

基于 Enovia VPM 的水利水电行业机电协同设计研究

罗通^{1,2}, 练章华², 许定江², 李小帅³

(1. 西南石油大学 工程学院, 四川 南充 637001; 2. 西南石油大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610500; 3. 长江勘测规划设计研究院, 湖北 武汉 430010)

摘要: 针对水利水电行业机电协同并行设计问题, 基于 Enovia VPM 协同设计平台, 首先按照协同设计思想合理分配机电专业设计人员的角色与任务, 然后探讨定制水利水电行业的机电客户化环境, 并以实例说明建立机电模型库和将其保存到 Enovia VPM 平台的方法, 最后研究在引用专业骨架并参考借用厂房坐标和模型条件下完成机电协同并行设计的实施方法。水电站机电协同设计应用实践表明: 该方法能够很好地实现机电专业的实时协同并行设计, 能缩短工期并减轻设计人员劳动强度, 同时便于设计方案的变更与优化, 也使得水利水电行业机电设计经验更好地被传承和创新。

关键词: 机电设计; 协同设计; Enovia VPM; 水利水电; CATIA

中图分类号: TV222

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2020)03-0132-07

Study on electromechanical collaborative design of water conservancy and hydropower industry based on Enovia VPM

LUO Tong^{1,2}, LIAN Zhanghua², XU Dingjiang², LI Xiaoshuai³

(1. College of Engineering, Southwest Petroleum University, Nanchong 637001, China; 2. State Key Laboratory of Oil & Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 3. Changjiang Institute of Survey, Planning, Design & Research, Wuhan 430010, China)

Abstract: Aiming at solving the problem of electromechanical collaborative design in the water conservancy and hydropower industry, the role and task of the designers in different mechanical and electrical professions were assigned reasonably according to the idea of collaborative design based on the Enovia VPM collaborative design platform. Then, the method of customizing electromechanical settings for water conservancy and hydropower industry was discussed, and an example was given to illustrate the method of building the electromechanical model library and saving it to the Enovia VPM platform. Finally, the implementation method of electromechanical collaborative and parallel design was studied by introducing the professional framework, the coordinate and model of the workshop to the platform. Its application to the collaborative design for the hydropower station has shown that this platform can realize the real-time collaborative and parallel design of different electromechanical professions, shorten the construction period and reduce the labor intensity of the designers. Moreover, it is convenient for the designers to change and optimize the original design scheme, which will in turn benefit the water conservancy and hydropower industry with combined design experience of heritage and innovation.

Key words: electromechanical design; collaborative design; Enovia VPM; water conservancy and hydropower; CATIA (computer aided three-dimensional interactive application)

1 研究背景

目前, 国内外学者对水利水电行业的机电设计已开展相应的研究工作, 探索了在 CATIA 预定义的

机电环境中构建机电零件^[1]和实施电气设计^[2]的方法, 也讨论了不同类型的设计准则、软件介质在水电站机电设备中的应用状况^[3]。但水电站的工程环境一般复杂多样, 并涉及多个专业且各专业的设

收稿日期: 2019-05-19; 修回日期: 2019-12-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(51974271); 2018 年南充“市校科技战略合作”项目(18SXHZ0030、18SXHZ0054)

作者简介: 罗通(1983-), 男, 四川渠县人, 博士研究生, 讲师, 研究方向为水电站协同设计、机械工程、油气井工程。

计周期不一致,若各专业设计人员没有实施协同设计、并行设计,就不能及早地发现和规避设计过程的“碰、缺、余、错”等问题,同时由于专业间的信息渠道不畅,如果某个专业设计出现变更,其他专业不能自动获取变更信息,延迟了反馈时间,从而导致整个水电项目开发设计周期较长,影响了工程进度和产品设计质量。因此,水利水电行业人员提出了协同设计的概念和设想,探索了水利水电三维协同设计的关键技术^[4-7],完成了水利水电工程项目的多专业协同设计^[8-14],极大地提高了项目设计质量与效率,也讨论了三维协同设计技术在水利水电设计单位的应用现状^[15-16],提升了设计单位的市场竞争潜力。但他们都没有重点关注机电专业的协调统一,没有针对机电协同设计开展具体相应的研究与探索,而机电专业设计是水利水电项目设计不可或缺的有机组成部分,其协同是否良好对整个水电站项目是非常重要的。因此,本文基于 Enovia VPM 协同设计平台,以水利水电行业机电协同并行设计为研究对象,着力解决水利水电行业机电协同并行设计相关问题,从而实现机电设计资料与信息的共建共享和异地多专业间的分工与协作,有利于缩短工期和设计方案变更与优化。

2 机电协同设计平台与角色分配

2.1 机电协同设计平台

Enovia VPM 平台(如图1所示)可以用来完成水电站设计开发中各专业间的协同与并行设计和数据维护与管理。在 Enovia VPM 协同技术支持下,所有设计人员均基于统一的设计环境和同一的数据源,并行、协同地开展各自的设计工作。因此,Enovia VPM 平台能够提供机电与厂房之间、机电各专业之间的协同工作环境。在这样的环境下,与设计者有关的设计数据和模型都能被实时地查看^[17]和共享,从而尽可能早地规避设计盲点,控制设计质量,极大提高项目团队设计能力和效率,也有利于企业设计经验的传承与保护。

