

新世纪采矿 CAD 技术的发展:可视化、集成化和智能化^{*}

陈建宏¹ 周科平¹ 古德生²

(中南大学资源与安全工程学院,教授¹;教授、中国工程院院士² 长沙 410083)

[摘要] 本文从 CAD 市场和技术两方面探讨新世纪 CAD 的发展趋势,对采矿 CAD 技术研究现状进行评述,提出国内采矿 CAD 发展存在的问题和发展意见;通过评述可视化技术发展,提出开发可视化集成采矿 CAD 系统的基本设想,对可视化集成采矿 CAD 系统关键技术问题进行探讨,并介绍了作者开发采矿 CAD 的经验和体会。

[关键词] 可视化集成采矿 CAD 系统 数字矿山 可视化 集成化 智能化 [中图分类号] TD TP

[文章编号] 1000-7857(2004)07-0032-03

MINING CAD TECHNOLOGY IN THE 21st CENTURY: VISUALIZATION, INTEGRATION AND INTELLIGENT

CHEN Jian-hong ZHOU Ke-pin GU De-sheng

(School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: This paper describes the developing tend of CAD from market and technology in the new century, and summarizes the current research situation of mining CAD technology. This paper points out some problems which exists in Chinese Mining CAD software developing and gives some suggestions. Based on brief introduction about the Science Computing Visualization, the authors propose the idea of developing the visualization integration mining CAD system, and developing tend of visualization integration and intelligent is analyzed. Then the authors give several key technologies in the field of computer aided mining design, which need to be solved. Finally, an example of mining CAD system and software development experience is given.

Key Words: visualization integration mining CAD system, digital mine, visualization, integration, intelligent

1 引言

数字矿山(Digital Mine)是地球科学中一个最综合、最复杂的系统工程,也是数字地球(Digital Earth, 简称 DE)中最具代表性的学科分支。从矿山数字地形、复杂矿床实体构模、井巷工程结构的三维可视化,一直到虚拟矿山(VM),每一个都是非常具有挑战性的研究课题^[1-4]。数字化和可视化技术已给矿业系统工程这门传统学科赋予了全新的内涵,它不再是传统的以运筹学为基础的优化研究,而是现代地球空间信息学科的重要组成部分。

作为数字矿山的重要组成部分,我国采矿 CAD 的发展令人担忧,国内许多单位热衷于购买国外软件,近几年来,数十家经济效益较好的矿山企业和设计单位投资数万至几十万美元购买国外矿业软件,这对急需投入的中国矿业软件发展是一个打击。矿山企业与高等学校及研究院所合作开发软件已越来越少,除了经济因素外,其中主要原因是矿山企业难以留住高水平的软件开发和管理人员。矿业软件开发的高投入、长期性和人才流失严重,使矿山领导对自主开发矿业软件失去信心和耐心。许多企业着迷于国外软件的三维可视化功能,对国外软件的语言、设计思想、图纸表达习惯等与中国的区别则不予重视。实践证明,这样的应用效果并不理想。应该说,设计研究单位引进高水平的软件进行消化

吸收是很好的,可惜目前很少有单位对引进的软件进行二次开发。除了演示汇报外,这些引进的软件要真正用于矿山生产实际还有一定的距离;同时,昂贵的软件价格及售后服务使大部分中小矿山企业望而却步。

2 采矿 CAD 研究评述

CAD 技术正向着开放、集成、智能和标准化方向发展。开放性是决定一个系统能否真正实用并转化为生产力的基础,体现在系统平台、用户接口、二次开发环境等方面。集成化的目的是向企业提供一体化解决方案,通过集成最大限度地实现企业信息共享,达到产品设计、生产及管理的一体化和流程化。总之,CAD 系统将会在以下几方面发展:(1)构模技术上由 2D 或 2.5D 向 3D 发展;(2)集成化技术及与 CAD 集成的工程数据库技术仍将继续发展;(3)基于网络和多媒体技术的分布式 CAD 系统将大力发展;(4)与图形学发展相关的硬件支持;(5)实体真三维可视化方法(Visualization Oriented, 简称 VO)是目前 CAD 研究的一个前沿和热点。

