基于 IFC 标准的建筑工程 4D 施工管理系统 (4D-GCPSU 2006)

技术白皮书

清华大学土木工程系

2006年11月

1 系统概述

随着计算机技术的飞速发展,实现建筑施工管理的信息化、智能化、可视化已是施工领域中的一个研究热点。清华大学土木工程系开发的基于 IFC 标准的建筑工程 4D 施工管理系统(简称 4D-GCPSU 2006)是国家"十五"重点科技攻关计划 "建筑业信息化关键技术研究与示范"之专题 "基于 IFC 标准的 4D 施工管理原型系统研究与示范应用"的研究成果。本专题研究圆满完成了任务书规定的研究内容,达到了预期的目标及考核指标,于 2006 年 1 月通过了建设部组织的专家验收。2006 年 11 月 4D-GCPSU 2006 通过教育部组织的专家鉴定,评价为该系统的研制成功和实际应用属国内首创,填补了国内空白,达到了国际先进水平。

4D-GCPSU 2006 综合应用 4D-CAD、工程数据库、人工智能、虚拟现实、网络通讯以 及计算机软件集成技术,引入建筑业国际标准 IFC (Industry Foundation Classes),通过建立 基于 IFC 的 4D 施工管理扩展模型 4DSMM++ (4D Site Management Model++),将建筑物及 其施工现场 3D 模型与施工进度计划相链接,并与施工资源和场地布置信息集成一体,实现 了施工进度、人力、材料、设备、成本和场地布置的 4D 动态集成管理以及整个施工过程的 4D 可视化模拟。遵循 IFC 标准,系统实现了建筑设计与施工管理的数据交换和共享,可以 直接导入设计阶段定义的建筑物三维模型,并用于 4D 施工管理,在很大程度上减少了数据 的重复输入,提高了数据的利用效率,减少了人为产生的信息歧义和错误。为提高施工水平、 确保工程质量,提供了科学、有效的管理手段。图1 描述了 4D 模型的概念。



4D-GCPSU 2006 的研究发展了 4D 理论,不仅覆盖了国外同类系统的主要功能,而且扩展了管理功能和应用范围。在 2006 年 11 月通过的教育部组织的专家鉴定上,专家认为:与

国外同类系统相比,该系统在支持基于 IFC 标准的数据集成与交换、建立 4D++扩展模型及 其信息集成机制、实现以 WBS 为核心的 4D 集成化施工管理和建立基于网络的 4D 可视化 平台等方面具有创新性。

4D-GCPSU 2006 应用于北京奥运会国家体育场等多个实际工程,对于提高施工效率和 信息化管理水平,取得了显著的成效。本系统适应我国建筑施工管理的实际需要,可用于各 种建筑工程的施工项目管理,尤其适用于大型、复杂工程,还可推广到道路、桥梁、水利以 及设备安装等其他工程管理,具有广阔的应用前景,可产生较大的社会、经济效益。

2 技术特点

- (1) 提供了 IFC 文件解析器和 IFC 标准数据接口引擎,可支持设计和施工阶段以及与其他应用系统之间的信息交换和共享,为解决当前建筑工程生命周期不同阶段和应用系统之间的信息断层做了新的探索。
- (2) 提供了基于网络环境的 4D 可视化工作平台,可支持工程项目的各管理部门和多参与 方的信息交换,实现了 4D 施工管理的网络化。
- (3) 可读取其他 CAD 系统输出的 IFC 文件或直接导入其生成的 3D 模型,还可利用系统的 建模工具在 AutoCAD 中建模,为 3D 建模提供了多种有效方法。
- (4) 具有施工段划分、WBS 创建功能,实现了WBS 与 Project 的相互链接。通过系统的 WBS 编辑器和工序模板,可快捷完成WBS 和进度计划的创建,大大提高了工作效率。
- (5) 将 WBS 节点及其进度信息与相应 3D 构件实体相链接,自动生成工程的 4D 模型,并 与人力、材料、设备、成本、场地等资源信息相集成,还可扩展工程属性,实现了多 维信息管理。
- (6) 可通过 Project 或 4D 图形界面,对施工进度进行调整和控制,使计划进度和实际进度 既可以用甘特图或网络图表示,还可以动态的 3D 图形展现出来,实现了施工进度的 4D 动态管理以及整个施工过程的 4D 可视化动态模拟。系统还提供了任意 WBS 节点 或 3D 施工段及构件工程信息的实时查询、多套施工方案的对比和分析、计划与实际 进度的追踪和分析等功能。
- (7) 通过可设置多套定额的资源模板,自动计算任意 WBS 节点或 3D 施工段及构件的工程量以及相对施工进度的人力、材料、机械消耗量和预算成本,进行工程量完成情况、资源计划和实际消耗等多方面的统计分析,实现了施工资源的 4D 动态管理。
- (8) 可进行 3D 施工场地布置,自动定义施工设施的 4D 属性。点取任意设施实体,可查询 其名称、类型、型号以及计划设置时间等施工属性,并可进行冲突检查、场地布置知 识库及知识检索、场地设施的信息统计等,将场地布置与施工进度相对应,形成 4D 动态的现场管理。

