

制约水工 CAD 发展的原因剖析和对策研究

乔书光, 吴胜兴

(河海大学土木工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:针对水利水电工程勘测设计的行业特点, 指出水工 CAD 系统的技术需求和制约水工 CAD 发展的关键技术难点; 在全面分析现代 CAD 技术以及 CAD 集成化、CSCW、构件技术、GIS 和 VR 等相关技术最新研究成果的基础上, 讨论了它们对水工 CAD 研究的支持及其局限性, 并给出了解决方案。

关键词:水工 CAD; 集成化; 协同设计; WFMS; 构件技术

中图分类号: TP391.72; TV222

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2003)03-0036-04

和其它行业相比, 水利水电行业是 CAD 技术研究和应用最不成功的行业之一。迄今为止, 国内外尚没有一个得到公认的水工 CAD 商品化系统, 也没有一家有影响力的专门从事水工 CAD 研究和应用的部门。这和 CAD 技术在机械、电子等行业近年来的迅猛发展形成了鲜明的对比。

我国的水工 CAD 研究始于 20 世纪 80 年代初, 和其它行业同步, 甚至稍早。在“八五”期间, 几个大型设计院曾自主开发了一批 CAD 软件, 其中, 中南水利水电勘测设计研究院开发的拱坝 CAD (Apollo 机) 实现了我国水工 CAD 软件零的突破 (1989 年)^[1]; 天津水利水电勘测设计研究院开发的微机重力坝 CAD 系统 (1994 年) 和厂房 CAD 系统 (1993 年) 开创了我国微机水工 CAD 系统的先河; 还有其它设计院开发的各種水工建筑物 CAD 系统共计 10 多个^[2]。然而由于多种原因, 这些系统均没有实现商品化, 且在随后的近 10 年时间里也没有得到进一步发展。因此, 剖析制约水工 CAD 发展的根本原因并寻求新的突破口, 成为水工 CAD 研究的当务之急。

1 制约水工 CAD 发展的原因剖析

制约水工 CAD 发展的因素可归为非技术因素和技术因素两大类。前者主要由其行业特点决定, 后者包括对技术的高要求、现有技术没有充分利用和当前技术的局限性等方面。二者相互制约, 相互影响, 共同导致了水工 CAD 软件研究和开发的恶性循环。

a. 和其它行业不同, 水利水电行业没有一个生生不息的市场需求环境。一个国家大规模的水利水

电工程建设完成之后, 对水工 CAD 软件的需求就会趋于疲软。因此, 在我国正值水利水电大发展而急需进行水工 CAD 研究之际, 发达国家却没有同步的需求。而发达国家的研究导向也在很大程度上决定了我国的学术界和产业界难以向这一领域倾斜。

b. 和机械、建筑等领域的 CAD 软件相比, 水工 CAD 软件的应用面相对较窄。而和水利水电工程勘测设计的投资、规模和复杂性相对应, 水工 CAD 软件又必将庞大而复杂, 从而使水工 CAD 软件的市场运作比较困难。

c. 水工建筑物设计的不定型性、对环境的强依赖性使传统的适用于对定型产品设计的 CAD 技术难以发挥优势。另一方面, 基于约束的设计、智能 CAD 等现代 CAD 技术尚在发展和完善之中, 目前还没有和水工 CAD 的研究有效地结合。

d. 产品设计过程管理、多专业协同设计、异构系统集成、统一数字化模型研究等技术, 应被视为水工 CAD 研究的必要支撑技术, 而这些技术几乎都是当前 CAD 研究的前沿课题。所以, 从技术角度来看, 水工 CAD 技术长期发展缓慢也是技术不成熟的必然。

e. 当前, 我国的水工 CAD 软件基本上都是由大型设计院的工程技术人员按需开发的。显然, 对于这样的高难度课题, 没有专业研究人员和专业软件开发商的广泛参与是远远不够的, 也使各相关领域大量的研究成果不能及时地应用到水工 CAD 研究当中。

