纸模型的迭代更新和细节补充,设计流程比较粗放,对于每一次的图纸输出也没有时间留痕和版本管理,给图纸追溯也带来了很大的困扰。而图纸自动化生成则是基于数据管理实现图纸的自动化呈现和输出,设计人员每次设计只需要更改数据即可,每次图纸输出系统都会自动进行版本记录,方便随时随地追溯。不过这也给设计人员提出了更高的要求,需要精细化管理,从源头保证数据逻辑的完整性,每次设计都需要进行数据的维护更新,保证数据的实时性和一致性。除此之外在通信工程设计中采用图纸自动化生成方案还有以下优点。

a) 减轻了工程设计人员的劳动强度,提高了出图效率。在工程设计过程中,图纸不但要完成绘制,往往还需要进行多次修改,制作、修改图纸对工程设计人员来说是较重的劳动负担,通过自动化生成图纸方式,大大降低了劳动强度,提高了出图效率和单位人员产出。

b) 保证了工程图纸的一致性,提升设计质量。以往以人工方式产出设计图纸时,同一站点的图纸往往分散存储在各个设计人员处,由于工程施工进度不同步及沟通不及时等原因,常常产生工程图纸信息不一致问题,导致工程设计质量下降,严重时可能导致设计事故的发生。利用自动化生成图纸方案,由于图纸数据源统一来自结构化的基础数据,较好地保证了图纸数据的一致性、时效性,提升了出图质量。

c) 有利于工程设计单位更有效地管理图纸资产。采用自动化生成图纸方案,工程图纸的产出将统一在图纸自动化生成系统中完成,从而便于工程设计单位对工程图纸进行统一的精细化的管理,形成自有图纸资产。

除了上述优点之外,该解决方案及平台也有其局限性。像新的、不成熟的设计,其流程规范尚未清晰,服务和基础模型标准尚未建立,对于这种目前还不能

适用。

总之,图纸自动化生成技术的研发大大降低了通信工程设计人员的劳动强度,对通信工程设计单位的数据利用效率、设计质量提升、知识库建设等均有较好的促进作用。目前,图纸自动化生成技术所生成的图纸还不能完全达到直接应用于设计文本的程度,仍然需要人工补充和修正部分图纸内容。究其原因主要是基础数据不够完备,以及图纸标准化程度不足而导致的个性化需求较多,无法采用自动化软件程序实现。随着通信设计行业对基础数据收集利用的重视及通信工程设计单位图纸标准化程度的提升,图纸自动化生成技术将更加成熟完备,从而在通信工程设计工作中发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] 杨若瑜,胡筋,曹阳,等.一种高效的基于约束网络的工程图符号识别方法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2002,14(9):829-834.
- [2] 陈帝尧,黄鲁江.一种计算机联锁机柜工程图纸的自动化生成方法[J].铁道通信信号,2020,56(9):26-28.
- [3] 李锐,李文强,漆小华,等.面向多张CAD图纸的文本信息自动提取与实现[J].工程设计学报,2021,28(2):148-154.
- [4] 王洪亮,张秀云,张琳.采用VB与AutoCAD结合绘制批量图纸[J].工具技术,2019,53(1):112-116.
- [5] 谢泽学.AutoCAD的图形布局与打印输出[J].内江科技,2021,42(1):51,129.
- [6] 江蓝,董传杰,李亚楠,等.基于AUTOCAD二次开发的参数化绘图设计[J].科技创新与生产力,2014(5):87-88.
- [7] 高丽华,翁磊,徐华.基于AutoCAD的标准件CAD系统的开发[J].电子测试,2018(19):50-51,108.
- [8] 沈伟,魏宏.船舶二维原理图纸与三维设计系统集成技术开发与应用[C]//2020年数字化造船学术交流会议论文集.钦州:中国造船工程学会,2020:93-95.
- [9] 许业进.基于AutoCAD的参数化程序开发[J].科技资讯,2015,13(11):18.
- [10] 张琪,叶颖.基于对象图例及其拓扑关系识别的二维工程CAD图纸矢量化方法[J].计算机与现代化,2018(11):40-45.
- [11] 王宁.基于信号集中监测的AutoCAD图纸自动化生成研究[D].秦皇岛:燕山大学,2018.

作者简介:

沈涛,毕业于郑州大学,高级工程师,主要从事通信网络相关的工程设计、咨询工作;徐玉龙,毕业于武汉大学,工程师,主要从事网络规划设计、人工智能、机器人等领域的设计、研发工作;陈亚峰,毕业于武汉大学,高级工程师,主要从事电信业务支撑系统相关的工程设计、咨询工作;曲金豹,毕业于天津大学,高级工程师,主要从事电信业务支撑系统相关的工程设计、咨询工作。