- (9) 自主开发的 OpenGL 图形平台,提供了视图变换、图形控制以及 4D 图形管理等功能, 增强了 4D 动态模拟效果,较好解决了大型、复杂工程 3D 模型显示效果和运行速度的 瓶颈问题。
- (10)系统为基于组件的开放体系结构,具有很好的复用性和可维护性。通过引擎接口可与 不同的计划管理软件相连接,以适应不同的应用要求。并提供了较强的个性化服务, 使系统易学易用。

3 系统介绍

3.1 运行环境

(1) 系统运行的硬件环境

服务器: Intel Pentium 4 CPU 2.5G; 512M 内存; 120G 硬盘。

客户端: Intel Pentium 4 CPU 1.7G; 1G 内存; 60G 硬盘; 64MB 显卡; 1024×768 以上 分辨率。

(2) 系统运行的软件环境

服务器: Windows 2000 Server 或 Windows 2003 Server; Microsoft SQL Server 2000。 客户端: Windows XP Professional; AutoCAD2004 或以上; Microsoft Project 2003。

3.3 主要功能

根据系统的功能组成,4D-GCPSU 2006 系统可以分为用户管理、工程管理、数据修改 控制、创建 3D 模型、创建 WBS 和进度计划、3D 工程构件的创建及管理、创建 4D 模型、 4D 进度管理、4D 资源管理、4D 场地布置、OpenGL 图形平台、系统工具等 12 个功能子模 块。各功能子模块的具体功能如下。

3.3.1 用户管理

4D-GCPSU 2006 系统为工程项目用户的不同管理部门和参与方提供了不同的用户权限,系统管理员可以通过对登陆账号的管理,完成新建工程、用户管理及用户权限的配置等功能。

(1) 连接远程服务器

用户通过用户管理工具输入远程数据库的用户名和密码,就可以连接到远程数据库的系统数据库,对用户、工程、权限等信息进行配置和管理。

(2) 用户管理

系统管理员通过用户管理工具,可以添加用户、修改用户信息、删除用户、修改密码等, 所有用户信息都会显示在用户列表中(如图2所示)。

¥	用户管理	工具				
	登陆配置	工程管理 用。	户管理 用户	角色配置	用户权限管理	
	登陆ID:	1j1]		
	密码:	***		确认密码	: ***	
	单位:	北京城建集团	有限公司	部门:	总工	
	增加月	户				
	用户列表	:				
	登陆ID	用户姓名	单位		部门	描述
	gj lw	郭杰 卢伟	北京城建集	团有限公司 团有限公司	软件维护 工程部	项目开发人员 城建员工
	user	一般使用者	北京城建集	团有限公司	×	城建任意员工
	1j1	李久林	北京城建集	团有限公司	息工	城建总工程师
	gsd	局	北京城建集	团有限公司	17131111111111111111111111111111111111	北京城建贝上
	wdy	王大勇	北京城建集	团有限公司	质量部	北京城建员工
	<					>
	更改用戶	「信息」(冊照	除用户			
:	状态: 就绪。 保存设置 关闭					

图 2 用户管理界面

(3) 用户角色配置

系统预设了多种用户角色,包括系统管理员,项目经理,施工进度管理、材料管理、设 备管理、质量安全管理、现场管理以及一般用户等,还可以根据需要添加用户角色。每个用 户角色可以赋予不同的操作权限,这些权限包括系统全局或部分的浏览、操作和修改等操作。

(4) 用户权限管理

系统管理员为用户建立账号,并指定用户角色以及对应工程项目。用户持用户名及密码 登陆,系统才能赋予相应的操作权限。

3.3.2 工程管理

用户登陆后,系统会根据用户的权限自动寻找用户所管理的工程信息并弹出工程信息列 表对话框(如图 3 所示)。用户选择一个工程后,便可载入该工程的项目信息并进行 4D 管理。

	项目名称:	国家体育场工程(整体)		
1 国家体育场工程(混凝土) 4 国家体育场工程(整体)	DWG文件:	国家体育场工程.dwg		
	MSP文件:	国家体育场工程.mpd		
	创建日期:	2005-12-15 14:13:49		
	创建人:	Li		
	描述:	奥运场馆		
		×		

图 3 工程列表对话框

用户可以通过保存工程功能对修改后的工程进行保存。没有被保存的修改数据,将不被 提交到远程数据库,所做的修改也将被忽略。关闭工程和退出系统功能都会提示是否用户保 存已经修改的数据。

3.3.3 数据修改控制机制

4D-GCPSU 2006 系统是基于网络的多用户系统,不同的用户可能对某些功能具有相同操作权限,为了避免多用户对数据修改的冲突,系统采用了版本控制的机制。

(1) 用户权限判断

当用户试图进行某个修改工程数据的操作时,系统首先会自动判断该用户是否具备此操 作的权限。只有当用户具备此项操作的权限,系统才会允许用户进行操作。

(2) 签出数据

当用户尝试修改数据,系统会自动判断用户是否具有修改该数据的权限。如果具备此权限,则会弹出签出编辑对话框,提示用户需要签出数据,以确保项目各分项数据不会被多人同时修改,同时提示用户最近一次修改的记录信息(如图4所示)。

WBS	称 是百饭登 False	出 最近一次使用 1j1	1者	新町回 23:14:14
₽:				
居未被签出	日,您可以签出数据,	对其进行更新!		