2.1 国内外采矿 CAD 发展概况

CAD 技术在采矿行业的应用起步较早,几乎与计算机图形处理技术同步发展,早在 20 世纪 80 年代初,国外就出现了一些功能较齐全的采矿 CAD 软件系统,如 D.Hartly 等人研制的地下矿设计软件^[5]。到了 20 世纪 80 年代中期,已有十多个地质储量计

^{*} 国家自然科学基金资助项目(50374072)。

算和矿床开采辅助设计方面的商品化软件问世,如 Minex3D、Surpac、Mintec、Geo-Model、Geostat System、Lynx、Mincromine、Egales、MinCom、Datamine、GeoMath 等,且主要用于描述矿床和管理矿山原始资料,侧重于地、测、采的技术管理。进入 20 世纪 90 年代,国外以三维矿床模型为代表的矿用软件发展较快,涉及到地质资料处理、矿床建模、开采辅助设计等各个方面^[4]。其中部分软件如 DATAMINE、VULCAN 已实现了真三维集成图形环境。

在国内,自 20 世纪 80 年代中期起,煤炭、冶金、有色、建材等行业在矿业软件的研究方面都有一定的投入,地质、测量、采矿等专业开发了一些以解决具体专业问题为主的矿用软件。令人遗憾的是,至今没有一个较为成功的完全自主产权的商品化采矿 CAD 软件。由于矿山之间的行业差异(煤炭、冶金、建材等),同行业矿山之间的个体差异(开采方式、地质条件等),以及个例矿山生产过程中需处理的瞬息万变的难以预料的信息差异,使得 CAD 软件的开发具有较强针对性。从总体上看,目前我国的矿业软件开发还处于一种“各自为政”、“低水平重复开发”的状态。笔者认为,矿山各主要技术部门地质、采矿、测量之间的信息处理标准化、时效性、连续性和可视化,是解决目前矿山生产设计信息处理分散、软件重复开发的关键。而重视矿山工程信息标准化处理,重视 CAD 系统结构分析和可视化图形平台的研究,则是软件开发的“基石”。

2.2 值得注意的几个问题

尽管目前 CAD 技术已经向三维实体、可视化和集成化发展,但对于矿业而言,还有相当长的路要走。因此,系统的定位必须重视矿山的应用特点和技术现状。以下几点是值得国内采矿 CAD 开发人员注意的。

2.2.1 采矿 CAD 技术的基础研究太少。如:矿山三维数据结构、可视化图形处理平台、矿山专业图形算法、大数据量图形数据存取方法、采矿 CAD 集成的工程数据库技术等。对矿图的规范化及其表示方法也研究得不够,目前还没有相应的标准可以遵循,这些都是采矿 CAD 技术深入研究和应用的严重障碍。

2.2.2 系统性和集成性不强。目前采矿 CAD 技术的应用还停留在较低层次上,研制和开发的软件只针对解决某个专业的具体问题,且一般只解决局部问题,还缺乏以地质、测量、采矿为大系统来进行开发辅助设计的软件。因此,应加强地质、测量、采矿各专业的合作。

2.2.3 鉴于二维的矿山 CAD 软件与传统设计方式容易衔接,符合目前我国矿山计算机技术水平,因此,要摒弃过分追求“三维实体设计”的开发思路。“三维”很多时候仅仅是辅助工程师设计构思的工具,三维图不能用于实际施工,矿山实际需要的是二维施工图。因此,要重视二维专业采矿 CAD 系统的基础研究和开发。

2.2.4 值得注意的是,国外基于 AutoCAD 的二次开发重新得到重视。原因有两方面:一是 AutoCAD 二次开发技术快速发展(支持 ADS、VB、VC 开发);二是 AutoCAD 已成为矿山设计的事实标准平台。如美国 Carlsons 公司推出的基于 AutoCAD14/2002 的 SurvCADD 采矿、测量软件系统非常受欢迎,成为美国最大的采矿系 Missouri-Rolla 大学的必修课。