非技术因素的客观存在决定了水工 CAD 研究的进一步发展必须首先从技术上取得突破以适应水利水电勘测设计的行业特点。

2 水工 CAD 软件开发的关键技术

水工 CAD 软件开发主要需要以下几方面颇具行业特色的关键技术,也是其技术难点。

a. 先进的软件工程技术和软件分析方法.水工 CAD 软件一般都比较庞大和复杂,所以开发水工 CAD 软件对软件工程技术和软件分析方法的要求较高。

b. 集成化技术和分布式计算技术.分布性和多专业协同工作是水利水电工程勘测设计的本质特点,水工 CAD 软件也必须具备这些特点.最低限度,单项水工 CAD 软件应具备可集成性,否则是没有生命力的。

c. 软件复用和软件定制技术.水工 CAD 软件开发投资巨大,开发期漫长,必然有一个由点到面、逐步完善的过程.所以,保护已有的投资、充分利用已有的成果以及不同的开发商间成果的相互借用对于加快软件开发进度、降低开发成本和减小投资风险具有非常重要的意义.另一方面,水工 CAD 软件的市场需求具有个性化的特点,所以软件的可定制性对于软件的市场运作也非常关键。

d. 地形、地质数字化技术.水利水电工程设计离不开地形、地质资料,水工建筑物的不定型性也和具体地形、地质条件的多样性、复杂性密切相关.所以水工 CAD 软件必须以地形、地质数字化平台为支撑,二者最好具有统一的数字模型。

e. 人工智能技术.考虑一个较为完善的水工 CAD 解决方案,人工智能技术的应用无处不在,如方案设计中的决策支持、设计流程管理中突发事件引起的流程重组、协同设计成果的会审、基于约束的建模等等,这些问题均是以数字计算为基础的传统的 CAD 技术所难以解决的。

f. 不定型建模技术.参数化建模技术已在其它行业的 CAD 软件中得到了广泛应用,然而它却很难适用于水工建筑物的不定型建模。

需要指出的是,上述技术在其它行业的 CAD 研究中也有不同程度的需求,但一般不具有在水利水电勘测设计行业这样的基础地位。

3 相关技术对水工 CAD 研究的支持和局限性及对策研究

综合考虑现阶段 CAD 技术和其它相关技术的研究和应用现状,其中对水工 CAD 研究具有重要意义的支撑技术主要包括:CAD 集成化、CSCW、构件技术、GIS、VR、特征建模技术和软件代理技术(Software Agent).对最后两种技术本文暂不讨论。

3.1 CAD 集成化

当前的 CAD 集成化系统大体可以分为三种类型:①建立在统一的产品数字化模型和工程数据库基础上的 CAD 集成化系统.这类系统以信息集成为核心,在早期的 CIMS 领域研究较多.②在已有的优秀单项 CAD 软件基础上,通过开发各 CAD 软件间的数据交换接口形成的较为松散的 CAD 集成化系统.这类系统以数据流为纽带,具有过程集成的特点,是当前 CAD 系统集成的主要形式.③在网络环境下,在流程管理软件的控制下,一批 CAD 软件协同工作的松散耦合的 CAD 集成化系统.这类系统的各子系统一般能够独立工作,兼有组织集成的特点,是并行工程(CE)和敏捷制造(AM)研究的主要内容^[3]。

各类 CAD 集成化系统各有优缺点和研究不完善的地方.而对于水工 CAD 集成化系统而言,对这三类系统均有需求,且相互交织在一起,呈网状分布.一项水利水电枢纽工程建设往往涉及几十个专业和大量的 CAD 系统,对设计活动的组织管理和专业间的配合协作占据首要地位,故第三类 CAD 集成化系统是水工 CAD 研究的最终目标.从某一水工建筑物设计的纵向来看,各阶段的 CAD 系统通常需要对同一个数字模型进行各种操作,故第一类 CAD 集成化系统也应该是研究重点;从某一水工建筑物的某一设计阶段的横向来看,各种专业的设计活动交错进行,相互支持又相互制约,但由于专业跨度很大,各专业 CAD 软件所要求的数字模型必然差异很大,所以开发各种数据转换器也是必不可少的,故第二类 CAD 集成化系统也大有用武之地。

