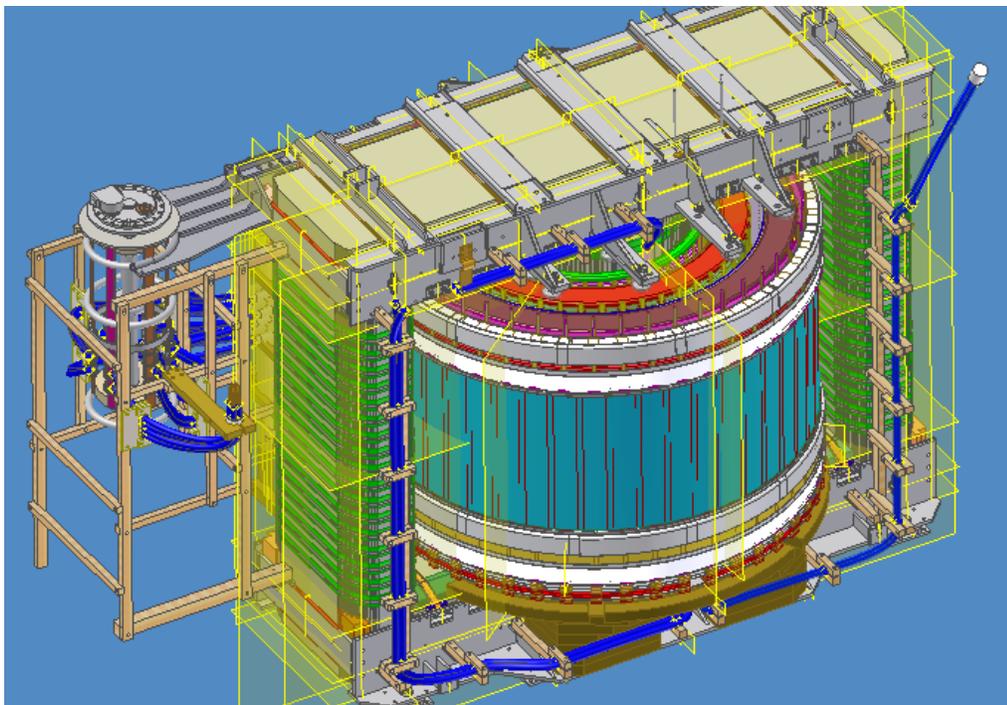


Autodesk公司的INVENTOR的管道布线模块，基本能够满足变压器引线复杂多变的生产设计要求，通过二次开发，该软件可以在本行业推广普及，并对本行业设计效率和质量的提高、生产周期的缩短有直接作用。

—孟庆民  
项目负责人  
沈阳变压器研究所

# Inventor针对行业特点，解决实际问题

## 沈阳变压器研究所 孟庆民



### 企业背景

成立于1960年的沈阳变压器研究所股份有限公司，位于沈阳国家级高新技术产业开发区，是国内唯一的变压器、互感器和电抗器的科研开发机构。

沈阳变压器研究所具有很强的科研开发能力，承担、组织并完成了几十项国家重大科技攻关和科研项目，取得了丰硕的科研成果，共荣获国家级及省、部级科技进步奖34项。沈阳变压器研究所还建立了世界第一流的国内规模最大的强电流检验室和国内第一流的变压器试验基地，与荷兰KEMA试验室和意大利CESI试验室等国际知名的电工试验室均有密切的工作联系，可满足500kV及以下变压器类产品的试验要求，为提高中国变压器产品抗短路能力提供了足够的试验条件。

我所在部门的主要工作是：面向变压器行业，致力于变压器产品相关软件的开发。主要包括各类新产品结构优化设计、电磁计算优化设计和变压器工程分析计算；推进行业计算机三维可视化设计技术的应用，提高行业数字化技术在生产、制造、试验、管理以及经营等方面的应用水平。

### 急待解决的实际问题

虽然我所得到了很多荣誉，也拥有很多客户。但是随着技术的发展和需求的提升，在实际的生产工作中，还存在一些急需解决的技术问题，包括：如何与客户进行更好、更有效的沟通；变压器设计中最核心的铁芯和线圈的计算问题；现有的布线方式需要进行长时间的手工计算，无法保证零部件设计数据的一致性；设计中，修改关联文件带来的问题。

上述问题是在实际的工作过程中遇到的最突出问题，不解决好这些问题，轻则会影响我们的设计周期、设计质量，重则影响客户满意度。当今市场竞争日趋激烈，效率就是效益，而现有的二维软件已经不能满足我们对效率的要求，因此我所决定引进三维软件进行设计及相关计算。