2.2 机电协同设计角色分配

Enovia VPM 能够提供多专业协同、多产品线集成的机电解决方案。在完成机电专业设计任务过程中,不仅要参考借用厂房建筑设计结果作为背景^[18],还包括设备建模与布置、管路规划与敷设、钢结构建模、风管规划与敷设、电缆托架规划与敷设、工厂总布置、二维布置施工图、管路及仪器系统图等的协同并行设计。因此,按照 Enovia VPM 角色设计

思路将机电协同设计人员分为3级:项目资源管理员、专业负责人、专业设计人员。机电协同设计人员任务分配与设计流程如图2所示,具体如下:

(1)项目资源管理员主要负责定制企业机电客户化环境、创建项目资源管理文件、模型字典文件的编辑与管理,以及模型、标准、规格、规则等 Catalog 的维护与管理,并将完成的机电模型库文件存入 Enovia VPM 平台。

(2)专业负责人需在 Enovia VPM 中设计专业模型结构树,如图3所示。结构树上包含两种工程节点:结构炸开工程节点——Explode 和工作包工程节点——Work Package^[13]。前者用呈现结构方式进行保存,在 VPM 导航结构树下可见到内部层次结构,也可与外部其他元素相关联;若其被激活,则管路设计、设备布置等部分机电专业模块将不能被操作与使用。后者用呈现发布方式进行保存,在 VPM 导航结构树下不可见到内部层次结构,也不可与其他元素相关联;若其被激活,则机电专业各模块均能被操作与使用。同时,还需搭建能够控制各专业的关键点、线、面的专业骨架模型,这些骨架模型需要参数化和关联发布,以便提高各专业间的协同效率;并按照水机、电气、通风、给排水、金结等专业对设计任务进行分解,分别指定专业设计人员以分配相应的修改、查看、复制、粘贴等权限;完成与上下游专业主要是厂房专业的协调、修正工作。机电项目完成后由专业负责人完成三维模型校审,空间碰撞与干涉检验和生成总布置图。

(3)专业设计人员主要完成机电设备与零件参数化模型的创建和入库,完成2D功能系统图设计和系统功能流向性、连接性检查,参考引用水工建筑模型进行机电三维设计与布置、设备与零件的精确安放和连接管线的规划与敷设,最后完成本专业内的三维模型校审、空间碰撞与干涉分析和生成2D设计图与零件用量报表。

3 机电专业的协同设计

3.1 定制机电客户化环境

虽然 CATIA (computer aided three-dimensional interactive application) 提供了一个预定义的机电标准件库,但其初衷是为机械与飞机制造行业服务,不符合我国水利水电行业相关标准《钢制对焊管件 类型与参数》(GB/T 12459-2017)、《对焊钢制管法兰》(GB/T 9115-2010)等,因此立足水利水电行业定制机电客户化环境并构建一套符合我国水利水电行业工程实际需

要的机电设备及零件标准件库就显得非常重要。同时,在定制的 CATIA 机电客户化环境中还要能够实施多专业产品线的集成设计,完成涉及多专业的逻辑概念设计与详细三维设计,如图4所示)。

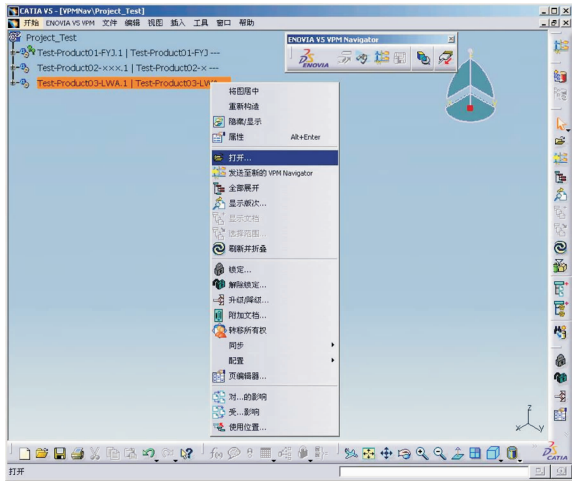


图1 Enovia VPM 协同平台

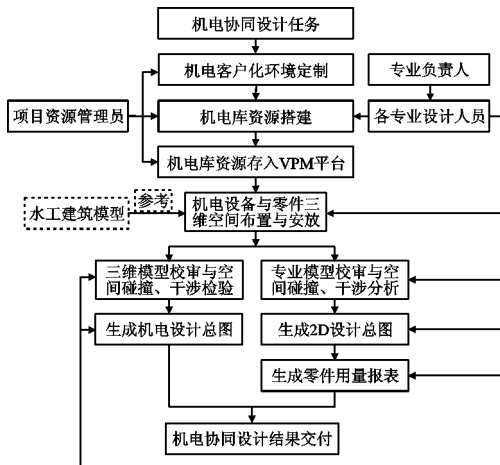


图2 机电协同设计人员任务分配与设计流程

将机电库资源按专业可划分为水机专业资源、通风专业资源和电气专业资源等。水机专业资源和通风专业资源又可分为管道零件库和设备库等;电气专业资源可分为电气一次专业资源和电气二次专业资源,包括电气设备库和电缆线束库等。机电库资源通过项目资源管理文件进行管理与维护,其定义了各专业资源(如各种 Catalog 文件,数据字典文件等)的应用及路径。

