

基于 AutoCAD 的工业汽轮机热力 平衡图动态绘制系统

张春成¹, 徐静霞², 钱小东², 李 蔚¹, 盛德仁¹

(1. 浙江大学 热工与动力系统研究所, 浙江 杭州 310027;

2. 杭州中能汽轮动力有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对手工绘制汽轮机热力平衡图费时间、图形格式各异和通用性差等问题,开发了工业汽轮机热力平衡图的动态绘制系统。首先建立规范的图例库,包括部件图例、管道连线图例和文本图例,然后在 Visual Studio 2005 中进行程序编写,最后基于 AutoCAD 应用程序,实现工业汽轮机热力平衡图的动态绘制输出。研究结果表明,该绘制系统可以和热力设计软件无缝集成,绘制不同工况、不同机型机组的热力平衡图,操作简便、高效,制图规范正确,为设计人员提高工作效率提供了很好的开发工具。

关键词:AutoCAD;热力平衡图;工业汽轮机

中图分类号:TH126;TK262

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2010)12-0020-03

Thermal equilibrium diagrams dynamic drawing system of industrial steam turbine based on AutoCAD

ZHANG Chun-cheng¹, XU Jing-xia², QIAN Xiao-dong², LI Wei¹, SHENG De-ren¹

(1. Institute of Thermal Science and Power System, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Hangzhou CHINEN Steam Turbine Power Co., Ltd., Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the problems that hand-drawing thermal equilibrium diagram for turbines is time-consuming, unfixed graphics formats and poor commonality, the dynamic drawing of industrial steam turbine thermal equilibrium diagram was developed. First of all, the standardized legend libraries were established, including components legends, line legends and text legends. Secondly, procedures were programmed in Visual Studio 2005. Last but not least, the dynamic drawing of industrial steam turbine thermal equilibrium diagram based on AutoCAD application was achieved. The results indicate that the dynamic drawing system can seamlessly integrate with thermal design software, and draw thermal equilibrium diagram of different conditions or different units. The manipulation is simple, efficient, and drawing specific, so it is a very good development tool to improve efficiency for designers.

Key words: AutoCAD; thermal equilibrium diagrams; industrial steam turbine

0 引 言

工业汽轮机被称为工业领域的“原动机”,是热能、电能、动能转化过程中关键的技术装置。随着国家节能减排政策的推出,非标设计的冲动式工业汽轮机由于其能满足不同设计工况参数的要求,在水泥、化工、钢铁、热电等工业领域的余热利用中得到广泛应

用^[1-5]。但非标设计同时要求工业汽轮机的设计具有较高工作效率,这就需要开发工业汽轮机非标准的通用软件来提高设计人员的工作效率,缩短产品的设计周期,提高产品的竞争力^[6]。模块化的设计成为现今装备产品发展的一个趋势^[7],模块化工业汽轮机的设计得到了极大的发展。其中汽轮机热力平衡图的动态绘制是很重要的一部分内容。

收稿日期:2010-07-07

作者简介:张春成(1985-),男,内蒙古通辽人,主要从事工业汽轮机的热力设计和转子动力学方面的研究。E-mail: tlchun@zju.edu.cn

通信联系人:盛德仁,男,教授。E-mail: shengdr@zju.edu.cn

本研究采用 VS 2005 开发环境,运用 C++ 语言,基于 AutoCAD 软件,实现冲动式工业汽轮机的热力平衡图在 AutoCAD 中的动态绘制。由于事先采用图例库生成图形,图形规范,操作使用方便。另外可以和热力设计软件无缝集成,省却设计人员的人工输入,从而快捷、方便地生成热力设计中不可缺少的热力平衡图,具有通用性好、功能多、可视化好等特点。