2.2.5 矿山 CAD 应用正处在一个由基于二维平面的设计模式向基于三维空间的设计模式的过渡阶段。但由于存在传统习惯和技术力量等方面的障碍,这一过渡在数年内仍难以完成。不过,可以预计,一旦技术成熟、软硬件价格下降,传统矿山设计模式将彻底改变。

3 关于可视化集成采矿 CAD 系统

科学计算可视化(Visualization in Scientific Computing)是 20 世纪 80 年代后期提出并发展起来的,它是上世纪 90 年代计算机应用新技术的热点之一。在地学界,以地理信息系统(3D GIS 和 3D GMS)^[1]为核心的地学可视化研究,是目前研究的一个热点,并且取得了长足的发展,如成矿可视化系统。在矿业界,可视化技术的研究和应用主要集中在地质和矿山测绘领域,主要包括:3D GIS、3D GMS^[1-4]。在采矿领域,可视化研究处于起步阶段,人们对可视化的概念及其重要性尚没有足够的认识,这从近年召开的第 29 届、第 30 届国际 APCOM 会议上可以得到反映。

可视化集成采矿 CAD 系统是一种集科学可视化(Scientific Visualization)、系统集成化(Integratipn)、开采辅助设计(MCAD)技术为一体的综合软件系统。它是以矿床开采资源信息和工程信息数据高度共享为核心,以矿床模型为基础,采用可视化、集成化技术和方法,实现采矿生产、设计各阶段信息集成和可视化辅助设计的综合软件系统。目前,许多采矿 CAD 软件都是基于一般意义的 CAD 概念,即以图形支撑软件为基础,由设计人员准备数据并进行分析和计算,继而进行图形显示或交互式绘图。这实际上只是设计人员的思想用图形表达而已,只是通常意义上的计算机辅助设计,而不是可视化计算机辅助设计。

4 采矿 CAD 关键技术

4.1 基本图元集

采矿设计与机械和建筑设计不同,采矿图没有像机械、建筑等行业那样的标准,图例的选择具有很大的随意性,图形以实测的工程界线为主;像地质界线、推进线、巷道线、爆破线等工程界线不仅有严格的“精度”要求,还必须是“光滑曲线”。这些特殊性给采矿 CAD 系统的研制带来了极大的困难。一个高效的采矿 CAD 系统,首先应该是一个良好的图形系统,在它的支持下,可完成各种采矿辅助设计工作。无论图形系统如何构造,都要考虑图形的构造手段问题;不同的构造方式,其图形构造效率是绝然不同的。在机械 CAD 中,已大量研究和开发了图元集和常用零件库的构造,但矿业领域对其重要性和作用重视不够。迄今为止,在采矿 CAD 中,很少考虑其基本图元集的构造问题,这方面的研究国内基本处于空白。实际上,在采矿 CAD 系统中,基本图元集的研究具有十分重要的地位,它直接影响采矿 CAD 系统开发的难度、规模、开放性,决定着采矿 CAD 软件实用性、适应性、运行效率、可维护性以及软件的生命周期。

4.2 多边形图元

在采矿和地质制图中,地质界线或工程界线大部分以“曲线”的形式存在,因此,“曲线图元”是采矿 CAD 系统最重要的一种图元。曲线图元是采矿 CAD 系统中描述几何形体、界线以及进行图形运算的基础。曲线的多边形逼近表示法非常适合采矿 CAD 系统。笔者推荐这种表示方法,除了上述原因外,还有一个非常重要的原因是,采矿设计是在地质工程图基础上进行的,而地形图、地质图都是通过数字化仪输入的,数字化仪输入的图形都是以首尾相连的坐标点存放的,其实质就是多边形。所以,采用多边形逼近法表示曲线刚好与数字化多边形重合。因此,在采矿 CAD 系统中,“曲线图元”可用“多边形图元”代替。

