

[控制系统]

三维可视化通道设计与智能 电缆敷设在发电厂中的应用

文/中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司 丁志勇

电缆通道设计与电缆敷设是发电厂电气设计中花费时间和人力较多的部分，也是现场施工容易出现问题的环节，介绍了一种基于PDMS电缆通道设计，结合CAD博超电缆敷设的方案，通过实际工程的应用分析，在设计、施工和材料预算等方面均取得了理想的效果。

电缆通道设计与电缆敷设是核电、燃煤、燃机等发电厂的重要设计内容，贯穿初步设计至施工图后期阶段，需要投入大量人力及时间。近年来电缆通道与敷设在发电厂设计中面临新的难题，主要包括以下几方面：

1) 土地资源珍贵，征地困难，使电厂总体布局更紧凑，厂房面积减少，各种设备、管道布置更加紧密，留给电缆通道的可用空间被极大压缩。

2) 为尽早商运，抢占发电市场份额，电厂的建设周期比以往更短。设计时间的缩短使图样成品质量保障面临困难，而施工时间的缩短却又要求图样成品必须具有更高的质量。

3) 随着过往电厂的运行与经验反馈，业主对电厂的建设质量、人性化、美观性的要求提高，电缆通道的设计不再局限于“能够放置电缆”，而应结合场所优化布局，与厂房融为一体。

4) 以往设计院主要承担电厂设计责任，但现在已经开始承担总包工程，因此通道设计的合理性，电缆敷设路径的计算选择，直接影响着各类型电缆的采购数量，如果设计不合理将极大增加材料及运输成本，该问题在海外总包工程中尤为突出。

针对上述问题，旧有的二维平面通道设计，人手敷设计算电缆长度的设计手段已经不能满足工程需

求，目前也已经有不少借助计算机软件的解决办法，如北京电建公司将CADMCL应用于托克托电厂进行电缆敷设等。借助计算机软件设计的手段，能有效地提高设计效率和电缆长度的准确性。

我院根据近年来的工程特点和现场施工经验反馈，结合已有的计算机设计软件，通过实践尝试，形成了一套完整的基于PDMS三维可视化通道设计与博超智能化电缆敷设流程，由于加强了与其他专业的设计输入输出耦合性，因此具有更高的设计效率和准确性。

设计软件及流程

在通道设计与电缆敷设过程中主要用到PDMS与CAD博超电缆敷设软件。PDMS（工厂三维布置设计管理系统）可以实现全比例三维实体建模，建模结果所见即所得；在交互设计过程中，可以多专业同步进行设计，实时地进行三维碰撞检查；PDMS包含的AutoDraft程序，可实现模型向AutoCAD导出转换，实现常用设计软件之间的无缝切换。博超电缆敷设软件基于AutoCAD开发，通过读取电缆清册的逻辑信息，结合平面设备布置及路径，自动进行电缆优化敷设、精确统计电缆长度，并自动生成清册统计材料。完整的通道设计与电缆敷设流程如图1所示。

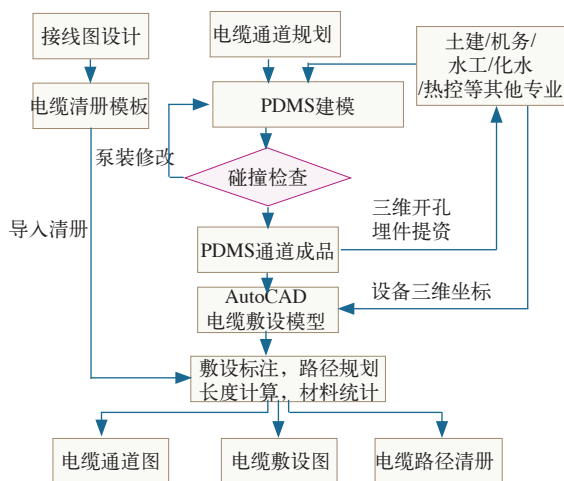


图1 电缆通道与敷设流程图

1. PDMS通道设计

就电缆通道建模而言，有多种可选择设计软件，但考虑到要把电厂所涵盖的专业都要放在一个协同、可视的三维环境中去设计与检碰，PDMS是较好的方案，因此利用PDMS进行电厂协同建模已有广泛应用。与过往工程只选取主厂房等设备密集的区域进行建模不同，本文提出对电厂全电缆通道进行三维建模（包含主厂房、锅炉房、水系统，输煤系统、除灰系统及厂区等）。全厂三维建模能实现电厂通道一体化、可视化的需求，由于整个设计过程都放在一个开放、协同的环境中，各专业同时在PDMS进行设计布置，因此能在正式出资料前就对碰撞进行修正，图2为通过碰撞检查后修正的电缆桥架设计。

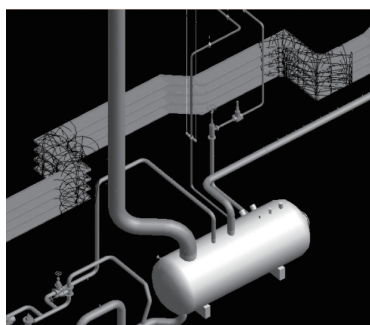


图2 碰撞修正后的电缆通道图

传统的电缆通道提资需要烦琐的平面图校核、提出和接收流程，时间较长且不利于检查，基于PDMS的电缆通道建模能实现全三维提资，当电缆通道完成碰撞检查后，就能根据厂房结构选择桥架生根固定方式，并生成相应埋件。电缆竖井穿墙及楼板能检测开孔，自动生成的埋件开孔检查无误后能通过PDMS发布至土建专业，实现无纸化提资。

