

基于SolidWorks Flow Simulation的比例阀和真空泵的选型与优化

撰文 / 北京七星华创电子股份有限公司工业炉分公司 张永军
北京盛维安泰系统技术有限公司 李跃超

在真空泵和罐体之间装一台比例阀，比例阀和真空泵配合可改变抽速，保证罐内恒压。比例阀根据压力变化要求提供维持需要压力，比例阀与真空泵的选型多数靠经验来匹配，往往出现高能耗。通过 SolidWorks Flow Simulation 对设备进行分析仿真，通过数据对比最优化的对比例阀与真空泵体的选型。

一、问题的提出

在真空设备和半导体设备中，常常有这样的工艺要求，某罐体内通入恒定流量的气体，并且保证罐体内恒压。通常采用方案是由一支流量计通入恒定流量的气体，出口连接一台真空泵抽气，在真空泵和罐体之间装一台比例阀，这样比例阀和真空泵配合可改变抽速，保证罐内恒压。

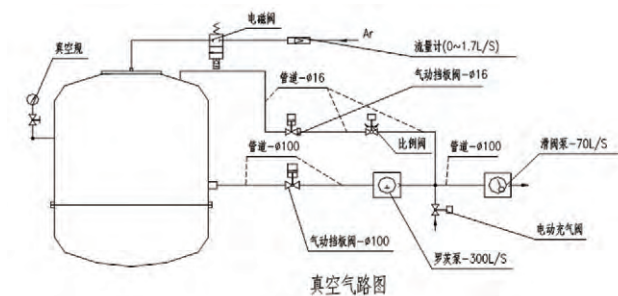


图 1

如图1所示是一款真空产品真空气路图,工作顺序如下。

(1) 首先关闭气动挡板阀-Φ100、电磁阀、流量计和电磁充气阀，比例阀开度 100%，打开气动挡板阀-Φ16。

(2) 然后开启滑阀泵-70L/S 预抽真空，真空度抽至 30000Pa 时关闭动挡板阀-Φ16，比例阀开度 0%，开启气动挡板阀-Φ100。

(3) 真空度抽至 2000Pa 时，罗茨泵-300L/S 开启。

(4) 真空度抽至 0.5Pa 时，关闭气动挡板阀-Φ100、罗茨泵-300L/S，开启电磁阀、流量计，流量计保证 0.5L/S 流量的氦气。

(5) 达到 0.6atm 时开启气动挡板阀-Φ16，比例阀，比例阀和真空泵组成闭环，由 PLC 控制其开度。此设备大部分时间在此状况下工作。

在一个实例中，比例阀结构是通径 Φ20 的蝶阀，阀板在 0° ~ 90° 转动，以实现 0% ~ 100% 开启度。在保证 0.6atm 恒压时，开启滑阀泵，比例阀开度 8%。其 8% ~ 100% 调节用不到，而且极不灵敏。我们判断比例阀通径选大了。选多大合适呢？结合 SolidWorks Flow Simulation 模拟，让我们寻找合适的比例阀通径。

SolidWorks Flow Simulation 是一款比较经典的流体分析软件，它能解决流体流动分析、热分析、共轭传热、瞬态分析，并能作出漂亮视频、图片、图表及报表，且易学易用。除了软件本身向导式的操作流程之外，强大的数据库可以让使用者减少搜集分析所需数据的工作量。更重要的是与 CAD 的无缝集成，可以实现分析结果驱动 CAD 参数。使用者无需单独创建流体域，网格划分也极大地减少了使用者的工作量。总之无论是软件的工程化界面，全中文的在线帮助文档，都是使工程师不花费过多的精力在

软件工具的使用上，而是让使用者有更多的精力用在产品的创新上（图2）。

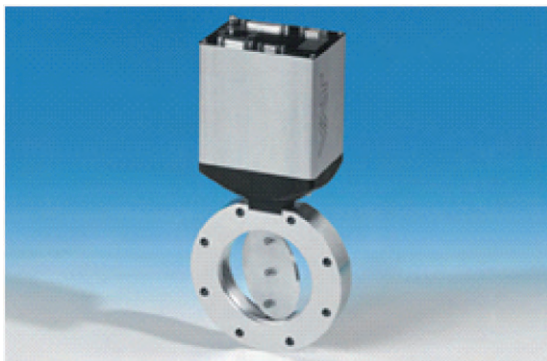


图 2

二、模拟方案选定

事先的假定：由于比例阀结构尺寸很难得到，没有办法得到正确的几何模型，我们将其等效为小于相邻管径的圆形通孔。例如，管道通径 $\Phi 16$ ，将比例阀看成可以调节成 $0 \sim \Phi 16$ 一段小管。

