

[核电]

AP1000核电机组维修领域设备基础信息需求浅析

文/山东核电有限公司 刘江波

核电站设备基础信息是运行隔离、工单、状态报告(CR)、预防性维修、资产管理等维持核电站生产信息系统正常运转的关键基础数据,与其直接相关或衍生的功能模块如定值管理、备件管理、标准工作包管理、变更管理等模块对核电站的安全、经济、稳定运行更是起着关键作用。

海阳核电项目作为首批国家第三代核电技术的自主化依托项目,规划建设6台百万千瓦级压水堆机组,单机容量125万kW,一期工程建设2台美国西屋电气公司第三代核电技术AP1000百万千瓦级压水堆核电机组。AP1000技术以其特有的非能动安全系统和模块化设计成为目前世界上安全性高、先进的核电技术。海阳核电基于MAXIMO平台开发了电站的生产信息管理系统,管理核电生产相关业务流程。鉴于AP1000电站设计特殊性、MAXIMO软件特殊要求,对山东核电维修相关设备信息需求内容和方法有特殊要求。

生产信息管理系统可以简化为静态数据、动态数据以及相适应的工作事务流程的集合。静态数据是电站的现实设备或组织结构等电子描述,基本保存稳定不变;动态数据是静态数据按照设定的规则流转而形成的系列记录,是信息系统的输出;工作事务流程是电站管理程序的电子化体现,决定了静态数据转变为动态数据的规则。静态数据中的设备信息是本文讨论的主要内容,设备信息在一定规则的驱动下产生符合电站生产需要的记录,即完成的维修活动电子化的描述记录,对这些记录的分析即是对维修活动的评价,从而为核电站维修管理优化提供参考依据。

设备信息是指与系统设备相关的技术特性的总称,是设备管理、工单、隔离等功能模块的基

础,主要实现对电站逻辑设备和物理设备清单及属性的搜集、维护和管理,通过向其他模块提供准确的设备信息支撑其他系统的运转,其他系统的业务活动为设备管理提供信息基础。设备管理中基础数据的定义与收集又是设备管理模块的核心和重点。实现的功能可以满足对设备运行维修的质量控制、对设备运行维修的成本控制、对设备运行维修的安全监督和对设备进行维修方法的研究等要求,并且能够提供齐全的信息(如报表等)和方便共享。

设备信息数据基本模型

设备信息管理工作的基本任务是通过构建足够容量且可以方便扩展字段的数据集来完成对设备的电子化描述,将与设备相关的信息进行整合,应用于设备的专项问题分析、设备故障原因分析、电站的老化和寿命期管理、设备健康管理、维修质量QC监督管理、设备缺陷管理和统计分析、技术改造执行管理、备品备件和国产化替代管理、特种设备管理的过程中并不断的根据自我完善和补充,最后达到设备维修优化、维修大纲优化的目的,以保证核电设备的健康可靠运行。

