

基于知识库的超临界锅炉空间管路快速设计研究

程慧慧, 何玉安, 何亚飞

(上海第二工业大学智能制造与控制工程学院, 上海 201209)

摘 要: 基于成熟产品的历史设计经验、知识积累, 进行详细分析后对关键配置、关键参数进行提取; 根据这些关键参数以及模型之间的关联关系可以构建产品的知识库平台, 知识库平台中的关键参数可以用来定义产品, 也可以基于知识库中的逻辑驱动生成点云数据; 这些点云数据会被开发的复杂管路生成算法获取, 利用成熟的三维设计软件, 快速生成空间管路模型; 考虑到生产的方便以及可制造性, 会根据关键的锅炉水平面信息, 把整体空间复杂整体的管路进行自动分割, 形成可以下发到车间的各个管路分部件。通过这种知识库驱动的方式, 实现了具有专家经验的超临界锅炉空间复杂管路的快速设计, 极大地提高了设计的效率和品质。

关键词: 知识库; 空间管路模型; 点云数据; 快速设计

中图分类号: TP 391.7

文献标志码: A

0 引言

锅炉是火力发电厂的三大主机 (锅炉、汽轮机、发电机) 之一, 这 3 个部分的运行状态和运行效率将直接影响到火力发电厂的发电效率和发电安全性。这三大部分的最核心部分就是火力发电厂锅炉, 这是因为火力发电厂锅炉是为整个火力发电厂进行发电提供所需要的能源的入口, 同时, 锅炉通过燃烧原料为发电机和汽轮机提供动力资源, 是整个火力发电厂的动力源头, 故锅炉是传统能源建设的关键组件^[1]。超临界锅炉技术于上个世纪 90 年代初在欧洲问世, 是国际上最为先进的燃煤发电技术, 具有煤耗低、环保性能好、技术含量高的特点, 其设计优化、能源转化率的提升将对能源输出做出重大贡献^[2]。在超临界锅炉组件中, 管路组件是锅炉的主要核心部件, 如水冷壁、集箱、集箱连接管、省煤器、高温再热器等, 由于锅炉管路空间走向复杂, 管数众多, 解决空间管路的碰撞和干涉是锅炉设计迫切需要解决的问题, 所以管路设计的提升是锅炉优化设计的重中之重^[3]。

我国从上世纪 80 年代后期开始重视发展超临界机组, 超临界锅炉的生产在国内已经有四五十年,

在近 10 几年中, 我国三大锅炉厂通过技术引进和大量的研究工作, 已完全掌握了超临界锅炉的制造技术, 具备了批量生产超临界锅炉的能力, 因此我国加快发展超临界机组的条件已经成熟, 现在不再是从无到有, 而是从有到精的提升, 已具备构建锅炉知识库平台的基础。

知识库平台的建立可以有效地重复利用历史经验和专家的知识积累, 基于构建的知识库平台, 新的工程师也可以很快地设计出高质量、符合设计要求的产品。本研究意义在于从历史经验的大数据中及时获取需要的数据, 通过关键参数定义产品, 从而实现基于客户需求的快变设计。本文分析整理了成熟型号的关键配置参数, 进而生成了知识库, 构建了模型之间的关联信息, 使工程师可以根据客户需求快速定义产品的关键参数, 这些关键参数继而又可以快速地生成复杂的三维管路部件, 进行初步方案评审, 这样便可以快速响应客户需求, 确定符合客户的方案 (图 1)。

1 成熟型号关键配置参数提取

产品参数化技术已经被很多行业深入应用, 比如汽车行业、家电行业等, 参数化技术也给这些行

收稿日期: 2017-04-07

通信作者: 程慧慧 (1986-), 女, 安徽淮北人, 初级工程师, 硕士, 主要研究方向为制造业信息化。E-mail: hhcheng@sspu.edu.cn。