图 4 数据签出对话框

(3) 签出数据保护

从当前用户签出数据,到当前用户保存修改数据(签入数据),此期间其它用户是不能 对此类型数据进行修改的。如果有用户试图进行修改,系统会提醒用户数据已经被签出,不 能进行修改。

(4) 签入数据

当用户完成对数据的修改操作,需要把修改结果保存至数据库时,系统将弹出签入对话 框,列出当前用户涉及修改过的所有类型数据。用户根据需要可以勾选需要保存的数据,就 可以将数据保存到数据库,同时数据也被系统签入,其它用户也就可以对数据进行修改了。

(5) 多用户操作

当用户尝试修改工程项目数据时,系统在判断用户权限后,再判断该数据是否已被签出。如果已有其他用户签出数据,系统将禁止用户对此数据进行修改,从而保证数据的唯一性和

完整性。

(6) 版本对比及更新

用户每次打开工程时,系统将自动获取本地数据及远程数据的版本号。如果本地数据版 本低于远程数据库数据版本,系统将自动从远程数据库下载并更新本地数据,从而保证数据 的及时性。

3.3.4 创建 3D 模型

(1) 基本 3D 建模

在 AutoCAD 平台上开发了一套参数化的建筑构件 3D 建模系统。利用系统提供了梁、 板、柱、墙等常用建筑构件的参数化建模工具,用户只需输入少量的参数就可以快捷创建构 件的 3D 模型。为了充分利用己有的建模成果,系统也可以读取己有的 AutoCAD 三维实体 模型。三维建模用户界面如图 5 所示。



图 5 三维建模界面

(2) 外部模型数据导入

系统提供了 IFC 模型数据导入功能,可以直接利用其他支持 IFC 标准的建筑设计软件 输出的结果,导入由这些系统生成的 IFC 中性文件,并通过 IFC 解析器读取其中的建筑构 件信息,重新建立建筑物的 3D 模型。从而简化 3D 模型的建模工作。

(3) 导入其他系统生成的 3D 模型

用户可以在其他 CAD 或图形系统中建立 3D 模型,例如 MicroStation、3DS MAX、CATIA 等,利用系统的数据接口可将模型直接导入到 4D-GCPSU 2006 中。图 6 表示了用 CATIA 创 建的国家体育场钢结构 3D 模型



图 6 用 CATIA 创建的国家体育场钢结构 3D 模型

3.3.5 创建 WBS 和进度计划

WBS 是 4D-GCPSU 2006 的核心。系统提供了工程 WBS 创建功能和 Microsoft Project 引擎接口,实现了系统中 WBS 节点与 Microsoft Project 任务节点相链接。基于系统自动生成的 WBS 树状结构,用户可以自定义 WBS 节点类型,将 WBS 结构分为整体工程、单项工程、分部工程、分层工程、分段工程等多层节点。用户可用两种方法创建 WBS 和进度计划。

(1) 导入 WBS 和进度信息

在 Microsoft Project 中建立 WBS,编制进度计划,通过系统的进度同步功能,自动将进度信息导入到 4D-GCPSU 2005 系统中,生成形成 WBS。

(2) 创建 WBS 和进度计划

利用 4D-GCPSU 2006 系统的 WBS 编辑器和预先定义的标准施工工序模板,并设定各个 WBS 节点的工期以及任务的依存关系,系统的进度同步功能可将 WBS 信息导入到 Microsoft Project 中,自动生成进度计划。

(3) WBS 编辑器

4D-GCPSU 2006 提供了方便快捷的 WBS 编辑功能,允许用户增加、修改、删除 WBS 节点。用户不仅可以常规的依次添加 WBS 节点,还可以将同层次的节点一次批量添加,同时还可以对多个节点的相同属性进行批量修改,大大提高了 WBS 信息输入的效率。

用户可以设置、查询 WBS 节点的扩展信息,扩展信息主要包括施工单位、节点类型、 计划开始及/结束日期、实际开始/结束日期等。用户也可以通过 WBS 属性对话框对其扩展 信息进行修改。

(4) 工序模板

通过标准施工工序模板,用户可以直接或只做少量修改就可以为 WBS 节点添加施工工 序节点,大大提高了工作效率。工序模板界面如图 7 所示。

在 4D 模拟显示中,不同的施工工序以不同的颜色来表示,系统提供了 WBS 工序节点

颜色指定的功能,可以为不同的工序节点设定相应的表示颜色,在施工模拟中代表不同的施工工序。工序颜色设定的界面如图8所示。

☜ 工序模板			
WBS名称	<: 吉构/Ⅰ-1段/	/柱子及竖向结构施]	<u>ľ (1-1-1-</u> S)/
首工序开始时间	: 2005年 8月1	6日 🔽	
模板名称	: 钢筋混凝土	「「序模板(默认)	~
工序 :			
<u></u>	持续时间	师应	
る称	持续时间	顺序	
(第1) 第1) 第1) 第1) 第1) 第1)	2	1	
「施艇工が近」」 遠洋温凝土	1	4	
支模板	2	2	
JORN	-	-	
添加	修改 删	除	
			Tin Sale
		開定	取得
	图7 工序	模板对话框	