为了找到最适合我所的三维软件，在选型阶段我们试用了许多同类软件，包括AIP、Pro/ENGINEER、SolidWorks以及Solid Edge等主流软件。通过一段时间的试用，公司最终选用了INVENTOR软件。与其他待选软件相比，

INVENTOR软件最适合我所的现有情况，相信可以帮我们解决目前在实际中遇到的棘手问题。另外，选择INVENTOR软件还因为其与AUTOCAD接口方便、原有的DWG文件利用率高、价格合理及便于行业推广等因素。

而且，我所的产品也有其独特性，变压器产品的线圈在制作时绝大多数是靠手工操作来完成，因此目前还离不开二维工程图，对于二维参数化图，应用AutoCAD编程比较方便。但大型变压器的引线布置比较复杂，利用INVENTOR的电缆布线功能就能较好解决这一问题。

在试用阶段，INVENTOR软件表现出了良好的性能，明显提高了设计效率。以设计一台电压等级为110千伏、容量为63000千伏安的三绕组有载变压器产品为例，以往靠人工设计，需要5人10天左右才能完成；而采用该系统设计，仅需2人6天即可完成，设计效率提高了4~5倍。试用后，我们共采购了30套INVENTOR软件，主要用于产品开发部和软件开发部，用来完成产品设计和变压器三维设计系统平台的开发工作。

#### 完满解决所有问题

引进INVENTOR软件后，很多问题都迎刃而解，明显提高了设计水平和设计效率。不仅满足我们事先期望的要求，在某些方面优势还很突出，因此INVENTOR软件已经成为我所的主流设计平台。

目前我们面临的主要问题，在使用INVENTOR软件后，都已经完满解决，其中包括：

(1)DWF文件很好地解决了与下游企业、客户交流和沟通的问题；

(2)通过在INVENTOR和AutoCAD上开发二次开发软件，解决了变压器设计中最核心的铁芯和线圈的计算问题；

(3)应用INVENTOR软件的“管道布线”模块，操作步骤少、灵活性好，在几分钟内就可完成手工计算的方式需要一天的布线设计；

(4)通过Vault实现协同设计，保证了零部件设计数据的一致性，而图纸以及相关的技术文档也可在Vault中实现统一管理；

(5)在使用INVENTOR软件后，设计中因修改关联文件而带来的问题减少了90%以上。

除此之外，INVENTOR软件还有一些明显优势。

(1)软件的易操作性。我们现有的设计人员年龄大多在30~40岁间，短时间就能轻松掌握INVENTOR软件。另外，INVENTOR软件对新人熟悉设计工作和产品结构都很有帮助，但熟练掌握至少需要1个月的时间。

(2)全面开放的二次开发工具。我们一直在INVENTOR软件上进行二次开发，INVENTOR软件的数据接口和开发接口有很好的开放性。

(3)数据交流性好。在选用INVENTOR后，为了满足用户的需求，我们也使用一部分其他的软件系统，通过中间件模块实现数据共享，还建立了专用数据库，互相关联性和数据传递性良好。

但是，与其他软件一样，INVENTOR软件还有一些可以进行改进的部分。

(1)我们对于Autodesk公司组织进行的培训非常满意，但如果能结合我们在工作中的实际情况进行

培训将更有利于我们的设计工作。

(2)在你们的实际设计工作中，会遇到变压器引线的空间走线、电气绝缘距离的控制等难以解决的问题，INVENTOR可解决部分问题。在三维设计时，如能实时显示空间距离的变化或设定一些约束条件、给出一些提示信息会更方便，这些功能在其他三维软件中曾有过应用。

(3)我们现在设计所用的硬件配置基本上是P-CPU2.8G/内存2G/256M独立显卡，运行流畅。对于较大产品的装配设计，建议内存至少应为2G，有条件应扩至4G。