为方便推广和实施统一的标准件库和标准规范,需将定制的机电客户化环境“Project”与 CATIA 安装目录进行统一管理并集成在 CATIA 的“设备与系统”模块中。在 CATIA 安装目录下建立目录 Project,并在此目录下再建立两个子目录 Project_SITE 及 Project_SITE.DB。Project_SITE 主要包含多个专业如水机专业、通风专业和其他专业的设计资源、设计标准等设计环境。Project_SITE.DB 包含环境系统的选项设置、是否考虑 VPM 环境下运行、管线应用(Piping Lines、Instrument Lines、Raceway Lines、HVACLines)等基础运行环境和 Catalog 目录管理文件,以及用于启动该机电环境的批处理文件。

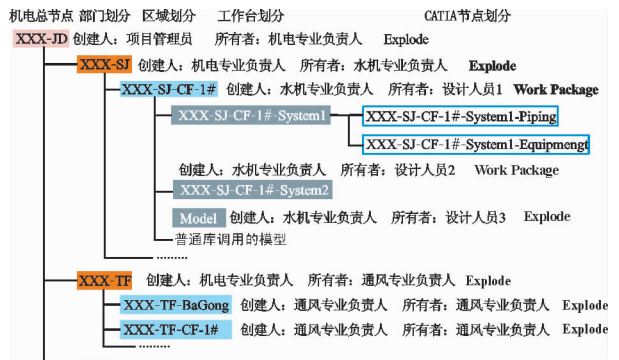


图3 机电协同设计模型结构树

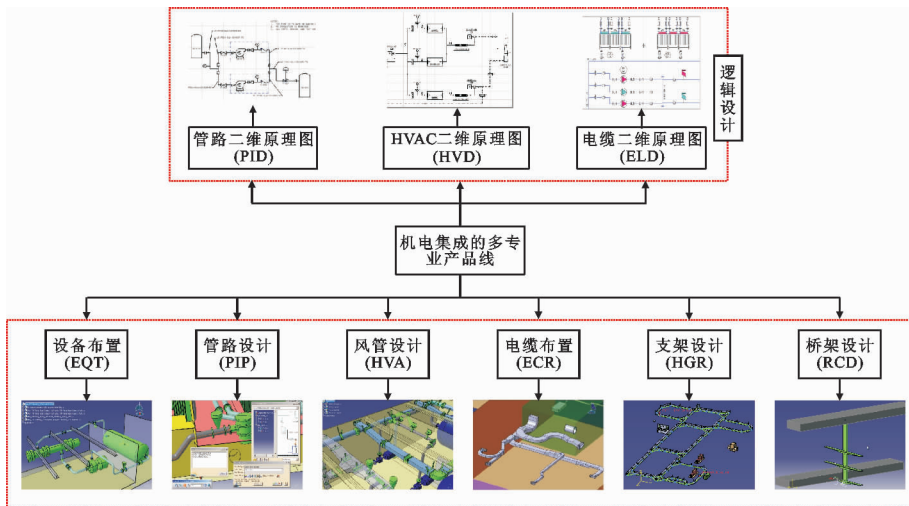


图4 机电集成的多专业产品线的逻辑概念设计与详细三维设计示意图

在目录 Project_SITE 下包含 Components、Equipment and Systems 等目录,具体用途如下:

(1) Components 主要包含结构预设计的规则集、预留空间的相关设置、穿透性结构的 Catalog 文件等;

(2) Equipment and Systems 是机电客户化环境的重要组成部分,它与 CATIA 软件中设备与系统的逻辑结构一致。这是由于机电客户化环境运行原理主要是:运行代码是本机的 CATIA 代码,涉及到需要机电资源时,再调用客户化的机电资源,从而实现所定制的机电客户化环境与 CATIA 的无缝集成。Equipment and Systems 下面包含了多个专业(如设备、管路、桥架、电缆、风管、支架等)的数据字典文件、设计规则、设计标准、规格系列、模板数据、二维原理图绘制规则和资源、基于知识工程的设备及管路参数化的资源库等。

在目录 Project_SITE.DB 下根据实际要求,可分别设定多个客户化的运行环境(如:Customize01、Customize02 等)。在某特定客户化的运行环境目录下(如 Customize01)包含 CATENV、Dassault Systemes、Design Data、Project Settings 等目录,具体用途如下:

(1) CATENV 包含所定制的客户化 CATIA 运行环境,注意与系统默认的运行环境区分;

(2) Dassault Systemes 包含所定制的客户化 Options 选项设置,运行报告等;

(3) Design Data 包含所定制的客户化设备管线号、二维出图模板的应用文件;