基金项目: 上海第二工业大学校基金项目 (EGD16XQD06), 上海第二工业大学校重点学科项目 (XXKZD1603) 资助

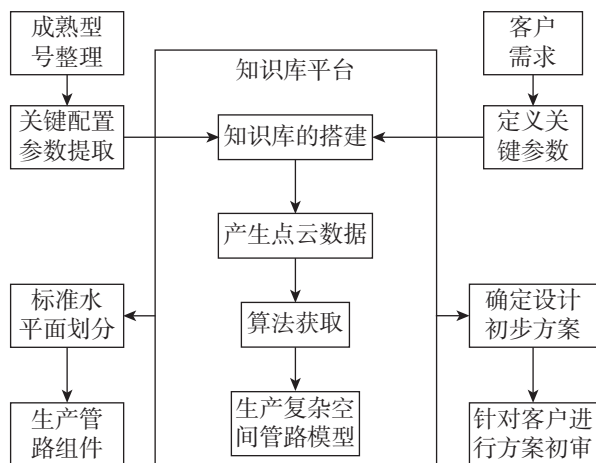


图1 本课题研究思路

Fig. 1 Research route of the topic

业带来了巨大的利益。虽然锅炉不是大批量生产的产品,但是其历史的设计积累和多款成熟产品的经验,足以具备提取关键的参数、关键配置达到部分通用化的水平,特别是锅炉的管路部件属于性能部件,原材料基本都是简单管路组成,比较容易提取关键参数,形成产品的配置表。

在锅炉设计中,像压力、蒸汽温度、发电效率、

锅炉容量等都属于性能参数,从结构设计的角度,锅炉的长、宽、关键水平标高等属于整体几何参数,性能参数决定于几何参数,特定的几何参数配置满足特定的性能参数配置^[4]。以超临界锅炉 π 型锅炉为例,本文从性能参数入手,首先构建了锅炉平台的整体参数,在整体参数基础上又进一步细化了各个部件的关键参数,这些参数包括:吊架关键参数配置、分隔屏过热器集箱参数配置、分隔屏过热器参数配置、后屏过热器集箱参数配置、后屏过热器参数配置、末级再热器参数配置、垂直段水冷壁参数配置、后烟井参数、省煤器、水冷壁螺旋段参数配置、炉顶过热器参数、炉顶管道参数配置等。每个关键参数都可以用来定义特定的一个组件,组件与组件之间的关键参数通过性能参数进行关联,保证了组件与组件之间的接口;组件的关键参数又和细节的模型参数进行关联,具体体现为关键参数和点云数据进行关联。

以后屏出口集箱为例,整理了表1所示的关键参数。这些关键参数的意义如图2所示。

表1 后屏出口集箱关键参数

Tab. 1 Key parameters of back frame header

参数类型	参数			
性能参数	锅炉额定热功率 (SP1)/MW	锅炉热效率 (SK1)/%	集箱工作压力 (WP8)/MPa	集箱蒸汽温度 (JT8)/°C
整体几何参数	锅炉整体长度 (SL1)/mm	锅炉整体宽 (SW1)/mm	锅炉整体高度 (SH1)/mm	集箱水平标高 (JH8)/mm
	集箱直径 (JD8)/mm	集箱长度 (JL8)/mm	集箱端口距离 (JX8)/mm	集箱高度 (JG8)/mm
	集箱连接管角度 (JJ8)/(°)	集箱连接管 X 向间距 1 (JJ9)/mm	集箱连接管 X 向间距 2 (JJA)/mm	集箱连接管 X 向间距 3 (JJB)/mm
	集箱管路角度 (JJF)/(°)	集箱连接管高度 1 (JJC)/mm	集箱连接管高度 2 (JJD)/mm	集箱连接管高度 3 (JJE)/mm
	管路高度间距 (JJG)/mm	集箱连接管 Y 向间距 (JJH)/mm		
设计经验确定参数/mm	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>c</i>
	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>
	<i>i</i>	<i>j</i>	<i>k</i>	<i>l</i>
	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>o</i>	<i>p</i>
	<i>q</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>t</i>
	<i>u</i>	<i>v</i>		

