第56卷第4期
2016年7月

大连理工大学学报
Journal of Dalian University of Technology

Vol. 56, No. 4
July 2016

文章编号：1000-8608(2016)04-0341-07

基于设备的石化能效监测方法研究

姚冬梅[1]，贾成锡[2]，王克峰[3]，王　栋*[1]，邹　涛[4]

（1.大连理工大学 环境学院，辽宁 大连　116024；
2.辽宁师范大学 生命科学学院，辽宁 大连　116029；
3.大连理工大学 化工学院，辽宁 大连　116024；
4.中国科学院 沈阳自动化研究所，辽宁 沈阳　110819）

摘要： 根据国内石化行业生产过程中在能效监测上的现状，建立了能效监测体系架构，并根据该体系架构提出了基于设备的能效监测方法.利用该方法对石化行业中换热器、机泵设备建立了能效计算模型，并给出了每种设备在能效参数上的求解方法，通过对能源消耗的实时监测明确了能源消耗的去向，实现了能源的精细化管理，为后续能效评估打下了基础.

关键词： 石化企业；设备级；能效；监测；模型

中图分类号： TK012　　**文献标识码：** A　　**doi：** 10.7511/dllgxb201604003

0 引　言

随着全球科技和经济的高速发展，能源消耗和浪费越来越多.石化行业是国内能源消耗高行业，以2014年我国能源消耗情况为例，工业能源消耗量为2.45×10^9 t标准煤，石化行业的能源消耗量为6.44×10^8 t标准煤.可以看出，我国石化行业能源需求量非常大.但实际上，石化行业能源利用率相对较低，国外统计数据显示：每年的工业企业能源消耗中有10%是缺乏能源监测和设备维护计划造成的，而每年的石化行业能源消耗中高达12%是由于缺乏能源管控造成的.目前，欧美发达国家已经普遍将计算机监控系统、能源数据优化分析系统应用于先进企业的生产过程中.通过现代计算机网络通信技术，建立了一套完善的能源消耗监测系统，实现能源消耗结构信息化、可视化管控及优化，提高能源的利用效率[1-2].

在实际应用中，大多企业仅对部分关键设备实现了能效的实时监测，缺乏科学有效的能效监测方法和体系，无法全面了解企业整体能源消耗情况，使进一步通过管理手段挖掘节能潜力、降低能源消耗受到很大制约.作为节能减排技术应用的主要载体，很多大型石化企业仍缺乏切实有效的监测手段来管理系统能效[3-4]，比如，石化企业无法对生产过程中设备的能源消耗状况进行全面了解，这样企业对于能源是如何被消耗的、如何建立一体化的能效评价标准是不清楚的.因此，建立有效的能源消耗监测系统，能够帮助石化企业对设备的能源消耗进行全面掌握，有利于对其运作成本、生产成本进行分析，及时采取针对性整改措施，达到降低生产成本、实现精细化节能管理的目的.

石化工业过程能源消耗除燃料外还主要包括水系统、蒸汽系统、制冷系统等能源消耗.每一个系统中都有大大小小的各种设备，这些设备的运行决定了整个系统的能源消耗情况.因此，设备在石化行业的各个系统中处于举足轻重的地位.本文根据当前石化企业实际技术进展情况，提出一种基于设备级的能效计算方法，通过建立基于设备级的能效监测系统，对设备级中的换热器、机泵的能源消耗情况进行计算，以清晰地了解能源消

收稿日期： 2015-12-11；　**修回日期：** 2016-05-20.
基金项目： “八六三”国家高技术研究发展计划资助项目(2014AA041802)；国家自然科学基金资助项目(61374112)；工信部智能制造综合标准化试验验证项目；中国科学院网络化控制系统重点实验室基金资助项目(WLHKZ2014010)；浙江省控制科学与工程重中之重一级学科开放基金资助项目.
作者简介： 姚冬梅(1980-)，女，博士生，E-mail：ydm1980@126.com；王　栋*(1964-)，男，教授，E-mail：wangdong@dlut.edu.cn；邹涛(1975-)，男，研究员，E-mail：zoutao@sia.cn.

耗的分布，降低企业生产成本，提高用能效率，实现能源的精细化管理，为后续能效评估的实现打下基础.

1 能效监测系统架构

1.1 系统网络架构

能效监测系统通过 OPC 获取实时数据(包括操作参数、分析数据)，结合设备数据，计算出能效，单设备的能效计算后存入关系数据库. 多种设备组成一个过程或一个系统，核算过程和系统的能效，相关数据存入关系数据库，系统的网络架构如图 1 所示.

