

核电厂全寿期的集成化管理

Integrated Management for the Whole Lifecycle of Nuclear Power Plant

周刚, 张大发, 林亚军

(海军工程大学核能科学与工程系, 湖北 武汉 430033)

摘要: 以计算机与现代集成制造系统的“集成”思想与技术为基础, 提出了核电厂全寿期集成化管理的新方法和核电厂全寿期信息集成的总体方案。采用数据库和工程数据管理技术实现核电厂异构环境下的信息集成。在此基础上, 对核电厂敏捷供需链、并行工程方法的实施以及集成管理系统的设计进行了研究。对核电厂实施全寿期集成化管理, 可确保核电厂各项工作协调、高效、经济地进行, 并可缩短核电厂设计、建造周期, 节约成本。

关键词: 核电厂; 现代集成制造系统; 信息集成; 敏捷供需; 并行工程; 集成管理

Abstract: A novel integrated managing method for NPP life cycle is proposed based on the ideas of computer and contemporary integrated manufacturing systems (CIMS) in this paper. The general scheme for the information integration of NPP life cycle is put forward. The information integration for the NPP heterogeneous environment is implemented by the use of technologies of database and product data management (PDM). On the basis of this work above, the agile supply management, implementation of concurrent engineering and design of integrated managing system for NPP is researched. The application of integrated management in NPP assures every work to be implemented coordinately, efficiently and economically as well as a reduced duration of design and construction of NPP and cost saving.

Key words: NPP; CIMS; Information integration; Agile supply; Concurrent engineering; Integrated management

随着我国核电事业的迅速发展, 核电建设与发展中的管理问题显得日益重要。核电厂传统的管理模式一般将核电厂设计、建造、生产运行以及设备管理和维修等过程及环节分开。其缺点是在核电厂全寿期中, 各阶段、部门、过程与环节之间缺乏足够的信息交流与反馈, 并不同程度地存在着“自动化孤岛”与“信息孤岛”, 各阶段的资源尤其是信息资源得不到充分地集成和利用, 造成了较大的资源浪费。为解决核电厂传统管理方法的不足, 全面优化核电厂的活动与资源管理, 节约成本, 提高效率, 构建核电厂科学的管理体系是非常必要的。针对核电厂设计、建造以及生产的特点和核电厂的特殊性, 本文以计算机与现代集成制造系统(CIMS)的“集成”思想和技术为基础, 提出核电厂全寿期集成化管理的新方法, 并对核电厂实施全寿期集成化管理关键问题进行研究。

1 核电厂全寿期集成管理方法

核电厂的集成化管理以CIMS的“集成”思想和信息集成技术为基础, 并充分利用集成技术、信息技术、计算机技术、网络技术、管理技术以及系统工程等技术, 以系统和全局的观点, 从核电厂全寿期管理的角度出发, 建立完善、高效而透明的信息获取、传输、访问、分析与管理机制, 实现核电厂设计、建造以及运行与维修等不同阶段中各种资源的优化配置与管理, 确保核电厂全寿期中各项工作高效、协调、经济而有序地进行。

实施核电厂全寿期集成化管理的关键问题包括面向核电厂全寿期的信息集成、并行工程的实施、敏捷供需管理以及集成管理系统的开发等方面。

2 面向核电厂全寿期管理的信息集成

核电厂全寿期集成管理以信息集成为基础, 其首要工作是实现核电厂异构环境(Heterogeneous Environment)下的信息集成。为全面获取与充分利用各种信息资源, 从核电厂设计开始就要考虑核电厂全寿期的信息集成。

从宏观上看, 面向核电厂全寿期的信息集成主要包括两个方面的内容:

- (1) 核电厂全寿期中各阶段信息集成;
- (2) 核电厂全寿期中跨阶段信息集成。

综述
核电设计
工程管理
工程建设
运行维护
核安全
核电前期
核电论坛
核电经济
核电国产化
质量保证
核电信息

因为在面向核电厂全寿期的信息集成中,信息的获取上存在着时间与空间上的差异,所以信息集成从总体上可以分阶段进行,而前一阶段的信息自动并入当前阶段。面向核电厂全寿期的信息集成分为设计、建造、调试、运行以及维修等几个阶段,其总体方案如图1所示。必要时可以对集成阶段作适当的增加或调整。

在核电厂全寿期的不同阶段中,信息的来源与获取方式不同。在图1所示的方案中,信息获取采用以下方法:

- (1) 各阶段建立完善的信息获取与传输机制,充分做好信息的收集、交流与反馈,以获得本阶段完整的核电厂信息。
- (2) 每个阶段除完整地获取本阶段和前期阶段的信息外,要尽可能多地获取后期阶段的信息反馈。但是,在前期阶段中,要获取后期的信息反馈往往是比较困难的,因此,后期阶段的信息主要来自于外部。
- (3) 最大限度地获取外部信息。外部信息是指国内外其它核电厂信息以及与本核电厂工作有关的各种信息资源。

