

# 数字化设计在电站全生命周期资产管理中的应用

薛江, 周凯, 王斌

(中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司, 四川 成都 610021)

**摘要:** 为基础设施提供全生命周期的资产管理服务已成为全球共识。为适应电力设计行业市场的需求,在某电厂新建工程中采用基于电站工程信息模型(EIM)的全过程数字化协同设计,实现了一系列创新应用,为设计、施工及运维期的全生命周期资产管理提供了一个崭新的模式。这里从数字化协同设计、数字化移交、施工和运维期的数字化应用等方面加以了详细阐述,并总结了数字化实施经验,提出了数字化技术展望。

**关键词:** 数字化协同设计; 数字化移交; 全生命周期; 资产管理

**Abstract:** It has been a popular consensus to provide the assets lifecycle management service for the infrastructure. In order to meet the needs of power design market, a whole process digital collaborative design based on engineering information model (EIM) is adopted to realize a series of innovations, which provides a new mode for assets lifecycle management during design, construction, operation and maintenance. The digital collaborative design, digital handover, digital application during erection, operation and maintenance are described in detail, the experiences of digital implementation are summarized and the expectation of digital technology is presented.

**Key words:** digital collaborative design; digital handover; full lifecycle; asset management

中图分类号: TM73 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2017)05-0082-03

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2017.06.018

## 0 引言

为基础设施提供全生命周期的资产管理服务已成为全球共识。为适应电力设计行业市场的需求,大力开展数字化协同设计,满足数字化移交和业主全生命周期资产管理需要,在重庆神华万州电厂新建工程(以下简称万州工程)总承包中全面开展了针对全生命周期的数字化应用。

资产包括信息资产与物理资产,两者的基本区别是,信息资产是动态变化的,而物理资产是固定不变的。以三维可视化特征的电站工程信息模型化模型(EIM)是数字化电厂的基石,是工程设计纵向数据贯通和横向应用集成的纽带,是工程设计向工程建设、工程建设向工程运维移交数据的基础。

下面以工程设计协同管理平台整合各专业设计产生的数字化资产,并采集源于设备采购系统、工程建设管理系统、项目计划进度控制系统等项目管理应用系统的数字化资产,建立起面向工程全生命周期的数字化资产管理体系,实现了信息组织、信息变更、信息搜索、知识管理等数字化资产的化管理,为

万州工程提供了基于电站工程信息模型(EIM)的全生命周期管理解决方案,图1为数字化整体方案框架。

## 1 数字化协同设计

### 1.1 数字化设计范围与深度

万州工程数字化设计覆盖了机械、电控、土建等各领域,涵盖了热机、除灰、脱硫、供水、化水、暖通、电气、自动化、建筑、结构、总图等发电所有专业,从投标、初步设计、司令图到施工图设计阶段全过程采用。

### 1.2 数字化设计平台

对于有多专业参与的大型复杂工程,不同的专业很难有统一的数字化设计平台,专业软件的分隔为专业间的数字化协同带来很多问题。经多年发展逐步扩大数字化设计专业范围,西南电力设计院有限公司创新性地开发出了设计与管理一体化的数字化协同设计管理平台。该平台集合了国际主流的数字化设计软件,基于统一规划、整体布局的原则,实现了纵向的数据协同和横向的专业协同;实现了覆盖发电全阶段、全专业的数字化协同设计;实现了数

数字化设计对采购、施工、调试和运维的支撑。万州工程数字化设计是此成熟数字化设计解决方案的一次集中应用。

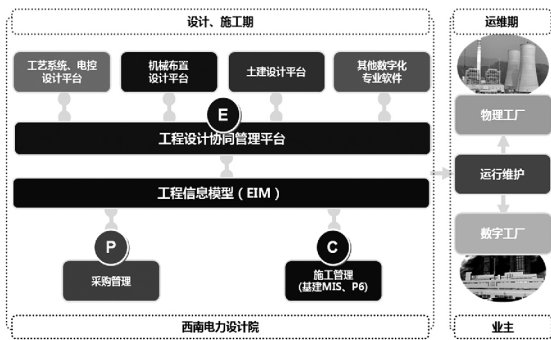


图1 数字化整体方案框架

### 1.3 多专业协同方法

工艺系统、电控设计平台通过工作层或工作区的手段实现平台内各专业二维数字化设计的协同。通过自主开发的接口,工艺系统、电控设计平台的二维设计数据可以顺利实现与机械布置设计平台的数据传递。

