

基于Intergraph Smart 3D的电厂空间管理及优化

■ 龚佳琦，李梦顺 中机国能电力工程有限公司

关于中机国能电力工程有限公司

中机国能电力工程有限公司，是一家集工程规划咨询、工程设计、工程勘察、工程管理、设备成套以及工程总承包的工程公司，为中国机械工业集团成员单位。至今，中机国能电力工程有限公司已完成近600项海内外燃煤发电、燃气发电、光伏发电、风力发电、垃圾发电、生物质发电、光热发电、输变电等电力项目。具有电力行业甲级、工程勘察甲级、工程咨询甲级等资质证书，通过了质量、环境、职业健康安全管理体系国际认证和高新技术企业认证。2012年2月，中机国能电力工程有限公司成立数字化设计部，从组织机构上保证了设计平台的跨越提升，目前成功打造了数字化设计平台并投入工程应用，形成了强大的设计生产力，标志着发电厂设计从此跃上了新的台阶，揭开了全新的篇章。

摘要：运用Intergraph Smart 3D软件的模型可视化、数据集成和碰撞检查对电厂设计空间进行高效管理。分析当前设计过程中影响设计空间管理的三大因素，总结Smart 3D在这三大因素中展现的优势，并提出运用Smart 3D碰撞检查功能进行空间优化的方法。

涉及的海克斯康PPM产品：Intergraph Smart 3D；IFC Customization

1.引言

由于火力发电项目的项目体量大、涉及专业多、专业间设计协同度不足、设计资料更新不及时，导致设计人员对设计空间的管理存在较大问题。如：在设计过程中阀门位置放置不当，使得阀门操作不便；管道空间布置不合理，未能给维修人员留出足够的维修空间；专业之间协同不足，施工过程中发现不同专业之间出现物理碰撞，需要修改设

计方案等。一个合理的电厂空间管理包含安全、功能、成本以及美学四个层面，设计人员需要在保证电厂安全及功能的前提下，尽可能的节约工程成本，并追求电厂整体布局的整齐美观。电厂空间管理的合理性、准确性、科学性直接影响项目后期的施工进度、质量及成本。使用Smart 3D的三维可视化、专业集成以及碰撞检查功能进行电厂的空间管理及优化，可从根本上提高设计质量。

2.影响设计过程中空间管理的因素

大到功能区的划分、设计空间的整体布局，小到管道走线、阀门的放置都是电厂空间管理的内容。三维软件仿真度的优劣、设计规则的制定、专业协同的手段是影响空间管理的重要因素。

2.1 模型部件的精度

阀门手轮和管道相撞、阀门下阀体穿楼板^[2]等细部问题是工程中的常见问题，在三维设计时，模型部件外形精度的高低会影响设计人员对设计空间的细部掌控，对是否能合理的利用设计空间起到至关重要的作用。

Smart 3D软件以数据为核心^[1]，数据库管理人员可根据《2000典管》、《阀门清册》等定制高精度的模型部件，建立模型部件库，设计人员可以更加真实的模拟出不同部件的实际占空。

Smart 3D中的模型部件的创建可以通过参数化、非参数化以及导入外部文件来实现^[3]，外形简单，参数化可行性高的部件（如：典管部件、标准阀门、常规小型设备等），运用VB程序或Solidage软件进行小型设备以及管道部件的参数化设计；厂家定制的大型设备（如：汽轮机、锅炉等）则运用Revit进行单独定制，以保证设备的精准性。

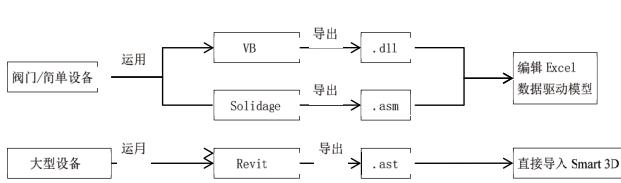


图2.1.1 管道部件/设备定制流程

2.2 设计规则的制定

相对于二维逻辑设计而言，三维布置设计更加直观、方便。对于如何运用三维设计平台进行更合理的设计空间布局，需要在设计之前对整个建筑空间和设计流程提出合理的规定。

规定内容如下：

- (1) 制定合理的人行通道宽度和高度，避免阻碍人员通行；
- (2) 规定阀门的最高安装位置，避免人员操作不便；
- (3) 模块化设计，尽量做到设备、管道、仪表的整齐划一；
- (4) 确定同专业设计内容的优先级，先主后次，次要避让主要原则。如管线设计时，优先进行四大管道的定位和设计，再设计其它；
- (5) 确定不同专业设计内容的优先级，以设计变更难度小的配合设计变更难度大的；
-