(4) Project Settings 包含本地环境下或 EnoviaV5 环境下诸多设计资源的目录位置,通过此文件, CATIA 可调用到相关的设计资源。

以管线 Piping Lines 客户化为例,在目录 Design Data\Application Data\Lines\Piping Lines 定义 CNGB 国家标准的管线号,将管线号的 Line ID 表示为 Piping Line - 公称直径 - 规格号 - CNGB,例如:Piping Line - DN100 - CS150R - CNGB,并使管线号的 Line ID File Name 与 Line ID 一致即可。按照国家标准定义出 DN6 ~ DN1500 的管线号,如图 5 所示。

3.2 建立机电模型库

将机电模型库中的机电模型划分为两类:一类是标准模型,调用的标准模型均为机电库中模型的实例,模型被调用后不能对实例进行修改,若机电库中的模型修改后,则实例同步更新;另一类是非标准模型,模型被调用后会产生新的文件,可以对模型进

行修改。



Name	Type	PipeSpecification	Standard	NominalSize
1 PipingLine-DN6-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN6
2 PipingLine-DN8-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN8
3 PipingLine-DN10-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN10
4 PipingLine-DN15-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN15
5 PipingLine-DN20-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN20
6 PipingLine-DN25-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN25
7 PipingLine-DN32-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN32
8 PipingLine-DN40-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN40
9 PipingLine-DN50-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN50
10 PipingLine-DN65-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN65
11 PipingLine-DN80-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN80
12 PipingLine-DN100-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN100
13 PipingLine-DN125-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN125
14 PipingLine-DN150-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN150
15 PipingLine-DN175-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN175
16 PipingLine-DN200-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN200
17 PipingLine-DN225-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN225
18 PipingLine-DN250-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN250
19 PipingLine-DN300-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN300
20 PipingLine-DN350-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN350
21 PipingLine-DN400-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN400
22 PipingLine-DN450-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN450
23 PipingLine-DN500-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN500
24 PipingLine-DN600-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN600
25 PipingLine-DN650-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN650
26 PipingLine-DN750-CS150R-CNGB	CATPspPipingLine	CS150R	CNGB	DN750

图5 定制的机电库管线 Catalog

由机电专业项目资源管理员在数据字典文件中添加零件类型,并为每种零件类型添加类型属性、命名规则、颜色等。

专业负责人根据项目资源管理员所列的设备及管路零件清单,向各专业设计人员进行机电库建库和入库任务分解。专业设计人员按照如图 6 所示的机电零件及设备的设计思路流程完成机电库的建库和入库工作。下面以油罐设备为例说明机电设备的入库。



图6 机电零件及设备设计思路流程

(1) 创建参数化的几何模型。创建模型有两种方法:一种是先建立带参模型,然后引入到设备创建工作环境中;另一种是先定义设备类型,然后再创建带参模型。通过 CATIA 零件设计模块,建立模型和接头,添加必要的尺寸参数和编辑参数化公式,并将尺寸参数关联到几何模型上,如图 7 所示。若是放置在地面上或者安装在其他设备表面上的设备:XY 面是地面或放置设备的平面位置,正方向竖直向上;YZ 面、ZX 面是模型对称中心平面位置。若是安置在管路上的设备:XY 面是管线所在平面,正方向竖直向上;YZ 面、ZX 面是模型对称面位置,或平行于接头方向并通过接头。

(2) 定义类型及关联参数表格。进入设备工作台,点击“设备对象类型”功能,并在类浏览器中先选择“Vessel”设备类型,再选择“Oil Tank”,然后链

接到先前已创建的设备模型,并在结构树上激活 Tank CATPart 节点,激活“Create Part”窗口,如图 8 所示。在“Create Part”窗口中设置设备零件属性,若属性值不为空,将不允许模型使用者再次修改;若属性值为空,模型使用者可以添加或修改属性值。对于一些由参数表控制的属性不需要设置,在对模型定义类型后,系统将会自动对模型添加各种属性参数,点击“公式”按钮为属性参数添加公式。点击“设计表”按钮进入“创建”表窗口,可以选择“使用当前的参数值创建设计表”或“从预先存在的文件中创建设计表”。若选择使用当前的参数值创建设计表,则在窗口左边的参数列表中选择需要添加的参数插入到参数列表,建议将此设计表保存为 txt 格式,以便提高模型调用性能;再编辑设计表,去掉参数前的零件名称,添加零件其他型号参数值,修改参数名称后,需要重新一一关联修改后的参数。覆盖参数功能允许用户设置覆盖参数,用户调出包含覆盖参数的模型之后会产生新的文件,用户可以修改覆盖参数,从而调整模型尺寸大小。在覆盖参数窗口中,选择左边列表框中的参数,点击向右箭头,即可将选中的参数设置为覆盖参数。

(3) 定义接头并指派接头属性。定义接头有两种方法:一种是通过在创建几何图形的同时定义接头,主要用于没有几何图形的情况;另一种是使用现有的几何图形定义接头。如前所述已经创建了油罐模型,故应选择后者来定义接头,首先选择接头端面确定面连接器的几何图形;其次选择接头轴线定义对齐连接器的几何图形;然后选择 XY 平面定义方向连接器几何图形;最后为各接头赋予相应属性,将各接头与其属性建立一一关联关系,并完成其他显示方式定制。

