

基于 3D Experience 的重力坝智能设计 APP 研发与应用

徐 威 杜少磊 罗 畅 王 岳
(工程设计院)

[摘要] 为实现重力坝的设计建模与方案比选,充分发挥三维设计方法高效迅捷、准确直观的优势,本文首次提出并研发了一种 3D Experience 平台上基于 KAC 的二次开发重力坝智能设计 APP—Automatic Dam Design(ADD)。ADD 是一款通用的重力坝设计 APP,以智能化正向设计为设计思路,采用独创的“堆积木式”枢纽布置方法,彻底抛弃传统的装配设计;采用参数内部传递与外部封装,集成于 3DE 平台。工程实例表明:ADD 具有快速建模、智能坝体分缝和建基面创建等优势,可以在很大程度上缩短设计周期,减少设计失误,从而显著提高水工设计的设计质量与设计效率。

[关键词] 重力坝 3D-Experience 平台 KAC 智能化正向设计 Automatic Dam Design(ADD)

随着水利行业信息化程度的不断发展,行业竞争不断激烈,如何提升设计质量和设计效率是每一位工程师需要深刻思考的问题。三维设计以其直观性、设计阶段前移、后期修改的便利性,得到了大量的运用^[1-2]。CATIA 是常见的三维建模软件之一,以其强大的曲面设计功能在许多领域得到了广泛的应用^[3-4],但 CATIA 的功能并不能满足所有行业的需求,必须结合相关功能需求进行二次开发^[5]。虽然目前已有水利项目采用 3DE 系列 BIM 运用,提高了重力坝设计效率和质量,并成功解决工程中遇到的各种难题^[6],但要实现重力坝建模的智能化、快速化和标准化还得进行大量二次开发。对于重力坝的二次开发,目前已有大量成果,李开明等^[7]将重力坝拆分为溢流坝段、非溢流坝段、导流及消能防冲设施等构件,然后将设计好的构件进行整体装配设计形成整体模型。杜飞龙等^[8]基于 VB 对重力坝建模进行二次开发,用自上而下的骨架设计思路,对传统的装配方式进行改进,建立重力坝整体骨架对各坝段进行约束。李梦等^[9]采用 CAA 对重力坝进行二次开发,将三维自动化设计贯穿于重力坝坝顶高

程和稳定应力计算、开挖、基本体型、分缝,以及廊道、防浪墙细部等设计全过程。

但这些二次开发都是基于 VB 或者基于 CAA 进行的,本文首次在 3DE 平台上,采用 KAC 模块对重力坝进行二次开发,成功开发自定义应用程序—重力坝智能设计 APP—Automatic Dam Design(ADD)。此应用程序内嵌于 3DE 平台中,成为 3DE 平台中的一个功能模块,实现重力坝智能化设计,提高设计效率。

1 KAC 模块的主要功能

KAC 又可以叫知识工程流程模板,其目的是帮助工程师快速创建和管理自定义应用程序。创建自定义的应用程序,需要使用以下几个主题:

- (1) Know-how Apps Creation (KAC);
- (2) Know-how Apps Components;
- (3) Know-how Apps User Experience;
- (4) Know-how Apps Resources;
- (5) Know-how Apps Logic。