Smart 3D 软件提出 Operation (操作空间)、Maintenance (维修空间) 的概念，设计人员可按照规定内容进行空间的预设，如汽机房管道走线前先利用 Maintenance 功能对主要人行通道进行占位，在设计前期就避免出现此类的空间布局不合理问题。

2.3 专业协同

传统基于文档的设计管理方法即耗时又费力，而且严重依赖容易出错的重复性人工活动。Smart 3D 软件基于 SmartPlant Foundation 进行数据集成、整理、加工等，实现跨专业的数据复用、自动升版控制和变更管理，统一输出。自动化和数据复用使非增值性工作不占用宝贵的时间，自动化变更管理和版本控制确保及时向下游工作流程提供设计变更，使设计保持连贯和通畅，避免在设计过程中因专业提资不及时产生的专业碰撞问题。

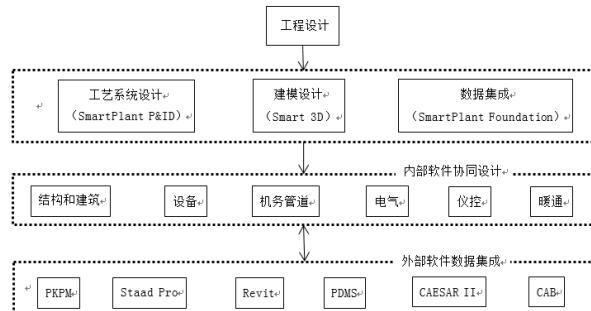


图2.3.1 专业分工与协同设计

3. 基于碰撞检查功能的空间优化

3.1 碰撞检查

IFC Customization 插件是海克斯康 PPM 为 Smart 3D 研发的一款碰撞检查软件，可对空间布局合理性进行检阅，成为空间优化管理的依据。

在 Smart 3D 环境下，对全厂设计的管道、结构、设备、电气等进行碰撞检查，提高净空利用率，优化管道走线，为设计空间优化提供技术支持。根据设计需求，将碰撞检查分为两类。一类为物体间的直接物理碰撞（硬碰撞）；另一类为物体与预留空间的碰撞（软碰撞）。预留空间指：管道保护层、阀门操作空间、巡检维护空间等。至于碰撞检查的方式则由碰撞检查规则驱动，由加载的 Excel 表进行控制。

3.1.1 碰撞检查规则的优化

运用“IFCRule.xls”文件中的“IFCClearanceRule”表定义 Smart 3D 工程中的碰撞规则。根据《火力大电厂汽水管路设计技术规定》第 5 章“管道及附件的布置”中相关要求，对“IFCRule.xls”文件做了相应的编辑，以满足实际工程需要。

碰撞检查规则又分为碰撞规则和忽略规则。碰撞规则中按照软碰撞和硬碰撞制定不同的净空距离，如：管道保温层与墙体之间的净空距离不小于 150mm，净空距离低于 150mm 视为碰撞。

ObjectType1	Aspect1	ObjectType2	Aspect2	Clearance
Pipes	Insulation	Wall Part	Simple Physical	150

表3.1.1 碰撞规则表

而忽略规则是对不必要的碰撞内容进行忽略，如结构本身存在多种关联关系，碰撞检查时会检测出大量关联点的碰撞信息，但此类信息是设计过程中必然发生的，设计人员无需关注，因此需要定制忽略规则，忽略结构与结构本身的碰撞。

3.1.2 碰撞报表的自动生成

Smart 3D软件提供碰撞报表自动生成的功能，碰撞报表由碰撞点三视图和碰撞信息汇总表两部分组成。碰撞信息汇总表能自动进行信息汇总，显示单个设计人员设计成果中碰撞点的个数，方便设计人员设计进行设计复查、变更，校审人员可以通过碰撞报告直观了解到当前设计问题，提出设计变更意见，在设计阶段就发现设计中的不合理。

```
</IgnoreObjectsForClashChecking>
<IgnoreClashesBetweenObjects>
<!--ByObjectPC List1="GHOST" List2="*"/>
<!--SlabPenetration SlabTypes="Grating" ObjectTypesList="Pipes,Handrails,Member Part Linear,Member Part Curve" PipeNPOLessThanOrEqualTo="3in" MemberTypeCategoryList = "Column,Brace"/-->
<!--WithinToleranceToMemberPartEnd Tolerance = "10in" ObjectTypesList="*"
MemberTypeCategoryList = "Column,Brace"/-->
<ByObjectType List1="Member Part Linear" List2="Member Part Linear"/>
<ByObjectType List1="Member Part Linear" List2="Member Part Curve"/>
<ByObjectType List1="Member Part Linear" List2="Slab"/>
<ByObjectType List1="Member Part Curve" List2="Member Part Curve"/>
<ByObjectType List1="Member Part Curve" List2="Slab"/>
<ByObjectType List1="Member Part Curve" List2="Stairs"/>
<ByObjectType List1="Member Part Curve" List2="Member Part Curve"/>
<ByObjectType List1="Member Part Curve" List2="Slab"/>
<ByObjectType List1="Member Part Curve" List2="Stairs"/>
<ByObjectType List1="Member Part Curve" List2="Wall Part"/>
<ByObjectType List1="Wall Part" List2="Member Part Linear"/>
<ByObjectType List1="Wall Part" List2="Member Part Curve"/>
```