1 设计原理和实现方法

1.1 图例制作

热力平衡图由大量图例构成,图例分为部件、管道连线和文本 3 类。对每一种类型的设计图,其图例的分布大体相似,只在局部的部件、管道连线和文本上有所差别。

(1) 部件图例包括所有除管道外的物体,如汽轮机、加热器、凝汽器、发电机、阀门等,如图 1 所示。

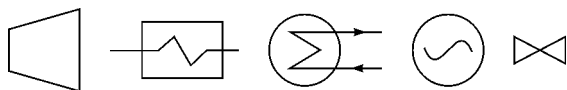


图 1 部件图例

(2) 管道连线图例包括表示管道的带箭头线条、中心轴线等辅助线条和其他各类线条,如图 2 所示。

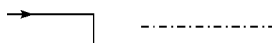


图 2 管线图例

(3) 文本图例分为两类:一类为附着于部件或管道连线图例的附着文本,其位置固定于所附着部件或者管道连线图例的特定位置(如图 3 所示);另一类为不依赖于其他图例的自由文本,其位置可以自由设置。

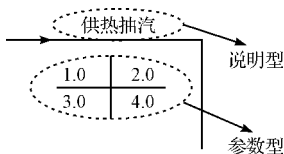


图 3 附着文本图例

部件和管道连线图例具有以下特点:

(1) 特定类型的设计图都有最大可能的图例分布方案,即所有可能出现的图例在图中都指定了特定位置。

(2) 特定类型的设计图中图例的位置、大小和形状保持不变,它的状态由设计结果决定,为“有”或者“无”两种状态,对应为“绘制”或者“不绘制”。

文本图例有如下特点:

(1) 附着文本图例分参数型文本和说明型文本,从属于部件或者管线图例,位置由部件或管线图例决

定。其中参数型文本以十字叉划分为 4 个区域,每个区域的参数类型固定不变。

(2) 所有类型文本的内容都可以修改。

1.2 热力平衡图的动态绘制

1.2.1 VS 2005 与 AutoCAD 的连接

ActiveX Automation 是一种微软基于部件对象模型体系开发的一种技术,该技术允许通过外显由一个 Windows 应用程序控制另一个应用程序,ActiveX Automation 则主要处理它们之间的通讯问题。这两个应用程序之间并不是一种对等的关系,而是一个作为客户程序,另一个作为服务程序^[8]。用 C++ 控制 AutoCAD,就是将 C++ 语言作为客户程序,将 AutoCAD 作为服务程序。通过 ActiveX Automation 接口,面向对象语言 C++ 可以访问 AutoCAD。C++ 通过对 AutoCAD 对象属性的设置和对象方法的调用,完成参数化图形的自动绘制。

1.2.2 图例的嵌入

在 VS 2005 和 AutoCAD 建立联系后,获取 AutoCAD 的应用对象,在程序中定义绘制类 CAcadUtility,上面每个图例定义为 CAcadUtility 类的成员函数,成员函数通过调用 AutoCAD 的应用对象来完成图例的绘制,成员函数的形参为图例的位置坐标值。

对部件图例,如单个汽轮机本体部件图例定义为 Drawturbine 函数,如果为一次抽汽系统,则图例定义为 Drawturbine1,在程序中通过判断抽汽系统的个数来调用相应图例的成员函数。将水冷凝汽器图例定义为 Drawcondenser_water 函数,空冷凝汽器图例定义为 Drawcondenser_air 函数。对管件图例,比如连接管线图例,当为直线且有箭头的定义为 Drawarrowline 函数,虚线图例定义为 Drawdashline 等。对文本图例参数性文本图例定义为 Drawcrosstext 函数。这样图例库就以类的成员函数的形式嵌入到软件中,为接下来热力平衡图的动态绘制打好基础。

1.2.3 热力平衡图的动态绘制

非标设计的工业汽轮机设计要考虑补水(补到除氧器或凝汽器)、回水(回到除氧器或凝汽器)、可调抽汽(一次可调抽汽或两次可调抽汽)、不可调抽汽、不同加热器的组合(高压加热器个数、低压加热器个数)、空冷和水冷凝汽器、有无变速器等设置信息。为了满足所有不同规格工业汽轮机的设计要求,将热力平衡图分解为多个模块如汽轮机模块、供热系统模块、回热系统模块、轴封系统模块、凝汽器系统模块、发电机系统模块、热经济性指标的参数模

块^[9-10]。模块包含了部件及其管道接口,每个模块是由 3 种图例组合而成,如汽轮机模块是由汽轮机本体图例、阀门图例、管线图例和文本图例组成的,每个模块位置是由模块内图例的坐标值确定,模块内的各个图例是相对固定的。当绘制这个模块时,定义对象依次调用图例对应的成员函数,该模块会出现在热力平衡图的固定位置,依次下去,根据机组的特点调用模块,在各个模块位置确定后,绘制成了最终的热力平衡图。流程各模块分析如下:

(1) 汽轮机系统模块。汽轮机系统绘制模块包括汽轮机本体,以及进/排汽管道,主汽门、调节汽阀、进/排汽参数标注。

(2) 抽汽供热系统模块。抽汽供热系统分一次抽汽系统和二次抽汽系统。绘制时将一次供热系统视为一个背压式汽轮机和两个凝汽式汽轮机系统;二次抽汽供热系统视为两个背压式汽轮机和两个凝汽式汽轮机系统。

(3) 回热系统模块。回热系统模块包含除氧器、高压加热器、低压加热器、连接管道以及回热参数标注。

(4) 补水/回水系统模块。补水/回水系统绘制模块包括补水的管道、补水的参数、补水到何设备;回水的管道、回水的参数和回水到何设备等。

(5) 轴封系统模块。轴封系统模块包括开式系统和闭式系统,开式轴封系统包括排空管、轴封管道等;闭式轴封系统不含排空管,轴封漏汽全部进入回热系统。

(6) 凝汽器系统模块。凝汽器模块包括水冷凝汽器和空冷凝汽器,以及管道连接线。

(7) 发电机绘制模块。发电机模块包括发电机、减速箱、联轴器和轴。

热力平衡图的动态绘制流程图如图 4 所示。

2 设计实例

本研究以某工业汽轮机制造厂 hs5105 机型的抽凝式汽轮机为例,介绍热力平衡图的动态绘制过程。该机组的基本参数如表 1 所示。

热力设计软件读取 hs5105 机组的数据文件,数据文件中包含了表 1 中的参数、当前设计机组的机型、抽汽供热参数、回热参数、轴封参数等具体信息,这些数据文件将自动地传递到程序的变量中,用户可以通过操作界面修改以上参数。在完成设置参数后,进行热力计算,可以得到机组的热经济性指标参数包括机组的热耗、汽耗、电功率和机组的各管道进/排汽参数

(包括压力、温度、流量和焓值)。这些参数数据得到后保存在软件变量中,可以在系统动态绘制时调用。

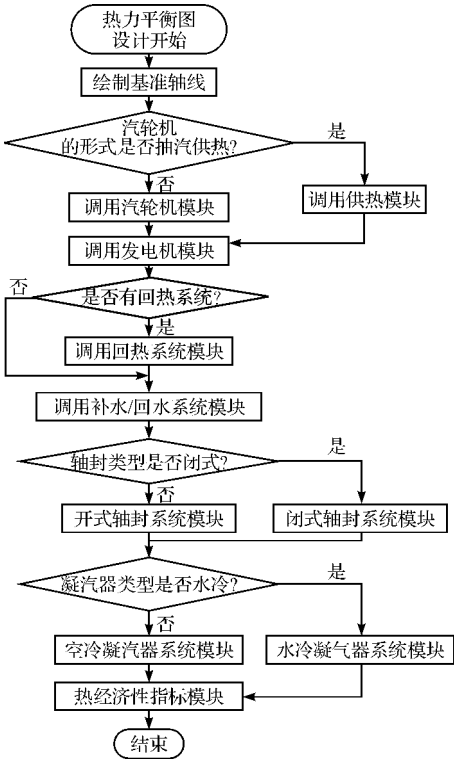


图 4 热力平衡图的动态绘制流程图

表 1 汽轮机主要设计参数

序号	参数名称	单位	数据
1	机组型式	-	抽凝式
2	新汽压力	MPa	4.9
3	新汽温度	℃	435
4	排汽压力	MPa	0.006 9
5	转速	r · min ⁻¹	3 000
6	设计流量	t · h ⁻¹	130
7	一次供热抽汽流量	t · h ⁻¹	50
8	一次供热抽汽压力	MPa	0.98

当该机组进行热力计算后,进入热力平衡图绘制设置界面(如图 5 所示),用户进行电机和变速器、除氧器、汽封和凝汽器的设置。设置完成后,点击生成系统图按钮,系统按照图 4 的流程,在 AutoCAD 软件系统中动态绘制热力平衡图(如图 6 所示)。

热力平衡图的动态绘制系统可实现与热力计算软件的无缝集成,从机组的热力计算到热平衡图的绘制,由计算机自动完成,不但计算速度快且准确,而且用标准图库自动绘制,使设计人员从繁琐的重复劳动中解脱出来,避免了人为的一些错误,大大提高了设计人员的工作效率。

(下转第 39 页)

[3] LU A A. Recent magnesium alloy development for elevated temperature[J]. **International Materials Reviews**,2004, 49(1):13-30.