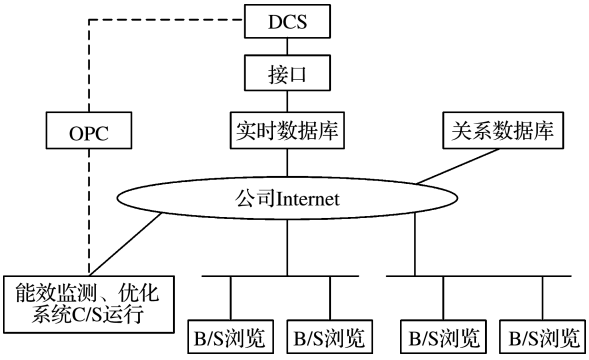


图 1 系统网络架构

Fig. 1 System network architecture

1.2 功能模块设计

在石化行业中，数量较多、单位较小而自身很完整的用能设备，是冷换设备和机泵，这样监测系统中设备级分为两类：

(1)冷换设备

冷换设备是化工行业中非常常见和重要的设备，其工作原理是，使得不同温度的流体实现热量的交换[5].

本文中冷换设备包括换热器和冷却器. 换热器指工艺物流之间换热的设备，包括蒸汽加热；冷却器指通过循环水冷却工艺物流的设备.

在实际的换热器能效监测中，通过数据接口获取到的实时监测数据包括冷热物流流量、出入口温度和压力等数据，需要计算的监测参数有热负荷、传热系数、㶲损、㶲效率等.

㶲又可称为有用能，是指当系统由一任意状态可逆地变化到与给定环境相平衡的状态时，理论上可以无限转换为任何其他能量形式的那部分能量，即理论上可转化为最大有用功的能量.

㶲作为一种参数，从“量”和“质”两个方面定义了能量的“价值”，解决了热力学中长期以来没有一个参数可以单独评价能量价值的问题，改变了人们对能量的性质、能量的损失和能量的转换效率等问题的传统看法，提供了热工学分析的基础[6-9].

对于不同换热器的能效监测，可以采用如今广泛应用的换热效率分析方法，但是换热效率反映能量的差异只能表现在数量上，而对于反映品质上的差异有所欠缺，因此引入㶲效率，以在能量平衡时既考虑数量，也考虑到质量[10-11].

(2)机泵

石化生产装置中用到的最大的传动设备是工业用泵，它像人的心脏输送血液那样把各种液体介质如急冷水、蒸汽、化工原料及各种中间产品输送到其他地方.

主要监测泵的轴功率、输出功率，泵效率，电机输入功率和电机效率.

本文中对泵的这些参数计算采用的是基于性能曲线的公式计算法. 利用基于特性曲线的泵能效计算方法具有较高的精准度，适于用计算机程序确定泵输送流体的性能，并绘制其性能曲线.

总之，为设备级能效监测提供多种有效、准确的计算方法，可为后续的能效评估做好准备.

2 设备级的能效计算

2.1 冷换设备

(1)热负荷、传热系数的计算

在换热器进行换热的过程中，热流体释放的热量和冷流体吸收的热量是相等的，即 $Q_h = Q_c$，Q_h、Q_c 的表达式分别为

$$Q_h = F_h c_h (T_{hi} - T_{ho})$$

$$Q_c = F_c c_c (T_{co} - T_{ci})$$

式中：Q_h、Q_c 分别为热、冷流体单位时间的换热量，kW；F_h、F_c 分别为热、冷流体的实际流量，t/h；c_h、c_c 分别为热、冷流体的比热容，J/(kg·K)；T_{hi}、T_{ho} 分别为热流体的输入、输出温度，K；T_{ci}、T_{co} 分别为冷流体的输入、输出温度，K.

换热器的传热系数

$$\lambda = \frac{Q_h}{A \Delta T_m} = \frac{Q_c}{A \Delta T_m}$$

式中：A 为换热面积，m^2.

对于式中 ΔT_m 的计算，采用的是求对数平均温差法：

$$\Delta T_m=\frac{\Delta T_1-\Delta T_2}{\ln(\Delta T_1/\Delta T_2)}$$

套管式换热器中流体存在逆流和顺流两种情况，如图 2 所示.

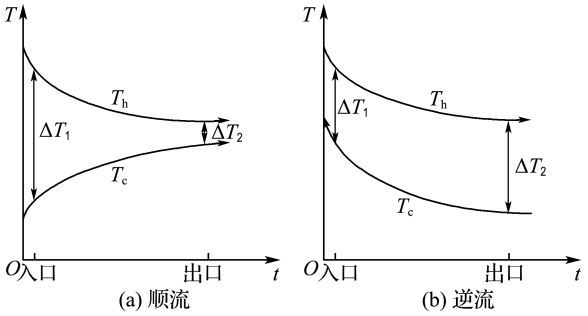


图 2　套管式换热器流向

Fig. 2　Flow of casing type heat exchanger

在实际的计算当中，有些换热器计算需要输入的参数经常不全，或者数据不准，这时需要依据相关数据校正. 在换热器冷热物流没有计量的情况下，需要通过其他方式计算流量，包括阀门流量计算，下面就系统中未知的换热器流量计算做出详解.

对于换热器流量的计算主要有以下两种方法：

①依据调节阀的阀门开度和阀门压降计算

首先需要计算阀门开度与流量的关系，不同类型的阀门对应不同的流量特性关系.