(4)INVENTOR软件的自适应功能很好，有利于我们的设计工作，但稳定性还需提高。

(5)针对大型件的设计，INVENTOR软件的动画功能较实用。但如果能增加模型简化处理功能、零部件配合关系的衍生功能将会更方便。

#### 应用示例

在变压器结构设计中，涉及到电、磁、热、力、场等诸多问题，仅以变压器引线设计为例，说明

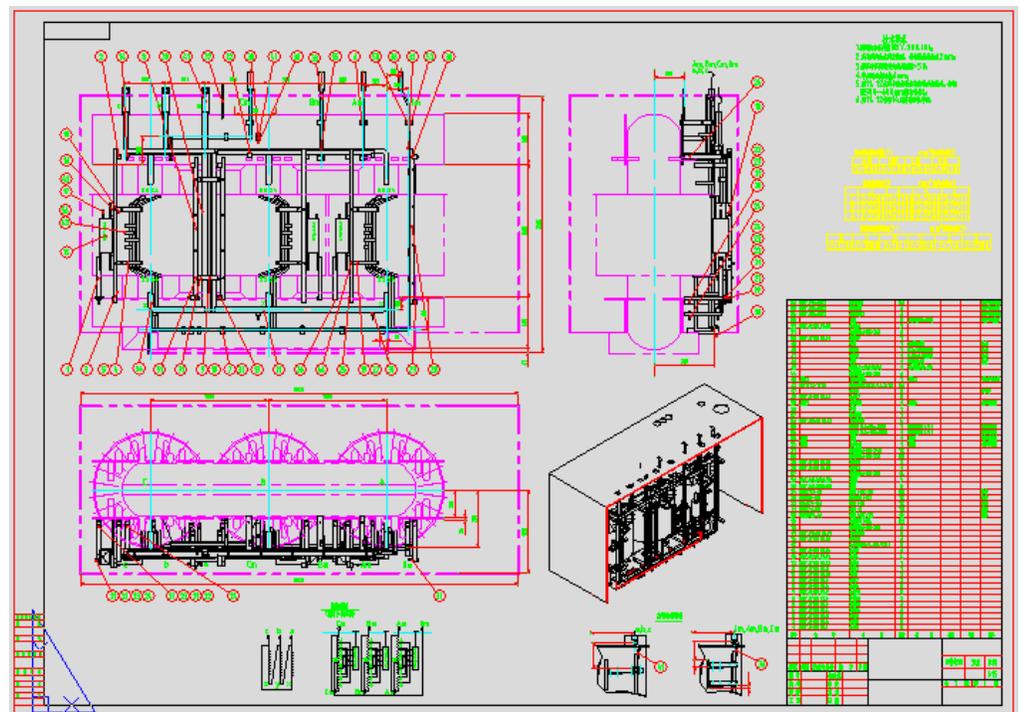


图1 变压器引线工程图

INVENTOR软件在产品中的作用。

变压器引线设计具有相关因素多、结构变化大及图面表达复杂等特点。型号为SFZ11-31500/110的变压器中低压引线二维工程图，如图1所示。如果单就这种结构而应用二维软件设计，不考虑结构计算所用时间，仅绘图工作量就很大。而一旦结构发生了变化，导致引线走线发生变化，相应的木件夹持结构也将随之改变，所以整张图纸就要重新设计，会耗费大量的时间。

近年来，随着变压器专业设计平台系统的成功研制，设计变压器引线部分的工作量明显减少。由于受平台的限制，结构设计还是不够灵活，软件开发者往往以量取胜（即增加各类结构的模板数量），但布线需要计算，工作量很大。引线布线也成为开发变压器三维设计软件的瓶颈。笔者多年从事变压器三维设计系统的引线部分开发工作，接触过多种三维设计平台，通过对比，觉得INVENTOR软件的“管道布线”功能是解决这一瓶颈的有效方法。

INVENTOR软件的“管道布线”模块，如图2所示。这种布线方式如果通过手工计算的方式完成几乎是不可能的，而应用“管道布线”模块只需添加十个线束，在几分钟内就可完成。且生成的线束具有自适应功能，不管结构如何变化，INVENTOR软件都会自动计算，使布好的线适应新的结构，大大减少了开发者的工作量，下面通过实例来说明这一特点。