[4] 龙思远,查吉利,游国强. 压铸镁合金连续熔化定量浇注技术及设备[C]//第五届中国国际压铸会议. 上海:[s. n.],2006:[s. n.].

[5] 焦少阳,卫英慧,侯利锋,等. 压铸机用镁液坩埚失效分析[J]. **机械工程材料**,2006,30(11):91-95.

[6] DING Fei, ZHAO Tian-wen, JIANG Yan-yao. A study of fatigue crack growth with changing loading direction[J]. **Engineering Fracture Mechanics**,2007,74(13):2014-2029.

[7] 王栓强,刘建睿,李娜,等. 镁及镁合金熔炼用铁质坩埚腐蚀及防护[J]. **铸造技术**,2007,28(3):443-446.

[8] 薛峰,周仲荣. A291D 镁合金在水介质下的冲击磨损特

性研究[J]. **机械**,2008,35(2):69-72.

[9] PAOLINELLIA S C, CUNHA M A. Effect of stress relief annealing temperature and atmosphere on the magnetic properties of silicon steel[J]. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials Volume**,2006,304(2):599-601.

[10] 冯兆龙. LTTE 改善焊接接头疲劳强度及其残余应力分布研究[D]. 天津:天津大学材料科学与工程学院,2006.

[11] STEPHAN J M, PENIGUEL C, GENETTE P, et al. Evaluation of thermal fluctuations and stressess in pipings mixing zones[J]. **Journal of Engineering for Gas Turbines and Power**,2005(6):41-50.

[12] 赵镇南. 传热学[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2008.

[编辑:柴福莉]

(上接第 22 页)



图 5 热力平衡图的绘制设置界面



图 6 热力平衡图的自动绘制结果

3 结束语

基于 AutoCAD 热力平衡图的动态绘制系统是工业汽轮机热力设计软件的重要组成部分,相对于手工绘制,动态绘制系统,首先大大节省了时间、提高了效率;

其次减少了设计人员的工作量,避免了很多人为差错;最后具有很强的通用性,可绘制不同工况、不同机型机组的热力平衡图,操作简便、高效,制图规范正确,为设计人员提高工作效率提供了很好的开发工具。

参考文献 (References):

[1] 郝景周,彭岩. 水泥窑纯低温余热发电技术性能评价方法探析[J]. **水泥技术**,2008(5):83-86.

[2] 祝刚. 小型工业汽轮机在化工企业余热利用中的应用[J],**应用科技**,2007,34(12):51-54.

[3] ASHOK S, BANERJEE R. Optimal operation of industrial cogeneration for load management[J]. **Transactions on Power System**,2003,18(2):931-937.

[4] PILAVACHI P A. Mini-and micro-gas turbines for combined heat and power[J]. **Applied Thermal Engineering**,2002, 22(18):2003-2014.

[5] GORSEK A, GLAVIC P. Process integration of a steam turbine[J]. **Applied Thermal Engineering**, 2003, 23(10): 1227-1234.

[6] 蒙春林,丁星华,沈卫军,等. 模块化非标准工业汽轮机热力设计软件开发[J]. **机电工程**,2008,25(6):71-74.

[7] DATMUS J B, GONZALEZ-ZUGASTI J P, OTTO K N. Modular product architecture[J]. **Design Studies**,2001,22(5):409-424.

[8] 张传伟,郭卫. ActiveX Automation 技术在 AutoCAD 开发中应用[J]. **机床与液压**,2002(3):80-82.

[9] 张晔. 带式输送机 CAD 系统中的总图绘制[J]. **机电工程**,1999,16(4):1-4.

[10] 姚祖安. 汽轮机热平衡图等 CAD 程序设计的开发[J]. **上海汽轮机**,1998(1):21-25.

[编辑:柴福莉]