以机械工艺为主导的区域,机械布置设计平台是区域内各专业协同的平台。该平台实现区域内各专业布置设计的整合协同,实现机械专业的设计出图。土建、电控及其他一些布置设计平台的数据和模型根据需要可选择合适的方法与机械布置设计平台进行传递。

土建设计平台通过链接和工作集的方式实现同平台设计的各专业间的数据和模型整合协同,同时利用自主开发的接口可以向机械布置设计平台传递数字化模型。

各设计平台间的数据和模型传递均通过协同设计管理平台完成,从而实现质量和流程的控制。

## 2 数字化移交

依托计算机技术的发展,数字化设计技术手段越来越广泛地被用于石油、化工、电力、钢铁、医药、造船、建筑等行业,这为业主采用新的营运管理模式提供了可能,而数字化移交便是实现新的营运管理模式的必要前提。通过数字化移交,业主在接收一个物理工程的时候,还可以得到一个数字化的工程。来自设计、施工、调试各阶段的海量信息可以以非实物方式被集中、关联、查询、使用,深度影响了传统的

运营管理方式;同时作为基础的设计信息也广泛为施工、调试等阶段所用,为设计之后的阶段带来深度的变革。

西南电力设计院有限公司数字化移交以电站工程信息模型(EIM)数据管理为基础,通过工程设计协同管理平台进行数据的组织和移交。在电站工程信息模型(EIM)管理的基础上,提供了可控、可筛选的方式组织工程信息,形成业主所需的三维数字化电厂移交数据包,为业主实现数字化工厂管理提供准确的工程信息基础保证;可以实现多系统信息集成、运行辅助、应急指挥辅助、知识管理、信息搜索与查看、信息变更管理、厂内工程支持等。

## 3 施工数字化应用

基于电站工程信息模型(EIM)自主研发了电厂工程建设管理信息系统(简称基建MIS),以数字化三维模型为基础,通过与P6工程项目进度管理软件的融合,打造了设计施工一体化的工程项目管理信息化系统,对工程投资费用、进度、质量进行有效控制,提高电厂建设管理水平。

### 1) 可视化施工管理

利用电站工程信息模型(EIM),为施工现场提供了高效的可视化施工管理。数字化模型不是简单的实体模型,而是在模型中加载了各类数据信息,包括设计参数、材质、介质、保温、型号等,实现了虚拟距离测量、名称显示、属性查询等功能,管理人员可以快速而形象化地获取工程信息。

### 2) 可视化采购管理

利用数字化的模型信息,为现场施工采购提供强有力的数据支撑,实现了模型与采购供货明细、合同文档等的热点关联和一体化管理。

### 3) 施工进度三维模拟

通过对模型浏览软件与P6接口的二次开发整合,三维模型中加载的设备材料清册与P6网络计划中的结构分解码(WBS)建立了对应关系。当在P6中生成实际施工进度表后,就可以以不同方式进行施工进度可视化模拟,不仅可以展示各个设施的施工状态,还可以通过施工进度条上滑块的移动展现某日的实际施工进度,如图2所示。