(4) 设备入库。在机电客户化环境文件中,打开“Piping Equipment and Nozzle”的管路设备模型的库文件,在特征树上找到子节点“Vessel (Equipment)”。将设备零件与库文件建立链接关系,如果设备零件不带参数时,可以直接把设备零件增加到库文件中;如果设备零件带参数时,则需通过解析设备模型的方法把设备零件和设计表格增加到库文件中,完成设备模型的解析入库,如图 9 所示。

(5) 调用与验证机电设备。打开一个工厂模型,通过放置该机电设备模型,来验证机电设备模型入库状况及接头状态是否良好,如图 10 所示。

3.3 机电模型库存入 Enovia VPM

将新建或已有的本地机电模型库一一存入

Enovia VPM 平台是机电协同并行设计能够实现的必备前提之一。

(1) 为了方便区分与存放本地资源和解析资源,需要在磁盘根目录下分别建立 Local_Model 和 Resolved_Model 两个文件夹,将参数化表格和模型存放在 Local_Model 文件夹内;

(2) 运行客户化机电环境中的解析模型批处理命令,客户化机电环境会自动将 Local_Model 的模型进行解析处理并存放在 Resolved_Model 文件内,如图 11 所示。

(3) 在 Enovia VPM 中搜索需要导入模型数据的 Sub - catalog 文件,并降低其等级,使该文件由“成熟度”状态转换到“工作中”状态,从而可以操作 Sub - catalog 文件。

(4) 打开需要导入模型数据的 Sub - catalog 文件,并启用 Catalog 编辑器,激活存入节点,再导入刚解析的模型数据列表文件。

(5) 设置与解析模型有关的 Catalog、Part、Shape 等文件的 PDM 属性并保存到 Enovia VPM 中,如图 12 所示。

(6) 搜索前面导入的数据,并将其提升到“发布”状态,以便实现共建共享。

3.4 实施机电协同设计

在 Enovia VPM 中各专业设计人员在专业负责人授权下参考电站厂房模型^[18]开展建模与布置、管路规划与敷设、钢结构建模、风管规划与敷设、电缆托架规划与敷设、工厂总布置、二维布置施工图、管路与仪器系统图等的协同并行设计,如图 13 所示。其主要协同实现过程如下:

(1) 引用已搭建的各专业骨架模型,机电各专业设计人员把其设计坐标设置成参考借用厂房的坐标^[18],这既能够保证机电各专业能够协同并行设计而不至于发生专业间干涉,又能够保证项目厂房坐标更新的同时驱动机电设备安装位置随之更新,从而使项目设计易于变更成为可能,以便找到最优设计方案。

(2) 机电各专业可同时精确地完成设备安放、管线规划、管路敷设、管路零件的安装(如图 14 所示),并完成三维设计的校审、空间碰撞检测,提出厂房开孔需要。

(3) 机电各专业设计人员将三维设计的校审、空间碰撞检测结果提交给专业负责人。专业负责人及时评估决策并检查专业间干涉与设计合理性验证(如图 15 所示),并将厂房开孔需求发布给厂房设