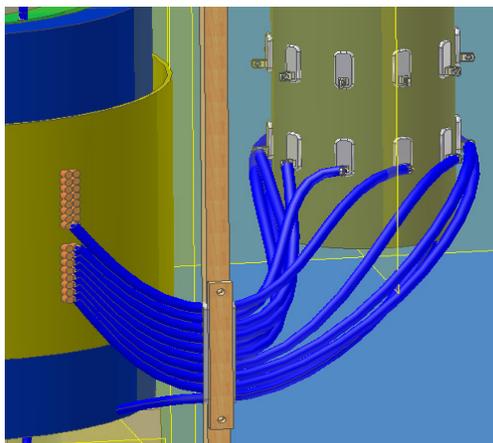


图2 “管道布线”模块

首先，需要将其他零部件装配好（也可以不全部装配上，因为布好的线可以随时添加“工作点”以改变线的布置方式，这也是该软件灵活性的另一体现），因为应用“管道布线”需要选择一些点以确定线的走向。然后，在打开的装配图的部件面板上选取“创建线束”命令，即弹出对话框，如图3所示。为便于记忆，可取容易理解、记忆的名称。选择好存储的位置后“确定”，就进入到了“三维布线”模式，此时，部件面板已经变成三维布线面板。在浏览器中用右键单击刚刚创建的线束，弹出快捷菜单，选择“线束设置”来定义线的外观。设置完成后，在三维布线面板中选择“创建线束段”进行布线，接下来的任务就是在装配图中选取各种点（包括各种特征点，如圆心、顶点等），选完后单击右键，在弹出的快捷菜单中选择“完成”，一条线就布置完成了。

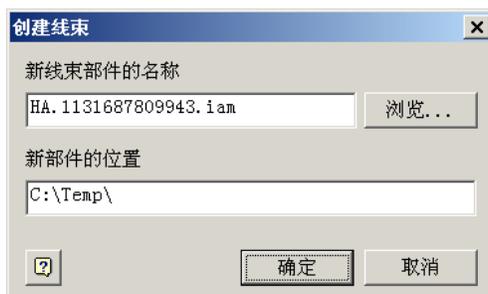


图3 创建线束界面

布线的关键是“工作点”的选取。在实际工作中，应尽可能多选一些“工作点”，否则会出现由于选取的“工作点”数量过少，而产生布线结果与要求不一致的情况。必要时，可额外创建一些辅助点作为“工作点”，并将这些点约束到要求的位置上。

用INVENTOR软件的“管道布线”模块生成的三维图，完全能满足引线的设计要求，如图4所示。由于引线布线对于操作者来说过于简单，因此我们在开发时已经将该部分做成交互式的，更增加了软件的灵活性，充分满足引线部分多变性的要求。

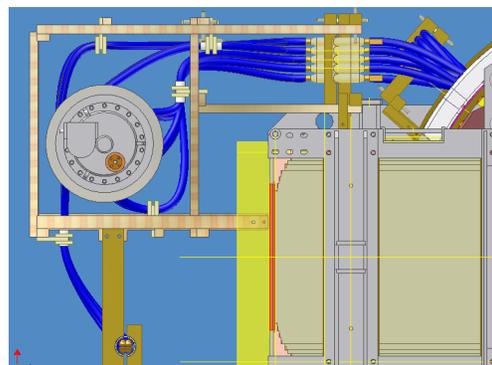
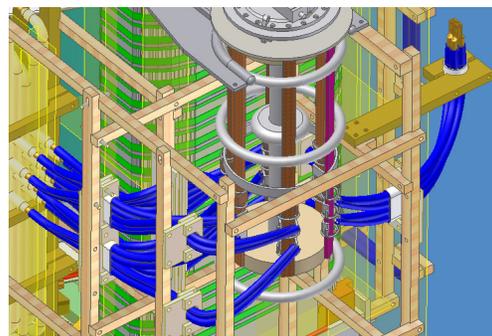


图4 生成的二维图满足要求

二维图是目前变压器行业指导生产的主要文档，因此二维图能否满足行业要求，也是至关重要的，用INVENTOR软件的“管道布线”生成三维实体后，投影生成的二维图，如图5所示。

由于变压器引线设计有其特殊性，受传统因素影响也较多，因此对二维图格式的要求比较严格，比如要求绘出油箱及器身外形，但却要求用双点划线、要求标尺寸等。INVENTOR的二维图功能比较强，如对单个零部件进行线型设置、整根线的可见性设置等，极大地提高了二维图的生成效率，可以满足引线设计的要求。

但是通过使用，也发现了一些问题，下面是在利用INVENTOR的“管道布线”模块进行变压器引线部分的开发时，遇到的悬而未决的问题及建议。

(1)引出项号。在生成的二维装配图中引出项号时，如果零件被其他零件挡住的话，该项将无法引出，要采用其他变通的方法进行处理，很不方便。建议增加此项功能。

(2)明细表中的文字。在生成装配图的明细表中，如果某个表项的字过多，就会写出该表格，不够整齐，而通常明细栏的尺寸是固定的。如果增加自动缩放字号及间隙的功能，会更方便。

(3)生成装配零件。在使用其他软件时，我发现这样一个功能。当装配完成后，可以将装配体衍生成一个零件，外形与装配体一致，这样有许多好处。首先是生成二维图时便于统一配置，其次对于大型装配非常有用。比如常规变压器，只引线部分需要装配的零部件就有上百个（大型更多），各部分加起来就要上千个，这么多个零部件装配后生成的文件也相当大，一般的计算机根