2. 博超电缆敷设

由于PDMS不具备电缆路径规划功能，因而需导出通道模型至AutoCAD进行电缆敷设。博超电缆敷设软件能正确读取PDMS导出模型的各种参数，根据预定义电缆通道编码原则，对全厂电缆通道进行分区域、智能化节点编号。与过往工程只进行局部通道与电缆敷设不同，全厂电缆敷设需统一各厂房建模比例尺寸，正确连接各厂房电缆通道接口，由于最终电缆敷设是基于全厂模型，如果通道不畅或桥架超容就会导致电缆路径异常，电缆长度大量增加。因此在前期电缆通道规划中就应根据负荷分布去规划好桥架的层数和类型，如中压，低压或控制等。

图3、图4为博超电缆敷设软件中局部及全厂模型。

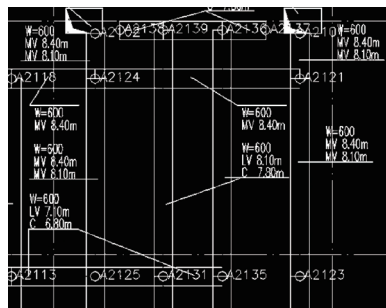


图3 局部电缆敷设图

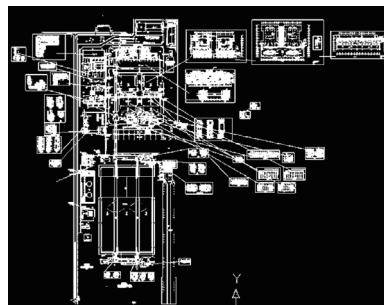


图4 全厂电缆敷设图

3. 电缆清单及设备三维坐标录入

在已有工程应用中，在电缆敷设模型就位后，需对设备位置进行手动定位录入，设备定位完成后计算机再计算生成电缆路径及长度。设备定位是计算机敷设电缆中较为花费时间的环节，针对此问题，本文提出的智能化电缆敷设需各工艺专业提供设备三维坐标信息，整合到电缆清单中导入，通过在电缆清单中加入开关柜和负荷设备的坐标信息，能节省设备逐一定位的工作量，极大地提高电缆敷设的效率。

工程案例分析

为验证本文提到的电缆通道设计及电缆敷设效果，选取国内A和B两个2×1 000 MW燃煤发电厂进行对比。A电厂为早年投产电厂，采用二维平面化电缆通道设计，根据平面通道设计图，主厂房及锅炉部分采用博超电缆敷设软件建模并敷设电缆；B电厂为今年投产电厂，采用本文方法进行全厂电缆通道设计与电缆敷设。通过设计时间、碰撞检查、电缆材料统计等方面进行分析，结果如下。

1. 设计时间

A电厂二维平面通道采用CAD设计，基于专业间互提资料配合布置检碰。由于无需进行三维建模及跨软件操作，因而用时较短；在电缆敷设部分A电厂需要重新建模敷设模型，且设备需要手动定位，出版清册时需要花费大量时间及人力，因此在整个设计阶段需花费更长时间。

2. 碰撞检查

常规火电厂电缆通道碰撞问题主要集中在汽机房与锅炉房。A电厂在施工图设计阶段通过与各专业的检碰配合，能发现各类明显碰撞并修改；B电厂通过三维可视化设计及软件自动检测，能显示各种碰撞及潜在碰撞问题。最明显差异体现在现场安装期间发生的碰撞，A电厂由于只是在平面图中检碰，导致很多在平面图中难以检查的碰撞问题在安装过程中显现，现场工代需要花费大量时间去处理，表1是两电厂因电缆通道安装所产生的工程联系单与变更单对比表。

表1 电动机与变压器匹配

	A工程	B工程
工程联系单	12	3
设计变更单	2	0

由此可见三维可视化建模能在前期就解决大部分碰撞问题，提高现场安装效率。

3. 电缆统计

电缆清册是前期大量设计工作的最终输出成品，包含了电缆所经路径和长度，电缆清册的准确性直接影响电缆敷设的效率以及采购的成本，由于全厂电缆类型繁多，难以逐一比较，考虑重要性和单价成本，选取中压电缆作为比较对象，两工程的中压电缆设计长度及实际使用长度误差如表2所示。

表2 中压电缆长度误差对比表

相对误差/%	A工程	B工程
ZR-YJV22-6/10 3×240	-8.2	-6.6
ZR-YJV22-6/10 3×185	-7.7	-6.8
ZR-YJV22-6/10 3×150	-12.3	-7.6
ZR-YJV22-6/10 3×95	-13.1	-6.4
ZR-YJV22-6/10 3×70	-10.8	-8.2
ZR-YJV22-6/10 3×50	-12.5	-8.6
ZR-YJV22-6/10 3×35	-15.4	-6.4

上表采用的相对误差计算公式为

$$\delta = \frac{L-L_d}{L} \times 100\%$$

式中L表示实际敷设长度，L_d表示设计长度，计算结果均为负数，表示实际使用电缆长度比设计长度要少，电缆清册考虑了一定电缆裕度。

从表2可知两电厂的电缆统计都较为准确并有余量。B电厂电缆精确度较高的原因在于采用了全厂通道三维建模，通道成品图样与敷设模型保持一致；而A电厂只建立了汽机房与锅炉房的敷设模型，厂区及其他部分的电缆长度只能通过手动测量，因此误差较大。

结束语

本文介绍了三维可视化通道设计与智能电缆敷设在发电厂中的详细设计流程，并通过两个2×1 000 MW燃煤电厂的数据结果对比，证明了该方法在设计时间、碰撞检查及电缆长度统计等方面均具有理想效果。随着日后工程经验的累积与软件功能的增强，电缆通道设计与敷设工作有望进一步改进，实现更智能，简便，精准的设计。EA

(收稿日期：2016.10.23)

(编辑：朱金凤)