图3.1.2 忽略规则

行标签	计数项:Created By
SHXD-POWER\CHENXUNYU	9
SHXD-POWER\HAONA	20
SHXD-POWER\LINMENGSHUN	65
SHXD-POWER\LIUMINGQIA	23
SHXD-POWER\LIUQIAN	48
SHXD-POWER\LIYUE	45
SHXD-POWER\MAOXIAOJUN	1
SHXD-POWER\TIANYIJUN	6
SHXD-POWER\XIONGCHEN	11
SHXD-POWER\XUYUNFENG	2
SHXD-POWER\YUANYUCHAO	48
SHXD-POWER\ZHANCUNJI	8
SHXD-POWER\ZHOUYUANXI	59
SHXD-POWER\ZHFUFENGFEN	2
(空白)	
总计	347

图3.1.4 单人设计碰撞个数汇总

3.2 电厂空间优化

3.2.1 阀门安装位置优化

每个手动阀门和主要电动阀门都应该有相应的检修空间或操作空间。Smart 3D提出Operation的概念，在进行阀门DLL文件编写过程中可同时定义维修空间的大小。

ObjectType1	Aspect1	ObjectType2	Aspect2	Clearance
Pipes	Insulation	Wall Part	Simple Physical	150
Pipes	Insulation	Pipes	Simple Physical	200
.....				
Pipes	Operation	Slab Part	Simple Physical	0

表3.2.1 阀门碰撞规则优化表

通过定制阀门碰撞检查规则，来优化阀门的安装。在碰撞检查规则中定义不允许任何其它管道、设备、建筑与该阀门产生软、硬碰撞，并满足最小净空距离，但该阀门的维修空间一定要与楼板产生软碰撞。这样不但保证了阀门的维修空间不会被其它部件占用，还保证该阀门在维修人员触手可及的高度，无需增加不必要的操作平台，能够节约土建建设成本。

3.2.2 电厂功能区优化

液氮贮存设施、通风冷却塔的布置间距，氢站、燃油设施、液氮贮存设施与其它生产、辅助建筑的排布等，都需满足《大中型火力发电厂设计规范》中的关于电厂功能区布置的相关要求，通过Smart 3D中Volume的功能对各类功能区域进行框定，通过定制相关功能区碰撞的碰撞规则对电厂功能区排布进行合理性检查，以此来优化电厂空间布局，提高设计质量，保证工程安全。

图3.1.3 碰撞信息汇总表

4. 总结

由于火力发电项目的项目体量大、涉及专业多、专业间设计协同度不足、设计资料更新不及时，导致设计人员对设计空间的管理存在较大问题。如：在设计过程中阀门位置放置不当，使得阀门操作不便；管道空间布置不合理，未能给维修人员留出足够的维修空间；专业之间协同不足，施工过程中发现不同专业之间出现物理碰撞，需要修改设计方案等。一个合理的电厂空间管理包含安全、功能、成本以及美学四个层面，设计人员需要在保证电厂安全及功能的前提下，尽可能的节约工程成本，并追求电厂整体布局的整齐美观。电厂空间管理的合理性、准确性、科学性直接影响项目后期的施工进度、质量及成本。使用 Smart 3D 的三维可视化、专业集成以及碰撞检查功能进行电厂的空间管理及优化，可从根本上提高设计质量。

参考文献：

- [1] 姚伟龙. 浅谈 SMARTPLANT 3D(智能工厂三维软件)与 TEKLA STRUCTURE 异同 [J]. 科技创新导报, 2010(18): 90+92.
- [2] 麻晓熙. SP3D 软件在自控设计中的应用 [J]. 中国仪器仪表, 2016(02): 39-42.
- [3] 杨繁. 三维设计软件 PDMS 与 SP3D 的应用比较 [J]. 广州化工, 2017, 45(21): 135-137.