设备信息与相关模块的基本模型如图1所示。

模型中核心数据为功能位置数据与设备资产数据,这些数据均引用自基础数据,在此基础上衍

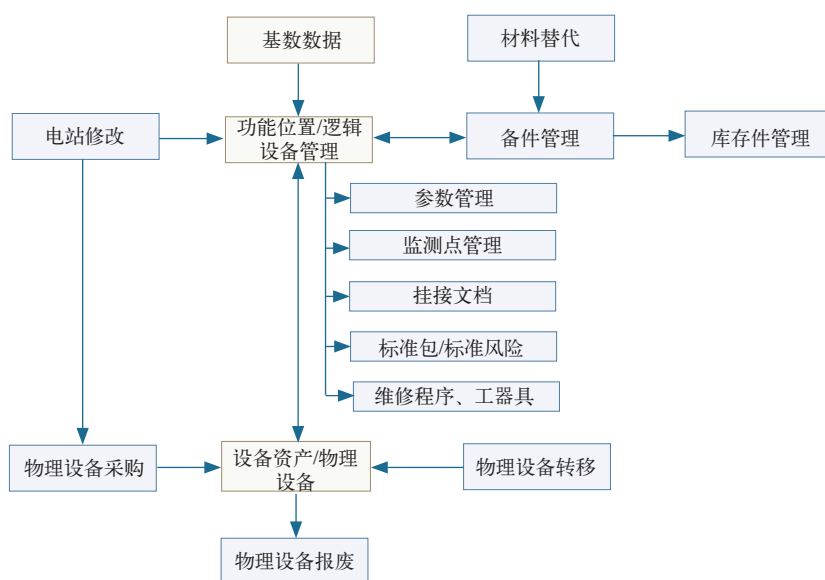


图1 设备信息与相关模块的基本模型

生备件数据、定值管理数据、标准工作包数据，应用与更高层次，这样就形成了涵盖设计、采购、安装、运行、维护、报废的全寿命期内的设备信息需求。

1. 功能位置(逻辑设备)信息

功能位置是实现系统设计功能的对象，在生产运行期间可以进行操作、改变状态的实体在线设备。就地设备必须设置与生产信息系统一致的标牌、中文名称。设定功能位置的从属关系可形成树状结构便于检索，可以设置虚拟功能位置将具有相同特性的实体功能位置或者其他虚拟功能位置归类管理。功能位置的状态主要包括启用、停用和报废三种状态：运行、备用设备功能位置状态为“启用”状态，当因变更后该功能位置已不发生作用但仍未撤除需改为“停用”状态，当设备已撤除后在系统逻辑设备状态改为“已报废”。

2. 设备资产(物理设备)信息

是功能位置对应的设备实体，是根据设计文件完成采购的物理设备的集合，是功能、构造完全相同的实体设备的抽象。设备资产可以在功能位置间进行移动。在某指定时刻，工艺系统功能位置与设备资产一一对应，非工艺系统的功能位置与设备资产允许存在一对多的关系（比如将数台设备从系统中拆下放入备件库存间），设备资产主要有“启用”、“停用”“报废”三个状态，反映了设备资产在工艺系统中投入、维修、报废的状态。设备资产信息通过属性字段的设置用于固定资产管理。

3. 备件信息

备件定义为保证核电厂系统设备正常运行、维护活动所需要备置的材料、部件、设备。专用备件服务于特定的一个或一类设备，是生产厂家为用户定制研发或是本企业特定型号的产品部件，这些备件主要从原厂家进行采购；通用备件指符合国际、国内、行业标准的通用产品，即可以从不同的厂家进行购买，其质量满足相关标准即满足现场的应用。备件/耗材信息与资产信息是多对多的关系，备件信息管理的目的除了满足仓储管理之外，还对于备件的最小定额优化、备件采购计划提供基础信息，在满足维修现场、大修备件需求的前提下尽可能的减少冗余存贮。

4. 专用工具信息

工具的信息要求与备件类似，可按照物资进行管理，专用工具服务于某一类或某一类特定设备，其源自厂家设计制造或后期电站自行设计制造。专用工具的使用往往需要有资质授权且熟悉专用工具操作的人员进行使用，部分结构复杂、价格昂贵的仪器虽属于行业通用产品，但为保证其使用的有效性、规范性，也可按照专用工具进行管理。

设备信息属性基本要求

1. 功能位置

（逻辑设备）的信息主要体现设计相关的信息字段，为电站的运行、系统功能的实现服务，基本要求包括：

1) 功能位置编码: AP1000的设备编码采用西屋定义的四段码编码原则: 第一段: 3个字符组成的电厂标识码; 第二段: 3个或4个字符组成的定位标识码, 可以是系统代码或子项代码; 第三段: 由2个字符组成的功能位置类型码; 第四段: 序列号。

根据西屋的规定, 第四段可以进行扩充, 继续增加段数以便于更加精细地描述功能位置的子项。

2) 基本属性字段: 包括功能位置中文名称、功能位置英文名称、物项码、物项序列、安装位置、设备分级、安全等级、辐射防护等级、设计功能、设计文件名称、隔离位置、在线状态等, 其中的“物项码+物项序列”可以作为具有相同设备资产属性需求的键值。