%	设置工序颜色			
ä	/BS路径: /国家体育场工程/			
I	序列表:			
	名称	类型	颜色	关键字
	搭架子	混凝土工程		架子
	- 绑钢筋	混凝土工程		绑
	支模板	混凝土工程		模板
	- 浇筑混凝土	混凝土工程		浇筑
	养护	混凝土工程		养护
	预埋	混凝土工程		预埋
	安装	钢结构工程		安装
	合拢	钢结构工程		合拢
			确定	取消

图 8 工序颜色设定

3.3.6 3D 工程构件的创建及管理

(1) 3D 施工段的创建

系统提供了 3D 工程构件管理功能,用户可以根据 WBS,对 3D 几何模型进行施工层、 施工段或施工单元划分,简称"施工段",创建后的施工段以树状列表展示。

(2) 施工段属性设置与编辑

系统可为施工段自动添加相应的工程属性信息,如构件类型、材料、体积等。也允许用 户任意添加扩展信息,如施工单位、质量要求等。这种附加了工程信息的施工段或构件称之 为 3D 工程构件。图 9 所示为施工段工程属性界面 工程属性可以是简单的数字或文本,也可以是复杂的复合数据。这些属性值保存在工程数据库中。用户通过 WBS 或在图形屏幕上点取任意施工段,可查询或修改构件的属性数据,实现对工程构件的管理。

000 APA				8型属性				
名称:	C1桁架柱下柱			属性项	属性描述	类型	属性值	
类型:	主结构柱 🗸	编辑类型属性		• □ 机械		立木信自	900吋吊车	
体积:	0			□ 材料		2.418/25	00048104	
重量:	351	μţ		构件材料		文本信息	Q345	
连接								
所属施工段:	P1-D							
WBS:	C1/C13桁架柱下柱安装	裝 (P1-D/P13-D)						_
资源:	钢柱	~	4	广展属性				
1 (可	/ Lender of			属性项	属性描述	类型	属性值	
2013						ala da bita da	A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	
边界端点 (最	小值): 0.00, 15520	0.30, -3250.00		加上里拉		又不信息	沪宁钢机	
边界端点(最	大值): 5840.56,16	5135.30, 28549.94		安装里位		文本信息	上海宝冶	
				日期信息				
並不		-		进场日期		日期信息	2005-10-13	
透明度:	1			研装焊接	日期	日期信息	2005-10-14	
默认颜色:				研装验收	日期	日期信息	2005-10-25	
				吊装日期		日期信息	2005-10-26	
状态				安装焊接	日期	日期信息	2005-10-30	_
	□ 冻结			添加属	性集 编辑	属性集	删除属性集	Į
是否冻结:							-	_

图 9 施工段工程属性设置与编辑

3.3.7 创建 4D 模型

将具有工程属性的 3D 工程构件与相应的 WBS 节点相关联,完成 4D 模型的创建。由于 WBS 节点已与 Project 任务链接,则实现了 3D 模型与进度计划的链接以及与工程信息的集成。

有两种方法可快速建立 4D 关联:用户通过系统提供向导和工具进行手动关联,只需简单的拖动构件组到相应的 WBS 节点,即可完成链接操作,系统自动生成工程项目的 4D 模型。通过自动关联方式,用户可在关联规则设置中选择关联规则,在自动关联浏览中选中需要关联的施工段名,系统可以根据用户输入的关联规则为施工段和 WBS 节点自动建立链接关系,从而简化了用户的操作。

系统还可自动统计 4D 模型的相关状态,包括:施工段数量、施工单元数量、被冻结的施工单元数量、WBS 节点数量、工序节点数量、分段节点数量、已完成的节点数量以及未连接 WBS 节点的施工单元数量。

3.3.8 4D 施工进度管理

完成 4D 施工模型的创建以后,就可以对施工项目进行日常的 4D 动态管理和可视化模拟。系统通过自主开发的进度管理引擎连接和定义的一组标准的调用接口,提供对进度数据的访问。遵循该接口的定义,系统建立了与 Microsoft Project 连接,实现了 4D 系统与 Microsoft

Project 的数据同步交换。其主要管理功能如下:

(1) 实施方案比选

根据实际工程管理的需求,系统允许用户输入多套施工进度方案,提供不同方案之间快 速切换,供用户对方案进行选择,进行方案的对比和分析。图 10 所示为进度方案管理界面。

20	施工进度方案管	理番			
5	方案选择				
	方案列表:				
	方案名称	当前方案	主方案	描述	MSP文件名称
	主选项	~		主选项	国家体育场整体
	▶ 二 第二方案			第二方案	国家体育场2.mpd
	TE DE LE				
	设宜万当前万莱	设宜万土力弹	£		
- Å	泰加方案				
	名称:				
	描述:				
	MSP文件:				创建
	删除方案				
	── 删除₩BS				
	□ 删除施工单	元			删除
					关闭