创建自定义应用程序的主要步骤如图 1 所示。

作者简介:徐 威(1988—),男,湖南省益阳人,工程师,硕士,从事水利水电工程设计与 BIM 新技术研究工作。

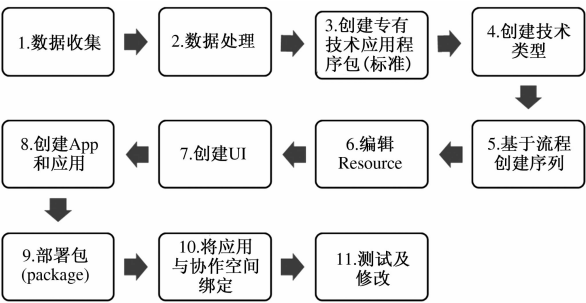


图 1 KAC 二次开发步骤

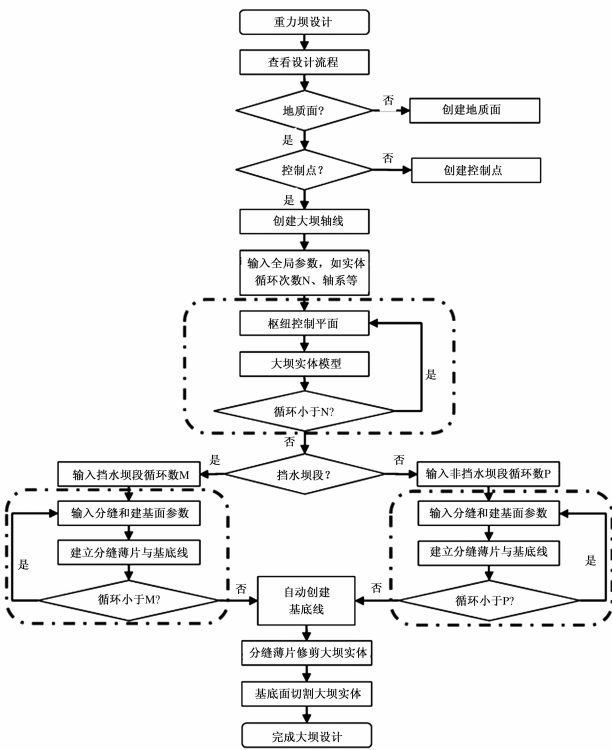


图 2 ADD 程序设计框架

基于上述研发思路,对 ADD 程序整理设计框架,进行如下设定:

(1)重力坝骨架设计。在三维环境中,通过观察地形曲面的外形,大致判断坝轴线的合理位置。在地形曲面的左岸和右岸各自创建一个参考点,对于正向设计理念,并不需要知道参考点的坐标值和高程值。两个参考点在水平面上的投影所连成的直线的方向代表了坝轴线的方向。将投影直线平移至坝顶高程即可得到重力坝的轴线,同时,在坝轴线的左端点创建局部坐标系,x 轴方向指向右端点,以此作为重力坝的控制坐标系。地质面与坝轴线在左岸的交点附近,设置重力坝起始控制断面。重力坝骨架包括:一根较长的坝轴线;大坝局部轴系;大坝起始控制断面。

(2)“堆积木式”枢纽布置。以左岸控制面为基准,依次向右岸“堆积”坝体,每个坝段模型类别可以选择,主要包括挡水坝段、表孔坝段、底孔坝段和发电坝段四种,后期可继续完善。每堆积一次先生成控制面,再生成体,这种改进的布置方法,在创建枢纽布置的时候同时完成坝体组装,取消装配设计过程,提高设计效率。

(3)参数的自动传递。以控制面为基准建立一个坝体“积木”时,需先设置终止控制断面的长度参数,对于挡水坝段,只需要给出长度即可确定终止

2 ADD 的研发思路与程序架构

2.1 ADD 的研发思路

为了让 ADD 成为高效、快速、灵活的通用设计 APP,需解决以下几个问题:

(1)正向设计思维。要抛弃以往根据已有二维图纸提供的数据,比如坝轴线控制点坐标、各坝段两端断面的控制桩号等,来建立重力坝三维模型的方法,改变为直接从三维环境中获取数据的方法。

(2)枢纽布置。世界上没有一片相同的树叶,同样很难找到两个枢纽布置相同的重力坝。不同的重力坝根据特定的地形、地质条件布置合理的建筑物。因此,ADD 在枢纽布置上必须要有通用性,能根据地形、地质条件灵活调整枢纽布置的数目、枢纽布置的位置等。

(3)参数的传递。重力坝由于坝体结构复杂,枢纽布置灵活多变,有些参数需要重复使用,对于需要重复输入的参数,ADD 应能自动传递相同参数,减少人工输入相同参数的次数,避免因为前后输入参数的不同而发生错误。

(4)坝体分缝。能根据坝体断面的类型选择对应的分缝方法,比如挡水坝段,可以用挡水坝段的左右任意一端,按照一定的间距进行分缝;溢流坝段,可以根据中墩的位置,将缝分在中墩的对称面上,同时 ADD 应具有自动分缝的能力,减少人为操作,提高设计效率。

(5)建基面。随着坝基地质条件的不同,建基面复杂多变,ADD 应具备根据地质条件和分缝位置的不同,在每个分缝处自动建立一定宽度施工平台,同时基础埋深应根据规范,按坝高的不同进行自动选择,并自动生成整体建基面的能力。

2.2 ADD 的程序架构

结合大量工程经验以及 ADD 的开发思路,ADD 程序总体设计架构如图 2 所示。

控制断面,而对于溢流坝段,终止控制断面需要由边墩宽度、中墩宽度、溢流孔数、单孔净宽四个参数才能确定,而坝段模型同样需要这四个参数。将这些参数进行传递,一次输入,多次使用,既避免了参数的重复输入,同时也避免了因参数输入不一致而出现错误。

(4)坝体分缝与建基面智能化创建。根据坝段种类,如挡水坝段和溢流坝段,分缝间距和分缝方向,程序自动根据两个控制断面的间距创建相应数量的分缝薄片,在每个分缝处,同时根据地质面的埋深,创建对应埋深的施工平台,并自动连接生成建基底面,最后用建基底面和分缝薄片对坝体进行裁剪,即可完成重力坝的智能化设计。