因为水利水电行业 CAD 软件基础非常薄弱,所以水工 CAD 必然还要走一条单项 CAD 软件开发、多设计阶段系统集成、多专业松散集成、大范围协同设计的发展道路.需要指出的是,单项 CAD 软件必须站在集成化和网络化的高度开发,否则很可能就走向低水平重复开发的老路.水工 CAD 集成化研究,既有技术起点高的挑战,也有遗产包袱轻的机遇。

3.2 计算机支持的协同工作(CSCW)

CSCW 是近年来学术界研究的热点之一^[4],它有许多研究分枝,其中对水工 CAD 研究最具参考价值的是计算机支持的协同设计(CSCD)和工作流管理系统(WFMS)。

现阶段的 CSCD 研究致力于构建一个共享的协同设计环境,以语音邮件系统、白板系统等工具为支撑,依靠设计参与者的主动参与和群体感知发挥群体优势以获得设计效率的提高.这种协同设计(本文称为主动式协同设计)方式用于水利水电工程设计尚有很大局限性,表现在:①协同管理策略过于粗

糙.②不适用于设计活动的长事务特性.③不适用于水利水电工程设计的大跨度多专业协同工作.④缺乏对设计成果的有效和安全管理.

并行工程中关于产品设计过程管理的研究集中在用 workflow 管理系统(WFMS)来控制设计流程、实现协同设计.这种方式比主动式协同设计有更大的应用范围和更广阔的应用前景.然而 WFMS 以工作流的准确建模和在工作流执行引擎控制下工作流的自动或半自动执行为基础.事实上,设计活动具有固有的反复性、多变性和执行不唯一性,所以很难对设计活动准确建模,设计流程也很难自动执行.和设计活动的特点相适应,无论是设计流程管理系统(DFMS),还是 CAD 系统都应以辅助人充分发挥主观能动性和创造性为主要职责,以人机交互为主要工作模式,而不应过分强调“自动化”.

为此,本文提出一种被动式协同设计方式.被动式协同设计是指设计活动参与者被动地接受全局调度的设计子任务,在传统的单机模式下实施协同设计策略的一种协同设计模式.这种方式 and 大批量生产中流水线作业方式类似,但对流程的控制不是自动的,而是交互式的.被动式协同设计致力于为设计管理人员构造一个能够在网络环境下对所有设计活动和设计资源进行动态监控、灵活调度和决策支持的集成工作环境,为设计人员构造一个和单机工作模式类似的“透明”的协同设计环境(CAD 工作环境).这样,设计管理人员和设计人员的工作有了明确的分工,前者主要负责设计任务的合理规划、子任务调度、资源调度、成果管理等工作,后者主要负责利用预分配的有限资源,在全局目标的约束下,在规定的时间内完成当前设计子任务.被动式协同设计至少在水工 CAD 集成化研究中更具意义和可操作性.

3.3 构件技术

构件技术是当前软件复用技术研究的主流,也是解决水工 CAD 研究中系统目标复杂、开发周期长、软件成本高、用户需求细化等难题的希望所在.构件技术涉及面很广,相关文献也很多,本文仅讨论其中和水工 CAD 研究关系最为密切的两方面内容:基于构件的软件开发(Component Based Development, CBD)和领域构件的开发(Domain Component Development, DCD).

CBD 的实施过程也就是在特定的领域内实施领域工程的过程.领域工程是指为一组相似或相近系统的应用工程建立基本能力和必备基础的过程,包括建立和识别可复用构件的所有活动.领域工程的成果是某一领域软件共有的框架——领域软件构

架,并以此为基础开发、识别和组织可复用构件^[5].从多个角度、沿多条主线将水利水电工程勘测设计划分为多个子领域,分别实施领域工程,实施方案如表 1 所示.