图 10 进度方案管理界面

(2) 施工进度的 4D 显示

计划进度和实际进度可在 Project 中用甘特图表示,也可在 4D 系统中以动态的 3D 图形 展现,如图 11 所示。通过三维模型上的不同颜色,代表施工进行过程中的不同施工工序和 状态,同时已完成的构件以事先指定的 WBS 颜色显示。

(3) 施工进度控制

系统允许用户通过 Microsoft Project 进度计划管理界面,对进度进行调整和控制,当 Microsoft Project 中的进度计划被修改,图形界面中的 4D 施工模型也随之改变。系统也允许 用户在图形界面中,进行对施工进度进行动态管理与调整,修改施工对象的进度时间和当前 施工状态,系统会自动更新进度数据库,调整 MS-Project 进度计划,同时刷新 4D 显示图像。 图 12 展示了对 WBS 节点的开工时间进行调整。



图 11 施工进度的 4D 显示



图 12 调整进度计划

(4) 实际进度追踪

系统通过编辑进度计划,可以方便、快捷地记录施工的实际进度,并提供了实际进度的 追踪查询、4D 模拟等功能。系统还提供了按指定日期,对 WBS 节点或施工段进行进度计 划执行情况的跟踪功能,将实际进度与计划进度进行对比分析,如图 13 所示。

🦣 进度分析						
时间区间						
开始: 20	04年10月 6日	~	完成: 2	006年10月31日	3	
计划执行情况:						
名称		开始	完成	实际开始	实际完成	
C1/C13桁架柱下 C2/C14桁架柱下 C1/C13桁架柱上 C2/C14桁架柱上 C2/C14桁架柱 C23/C11桁架柱 C23/C11桁架柱 C23/C11桁架柱 C2/C14-C1/C13-	柱安装 (P1-D 柱安装 (P2-D 柱安装 (P1-U 柱安装 (P2-V 下柱安装 (P24 下柱安装 (P24 下柱安装 (P24 C24/C12柱间	2005-10-28 2005-11-23 2005-11-30 2005-12-06 2005-12-11 2005-12-16 2005-12-16 2005-12-16	2008-06-12 2006-06-12 2006-06-12 2006-06-12 2006-06-12 2006-06-12 2006-06-12 2006-06-12	2005-10-29 2005-11-23 2005-12-01 2005-12-07 2005-12-13 2005-12-19 2005-12-26 2005-12-19	2008-06-12 2006-06-12 2006-06-12 2006-06-12 2006-06-12 2006-06-12 2006-06-12 2006-06-12	
执行情况						
开始			完成			
提前开始:	48		提前完成:	0		
正常开始:	1		正常完成:	115]
推迟开始:	71		推迟完成:	5		
	按开始统计	前开始 时开始 迟开始		按完成统	计	
					i¥	Ð

图 13 实际施工进度对比分析

(5) 指定当前工作 WBS

由于系统中 WBS 节点都是与相应的 3D 工程构件相关联,用户只需将某 WBS 节点指定 为当前工作 WBS,可以针对某个 WBS 节点和相应的施工段进行 4D 管理,此时,只有与该 WBS 节点相关的施工段模型才能进行 4D 显示、查询和管理等相关操作。此功能有助于对 各分包工程的管理。

3.3.9 施工信息查询与管理

(1) 施工对象选取和查看

系统可以在 3D 整体模型中选取任意施工段、施工单元或构件,放大显示在视图中,并可进行多视角的三维浏览。这对于复杂钢结构构件的现场吊装十分有用,如图 14 展示了国家体育场钢结构吊装单元的查看。



图 14 国家体育场钢结构吊装单元的查看

(2) 多条件施工段查询

通过设置属性、运算符和条件值等查询条件,系统可以将满足查询条件的施工段或工程 构件在整体 3D 模型中以高亮方式显示。其中查询条件包括整个工程和指定 WBS 节点两个 选项,确定了查询的范围。选择不同的查询条件,其属性列表会显示不同的属性条件,属性 值有文本、日期、数字、颜色四种类型。选择某一属性值和相应的运算符便可进行本次查询。 多条件施工段查询可以方便用户查询不同分包商、某一工期内或某一道工序的当前施工段, 有助于对施工进度和状况的宏观了解和分析,多条件查询对话框如图 15 所示。

● 多条件查询	
应用于:	指定WBS
WBS名称:	I 区看台砼结构(中信国华公司)
条件:	WBS
属性:	名称颜色
	7746 完成 实际开始 实际完成
运算符:	小于
值:	2005年 8月25日 👽
应用方式	Loss de la la constante de la c
⊙ 选中相应图	形
	1 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 1

图 15 多条件查询对话框

(3) 施工状态查询

指定任意施工日期或时间段,可实时查看任意施工对象的当前施工进度,施工对象可以 是整个工程、任意 WBS 节点、在图形屏幕上选取的任意施工段或构件。三维模型上的不同 的颜色代表不同工序,已完成的构件以白色显示。

(4) 施工信息查询

指定任意 WBS 节点,或在图形屏幕上选取任意施工段或构件,可实时查询施工对象的 详细工程信息,包括当前施工时间、结构类型、施工工序、施工单位、计划完成的起止时间 以及工程量等。图 16 为施工段属性查询对话框。