4.3 参数图元和自定义图元

CAD 系统的效率和开放性是成为用户评价系统性能的主要指标。因此,国内外 CAD 研究和开发人员,特别是机械 CAD 技术人员一直致力于专业图形的参数化研究。在矿山领域,由于工程图形缺乏标准,在参数化方面的研究起步很晚,目前尚没有成熟

的方法。为了提高采矿 CAD 系统的运行效率,提供更好的开放环境,为用户提供更多的图形扩展手段,必须引入两种新的图元——参数图元和自定义图元^[8]。所谓参数图元是以基本矢量图元为构造工具,以参数化的形式来构造图形的一种图元。自定义图元是用户根据需要对一些大量使用的固定图形和图形块作为一个整体进行调用的图元。

4.4 矿山图元属性

采矿设计是非常复杂的,无论是境界圈定、矿块设计、炮孔设计,还是采剥计划编制,都不是单纯的图形生成过程,还需要考虑设计对象随设计变化的过程,包括与图形相关的品位计算、矿岩量统计、材料消耗计算、结构计算等。采矿 CAD 系统不仅要提供面向采矿设计的准确、方便、灵活的构图手段,还要提供基于图形的一些辅助计算与处理手段,同时应把设计过程中所产生的图形连同它所代表的各种“工程含义”保存下来,随时供用户查询、统计和计算。这是计算机设计与手工设计的区别所在。国内许多设计院自称“100%”用计算机“设计”,确切地讲应该用计算机“描图”,真正的采矿辅助设计应该包括从方案设计、工程材料计算、图纸绘制,到项目文档全过程的自动生成。工程图形和机械图形不同,通常包含二重属性:空间位置属性(spatial attribute)和非空间属性(no spatial attribute)。空间属性是指空间实体与空间位置有关的数据,非空间属性是指与空间实体有关的技术经济数据。因此,采矿 CAD 系统必须具备描述矿山非空间图形属性的能力^[9]。

4.5 混合构模技术

矿体几何造型比建筑和机械 CAD 几何造型要复杂得多,这种复杂性不仅体现在形体和数据结构的复杂上,更体现在数据存储量的差距。通常的建筑结构或机械零件只存储几何尺寸,表示形体的多边形的点数一般只有几十个,而矿体需要存储大地坐标,表示地质体(如:矿体、岩体、矿岩堆等)的多边形的点数一般都在几百到几千个^[7,8];因此,要求设计的各种算法的数据存储量大、运算速度快,否则难以实用。目前常用的方法有3种:块段模型、线框模型和实体模型。实体建模方法是一个比较理想的方法,目前仍有一些问题没有得到解决,如怎样用地质统计学的方法估计实体模形的品位等,因此尚未实用化。我们在开发 MCAD 系统时采用了“块段模型”与“线框模型”相结合的新方法,即在处理矿岩质量信息时采用“块段模型”,在计算矿岩体积和重量、模拟开采、输出工程图时采用“线框模型”。这样,将“块段模型”处理矿石质量的灵活性和“线框模型”可精确处理矿体边界的特点完美地结合在一起,较好地解决了目前广泛采用的用单一方法“块

段模块”或“线框模型”建模所带来的无法避免的缺点和困难。

5 结语

近几年来,我们一直致力于可视化集成采矿 CAD 系统的开发,并以露天开采为主开发成功了一个金属矿露天开采模型与集成 CAD 系统,用于矿山原始地质资料的处理和分析、储量计算和分级、开采模型、境界优化圈定、采剥计划编制、矿山工程图辅助设计等。系统包括五大模块:内嵌式层次型地测数据库、集成化采矿 CAD 图形平台、三维克立格估值与矿床建模、境界圈定、采剥计划 CAD。系统可视化部分以 Windows98 为平台,用 VisualC++6.0 和 OpenGL 语言在 Pentium 系列机器上开发。地质数据库、矿床模型、浮动圆锥优化境界等程序是采用 BorlandC++3.1 版本开发的,目前正在升级中,可以与 AutoCAD 二进制格式 DWG 格式相互转换。系统以功能模块化方式提供,模块间既相互独立,又可以相互集成。