表 1 水利水电工程勘测设计领域工程实施方案

子领域划分依据	目 标	成 果	说 明
按水利枢纽的类别划分	建立一个通用的、不依赖于具体 CAD 系统或其它资源的 DFMS	DFMS 构架、设计流程建模器构架、资源管理器构架、成果管理器构架等	同一类水利枢纽包含的建筑物类型变化不大,设计管理流程有相似之处
按水利枢纽的设计阶段划分	找出不同的水利枢纽的每一设计阶段设计内容、所需软件及遗产系统的相似之处	分析、计算软件构架、遗产系统重组构架或折衷方案等	不同水利枢纽同一设计阶段所需软件在类型、结构和功能上有相似之处
按水工建筑物的类别划分	找出某一水工建筑物各设计阶段对数据结构 and 数字化模型的共同需求	某一水工建筑物的数据结构、工程数据库结构和数据管理构架	同一建筑物各设计阶段,一般仅在数据结构和数据操作上有共同需求
按水工建筑物的设计阶段划分	找出不同的水工建筑物同一设计阶段在建模器、软件需求上的共同需求	水工建筑物建模器构架、功能软件库构架等	和按水利枢纽各设计阶段有交叉和冲突的地方,但侧重点不同
按涉及的专业类别划分	找出某一专业针对水利枢纽或水工建筑物在功能上和 data 要求上的共同之处	各专业 CAD 系统构架、数据转换器构架,针对专业的建筑物局部视图	专业 CAD 软件通常可跨建筑物,跨设计阶段应用
按近期水工 CAD 系统开发目标划分	尽可能开发出可复用构件,又要尽快构造出 CAD 系统	各种领域构件、软件开发过程复用框架	属于自下而上的领域工程,应注意构件的可剪裁性和可修改性

由表 1 可见,从不同的角度划分的子领域之间存在着交叉、重叠的内容,所以还需要在全局最优目标的控制之下综合来自不同视角的软件构架,进行协调和冲突消解,得出比较合理的子领域软件构架.另外,进行全面的领域分析规模庞大、耗时很多,而开发商长期不能开发出能产生效益的成果(实用的 CAD 系统)也是不现实的,所以,界定一个较小的领域边界,先进行局部的领域分析(自下而上)以尽快开发出应用系统也是必需的,但这样又很难保证和自上而下的领域分析不产生冲突,所以构件应具有良好的可剪裁性和可修改性.

现阶段的构件技术尚集中在研究各领域的共性问题,如平台无关性、异构互操作性等,而对一些特殊领域的特殊要求还需研究.在 CAD 领域突出表现在三个方面:高交互性、高数据依赖性和大粒度复

用.高交互性使得一个领域构架很难胶合成一个半成品框架,即多数领域构件只能以散状存在而不能预装配成更大的可复用框架.高数据依赖性表现在构件间交互时数据传递量大,数据类型复杂和构件的运行常依赖于具体的数据库或数据结构两个方面.大粒度复用是指 CAD 领域常常有些构件比较大,构件的运行也必须有大量的人工干涉而不能自动运行.与此对应,本文提出相互配合的三套方案:①DFMS 参与的用指令流代替数据流的构件交互方案.②注册/定位服务器支持的大粒度构件管理和装配方案.③基于数据存取中间件的高数据依赖通用构件开发方案.这部分内容另辟专文介绍.

3.4 GIS 和 VR

GIS 和 VR 是另外两个当前学术界和产业界研究极为活跃的领域.其中 GIS 和 VR 在 Web 平台上相结合而形成的虚拟现实 GIS(VRGIS)很有可能成为解决分布式环境中水工 CAD 系统对地形、地质数字化平台高依赖性问题的希望所在.但现阶段,这些技术在完全支持水利水电工程勘测设计方面还有不小的距离,表现在:①三维 GIS 研究尚不成熟,而水工 CAD 系统需要的是三维地形地质平台和投影、剖切、三维地形地质实体识别等功能;②普遍不支持地质建模,而在水工 CAD 中地质比地形更重要;③考虑时间维的开挖、人工构筑物的动态添加等要求,水工 CAD 甚至需要四维的 GIS 或 VR 系统;④对于水工 CAD 集成化系统而言,GIS 已经不再局限于一个查询系统,而是一个能够实现决策支持、实时漫游、碰撞检查等功能的集成的协同工作空间.