(5) 冻结/解冻 3D 工程构件

为了方便信息查询,用户可以对 3D 模型中的施工段或施工单元进行冻结/解冻处理。冻结后的施工段或施工单元将被临时隐藏,不显示在 3D 模型中。



图 16 施工段属性查询对话框

3.3.10 4D 施工过程可视化模拟

4D-GCPSU 2006 系统中,通过将建筑物以及施工场地的 3D 模型与施工进度计划相链接,以及与人力、材料、设备、成本、场地需求等相关资源的信息集成,可以确立施工进度计划中各工序及时间与 3D 施工对象之间、与各种资源需求之间的诸多复杂关系,并且以三维图像的形式形象地展示出来,实现整个施工过程的可视化模拟。

(1) 设置施工模拟参数

系统通过各种施工模拟参数的设置来控制模拟方式,这些参数包括:1)指定模拟日期; 2)模拟时间间隔:可以为天、周、月,同时可以设定每周或每月的固定模拟日(如周一、 每月第一天等);3)模拟状态:是按计划进度模拟,还是按实际进度模拟;4)模拟速度: 自动模拟时,可设置模拟显示速度为正常、慢速或快速。5)模拟方式:按照时间的正序模 拟,或按照时间的逆序模拟。4D模拟工具栏如图17所示。

🧯 🔟 2006-9-23 🛛 🔽 间隔 1 天+ 正常+ 计划+ 🔟 🔲 🥥 💭 🗸

图 17 4D 模拟工具栏

(2) 4D 施工过程模拟

系统可按照设置的模拟参数,对根据整个工程或选定 WBS 节点的施工进度,进行施工 过程模拟。若选择自动模拟,则自动进行 4D 施工过程模拟的连续显示,形象反映工程的施 工计划和实际进度。图 18 显示了国家体育场工程的 4D 施工过程模拟。



图 18 4D 施工过程模拟

(3) 当前施工状态信息显示

在 4D 施工工程模拟过程中,系统在图形区的左下方,以饼图形式同步显示当前的工程 量完成情况。在图形区的正下方,以列表方式同步显示当前施工状态的详细信息,包括施工 段的名称、工序及颜色、计划开工和完成时间、实际开工和完成时间、施工单位以及工程量 和资源等详细信息,如图 19 所示。



图 19 4D 施工模拟与施工状态信息列表

3.3.11 4D 动态资源管理

系统将 3D 模型与施工进度、资源需求以及场地信息有机地集成一体,通过可设置多套 定额的资源模板,相对施工计划进度和实际进度,自动计算整个工程、任意 WBS 节点、3D 施工段或构件的工程量以及相应的人力、材料、机械消耗量和预算成本,进行工程量完成情 况、资源计划和实际消耗等多方面的统计分析。

当 4D 模型或计划信息发生了变化,系统将自动地进行劳动力、材料、机械等施工资源 的重新计算,资源需求始终对应于施工进度计划,并在时间上协调一致,实现了基于进度计 划的动态资源管理。

(1) 资源模版设定与管理

系统提供了一个资源模板,可设立多套预算定额,用户根据需要可以建立国家和地方预 算定额,也可以定制自己的资源条目,形成企业定额,同时每套定额都可对应一套实际消耗 量。系统当前建立了北京市建设工程预算定额的有关条目。资源模板设定界面如图 20 所示。

黄保侯家以上						
添加定额 添加目录 删除 展开 折叠	添加资源模	板 删除资源模板				
- 北京市建设工程预算定额	编号	名称	项目类型	单价	单位	
阿特利特安装工程 全属物件制作安装	11-1	钢柱		5256.41	无	
□ 现场搅拌混凝土工程	▶ 11-2	钢梁		5616.07	无	
 □ 現浇混凝土构件 4 拘ੱ助 其它项目 						
	资源详情					
构筑物	标准定额	💙 🗄 添加资源 删除/	人力 删除材料 删除;	机械		
日本に切日	人工编码	人工名称	单价	数量	总价	
楼梯	▶ 82006	综合工日				
□ 垫层、基础	82013	其它人工费	1.00	37.	85 37.85	
— 毛石混凝土 企业定额	材料编码	材料名称 类	型单价	数量	总价	~
	▶ 38015	钢梁	5386.00	1.0	0 5386.00	
	9290	电焊条	4.90	1.5	1 7.40	
	9174	垫铁	1.90	0.5	6 1.06	~
	机械编码	机械名称	单价	数量	总价	
	▶ 84016	机械费	1.00	40.	01 40.01	
			22.22.22.20	200 <u>00</u> 00		

图 20 资源模板设定界面

(2) 工程量查询与统计分析

系统可以相对施工计划进度和实际进度,自动计算整个工程、任意 WBS 节点、3D 施 工段或构件的工程量,并以统计图和统计列表的形式进行工程量完成情况的统计和分析。统 计包括单位时间工程量和指定时间段内的累计工程量,时间单位可以设置为天、周或月,如 图 21 所示