3) 辅助信息: 位置的上下级树状关系、相关风险与预防措施、设计技术参数表、技术规格书限值表、在役检查需求表、关联文档等。

2. 设备资产信息

体现设备实体的物理属性, 是维修活动、设备管理的对象:

1) 编码: 根据电站管理特点可以采用不同的编码方案, 实现设备资产的唯一化标识, 山东核电采用无分类流水码方案, 简单的编码有利于条码管理; 物理设备的编码的颗粒度最小到单体设备或配合功能位置进行细化。

2) 基本属性字段: 包括对应功能位置、设备类型、中文名称、英文名称、规格型号、产品序列号、设计标准、制造标准、设计寿命、外形尺寸、材质、重量、生产厂家、供货厂家、固定资产项目等。

3) 辅助信息: 设备上下级树状关系、相关风险与预防措施、设备参数、关联备件、关联耗材、关联专用工器具、关联文档、故障分类代码、标准工作包代码等。

3. 备件/物资信息

专用备件、通用备件、工器具、耗材等维修物资的信息除了物理属性外, 还有管理属性, 中电投集团公司将各下属企业的物资信息统一管理, 开发了集团公司主数据信息系统, 山东核电使用集团公司的主数据系统编码对自己的物资信息系统进行管理。

1) 物资编码: 采用15位分类、流水码方式, 能够区分规格型号、材质、图号、生产厂家不同的物资。编码由分类+品名+流水码构成, 提供了不同规格型号物资的唯一编码。

2) 基本属性字段: 包括规格型号、材质、图号、生产厂家。针对不同的物资, 其规格型号所需要的元数据不尽相同, 通过参数模板适应不同的物资, 按照不同物资对应模板填写而生成的规格型号符合行业、国家的相关规范。

3) 管理属性: 主要包括质保等级、采购周期、适用设备、最小储备定额、存贮要求等。

4. 其他辅助信息

主要包括设备分级标准、资产分类、设备类参数属性模板、标准风险分析与应对措施、标准故障代码、厂商码、物项码等, 这些数据字典参考国内、国际成熟电站或国际经验数据进行初始化并随着核电运行而持续改进。

山东核电设备信息搜集工作简介

山东核电设备信息搜集工作按照工作管理方法的逐步提高可分为三个阶段:

第一阶段(原始搜集阶段): 始于2010年6月, 由生产准备部维修各处负责整理功能位置、设备资产基本信息(设备和部件参数、备件、专用工具)、相关文档进行规范化整理, 为生产信息系统生产模块开发使用提供数据来源。基本资料来源于设计院提供的主设备清单、阀门清册、仪控清册、P&ID图样、SSD文件等, 遇到的主要问题是不同设计院文件格式不统一、资料信息不全。此时设备相关工作依赖简单的数据库平台或Excel表格, 随着设计图样升级, 采购设备到货资料不完整等实际问题的出现, 对设备信息搜集、维护带来巨大挑战。

第二阶段(CPIMS试用阶段): 2011年12月, 山东核电委托IBM开发生产信息管理系统CPIMS, 为提高系统的可用性, 项目组要求维修部牵头梳理功能位置、设备的基础信息, 维修部协同IBM公司制定了详细的设备信息模板、相关辅助表模板、设备搜集计划、设备搜集的组织协调机构, 历经一年时间, 功能位置信息基本可用、资产信息部分完成、辅助信息模板初稿完成。

第三阶段(逐步完善阶段): 2013下半年, 随着CPIMS项目的完成及公司组织机构的调整, 设备信息工作由技术部牵头处理, 在CPIMS系统开发设备信息搜集模块、编制发布设备信息搜集系列管理程序。截至2014年6月, 已经初步完成了#1机组功能位置、设备资产的信息搜集。随着设计固化、上游资料补全、设备现场安装完成等逐步补充完善设备相关信息。