本文提出一种折衷方案:将地形地质建模提升到管理层,集成在一个所有用户共享的虚拟设计中心(Virtual Design Center, VDC)中,用 VRML 实现,并建立虚拟实体到电子文档的超链接,从而使用户对资料的查询更加方便.对于普通用户而言,VDC 是一个基于浏览器的查询系统,其大部分设计工作是

脱离 VDC 而在 CAD 平台上进行的;对于 DFMS 而言,VDC 是它控制的一个子系统.只有通过审查的设计成果(如地基处理、开挖、水工建筑物布局等)才能由 DFMS 授权专门的建模人员将其布局模型添加到 VDC 中,从而保证了 VDC 和设计流程的动态匹配和对 VDC 操作的安全性.另外,VDC 背后有强大的 WWW 技术支持,可以集成任何没有数字化的设计资料、历史资料、所有人的设计成果以及邮件、白板、桌面会议系统等工具,所以,通过 VDC,几乎可以实现主动式协同设计中协同设计环境的所有功能,弥补了被动式协同设计的不足.

4 结 语

水工 CAD 在国内外状况、运作模式、支撑技术、用户需求、用户体制等诸多方面均有鲜明的行业特点,并且这些特点几乎均不利于水工 CAD 的发展.然而,水利水电工程建设在我国国民经济中的重要地位决定了开展水工 CAD 研究的经济价值和社会价值.本文的研究表明,制约水工 CAD 发展的许多问题已经随着技术的进步有了初步的解决方案;而随着水利水电行业市场化的深入推进,水工 CAD 软件必然会有一个广阔的市场环境.

参考文献:

- [1] 许百立.水利水电勘测设计计算机应用的回顾与展望[J].水力发电,1995(2): 4~7.
- [2] 汪树玉,刘国华,陈福林,等.计算机辅助设计[M].北京:中国水利水电出版社,1998.
- [3] 童秉枢.现代 CAD 技术[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [4] 史美林,向勇,杨光信,等.计算机支持的协同工作理论与应用[M].北京:电子工业出版社,2000.
- [5] 姜渊胜.基于构件的分布式防汛信息系统框架研究[D].南京:河海大学,2001.

(收稿日期:2002-05-23 编辑:傅伟群)

·简讯·

日本抽水蓄能电站装机容量居世界之首

日本是一个岛国,其水力资源并不丰富,技术上可供开发的容量约 3 282 万 kW,而经济可供开发的容量则只有 2 514 万 kW.但是截至 2001 年 3 月(日本的 2000 年财政年度),日本的水电总装机容量却达到 4 480 万 kW.其中,属于常规水电开发的只有 2010 万 kW,约占总量的 44.8%,而其余 2470 万 kW 全是抽水蓄能电站的容量,从而成为当今世界上抽水蓄能电站装机容量最多的国家.

日本根据本国国情出发,为了更充分地利用其有限的水力资源,在进行常规水电开发的同时,一直大力开发抽水蓄能电站,迄今已建成抽水蓄能电站 43 座,居世界首位,其中装机在 100 万 kW 以上的大型抽水蓄能电站就有 13 座,也是在世界各国中最多的.日本装机容量最大的是奥多多良木电站,装机 193.2 万 kW,是 1998 年建成的.据英刊《水力发电与大坝建设》报导,日本还计划在 2010 年前再增加抽水蓄能电站装机 640 万 kW,在 2020 年前再增加 740 万 kW,其中还不乏装机在 100 万 kW 以上的大型抽水蓄能电站,目前在建中的神流川电站就是一个,它装机 6 台,共 270 万 kW,预计 2005 年建成,届时将超过我国的广州抽水蓄能电站(装机 8 台共 240 万 kW),成为世界上最大的抽水蓄能电站.

(吴冀高供稿)