图 21 工程量查询与统计分析

(3) 资源用量查询与统计分析

通过资源模板,系统可相对施工计划进度和实际进度,自动计算整个工程、任意 WBS

节点、3D 施工段或构件在指定时间段内的人力、材料、机械的计划用量和实际消耗量,计 算统计结果以统计报表形式提供查询,并以柱状图形式提供资源计划和实际消耗等多方面的 统计分析,包括相对计划进度的定额用量和消耗用量,相对实际进度的定额用量和消耗用量。

资源用量查询分析过程中,人力、材料和机械用量的查询和分析都在一个对话框中进行, 用户只需在点选相应的选项,统计报表和柱状图的统计对象也随之变化。统计包括单位时间 资源用量和指定时间段内的累计工程量,时间单位可以设置为天、周或月,如图 22 所示。

(4) 工程成本查询与统计分析

通过资源模板,系统可相对施工计划进度和实际进度,自动计算整个工程、任意 WBS 节点、3D 施工段或构件在指定时间段内的工程成本,其中包括相应的人力成本、材料成本、 机械成本以及总成本。计算统计结果以统计报表形式提供查询,并以统计图形式分别提供了 计划成本和实际成本等多方面的统计分析,包括相对计划进度的人力、材料、机械以及总的 定额成本和实际成本,相对实际进度的人力、材料、机械以及总的定额成本和实际成本。

同样,人力、材料、机械成本和总成本的查询和分析都在一个对话框中进行,用户只需 在点选相应的选项,其统计对象随之变化。统计包括单位时间成本用量和指定时间段内的累 计量,时间单位可以设置为天、周或月,如图 23 所示。



图 22 资源用量查询与统计分析



图 23 工程成本查询与统计分析

3.3.12 4D 施工场地管理

(1) 3D 场地设施布置

4D 施工管理另一个重要功能是进行施工场地布置。利用系统提供的一系列工具可进行 各施工阶段的场地布置,包括施工红线、围墙、道路、现有建筑物和临时房屋、材料堆放、 加工场地、施工设备等场地设施。针对每种场地设施,可以划分在所在的图层并选择其显示 颜色。如图 24 所示为塔吊布置对话框。所建立的 3D 施工现场设备和设施模型,通过与施 工进度相链接,形成 4D 场地布置模型,使场地布置与施工进度相对应,形成 4D 动态的现 场管理。



图 24 塔吊布置对话框

(2) 场地设施的显示控制

用户可以通过菜单方便地控制场地设施的显示与关闭以及显示的颜色。

(3) 设置场地施工阶段

用户可以为场地设施设置不同的施工阶段,设置后场地设施可按不同的施工阶段进行 4D显示和管理。图 25 为国家体育场混凝土看台施工阶段和钢结构施工阶段的场地布置。



图 25 国家体育场工程施工场地布置

(4) 场地设施的信息查询与统计

施工过程中,点取任意设施实体,可查询其名称、标高、类型、型号以及计划设置时间 等施工属性,图 26 展示了塔吊的信息查询。系统还可进行场地设施的数据统计,如图 27 所示。



图 26 塔吊的信息查询

分类查询场地实体	属性							
告择查询的实体类 最优加率		自立运输机	M					
BI±2070	adar bara ta ara	our bu that column						
ନୟର ଅନ୍ତ	olernere to gro olernere	with the second management	- 46 MP		任本			
-040 000mt民港県	一天加	- 天空	20.00	(51740.00.170	12/10		2005.11.1	2006.1.25
800岐履帯吊	展帯吊	W50型	45.00	(-55513.0016.	0.00	0.00	2005-11-1	2006-1-25
800時履帯吊	履带吊	W50型	-90.00	(56278.0016	0.00	0.00	2006-2-1	2006-1-25
150吨履带吊	履带吊	W50型	135.00	(149548.00.86	0.00	0.00	2006-2-1	2006-4-27
150吨履带吊	履带吊	W50型	135.00	(-66175.00.17	0.00	0.00	2006-2-1	2006-4-27
800吨履带吊	展帯吊	W50型	165.00	(144090.007	0.00	0.00	2006-2-17	2006-4-26
800吨履带吊	履带吊	W50型	215.00	(-159320.00,-2	0.00	0.00	2006-4-28	2006-6-2
800吨履带吊	履带吊	W50型	70.00	(-131205.00,-9	0.00	0.00	2006-4-28	2006-6-2
800吨履带吊	履带吊	W50型	90.00	(-110684.00,-1	0.00	0.00	2006-4-28	2006-6-2
800吨履带吊	履带吊	W50型	130.00	(-51407.00,-17	0.00	0.00	2006-4-28	2006-6-2
70M半径塔吊	塔吊	通用组装塔吊	0.00	(-116781.00,1	0.00	90000.00	2004-12-1	2005-10-27
70M半径塔吊	塔吊	通用組装塔吊	55.00	(35736.00,208	0.00	90000.00	2004-12-1	2005-10-27
70M半径塔吊	塔吊	通用組装塔吊	30.00	(160021.00,11	0.00	90000.00	2004-12-1	2005-10-27
70M半经煤品	体品	通田射進体品	00.00	(176097.00 -6	0.00	00000.00	2004-12-1	2005-10-27