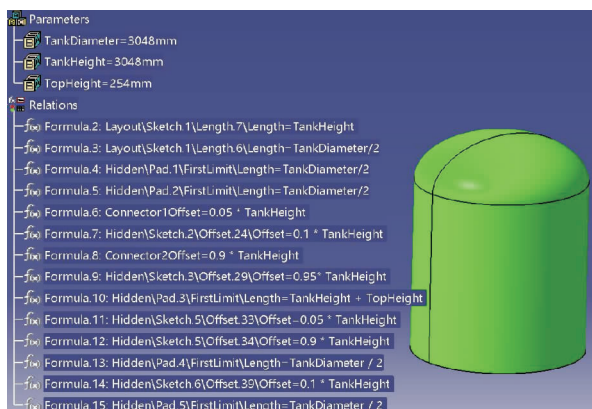


图7 创建参数化的几何模型

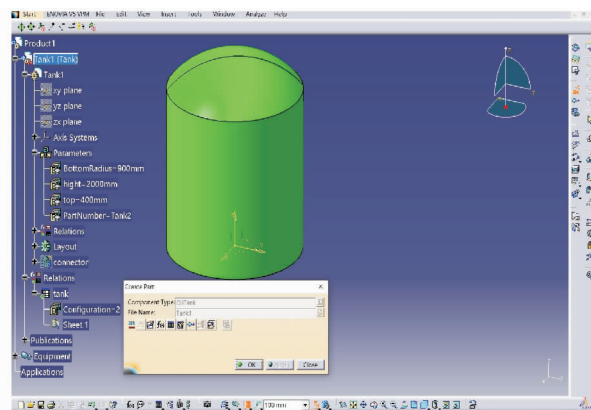


图8 设置机电设备模型属性

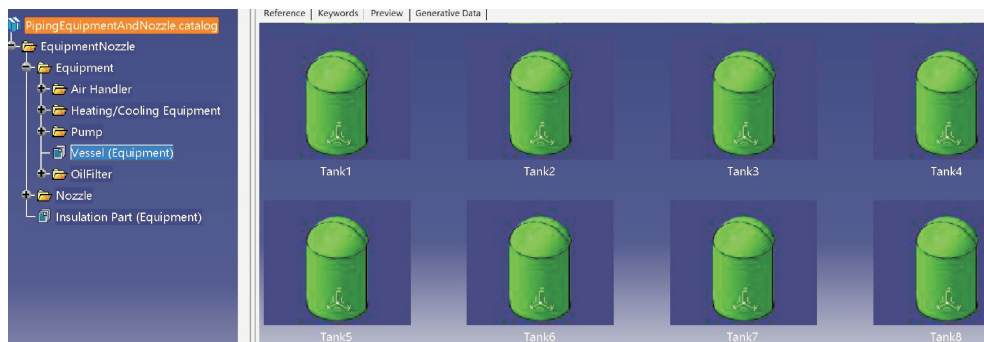


图9 机电设备模型的解析入库

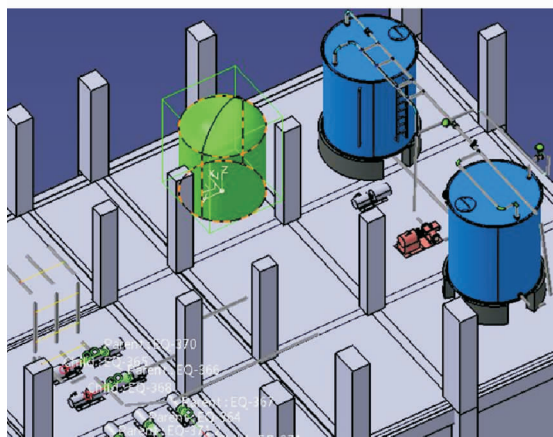


图10 调用与验证机电设备

File Name	Size	Type	Date
zhafef-WYXH-0150-25.CATP art	437 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0200-10.CATP art	453 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0200-16.CATP art	497 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0200-25.CATP art	479 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0250-10.CATP art	498 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0250-16.CATP art	481 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0250-25.CATP art	480 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0300-10.CATP art	507 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0300-16.CATP art	460 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0300-25.CATP art	510 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0350-10.CATP art	555 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0350-16.CATP art	518 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0350-25.CATP art	557 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0400-10.CATP art	558 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0400-16.CATP art	541 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0400-25.CATP art	531 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0450-10.CATP art	605 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0450-16.CATP art	608 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0500-10.CATP art	602 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0500-16.CATP art	610 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0600-10.CATP art	606 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0600-16.CATP art	611 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26
zhafef-WYXH-0700-10.CATP art	616 KB	CATIA 零件	2019-01-16 10:26