在具体实施中,采用数据库技术和工程数据管理技术(PDM)实现核电厂全寿期的信息集成。为实现数据共享、保证系统的一致性并为核电厂信息集成提供基础,在CIMS环境下,必须对共享数据统一设计为共享信息的数据库结构。数据库系统采用分布式数据库体系结构,系统中的数据分布在多个数据库服务器上,在逻辑上构成一个整体。

为支持核电厂全寿期中的各种信息管理,实现核电厂异构与分布环境下的信息集成、功能集成和过程集成,在核电厂集成管理系统设计中充分利用PDM技术。以PDM为集成框架,实现PDM系统与CAX/DFX工具以及与ERP(Enterprise Resources Planning)的应用集成,并利用PDM系统建立分布式企业间的信息集成。利用PDM的集成框架功能和协调控制功能,实现核电厂全寿期的信息管理,协调控制核电厂中工作流和各项工作进展。在全核电厂范围内建立基于PDM的并行的协同工作环境,以便在并行的基础上将集成思想应用到核电厂的设计、建造、调试以及运行和维修等各个环节。将核电厂的设计信息、建造信息和过程信息有机地集成起来,做到将正确的信息在正确的时间以正确的方式传递给正确的人,从而实现核电厂多部门、多学科领域专家群体协调工作。

3 核电厂建设与生产过程中的敏捷供需链管理

在核电厂的建设中,为适应国内、国际经济形势与市场的发展变化,必须合理地组织和有效地利用核电厂的资源,以最低的成本、最短的时间和最好的质量满足核电厂建设与生产对物资的需求。实现这一目标的有效方法是充分利用敏捷供需链管理技术,构建核电厂敏捷供需链管理系统(Agile Supply Chain Management System, ASCMS)。

敏捷供需链管理系统是在竞争、合作、动态的环境中,由若干供应商(供方)、需方(即核电厂)等自主实体构成的快速相应环境变化的动态供需网络系统。它是充分利用系统工程、计算机和信息技术等现代科学技术手段,建立在Internet/Intranet、分布对象和电子商务的基础上的,用来协调敏捷供需链,以满足核电厂不同时期、不同部门、不同环节与过程的物资需求。

核电厂的敏捷供需链管理建立在实体共享信息的基础上,采用基于协调决策中心的供需管理模式,对系统中的物流、信息流和资金流进行有效的计划、协调、调度与控制。基于协调决策中心的核电厂敏捷供需管理模式以核电厂为核心,包括部门需求、供应商、协调决策中心、分布式库存等部分组成,如图2所示。

4 核电厂设计建造过程的优化管理

核电厂全寿期集成化管理的一个重要内容是实现核电厂设计与建造过程的优化管理。传统的设计方式是一个串行的开发过程,即前一个部门完成某个功能后将设计结果移交给下一个部门进行下一步的工作。其不足之处是不同的设计部门之间缺乏足够的交流,每个部门仅考虑其局部的功能要求。在设计建造的早期阶段不能很好地考虑后续部门要求和设计建造周期中的各种因素,而往往会导致后期工作的困难。在这种情况下,有时需要从头开始修改设计。这不仅造成电厂设计建造周期的延长,而且会造成大量的人力、物力和资金的浪费。为解决串行设计的不足,1988年美国的R. I. Winner提出了并行工程方法,解决了传统的设计方式的不足,取得了显著的经济效益。

核电厂建设中并行工程的实施,在完成电厂协同工作环境的建设与电厂的信息集成的基础上,可按照下述步骤进行。

- (1) 由电厂设计筹备专家组对电厂设计进行需求分析,确定电厂设计项目,并制定相应的设计目标。
- (2) 按照电厂功能系统的分类分别建立跨部门、多学科和多功能的电厂集成设计团队(Integrated design team-IDT),实现核电厂人力资源的集成、优化与协调。IDT按照并行工程设计的要求进行工作与组织协调。工作方式既可以是一地协同设计,也可以是网络环境支持下的异地协同设计,以减少电厂设计更改、错误和返工,实现设计的一次性成功。
- (3) 对电厂的系统和设备进行数字化定义和信息建模。应用IDEFO、IDEF1X等工具,按照CIMS的思想定义电厂系统设计过程的功能模型,构造电厂各功能系统的数据流图和全局信息模型。
- (4) 多学科专家设计组对电厂系统进行数据收集、系统设计分析,改进电厂系统设计开发流程,将传统的串行设计方式转化为并行设计方式。通过对电厂系统设计过程的重组与流程的改进实现设计过程的集成与优化。
- (5) 应用CAX、DFX等计算机辅助工具进行电厂功能系统与部件的概念设计、结构设计、详细设计以及工艺过程等设计,实现核电厂系统的全数字化设计。在设计早期尽快发现下游的各种问题。应用质量保证与管理系对电厂系统与设备的设计进行管理、控制和改进,利用PDM系统协调IDT的工作和设计信息共