图 27 场地设施数据统计

(5) 场地布置知识库及知识检索

系统为场地布置提供了知识库以及知识检索功能。知识库存储了场地布置需要遵循的相关规则和参考性建议。需要时用户可以通过知识检索对话框,按照知识主体进行查询,如图 28 所示。

经验知识检索对话框	
	经验如识检索条件 如识主题 ● 现场出入口 ● 施工阶段 ● 所有阶段 ● 场地类型 ● 所有现场 ● 查询 场地管理经验知识 共找到(条记录。 下面是第1条记录。 场内道路、停车场:应与场外道路相通。 上一条 下一条 週出

图 28 知识检索对话框

(6) 场地设施冲突检测及分析

在场地设施布置的过程中,若出现不符设计规则,引起设施间的冲突情况,系统可自动 检测,并分析冲突原因,提示用户相应的解决方案。当冲突的原因多于一条时系统会逐条给 出冲突的原因以供用户查询,如图 29 所示。

突				
实体类型	塔吊	实体属性	中心	
冲突的实体类型	塔吊	实体属性	中心	
相互关系	相隔距离	逻辑关系	大于	
数值	15000 nm	×		The second secon
布置规则	塔吊之间尽量保证15ml	以上间距		
差解冲方案		上一系	& 下一条	
解决方案	更改塔吊的布置位置点			
参考坐标点	X184088.	¥- 24655.22	Z- 0.00	

图 29 施工设施布置冲突分析

3.3.14 3D 模型显示和浏览

自主开发的 OpenGL 图形平台,提供了 3D 模型的显示和浏览功能,可以不同的视角来 观察和浏览三维模型。该子系统实现了以下几项功能:

(1) 基本视图变换

系统提供了视图缩放功能,可以进行放大、缩小、窗口缩放、查看全图或三维动态浏览 的操作,能方便用户观察模型的整体和细部结构。

(2) 标准视图查看

标准视图查看功能使得用户可以通过简单地点击工具栏按钮,很方便地在不同的观察视 角之间进行切换,包括提供建筑物的俯视、仰视、侧视、轴侧图等多种视角。

(3) 设置图形显示的着色模式

用户可以选择将模型以线框着色模式显示或以实体着色模式显示。前者提高浏览的效 率,后者则更加逼近真实。

(4) 实体选择模式

用户可以设置实体的选择方式为施工单元或施工段。若为前者,则每次选择是以施工单 元为基本单位,而后者则是以施工段为基本选择单元。

(5) 模型显示控制

用户可以通过菜单方便地控制模型实体的显示与关闭。

3.3.15 系统工具

(1) 工具视窗

系统主界面中除了菜单、工具条以及主窗口外,还包括 WBS 管理器、4D 显示状态、 工程构件、场地布置、资源管理五个面板工具。用户可以控制其中任意一个的显示与隐藏, 从而可以充分利用界面有限的空间资源。

(2) 启动 AutoCAD 建模系统

系统提供一个启动 AutoCAD 建模系统的快捷菜单,用户点击后便可自动打开 AutoCAD

21

建模系统。

(3) 启动 Project 项目文件

系统提供了一个启动本工程项目 Project 文件的快捷菜单,用户点击后便可自动打开本项目的 Project 项目文件。

(4) 系统选项

用户可以通过系统选项对话框查看项目的基本信息并设置 4D 显示参数、系统的默认颜 色(如施工完成颜色等)以及图形的背景等。

3.3.16 联机帮助

系统提供联机帮助的功能,用户在操作系统的过程中,如果出现任何困难或疑问,可以按 F1 打开联机帮助,查找解决办法,如图 30 所示。



图 30 4D-GCPSU 2006 联机帮助

4 系统应用

自 1996 年,本系统的以前版本 GCPSU 和 4D-GCPSU 先后在北京嘉里中心、北京华威 小区 13#、14#号楼、香港新机场货运仓储中心、香港理工大学第六期扩建工程等十多个实 际工程应用,对于提高这些工程项目的施工管理水平和工作效率,起到了显著的推动作用, 取得了较好的经济和社会效益。

2003年12月,4D-GCPSU开始在国家体育场工程总承包部投入使用,并根据工程提出的具体应用要求,不断完善功能,先后推出了 4D-GCPSU 2004、4D-GCPSU 2005 和 4D-GCPSU 2006 三个版本。三年来的实际应用情况表明,本系统适用于建筑工程项目的施工管理,已经达到了正式应用的水平。系统的应用有助于施工管理人员及时准确地掌握施工进展情况,及时发现和解决施工过程和现场的矛盾和冲突,明显提高工作效率和管理水平。系统为国家体育场大规模、复杂的工程施工,提供了有效的管理手段。系统的应用提高了总

包管理能力和施工水平,对于工程的信息化管理起到了很大的推动作用,受到国家体育场工 程总承包部的充分肯定和好评。

联系信息

清华大学土木工桯糸 张建

- 地址:北京清华大学土木工程系
- 邮编: 100084
- 电话: 010-62782706
- 传真: 010-62784975
- Email: zhangjp@tsinghua.edu.cn