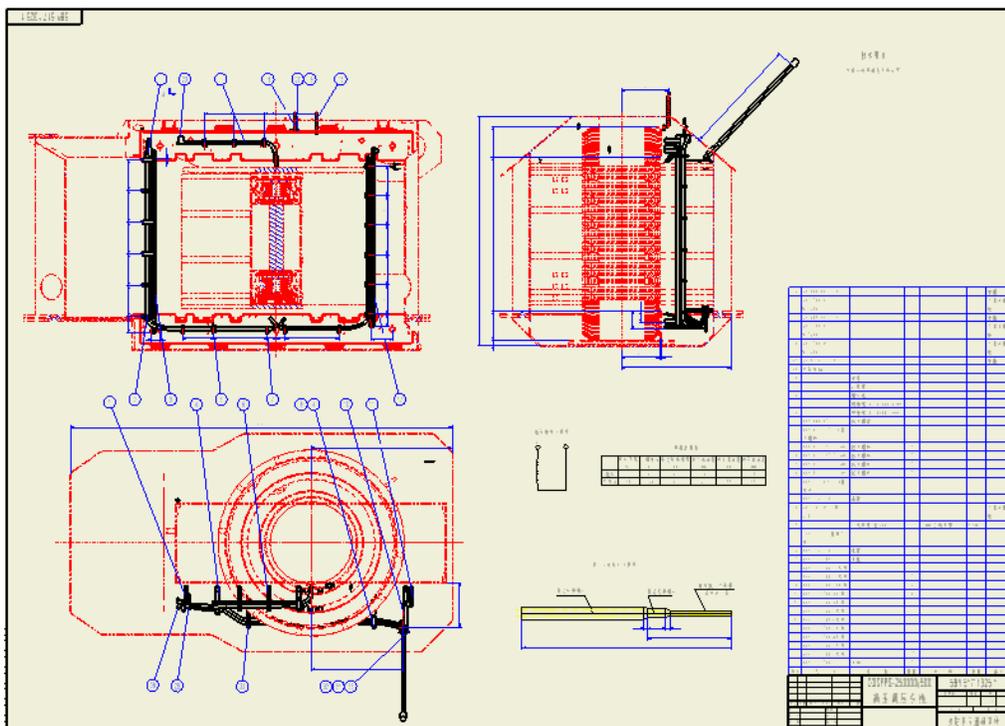


图5 INVENTOR投影生成二维图

本跑不动，如果可以将装配件衍生成一个零件会节省很多空间，便于设计。

(4)“管道布线”增加拖拽功能。使用INVENTOR的“管道布线”模块进行布线时，需要选择许多“工

作点”，如果对其进行修改时，就要逐个“点”进行重新定义，很麻烦。如果可以进行拖拽并可特征点“捕捉”，就会方便许多。这个小功能增加起来不会太难，却会大大方便使用者。

欧特克软件(中国)有限公司  
100004  
北京市建国门外大街1号  
国贸大厦2座2911-2918室  
Tel: 86-10-6505 6848  
Fax: 86-10-6505 6865

欧特克软件(中国)有限公司  
上海分公司  
200122  
上海市浦东新区浦电路399号  
Tel: 86-21-3865 3333  
Fax: 86-21-6876 7363

欧特克软件(中国)有限公司  
广州分公司  
510613  
广州市天河区河北北路233号  
中信广场办公楼7403室  
Tel: 86-20-8393 6609  
Fax: 86-20-3877 3200

欧特克软件(中国)有限公司  
成都分公司  
610021  
成都市滨江东路9号  
香格里拉中心办公楼1507-1508室  
Tel: 86-28-8445 9800  
Fax: 86-28-8620 3370

欧特克软件(中国)有限公司  
武汉分公司  
430015  
武汉市汉口建设大道700号  
武汉香格里拉大饭店439室  
电话: 86-27-8732 2577  
传真: 86-27-8732 2891

购买咨询: 400-080-9010

图片由沈阳变压器研究所提供。

Autodesk 和 Inventor 是 Autodesk, Inc. 在美国和其他国家的注册商标。所有其他品牌名称、产品名称或商标分别属于各自所有者。Autodesk 保留在不事先通知的情况下随时变更产品和服务内容、说明和价格的权利，同时对文档中出现的文字印刷或图形错误不承担任何责任。

© 2012 Autodesk, Inc. 保留所有权利。