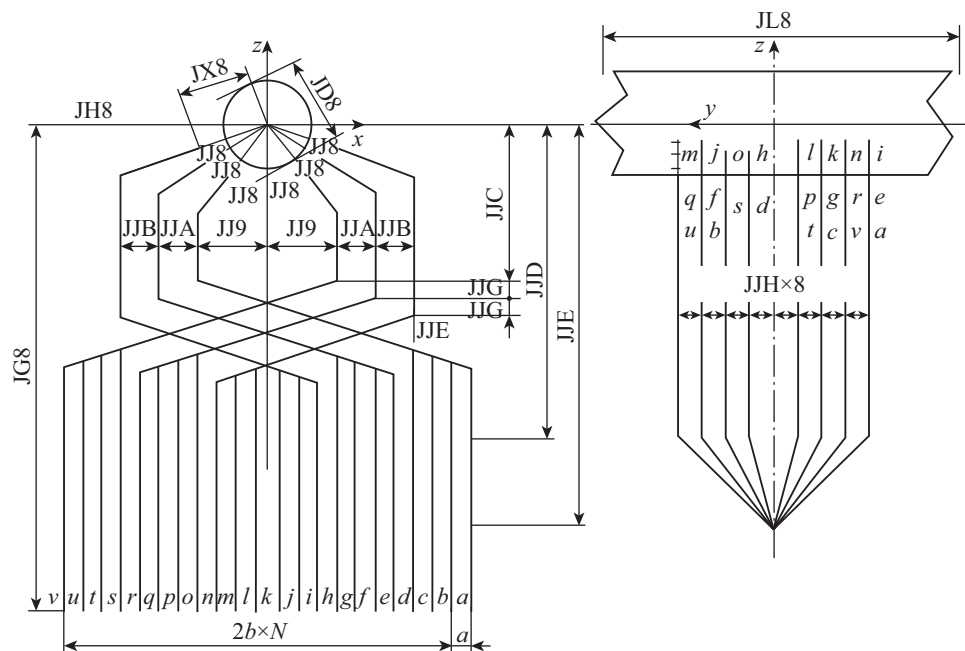


图2 后屏出口集箱关键参数意义(正视图)

Fig. 2 The meaning of key parameters of back frame header-front view

基于后屏出口集箱的这些关键参数、配置,可很明确地定义集箱的几何规格。在不同客户需求、不同性能要求下,相关主要参数可以很快进行调整,设计出不同配置的产品,满足设计需求。

2 知识库平台的构建

知识库平台是对关键参数、配置的管理,它包含了整理的所有性能参数、整体几何参数和各个部件的参数,最上层是市场需求和性能参数,中层为锅炉整体参数,下一层为各个部件的具体参数以及构建模型的空间点云数据信息,整个是自顶向下的结构,逐步细化。同时,这些参数之间具有复杂的逻辑和关联关系,知识库平台又对这些复杂的逻辑进行了整理和实现,在平台中改动一个性能参数,有可能会驱动多个整体参数,进而会改变多个组件参数,形成不同的空间点云数据和组件规格。知识库平台主要内容有:提取的关键参数、配置,参数之间的知识库逻辑,以及基于这些逻辑可以生产的具体点云数据,点云数据可以用来定义组件的详细设计。关键参数和点云数据都不是固定的,但具有初始值,关键参数可以基于产品的需求进行重新定义,重新定义的关键参数会产生新的对应的点云数据。参数之间的逻辑规则一般是固定的,它描述了参数与点云之间的关系,但是它又可以随着知识库的更新进行调整。知识库平台内容如图3所示。

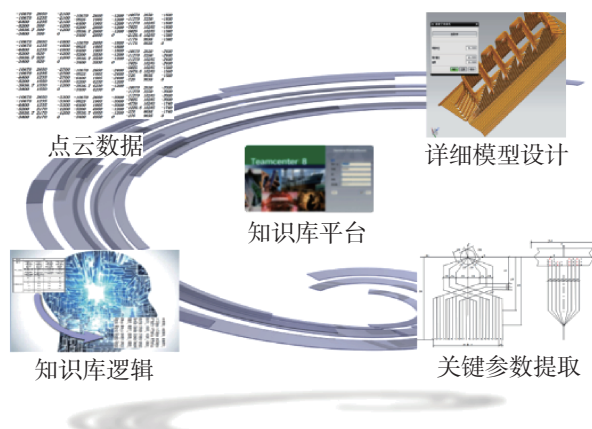


图3 知识库平台内容

Fig. 3 The content of the knowledge base platform

知识库平台的实现可以基于成熟的PLM平台,比如西门子的Teamcenter系统、达索公司的3DEXperience系统,同时也可以基于主流的开发工具进行开发、或者基于目前使用的研发管理系统。前者的优势是可以充分利用平台与三维设计软件的集成功能和平台上下游关联的优势,基于关键参数、配置生成的三维管路模型,可以很容易地在三维设计软件中打开,并可以通过平台集成的流程,传递到下游的工艺、制造单位。本研究是在成熟的PLM软件西门子Teamcenter平台上构建了超临界锅炉的知识库平台,实现与三维软件的集成,以及和下游工艺、制造的协同工作。