### 4) 隐蔽工程可视化

三维可视化的设计成果为现场隐蔽工程的施

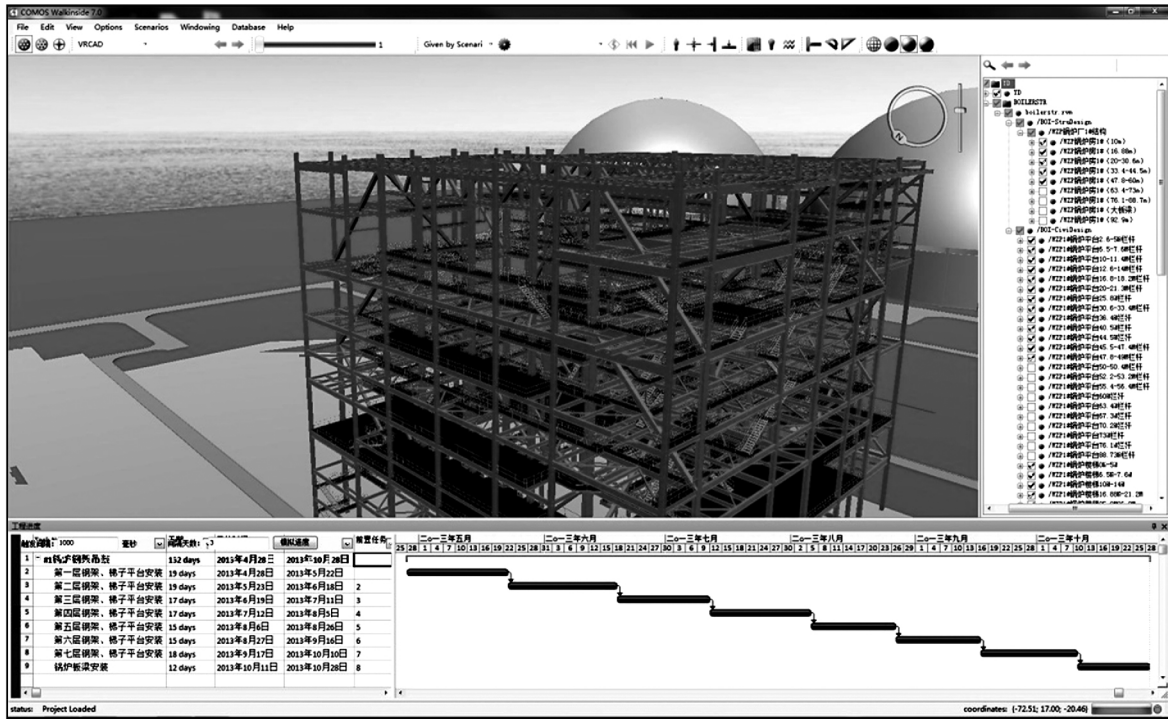


图2 施工进度三维模拟应用

工提供了全新的模式。施工单位可以方便地查询相关隐蔽工程的情况,便于合理组织施工计划、减少开挖次数、减少返工、避免对已施工隐蔽项目的破坏等。即使施工完成多年后,业主的运行维护和改造也可从中获得有力帮助。

### 5) 移动互联技术

万州工程采用了移动互联解决方案为现场施工提供服务,将EIM的使用范围扩展出桌面,革命性地改变了施工模式、安全管理流程、文档管理以及调试运营和竣工交付流程。只要能访问互联网或现场服务器,均可使用移动平板等工具访问异地的文件或数字化模型。即便是缺乏无线网络的环境,也可以采用预先下载到本地的方式实现现场查看图纸、文档和数字化模型等功能。

## 4 电厂运维数字化应用

### 1) 虚拟现实技术

采用虚拟现实技术,可实现三维模型在运维阶段设施维修和安全培训等数字化仿真的应用。该方案通过先进的图像显示技术实现了大容量工程模型的快速响应,并采用实时干涉检测和重力模拟技术,允许用户实时有效地模拟实际环境,提高用户感知度。

虚拟现实技术提供了强大的后期仿真培训的功

能,业主能在虚拟环境中自主定制各种各样的操作手册、操作流程和安全规程,并通过预先设定任务和操作步骤,实现对新员工的入岗培训和事故处理演练。

### 2) 数字化生产管理

万州工程中提出了基于电站工程信息模型(EIM)的数字化运行管理解决方案,通过运维系统的定制能力,在电站工程信息模型(EIM)的支撑下,实现与运维ERP、厂级监控系统(SIS)、设备资产管理系统(EAM)的对接,可访问运行阶段的实时数据库,实现实时生产数据在可视化运行管理系统中的显示。如果进一步深化数字化电厂应用,还可以实现智能巡点检管理、智能生产视频监控、智能安防视频监控、智能火灾报警及控制等。

## 5 结语

所提出的万州工程全生命周期管理解决方案覆盖了各专业的各个设计阶段以及从设计、采购、施工、调试到运维的全部工程阶段。

目前数字化电厂尚缺乏标准化和规范化,电力行业急需建立起行业数字化技术标准。此外数字化电厂建设的跨度和难度非常大,涉及设计、采购、施工、调试到运维等众多流程,相关方的数字化水平参差不齐,建设高水平数字化电站还存在诸多短板。

(下转第88页)