享。

(6) 利用计算机仿真与虚拟现实等技术进行系统调试、验证和系统预装配,并将结果反馈到早期的设计过程和设计人员。

核电厂并行设计方案如图3所示。并行工程方法不但可以应用于核电厂设计建造过程,而且可推广应用于换料和设备维修等过程。

5 核电厂全寿期集成管理系统的体系结构

为充分考虑核电厂设计、建造与生产等不同阶段的特点和全寿期管理需要,设计核电厂集成管理系统时,先将核电厂的所有工作按阶段和性质分为不同的类型,然后在总集成系统下设计若干个分系统,每个分系统完成一种类型的管理工作。在基于CIMS的集成环境下,每个系统既相对独立又相互联系,通过全局信息共享系统实现信息共享。核电厂集成管理系统由以下几个分系统组成。

(1) 基于Internet/Intranet的核电厂原型系统。

(2) 核电厂管理信息系统(MIS)。该系统包括核电厂人事管理、ERP以及核电厂经营决策支持系统等。

(3) CAX/PDM集成系统。CAX集成系统完成计算机辅助系统如CAD、CAE、CAQ、CAPP、CAM以及DFX等工具的集成。

(4) 核电厂设计管理系统。该系统完成整个核电厂设计工作的管理,由设计信息管理系统、设计过程管理系统、设计进度管理系统以及设计试验验证管理等子系统组成。针对核电厂总体设计、系统设计、设备设计与工程设计等实际设计过程,以CIMS为基础,支持核电厂并行设计方案。

(5) 核电厂建造管理系统。该系统完成核电厂建造工作的管理,对核电厂建造中各项工作和各项工程从计划、设计、工程进展、合同管理以及工程验收等多个方面实施管理,协调核电厂的工作流程和工程进度,提高工程质量和效率。

(6) 核电厂调试管理系统。该系统对核电厂的调试从准备到具体实施进行全面管理。包括调试组织管理,核电厂从建造到调试的交接管理,调试人员管理,调试计划、方案与大纲管理,调试物资器材供应与设施保障管理,以及调试信息管理(包括设备调试信息、系统调试信息以及整个核电厂调试信息的管理)等子系统组成。

(7) 核电厂生产管理系统。该系统完成核电厂日常生产运行的管理工作,确保核电厂正常、经济地运行。包括核电厂的运行监督与管理、核电厂生产的控制与协调、核电厂运营决策以及核电厂运行状态的监测与故障诊断等。

(8) 核电厂在役检查与设备管理系统。该系统对核电厂设备从全寿期的角度对其进行管理。

(9) 敏捷供需链管理系统。

(10) 质量保证系统(QAS)。该系统通过高效、完善的质量保证与信息反馈机制,对核电厂全寿期中各项工作实施质量管理。

(11) 资金管理系统(FMS),由2个子系统组成:①财务管理子系统,根据财务管理制度建立完善、规范的财务管理与账务处理体系,实现财务管理的标准化、规范化和自动化,提高财务管理的效率;②资金分析子系统,在该子系统中,采用多种分析方法,建立完善的资金分析体系,定期对核电厂的资金使用情况进行分析和总结,并提供资金使用分析报告,为决策层对资金使用决策提供依据,以实现核电厂资金资源的优化和充分利用。

此外,还包括换料管理系统、行政管理系统、退役管理系统以及系统维护等部分。

核电厂集成管理系统的体系结构如图4所示。需要指出的是,该系统是一个开放的系统,可以根据核电厂管理的需要进行修改和扩充。

整个系统可利用CIMS应用集成平台环境中开发设计,并可通过网络系统与其它应用系统进行信息交流。的设计进行了研究。对核电厂实施全寿期的集成化管理,不仅为构建核电厂科学的管理体系提供了一个新思路,而且可以充分优化核电厂的人力、物力和信息资源,缩短核电厂的设计、建造周期,节约成本,提高核电厂的工作效率和经济效益。

参考文献

[1] 吴澄. 现代集成制造系统导论—概念、方法、技术和应用[M]. 北京:清华大学出版社,施普林格出版社,2002.

[2] 肖凌,刘继红,姚建初. 分布式数据库系统的研究与应用[J]. 计算机工程,2001,27(1):33~35.

[3] 沈延森,丁秋林,王冰洋. CIMS信息集中的数据完整性及其实现[J]. 小型微型计算机系统,2002,23(10):1222~1225.

[4] 李海峰,王先逵,吴丹等. 分布式企业PDM系统集成框架研究[J]. 计算机集成制造系统—CIMS,2003,9(4):276~279.

[5] 彭继忠,李建国,黄利平等. 基于PDM框架的应用集成研究与实践[J]. 计算机集成制造系统—CIMS,2000,6(1):66~69.

[6] 黄利平,彭继忠,许隆文. 并行设计及其支持环境[J]. 计算机集成制造系统—CIMS,2001,7(11):39~44.

[7] 吴胜利,黄涛. CIMS环境中全局信息系统的总体结构与设计[J]. 清华大学学报(自然科学版),1998,38(3):108~111.

[8] 周刚,彭威,林亚军等. 信息集成及其在大型电站管理中的应用研究[C]. 贵阳:全球化制造高级论坛暨21世纪仿真技术研讨会论文集,世界图书出版公司,2004,10:595~598.