有了知识库平台,可以轻松管理这些参数、配

置, 提高产品的设计效率。另一方面, 对于新的工程师, 也可以很容易地获取产品的信息, 对产品的设计较快上手。后续如果开发新的产品型号, 也可以重新整理产品的关键参数, 补充企业的知识库平台, 对企业的智力资产能够有效的保留和传承下去。

3 复杂空间管路生成算法的设计

点云数据是复杂空间管路关键节点信息, 它用来描述复杂空间管路的模型。基于知识库复杂逻辑, 点云数据可以在关键参数、配置确定后, 自动生成匹配的信息。虽然点云数据可以定义产品的模型信息, 但是点云数据从直观来看是一组复杂的、包含特定信息的点, 这些点云数据还是无法被设计人员使用, 很难进行有效处理和指导设计工作。本研究通过开发复杂的算法, 可以有效读取这些复杂的点云数据, 借助于成熟的西门子 NX 三维设计软件, 可以很快生成空间管路模型, 这些空间管路模型可以直观地被工程师使用, 工程师看到模型后, 便很清楚组件的结构以及该组件和其他组件的配合信息^[5]。关于点云数据的有效性和适配性, 是通过2种方式来实现的: ①一是借助于三维设计软件自身的检查功能, 当算法把点云数据读取后, 把有效一组点数据传递给三维软件生成模型, 如果模型有构建错误, 三维软件会把错误返回给算法, 算法会把错误信息捕捉并呈现给用户以便分析解决; ②通过空间管路再检查的方法, 当空间管路生成后, 管路模型一目了然, 可以通过测量、截面等方法判断模型是否正确, 进而可以判断点数据的有效性和正确性。点云数据信息如图4所示。

```

-10670 2650 -2100 -10670 2650 -1200 -10670 2650 -1800
-10670 1235 -2100 -9925 1905 -1200 -11270 3250 -1800
-6400 1235 -2100 -6400 1905 -1200 -11270 10245 -1800
-5200 300 -1200 -5200 2850 -1200 -7025 10245 -1800
-3836.7 300 -1200 -3836.7 2850 -1200 -5025 10245 -1380
-3400 300 0 -3400 2850 0 -2128.6 10245 -1380
-10670 2650 -1500 -10670 2650 -1800 -1176 9695 0
-10670 1235 -1500 -9925 1905 -1800
-6400 1235 -1500 -6400 1905 -1800 -10670 2650 -2400
-5200 920 -1200 -5200 3530 -1200 -11270 3250 -2400
-3836.7 920 -1200 -3836.7 3530 -1200 -11270 10245 -2400
-3400 920 0 -3400 3530 0 -7025 10245 -2400
-10670 2650 -2700 -10670 2650 -2400 -5025 10245 -1560
-10670 1235 -2700 -9925 1905 -2400 -1678.6 10245 -1560
-6400 1235 -2700 -6400 1905 -2400 -726 9695 -1560
-5200 1550 -1200 -5200 4230 -1200
-3836.7 1550 -1200 -3836.7 4230 -1200 -10670 2650 -3000
-3400 1550 0 -3400 4230 0 -11270 3250 -3000
-10670 2650 -3300 -10670 2650 -3000 -11270 10245 -3000
-10670 1235 -3300 -9925 1905 -3000 -7025 10245 -3000
-6400 1235 -3300 -6400 1905 -3000 -4736 10245 -1740
-5200 2170 -1200 -5200 4950 -1200 -1228.6 10245 -1740
-3836.7 2170 -1200 -3836.7 4950 -1200 -276 9695 -1740
-3400 2170 0 -3400 4950 0 -276 9695 0

```

图4 复杂的点云数据

Fig. 4 Complex points cloud data

空间管路生成算法的设计思路是借用了空间几何的理论知识, 首先基于点云数据的信息, 人为抽取关键点, 基于这些点去求解一组结果, 通过这种典型

数据的计算, 可以定义出空间点的求解公式; 然后通过开发程序算法来实现求解公式一样的结果。程序算法的优点在于可以对大量点云数据进行多次循环处理, 计算出来的空间的点位信息, 可以自动形成管路的走向。该算法可以基于任何一种语言进行落地, 是一种通用的算法。本课题是基于 NX 的知识熔接语言^[6]实现的, 它的好处在于: ①它本身是基于知识工程的思路设计的一门语言, 可以很容易地实现知识工程的设计重用的目的; ②它可以借助 NX 强大的三维几何建模能力, 生成自己的模型。算法主要逻辑内容有:

#主程序算法调用类

DefClass: create_3d_line(ug_base_part);

#定义关键参数

(String Parameter Modifiable) M_POINT_STRING:

“12,2,3;23,4,3;1,2,3;34,56,23”;

(number Parameter Modifiable) Radius: .1;

(number Parameter Modifiable) dia: .2;

(number Parameter Modifiable) th: .05;

(number) in_dia: dia-th*2;

(list) my_point_s: SplitString(M_POINT_STRING:, “;”);

#读取点云数据信息

(list) point_list: loop

{

for \$S_p in my_point_s::;

for \$p is SplitString(\$S_p, “;”);

for \$x is makenummer(nth(1,\$p));

for \$y is makenummer(nth(2,\$p));

for \$z is makenummer(nth(3,\$p));

for \$P_end is point(\$x,\$y,\$z);

collect \$p_end;

};

(integer) point_num: Length(point_list:);

#调用空间曲线调用方法

(Child) my_method: {

Class, cal_point_method;

};

#对点信息进行预处理

(list) line_points_pre: loop

{

for \$ii from 1 to point_num:-2 by 1;

for \$p1 is nth(\$ii, point_list:);

for \$p2 is nth(\$ii+1,point_list:);

for \$p3 is nth(\$ii+2,point_list:);

for \$re_list is my_method:my_get_value:(\$p1, \$p2, \$p3,

```

    Radius:);
    collect {nth(1,$re_list),nth(2,$re_list)};
};
(list) line_points: {{0,first(point_list:)}+
line_points_pre:{{last(point_list:),0}};
#生成中间直线段
(Child list) sg_line: {
    Class, ug_line;
    quantity; Length( line_points:)-1;
    Start_Point,nth(2, nth(child:index: ,line_points:));
    End_Point, nth(1,nth(child:index:+1,line_points:));
};
# 获取圆弧数据信息
(list) arc_points: loop
{
    for $ii from 1 to point_num:-2 by 1;
    for $p1 is nth( $ii, point_list: );
    for $p2 is nth($ii+1,point_list:);
    for $p3 is nth($ii+2,point_list:);
    for $re_list is my_method:my_get_value:($p1, $p2, $p3,
        Radius:);
    collect {nth(1,$re_list),nth(2,$re_list),nth(3,$re_list),
nth(4,$re_list)};
};
#生成过渡圆弧
(Child list) sg_arc: {
    Class, ug_arc;
    quantity; Length( arc_points:);
    Radius, Radius:;
    start_angle, 0;
    end_angle, 180-nth(4, nth(child:index: ,arc_points:));
    center, nth(3, nth(child:index: ,arc_points:));
    x_axis, nth(1, nth(child:index: ,arc_points:))-nth(3,
nth(child:index: ,arc_points:));
    y_axis, nth(2, nth(child:index: ,arc_points:))-nth(3,
nth(child:index: ,arc_points:));
};
#生成空间曲线
(Child) sg_ug_tube: {
    Class, ug_tube;
    guide, sg_arc:sg_line:;
    Outer_Diameter, dia:;
    Inner_Diameter, in_dia:;
};
#空间曲线关键点计算方法
DefClass: cal_point_method (ug_base_part);

```

```

(Method List) my_get_value:(point $p01, point $p02, Point $p03,
    number $rad) @ {
    $x1 << LocalX($p01);
    $y1 << LocalY($p01);
    $z1 << LocalZ($p01);
    $x2 << LocalX($p02);
    $y2 << LocalY($p02);
    $z2 << LocalZ($p02);
    $x3 << LocalX($p03);
    $y3 << LocalY($p03);
    $z3 << LocalZ($p03);
    $radius << $rad;
    $l1 << sqrt( ($x2-$x1)*($x2-$x1)+($y2-$y1)*($y2-$y1)+
        ($z2-$z1)*($z2-$z1) );
    $l2 << sqrt( ($x3-$x2)*($x3-$x2)+($y3-$y2)*($y3-$y2)+
        ($z3-$z2)*($z3-$z2));
    $l3 << sqrt( ($x3-$x1)*($x3-$x1)+($y3-$y1)*($y3-$y1)+
        ($z3-$z1)*($z3-$z1));
    $angle << arccos(($l1*$l1+$l2*$l2-$l3*$l3)/(2*$l1*$l2));
    $tt << $radius/tan( $angle/2);
    $t1 << $tt/$l1;
    $t2 << $tt/$l2;
    $point_t01 << $p02+$t1*($p01-$p02);
    $point_t02 << $p02+$t2*($p03-$p02);
    $point_mid << $point_t01+0.5*($point_t02-$point_t01);
    $k01 << $tt*cos( $angle/2);
    $k02 << $radius/sin( $angle/2);
    $kk << $k02/$k01;
    $origin01 << $p02+$kk*($point_mid-$p02);
    $my_list<<{$point_t01, $point_t02, $origin01, $angle};
};