方案一：生成所有的结构模型，假定比例阀通径（例如 $\Phi 10$ ），边界条件是入口（ $0.5/0.6$ ）L/S 体积分流量的 Ar（如案例描述中 0.5L/S 的流量是在 1atm 下，需要换算在 0.6atm 下的流量），出口体积分流量 70L/S ，网格化后计算出现问题，因为此内流管道分析问题中有三个变量，入口压力、出口压力和流量，软件会根据已有的两个变量计算第三个变量，如题入口、出口都指定了流量边界条件，软件不支持此种边界条件的输入，换句话说入口与出口的质量是守恒的。所以此方案行不通。

方案二：分析此案例中零部件，流体在比例阀开度变化过程中，各管道和元器件流动参数比较稳定，但在比例阀前后接近的区域变化较大，因此将比例阀前后掐头去尾，等效成如图3所示结构。

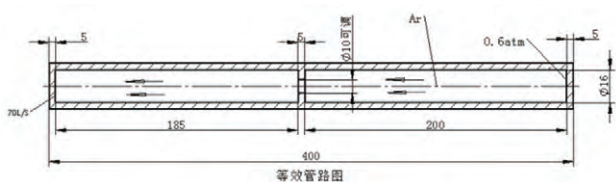


图 3

中间 $\Phi 10$ 部分可调，等效为比例阀阀板。左端为出口边界条件，抽速 70L/S 。右端不能添加体积分流量入口边界条件，改为 0.6atm 总压。我们计算比例阀开度为 $\Phi 10$ 时，

右端入口是否为 1atm 下 0.5L/S 体积分流量的 Ar。环境为常温、 0.6atm 。调整比例阀开度，达到 1atm 下 0.5L/S 流量时，此开度即为所求。

三、模拟过程

在 CAD 中完成建模，在 FLOW 中软件可以使用【创建封盖】功能是模型完全封闭，符合内流分析的条件。软件可以自动识别流体区域，不需要指定流体域（图4）。

SolidWorks Flow Simulation 的向导可以完成分析项目的 75% 的定义，包括定义：项目名称（分析项目可以与



图 4

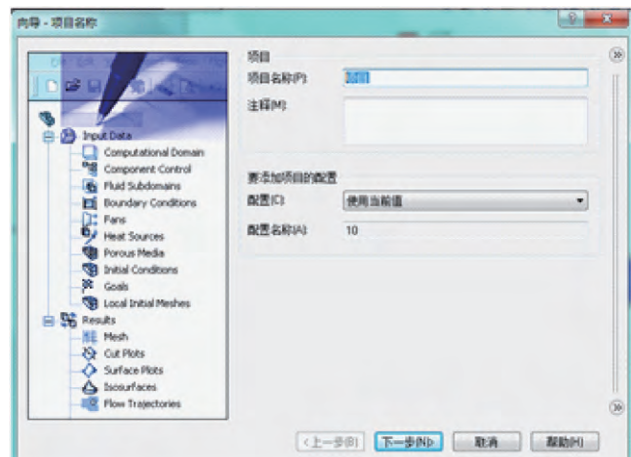


图 5



图 6

CAD 配置结合)、设置单位、分析类型(内流、外流,关注因素)、默认流体(支持子流域、流体混合)、壁面条件、初始条件和网格设置(可以关联 CAD 模型的尺寸)等,如图 5~图 11 所示。