上世纪,矿业系统工程与计算机图形设备和图形学一起萌芽、成长和发展,矿业软件也为世界 CAD 市场注入了自己的活力,这是我们的骄傲。新世纪,我们坚信,在数字地球时代,数字矿山技术也将与数字地球科学一起成长和发展,同时也应当为数字地球做出自己的贡献。这是年轻一代“矿工们”肩负的历史使命。

参考文献

- [1] 吴立新,殷作如等.再论数字矿山:特征、框架与关键技术[J].煤炭学报,2003,28(1):1~7
- [2] 吴立新,张瑞新等.三维地学模拟与虚拟矿山系统[J].测绘学报.2002:28~32
- [3] Malcolm Scoble & Laeeque Danesbmend. Mine of the Year 2020:Technology and Human Resources [J]. The Australian Coal Review Paril. 1999:17~26
- [4] 蔡青,高光涛.CAD/CAM 系统的可视化、集成化、智能化、网络化[M]. 西安:西北工业大学出版社,1996:20~40
- [5] 吴立新,史文中, C. Gold. 3D GIS 与 3D GMS 中的空间构模技术[J]. 地理与地理信息科学.2003, 19(1):5~11
- [6] 唐泽圣著. 三维数据场可视化 [M]. 北京:清华大学出版社, 2000:1~30
- [7] 陈建宏,古德生.采矿 CAD 中国元属性表述方法的研究[J]. 金属矿山,2001(8):9~12
- [8] 陈建宏,古德生.采矿 CAD 图元集的构造及多边形图元和标注图元的表述[J].中国矿业,2002,11(4):52~54

(责任编辑 胡春华)

(上接第 36 页)

3.11 数字矿山质量保证体系

包括总体要求、文件要求、质量手册、文件控制、记录控制等。

4 结论

数字矿山的建设是一项复杂和渐进的工程,涉及到企业的方方面面和多种现代高新技术的应用,重视数字矿山信息资源规划设计对于健康、持续的数字矿山建设是关键中的关键。信息资源规划包括信息化工程中的背景和战略分析、需求分析和企业环境、抽象商务或业务模型、系统体系结构、信息基础设施、系统平台建设(含运行环境、商务或业务支持环境、关联系统支持、系统接入平台、数据交换中心、服务业务开发或增值业务开发)、信息化标准、风险评估、系统集成方案、系统运营和投资效益分析、系统建设实施建议和质量控制,以及系统建设监理等,相应的技术或方法有数据仓库、工作流、企业信息门户、业务协同、企业应用

集成、知识管理、项目管理、质量体系、信息安全等。应当对数字矿山的内涵、外延和信息资源规划体系进行全面的论述,通过信息资源规划揭示数字矿山建设的必要性、方法体系和应用。

本文特别提出,应在矿山范围内建立一个统一的矿山信息模型,描述矿山的全部有用静态和动态信息,最终构造基于 XML 和 GML 的中国矿山 cmXML 或 cXMMML 标准体系。

参考文献

- [1] 吴立新,殷作如等.论 21 世纪的矿山——数字矿山[J]. 煤炭学报,2000,(25)4:337~342
- [2] 吴立新,张瑞新等. 三维地学模拟与虚拟矿山系统[J]. 测绘学报, 2002,(31)1:28~33
- [3] 吴立新,殷作如,钟亚平.再论数字矿山:特征、框架和关键技术 [J]. 煤炭学报,2003,(28)1:1~7
- [4] 古德生. 21 世纪矿业[A]. 见:国际矿业信息化研讨会[C]. 南昌,2002

(责任编辑 胡春华)