```

以超临界锅炉螺旋管水冷壁连接管设计为例, 基于繁杂的点云数据, 可以很容易地生成连接管的三维模型, 如图 5 所示。

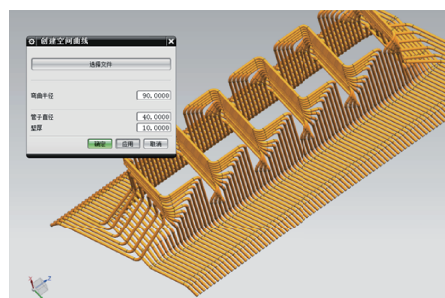


图 5 连接管的三维模型

Fig. 5 3D model of the connected pipes

这些三维模型可以直观地让工程师看到设计的效果, 进行初步评审, 如果设计不合理可以及时进行调整; 当模型满足设计要求时, 可以被工程师使用, 生成工程制造图纸信息, 进行生产 [7-8]。

4 整体空间管路模型的划分

通过点云数据生成的三维管路模型大多数是一组复杂的整体管路模型, 最长的管路可能会超过 100 m, 从设计的角度来看, 可能会符合性能要求, 但是从制造、加工的角度, 是不合理的; 同时考虑到管路不同的区段可能需要不同的材质、不同的加工方法等原因, 需要对这些整体管路进行有效分割和拆分, 才能满足加工制造的可实现性以及整体的性能要求, 达到最终的设计要求。

简单的方式可以通过人工的方式对模型进行划分, 划分的依据是基于之前项目的经验, 这种方式效率低, 需要进行大量的三维工具操作; 每个工程师可能会因为经验的不同, 划分出来的结果会相差很大, 既不利于产品的标准化, 又无法实现统一的质量保证要求。

本文充分分析锅炉产品的特点和设计经验, 发现在锅炉的设计中, 水平标高是一组关键的信息, 从锅炉下端自下而上, 地平面为 0 点高度, 向上依次有水冷壁下部集箱标高、水冷壁中部集箱标高、水冷壁上部集箱标高等重要高度水平面。基于这些重要的水平标高, 可以把生成的复杂整体的管路, 进行有效的分割, 拆分成工厂、车间可以加工的产品组件, 并且实现和其他非管路模块的配套, 最终构成超临界锅炉的设计。如图 6 所示, 通过中部集箱标高、上部集箱标高、连接管处标高对整个水冷壁进行分割, 分割出来便是一块水冷壁的组屏, 每块组屏是一个加工总成部件。

基于专业的水平标高划分, 可以生成各个加工总成部件, 同时, 这些部件也是比较通用的设计模块。基于这些总成部件, 工程师可以添加设计信息, 例如技术要求、材质等信息, 生成工程图纸, 然后传递到下游的部门, 进行工艺设计和加工制造。通过与实际锅炉组件设计进行对比, 发现这种基于水平标高的分割方法基本符合组件的设计要求, 在此基础上, 工程师只需要简单的微调和设计确认, 便可以很快地完成组件的设计, 极大地提升了设计的效率 [9]。