3 ADD 程序开发及工程实例测试

3.1 ADD 程序开发

按照上述程序设计框架,ADD 程序主要开发的内容如下:

(1)资源的收集、整理

主要包括 User Feature 模板、Power Copy 模板、VB 宏等。ADD 程序所使用的具体资料如图 3 所示,主要的模板有:重力坝骨架模板、枢纽控制平面模板、挡水坝段实体模板、表孔坝段实体模板、底孔坝段实体模板、引水发电坝段实体模板、挡水坝段分缝模板、非挡水坝段分缝模板、建基面自动创建模板。

Logical Name	Resource Type	Resource
DSBD	User De...Feature	挡水坝段 (ADDv1.0-UDF-挡水坝段 A.1)
BKGD	User De...Feature	表孔坝段 (ADDv1.0-UDF-表孔坝段 A.1)
CKGD	User De...Feature	溢流坝段 (ADDv1.0-UDF-溢流坝段 A.1)
Create Body	VBScript Macro	CreateBody.cabx 00:WEIScriptDir vbs-75683961-00000012 A.1
Demo	Reference	UDF坝体骨架模板 A.1
FCBD	User De...Feature	UserFeature2 (ADDv1.0-UDF-发电坝段 A.1)
HGCF	User De...Feature	溢流坝段分缝 (ADDv1.0-UDF-溢流坝段分缝薄片 A.1)
JJMLFT	Power Copy	建基面-从左至右 (ADDv1.0-UDF-建基面自动创建 (从左至右) A.1)
JJMRGHT	Power Copy	建基面-从右至左 (ADDv1.0-UDF-建基面自动创建 (从右至左) A.1)
JJMH	Power Copy	建基面-顶冲建基面 (ADDv1.0-UDF-非溢流坝建基面自动创建 A.1)
CBFF2	User De...Feature	挡水坝段分缝 (ADDv1.0-UDF-挡水坝段分缝薄片 A.1)
BKGDJ	User De...Feature	表孔 (ADDv1.0-UDF-表孔坝段 A.1)
SNBZ	Power Copy	枢纽控制平面 (ADDv1.0-UDF-枢纽布置控制平面 A.1)
CBZQ	Power Copy	大坝轴测 (ADDv1.0-UDF-大坝轴测轴测 A.1)

图 3 ADD 程序资源表

(2)创建 ADD 程序包

如图 4 所示,ADD 程序创建时主要包括:包 (Package),应用程序 (Applications),元素 (Elements),部件 (Components),资源 (Resources)。Package 是应用程序的集合,可以同时容纳多个应用程序;Applications 是 ADD 应用程序的容器,可以进行安装部署;Elements 包含 Components 和 Resources,Components 是程序结构化的定义,是最为关

键的内容,Resources 容纳 ADD 程序所有的资源。

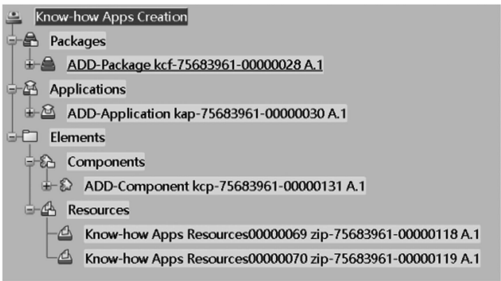


图 4 KAC 结构树

(3)创建重力坝类型,程序序列等关键内容

如上第 2 点所述,Components 是程序的关键内容,包括对象类型:ZLB;三大程序结构:顺序结构,循环结构,通过编写 EKL 代码,可以在顺序结构中实现分支结构;对话框定义;自定义命令程序图标、名称等,具体如图 5 所示。



图 5 ADD 程序的关键技术流程

(4)创建 ADD 操作界面

如图 6 所示,左边的 Dialog Components 是 ADD 所包含的所有对话框,右边示例为重力坝骨架定义操作界面,目前界面设计只能是英文,不能包含中文。

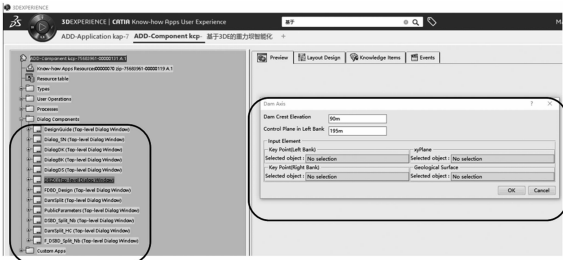


图 6 ADD 操作界面定义

(5) 创建 ADD 应用程序

如图 7 所示,已经创建完成并成功安装在 3DE 平台中后,可以在工作台菜单中看到自定义的程序 ADD,如图中左边线框内,右边是 ADD 的实现步骤提示进度条,图中右边线框内。作为一款通用的重力坝智能设计 APP,基础条件只需要有地形、地质曲面即可。