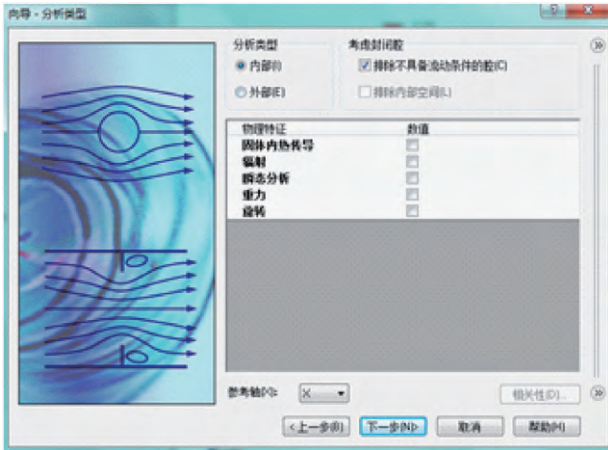


图 7



图 8



图 9



图 10



图 11

设置边界条件压力和体积流量,定义分析目标类型,使用方程式目标将入口的体积流量转换为 1atm 下的体积流量(图 12)。

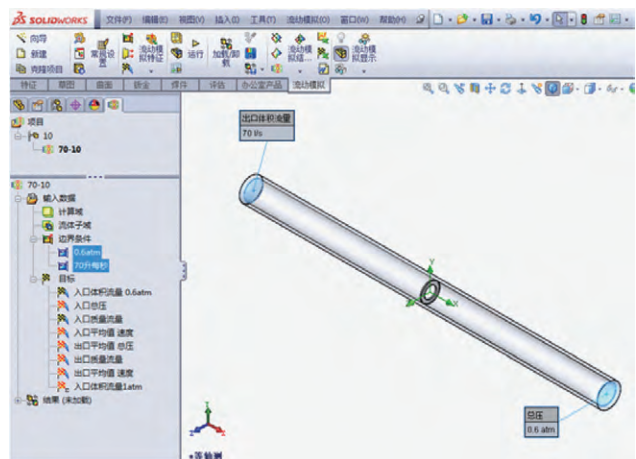


图 12

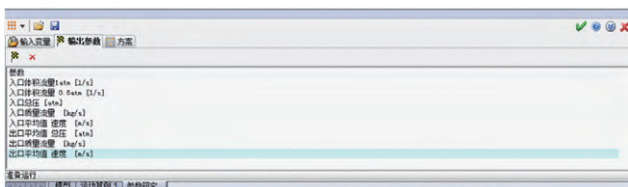


图 21

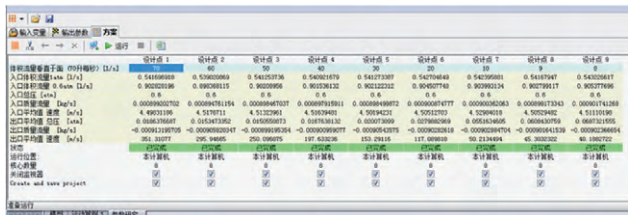


图 22

四、结语

根据分析结果可以判断选用合适通径的比例阀。

实际改为 $\Phi 10$ 通径比例阀。保持炉体内 0.6atm 时开度 40%，变化灵敏，精度高。

五、引申

由于抽速大于某个值，对压力和比例阀开度没有影响，因此可以增加 9L/S 抽速的旋片泵作为维持泵，在保证恒压时替代滑阀泵。如图 23 所示。

(1) 减少噪音。

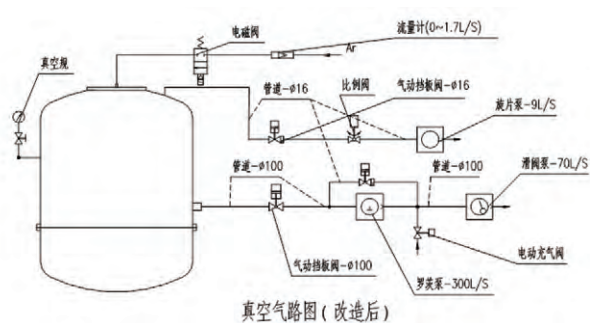


图 23

(2) 减少滑阀泵保养次数，增加滑阀泵寿命。

(3) 降低使用成本，滑阀泵电机功率 7.5kW，旋片泵电机功率 1.5kW，价格 5000 元，设备连续生产 3 个月，所节省的电费，已经高于旋片泵价格。

六、讨论

(1) 定义比例阀两端腔室的压力为目标，同时使用方程式目标表达压差，维持压力不能太低，要保证管道内存在流体流动时，本案例成立。

(2) 实际工况，气体流经罐内加热体，但比例阀前后温差很小，且约等于环境温度，因此不考虑温度变化。

(3) 此案例可制作一个原始模型，解决此类问题。

(4) 将一个复制的系统问题，提取关键因素，合理的简化，是仿真分析的精髓。



从制造到创造
从速度到质量
从产品到品牌

面对智能制造，你准备好了吗