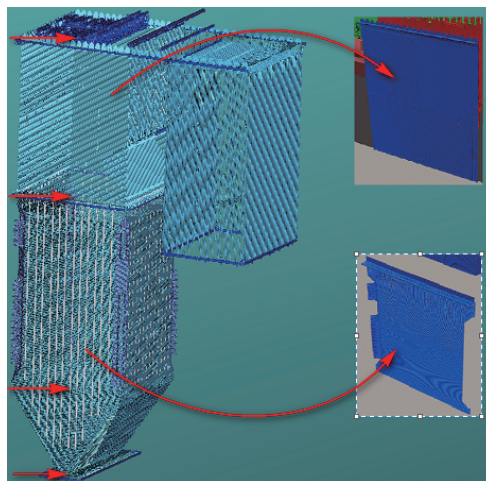


图 6 超临界锅炉水冷壁分割后的组屏

Fig. 6 The group frames of the supercritical boiler water wall after-cut

5 结 论

本文基于已经成熟的几款锅炉产品设计型号, 总结历史经验和专家知识, 提取关键配置参数, 通过这些配置参数以及参数之间的关联搭建产品知识库平台; 平台中的关键参数会根据知识库中的逻辑驱动生成点云数据, 这些点云数据会被设计的复杂管路生成算法获取, 利用成熟的三维设计软件, 生成空间管路模型; 实现了对管路的快速设计, 通过关键参数驱动部件三维模型的生成, 可以使设计人员从大量的计算和绘图工作中解脱出来, 提高设计速度, 减少信息存储量, 在设计的同时建立参数库, 为后续工作提供了方便。该研究对于产品标准化、系列化和设计的快速化有着重要意义, 较大程度地简化和方便了设计人员的工作。考虑到生产的方便以及可制造性, 会根据关键的水平面信息把管路进行自动分割, 形成可以下发到车间的各个管路分部件, 同时这些管路和其他模块配合, 一起构成超临界锅炉产品。

本课题还有进一步深入的空间, 如: 如何结合借用现有的先进管路设计方法进一步优化空间管路的设计; 如何更快地设计锅炉非管路部件, 并且更好地把管路部件和非管路部件进行结合也是一个深入研究的课题 [10]。通过这些深入课题的研究, 将进一步提升整个体系的价值。

参考文献:

- [1] 杨永清. 火力发电厂锅炉运行优化策略 [J]. 中国高新技术企业, 2014(26): 35-37.

- [2] 徐通模, 袁益超, 陈干锦, 等. 超大容量超超临界锅炉的发展趋势 [J]. 动力工程, 2003, 23(3): 2364-2369.
- [3] 陈听宽. 超临界与超超临界锅炉技术的发展与研究 [J]. 世界科技研究与发展, 2005, 27(6): 42-48.
- [4] 王大斌, 朱文华, 魏丕广. 基于知识工程的参数化设计应用研究 [J]. 机械设计与制造, 2010(9): 42-44.
- [5] 张进成, 李开林. 基于知识工程的 UG 二次开发 [J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(9): 2390-2394.
- [6] 方挺立, 黄翔, 李迎光. 知识熔接技术在管道设计中的应用研究 [J]. 机械制造与自动化, 2005, 34(1): 14-17.
- [7] 夏仁康, 仲梁伟. 基于知识工程的余热锅炉智能设计系统研究 [J]. 机械工程与自动化, 2015(1): 34-36.
- [8] 耿忠林, 张祥林. 基于知识工程的自行车车架设计 [J]. 机械工程师, 2006(6): 101-103.
- [9] 张学忱, 陈锦昌, 范汝祥, 等. 知识工程在机械产品参数化设计中的应用研究 [J]. 工程图学学报, 2009, 30(6): 191-195.
- [10] PENOYER J A, BURNETT G, FAWCETT D J, et al. Knowledge based product life cycle systems: Principles of integration of KBE and C3P [J]. Computer-Aided Design, 2000, 32(5): 311-320.

Knowledge Based Fast Design Research for Space Complex Pipelines Used in Supercritical Boiler

CHENG Huihui, HE Yuan, HE Yafei

(School of Intelligent Manufacturing and Control Engineering,
Shanghai Polytechnic University, Shanghai 201209, China)

Abstract: The mature product based on their design experience and knowledge capitalization and define key configuration and key parameters for the products are analyzed. According to these key parameters and the relation between them, it can build the knowledge base platform for the product. The key parameters in the platform can define the product and generate detail points cloud data for the detail model based on the knowledge driven. These points cloud data can be leveraged by the complex pipeline generating algorithm. Based on a 3D CAD tool, it can quickly generate the 3D space pipeline model. Considered convenience of the production and manufacturability, huge pipelines will be automatic segmented according to the key level information, to different sub-groups which will be sent to the workshop. Based on the knowledge driven method, it can fast design the space complex pipeline of supercritical boiler with expert experience, and enhance the efficiency and quality.

Keywords: knowledge base; space pipeline model; points cloud data; fast design