图11 本地机电设备模型解析

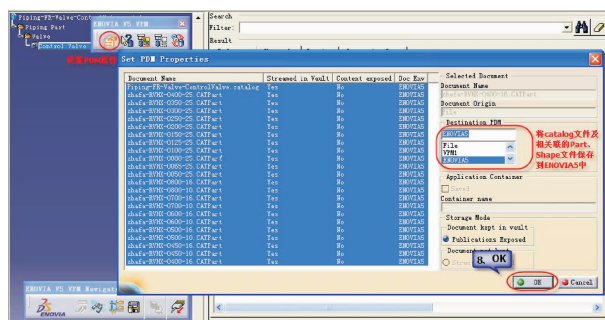


图12 设置机电设备的PDM属性

计人员,如完成水轮机安装后需要将基坑开挖设计需求发布给厂房设计人员,他们再根据开挖轮廓完成基坑设计。

(4)机电各专业设计人员完成材料报表、工程图交付,如图16所示。

(5)机电负责人根据机电各专业设计人员提交的设计成果,按照各专业既定工程节点位置把这些设计成果组装起来,从而完成机电专业总体设计并绘制设计总图。

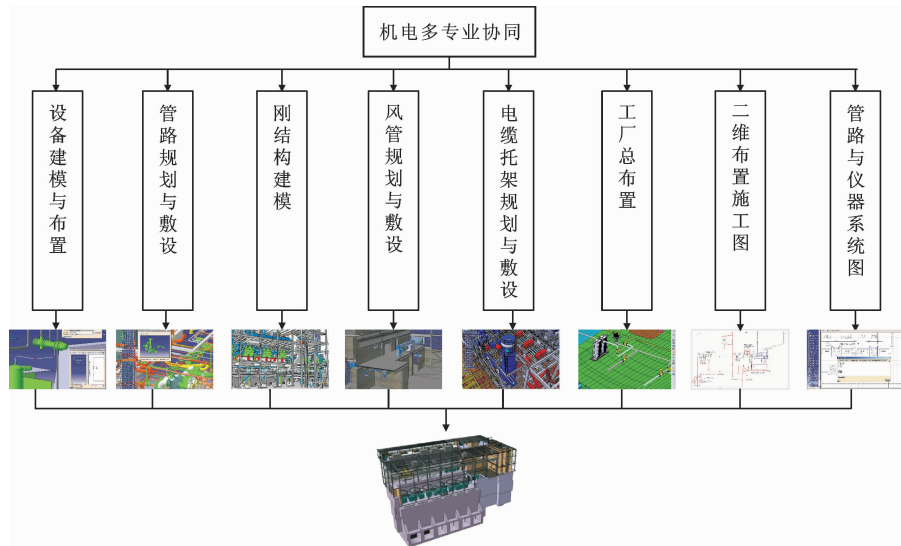


图 13 机电多专业协同示意图

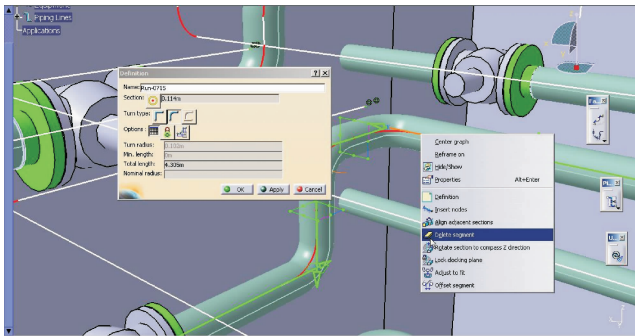


图 14 机电各专业三维布置

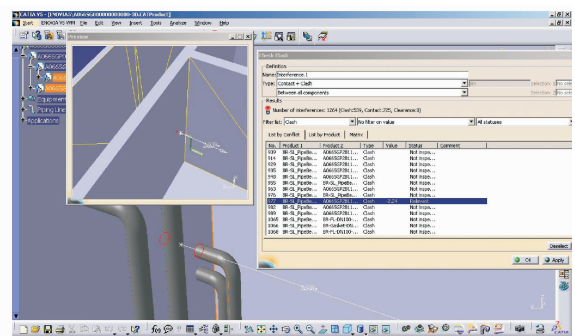


图 15 机电专业间干涉检查与设计合理性验证

电设计人员便于进行机电设计。

(2) 机电模型库的建立与管理,并将机电模型库导入 Enovia VPM 中,解决了在水利水电行业完成机电设计和协同并行设计的问题。

(3) 基于 Enovia VPM 平台和合理分配协同设计人员角色,通过引用专业骨架和参考借用厂房坐标和模型,能够很好地实现机电各专业之间的实时协同设计、异地协同设计。

(4) 研究成果与方法已被水利水电行业勘测设计研究院运用于多个实际工程项目,工程实践表明,本文提出的机电协同设计方法能够缩短工期,便于设计方案变更和优化,也有利于水利水电行业设计经验更好地传承和保护。

参考文献:

- [1] 李强,吴维金,施实建. 基于 CATIA 建立机电零件标准件库[J]. 水电站设计, 2010,26(2):31-35.
- [2] 栗祯泽,吕凯. CATIA 在三河口枢纽工程中的电气设计[J]. 陕西水利, 2018(3):169-171.

(下转第 144 页)

序号	材料名称	规格	长度	重量	备注
1	三通块	BTM64-DN40	2	10.04	
2	三通块	BTM34-DN50	2	9.20	
3	三通块	FBBTM34-DN60-DN50-DN50	1	7.56	
4	三通块	BTM34-DN50XDN40	3	13.65	
5	法兰	FFCM64CO-60X6	36	0.00	
6	法兰	FFCM64CF-60X6	14	0.00	
7	法兰	FFCM64CO-50X5	53	0.00	
8	法兰	FFCM64CF-50X5	20	0.00	
9	法兰	FFCM34CO-60X3	39	0.00	
10	法兰	FFCM34CF-60X3	13	0	
11	法兰	FFCM34CO-75X4	6	0	
12	法兰	FFCM34CO-50X3	11	0	
13	法兰	FFCM34CF-50X3	4	0	
14	法兰	FFCM34CO-90X5	3	0	
15	法兰	FFCM34CF-90X5	1	0	
16	法兰	10125 GB2506-2005	4	19.6	
17	法兰	16125 GB2506-2005	12	58.8	
18	法兰	16200 GB2506-2005	4	36.24	
19	法兰	16100 GB2506-2005	1	4.01	
20	碳钢管	60x6	101351	809.82794	
21	碳钢管	50x5	102180	566.98047	
22	碳钢管	60x3	83945	354.00614	
23	碳钢管	75x4	8554	59.911104	
24	碳钢管	50x3	24089	83.763957	
25	碳钢管	90x5	5706	59.805157	
26	碳钢管	115x5	13155	178.43179	
27	碳钢管	140x5	13685	227.80735	
28	碳钢管	219x3	4066	189.51707	
29	碳钢管 定型弯头	115x5x90-1.5D	3	9.90729	
30	碳钢管 定型弯头	140x5x30-1D	4	4.51004	
31	碳钢管 定型弯头	219x3x30-1D	4	20.34824	
32	碳钢管 定型弯头	140x5x90-1.5D	3	15.13986	
33	碳钢管 定型弯头	140x5x90-1D	2	6.79856	