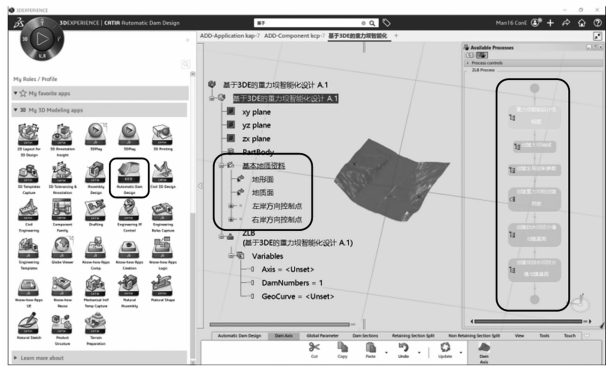


图 7 ADD 自定义程序

3.2 工程实例

以某工程为例对 ADD 进行了坝址比选、工程布置等测试。测试结果表明 ADD 具有适应地形、地质条件,能快速完成枢纽布置,完成分缝与建基面创建,同时还能对枢纽布置进行修改调整,只需要调整控制点位置,调整控制平面间距即可完成工程选址的比较,总体上能满足开发目标的需求,测试最终结果如图 8 所示。

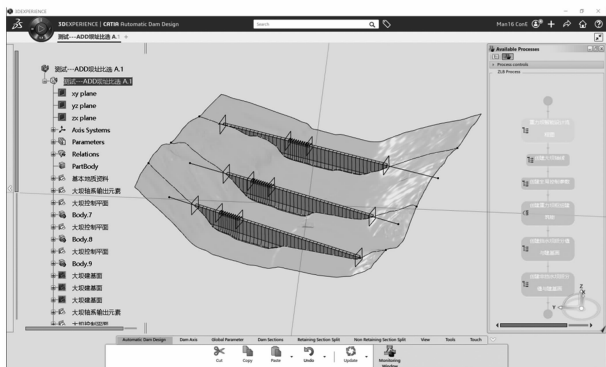


图 8 ADD 程序测试

4 结论

本文介绍了重力坝智能设计程序 ADD 的研究思路及研发过程,并对一些关键问题及解决方案进行阐述,提出了一种三维智能化正向设计的模式,以此替代目前“二维设计+三维翻模”的设计模式。

通过工程实例对软件进行成功测试,该程序具有以下特点:

(1) 正向设计思路。ADD 程序在设计之初就运用正向设计的理念进行思考,在只有地形,没有提前给定桩号、断面的情况下即可重力坝设计。ADD 认为桩号是未知量,不是已知量,桩号应根据地形进行实时调整。

(2) “积木式”的枢纽布置。ADD 采用“积木式”的枢纽布置方法,以左岸控制面为基准,依次向右岸“堆积”坝体,彻底取消装配设计过程,提高设计效率。

(3) 参数自动传递。ADD 内部有许多参数需要重复使用,将其定义为对象类型的属性,可以重复调用,避免重复输入,同时也避免错误的发生。

(4) 程序智能处理。ADD 在处理坝体分缝和建基面方面,具有智能性,能根据坝段类型,坝段长度和方向,进行自动分缝,同时根据坝体高度智能选择建基面埋深,并在分缝处设置施工平台,并自动连接生成建基底面。

参考文献

[1] 余军,田永生,胡燧,等. 拱坝三维设计技术应用与研究[J]. 人民黄河,2013,35(3):79-81.

[2] 董甲甲,杨磊,杜燕林. 基于 CATIA 三维重力坝可视化设计[J]. 水利水电科技进展,2010,30(5):57-60.

[3] 黄艳芳,李小帅. CATIA 软件在双曲拱坝设计中的应用初探[J]. 人民长江,2009,40(21):26-28.

[4] 黎慰,章志兵,柳玉起. 基于 CATIA 的汽车零件多工位模具运动仿真系统[J]. 锻压技术,2017,42(6):126-131.

[5] 谢岳峰,余雄庆. 基于 CATIA 二次开发的飞机外形参数化设计[J]. 计算机工程与设计,2008,29(14):3792-3794.

[6] 徐威,王美哉,蔺志刚. 苏阿皮蒂水电站设计 BIM 技术研究与应用[J]. 土木建筑工程信息技术,2018,10(4):1-6.

[7] 李开明,秦子鹏,田艳,等. 基于 CATIAV5R20 的重力坝三维参数化设计[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2017,35(2):254-258.

[8] 杜飞龙,王友乐. 基于 CATIA 二次开发的重力坝三维模型构建[J]. 水电能源科学,2017,35(4):85-89.

[9] 李梦,贾新会. 基于 CATIA 平台的重力坝三维一体化设计[J]. 水利信息化,2017,(2):15-19.