备件信息搜集工作始于第二阶段，目的是建立生产与库存的有机联系，采用集团公司15位码物资编码替代原公司的物资流水码。维修部先后进行了到货备件的信息整理、已提报备件的信息整理、系统备件需求整理等标准化编码工作，编码管理体系的集团统一化管理使得山东核电仓储管理更趋于标准、规范，实现了粗放到精细化管理的转变。遇到的主要问题是实物与资料的不对应、实物附带的信息与集团公司主数据系统要求不一致，在备件信息梳理期间，与供货商、生产厂家进行了大量的沟通交流，维修部付出了大量劳动。

结束语

设备信息搜集是电站运行、生产的基础要求，AP1000核电项目当前没有成熟经验可以参考，在设备信息搜集的探索过程中，我们与国内、外的同行们进行了大量的技术交流，不同电站的设备信息搜集工作的进程基本相似，遇到的问题也相同或相似，且随着时间的积累，设备信息缺陷所带来问题将日益突出，最终将迫使电站花费更加巨大的代价来弥补。根据山东核电的设备信息工作过程，体会如下：

1) 尽早规划设备信息搜集的方案、成立相应的组织机构、开发相应电子平台，制定相应的搜集模板、发布相关管理程序。目前主流MIS系统默认“设备信息已经完好”来进行开发、应用的，不具有设备信息的搜集、甄别、生效功能模块，建议开发单独的设备信息搜集平台负责设备相关信息搜集过程管理，将批准生效的数据通过接口方式同步到生产信息系统，以便于提高工作效率、灵活性和稳定性。

2) 电站初期应规划扩展性强、编码规范、分

类合理的电子文件体系，对于收集到的资料进行合理的编码，引用的文件编码字符串可以保证可以检索到生效文件。构建文档系统的初期，建议将技术类文件与设备的关联作为文档的一个属性。核电站海量的文件资料，如果分类不清、不合理、不完善，将会导致对文件的查询、使用效率极低。

3) 物资采购过程中，制定统一的设备信息清单、模板，重视随货资料的搜集、电子化归档。对于备件的提报、采购、到货验收、入库、使用等环节，以统一编码（如CPI集团公司统一的15位编码）进行流转和管理，约束承包商按照统一的格式提供符合国际、国家、行业标准的物资规格型号，公司物资编码应与使用的设备资产进行关联，以便于汇总电站需要的备件、库存的备件、需要购买的备件、备件在现场设备上分布等影响电站维修、库存、计划等关键活动的报表。

4) 设备信息搜集工作应有专门人员/组织负责，工作应具有延续性、唯一性、权威性，定期发布全厂唯一的功能位置编码表，各部门按照分工补充完善所辖信息，以功能位置码为中心开展核电生产相关工作，应用与电站安装、调试、运行、维修工作中，通过设备信息实际应用快速地验证这些信息的正确、完整性，从而进行修正，消除信息错误带来的隐患。

设备信息收集工作是一项长期而艰巨的任务，将伴随着核电站的运行寿期。随着AP1000核电站的逐步商运，其设备管理工作的成熟，设备信息工作必将更加规范、高效和完善，山东核电前期的探索、尝试和努力付出将为AP1000核电机组设备管理工作提供良好实践。EA

(收稿日期：2015.04.10)

(编辑：白文亭)

(上接第73页)

从上述仿真中可以看出，随着风电功率的渗透率增加，风机所需的无功功率将增大。也就是说，在没有无功补偿装置时，风力发电机将从系统吸收无功功率，这会导致母线电压幅值下降。如果电网不能向风电场提供足够的无功功率，则母线电压将持续降低，最终会导致系统失稳。

结束语

本文在Matlab下搭建了含风电场的两区域四机系统，分析了风速、风电输出功率及其渗透率

等对电力系统稳定的影响。具体表现在，阵风的风速及变化幅度对系统稳定性有较大影响；风电渗透率越高，其对系统带来的不稳定隐患将大大增加。当风电渗透率到一定程度时，系统处于稳定的临界状态，此时如果没有有效的补偿、控制措施，遇小扰动后，系统将失去稳定。该仿真分析对风电并网下电力系统动态行为分析及相应控制措施的制订具有借鉴意义。EA

(收稿日期：2015.04.10)

(编辑：白文亭)