局部过热,容易使故障进一步恶化,因此大型无刷励磁机整流电路中均设有熔断器,避免整流电路短路,当熔断器熔断时形成开路。可采用上述计算方法对励磁机的缺相进行定性分析。从绕组相量图可知,当缺相为相邻相时,绕组的不对称度越高。仍以上述41相绕组为例,分析其缺1相、2相、3相时基波绕组磁势,取基波正序磁势幅值为100%,谐波极对数从1计算至20,各次谐波磁势幅值如图5至图9所示(图中未显示基波正序磁势幅值)。

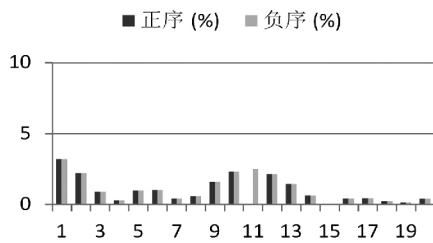


图5 缺1相时各次谐波磁势幅值

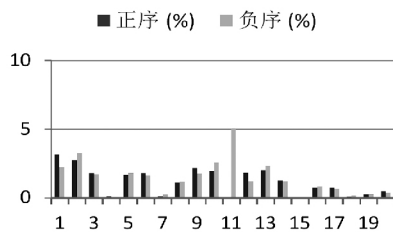


图6 缺相邻2相时各次谐波磁势幅值

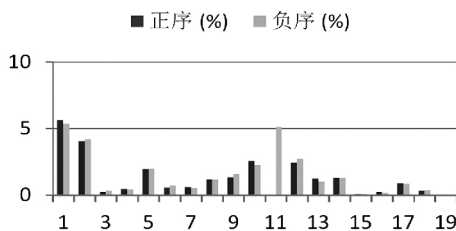


图7 缺(近似)对称2相时各次谐波磁势幅值

由前述分析可知,多相绕组缺相时,基波磁势为旋转的椭圆磁势,同时会出现极对数小于基波极对数的各次谐波。由图5~图9可知:对称缺相时主要引起低次谐波含量增加,集中缺相主要引起反转波含量增加。由于缺相时电流谐波含量很高,而上

述分析方法未考虑时间谐波的影响,所以准确度较差,只适用于定性分析。由于缺相对多相无刷励磁机运行的影响较小,其容错能力较强,故实际使用中一般允许无刷励磁机缺相运行。

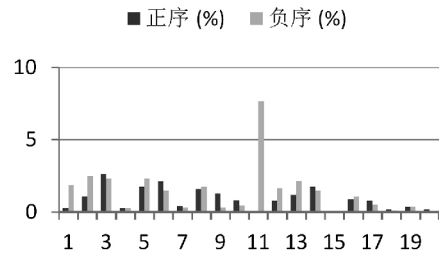


图8 缺相邻3相时各次谐波磁势幅值

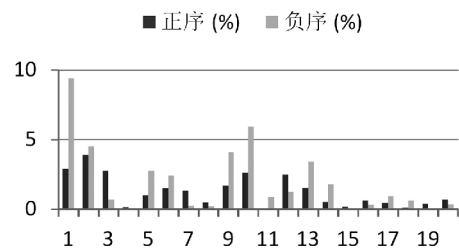


图9 缺(近似)对称3相时各次谐波磁势幅值

## 5 结语

大型无刷励磁机采用多相绕组时,合理的槽数、极对数、相数组合可以实现最简多边形接线,提高绕组利用率,省略了端部跨接线,简化了电枢结构。通过对称分量法对绕组性能进行分析,可以迅速地得出绕组的各项参数,便于电磁场计算和进一步分析。

### 参考文献

- [1] 胡会骏,温增银.应用对称分量法研究六相电机的不对称短路[J].华中工学院学报,1975(1):67-82.
- [2] 许实章.交流电机的绕组理论[M].北京:机械工业出版社,1985.

### 作者简介:

仲伟林(1983),工程师,主要从事电机设计工作。

(收稿日期:2017-09-15)

(上接第84页)

随着数字化技术进一步向纵深推进,必将推动发电工程理念的革新,基于全生命周期资产管理的数字化电站将成为主流,全面提升电厂的信息化和运维水平,将不断增强电力企业的市场竞争力和盈

利能力。

### 作者简介:

薛江(1974),学士、高级工程师,从事火力发电厂热动专业及数字化设计和技术管理工作。

(收稿日期:2017-06-27)