图 16 机电专业材料报表

4 结论

(1) 定制的机电客户化环境使水利水电行业机

- sewer system and overland surface for different land covers in urban areas[J]. *Journal of Hydrology*, 2015, 524:662–679.
- [12] DECKY V K, SINGH T V. Adaptable Particle-in-Cell algorithms for graphical processing units [J]. *Computer Physics Communications*, 2011, 182(3):641–648.
- [13] ZHANG Bo, XUE Zhenghui, RENG Wu, et al. Analysis of periodic structures using improved spectral FDTD and GPU computing [J]. *Transactions of Beijing Institute of Technology*, 2011, 31(10):1212–1216.
- [14] LEANDRO J, SCHUMANN A, PFISTER A. A step towards considering the spatial heterogeneity of urban key features in urban hydrology flood modelling [J]. *Journal of Hydrology*, 2016, 535:356–365.
- [15] HOU Jingming, WANG Run, LI Guodong, et al. High-performance numerical model for high-resolution urban rainfall-runoff process based on dynamic wave method [J]. *Journal of Hydroelectric Engineering*, 2018, 37(2):40–49.
- [16] WANG Yuntao, CHEN A S, FU Guangtao. An integrated framework for high-resolution urban flood modelling considering multiple information sources and urban features [J]. *Environmental Modelling & Software*, 2018, 107:85–95.
- [17] HOU Jingming, LIANG Qiuhua, SIMONS F, et al. A stable 2D unstructured shallow flow model for simulations of wetting and drying over rough terrains [J]. *Computers and Fluids*, 2013, 82:132–147.
- [18] HOU Jingming, SIMONS F, MAHGOUB M, et al. A robust well-balanced model on unstructured grids for shallow water flows with wetting and drying over complex topography [J]. *Computer Methods in Applied Mechanics & Engineering*, 2013, 257(15):126–149.
- [19] 侯精明, 王润, 李国栋, 等. 基于动力波法的高效高分辨率城市雨洪过程数值模型[J]. *水力发电学报*, 2018, 37(3):40–49.
- [20] HOU Jingming, LIANG Qiuhua, ZHANG Hongbing, et al. An efficient unstructured MCJSCSCL scheme for solving the 2D shallow water equations [J]. *Environmental Modelling & Software*, 2015, 66:131–152.
- [21] 齐文超, 侯精明, 刘家宏, 等. 城市湖泊对地表径流致涝控制作用模拟研究[J]. *水力发电学报*, 2018, 37(9):8–18.

(上接第 138 页)

- [3] MISHRA S, SINGAL S K, KHATOD D K. A review on electromechanical equipment applicable to small hydropower plants [J]. *International Journal of Energy Research*, 2012, 36(5):553–571.
- [4] 马青, 杨秋, 苏鹏. 果多水电站工程三维协同设计探索与应用[J]. *红水河*, 2016, 35(3):7–10.
- [5] LIN Linglong, SONG Yuntao, TANG Yuxiang, et al. Implementation and application study on 3D collaborative design for CFETR based on ENOVIA VPM [J]. *Fusion Engineering and Design*, 2015, 100(11):198–203.
- [6] 陈功军, 张金辉, 高英. 实施水利工程三维协同设计的探索[J]. *人民长江*, 2013, 44(16):105–108.
- [7] 周强. 水利水电工程的三维协同设计[J]. *海南师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 28(4):461–464.
- [8] 陈沉, 陆真嘉, 斯铁冬, 等. 全专业三维协同设计在抽水蓄能电站中的应用[J]. *大坝与安全*, 2018(6):20–22+36.
- [10] 周旭雄. 三维协同设计在水利水电工程设计中的应用[J]. *科技资讯*, 2018, 16(20):63+65.
- [11] 翁发根, 梁必必. 三维协同设计在浯溪口水利枢纽中的应用[J]. *海河水利*, 2016(6):60–62+67.
- [12] 徐俊, 李小帅, 韩旭, 等. 巴基斯坦 Karot 水电站工程多专业三维协同设计[J]. *土木建筑工程信息技术*, 2017, 9(6):1–6.
- [13] 吴维金, 李强, 陈向东, 等. 基于 VPM 系统平台的厂房机电三维协同设计应用[J]. *水利水电技术*, 2010, 41(2):52–55+59.
- [14] 杨宇虎, 王娜. 观音岩水电站 HydroBIM 厂房三维全专业协同设计[J]. *云南水力发电*, 2016, 32(6):143–146.
- [15] 高博. 三维协同设计在水利设计院中的应用[J]. *水科学与工程学报*, 2013(5):94–96.
- [16] 周杰. 三维协同设计在设计院的应用[J]. *水利规划与设计*, 2014(4):58–62.
- [17] 王进丰, 李南辉, 王宁. 基于 CATIA/ENOVIA VPM 的水电工程三维协同设计[J]. *人民长江*, 2015, 46(17):28–32.
- [18] 杨东升. 基于 CATIA 的水电工程三维设计应用研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2017.