阀门直线流量特性：

$$\delta=\frac{1}{R}\left[1+(R-1)\frac{L}{L_{max}}\right]$$

阀门等百分比流量特性：

$$\delta=R^{(L/L_{max}-1)}$$

阀门快开流量特性：

$$\delta=\frac{1}{R}\left[1+(R^2-1)\frac{L}{L_{max}}\right]^{\frac{1}{2}}$$

式中：δ 为相对流量；$R=F_{max}/F_{min}$，为可调比；L 为阀门的实际开度；L_{max} 为阀门的最大开度.

其中，接近快开特性的为隔膜阀的流量特性，接近等百分比特性的为蝶阀的流量特性，接近直线特性的为闸阀的流量特性；球阀的流量特性比较特殊，在启闭阶段为直线特性，在中间开度的时候为等百分比特性[12].

换热器流量

$$F_h=\delta\cdot F_{max}\cdot(dp_1/dp)^{0.5}$$

式中：F_{max} 为最大流量，dp_1 为换热器的设计压降，dp 为阀门的设计压降.

②依据实际总流量与设计流量关系计算

$$F_h=\frac{F_{st}}{\sum_{i=1}^{m}F_i}\cdot F_{hs}$$

式中：F_{st} 为与系统有关的所有换热器的实际总流量，F_{hs} 为计算换热器的设计流量，$\sum_{i=1}^{m}F_i$ 为系统中所有换热器的设计总流量.

(2)㶲损和㶲效率的计算

对于换热器㶲变，考虑热物流和冷物流在无相变时的计算公式为

$$\Delta E=Fc_i\left(T_{E,o}-T_{E,i}-T_0\ln\frac{T_{E,o}}{T_{E,i}}\right)$$

式中：$T_{E,i}$、$T_{E,o}$ 分别为物流进、出口温度，K；F 为物流的流量；c_i 为物流的比热容，$i=h,c$；对于热物流㶲变为负，对于冷物流㶲变为正，这里假设物质的比热容不随温度的改变而改变.

对于有相变的物流：

$$\Delta E_i=FQ_i\left(1-\frac{T_0}{T}\right);\ i=1,2$$

这里假设相变温度不变，热物流 ΔE_1 为负，冷物流 ΔE_2 为正.

如果物流有相变，同时还有相变以外的热量，则需要分段计算，即相变㶲变、无相变㶲变单独计算.

对于多组分物流有相变，如果相变温度变化范围不大，则按温度不变计算；如果相变温度变化范围较大，则看相变曲线是否为直线，如果是直线，则按非相变处理，如果不是直线，或者曲线程度很大，需要另外单独计算.

换热器总的㶲损可表示为

$$\Delta E=\Delta E_1+\Delta E_2$$

2.2　机　泵

泵的输出功率可以表示为

$$P_{po}=3\ 600\times\frac{(p_{out}-p_{in})F}{\rho}$$

式中：P_{po} 为泵的输出功率，kW；p_{in} 为泵入口压力，kPa；p_{out} 为泵出口压力，kPa；F 为流量，kg/h；ρ 为流体密度，kg/m^3.

电机功率：

$$P_{eo}=1.732\times U\times I\times\cos\varphi$$

式中：P_{eo}为电机的有功功率；U 为电机电压；I 为电机电流；$\cos\varphi$ 为功率因数.

泵的性能曲线表示的是在某一特定转速下，扬程 H、轴功率 P、泵效率 η 与流量 Q 之间的关系，如图 3 所示，为通过现场实测数据得出的电机转速为 1 480 r/min 时泵的性能曲线.

当离心泵的转速变化不大时，泵的流量、扬程、轴功率与转速可近似用比例定律来计算，即

$$\frac{F_2}{F_1}=\frac{n_2}{n_1},\frac{H_2}{H_1}=\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2,\frac{P_2}{P_1}=\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

H、η 与 F 的关系式为

$$H=a_0+a_1F+a_2F^2$$

$$\eta=b_0+b_1F+b_2F^2$$

其中 F 可以直接通过仪表来测量，而 H 则通过公式来计算：

$$H=h+(p_{out}-p_{in})/\rho$$

式中：h 为泵进出口的垂直距离.

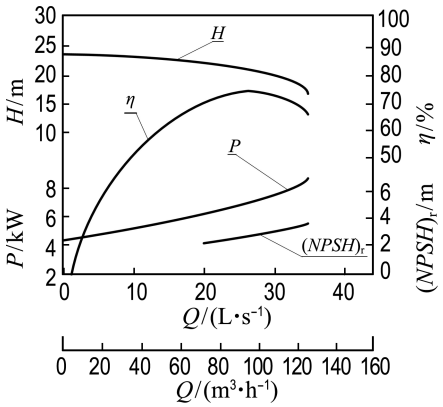


图 3 泵的性能曲线

Fig. 3 Pump performance curve

运用最小二乘法求解：

$$M(a_0,a_1,a_2)=\sum_{i=1}^{8}[H_i-(a_0+a_1F_i+a_2F_i^2)]^2$$

$$N(b_0,b_1,b_2)=\sum_{i=1}^{8}[\eta_i-(b_0+b_1F_i+b_2F_i^2)]^2$$

当且仅当 M 和 N 取最小值时，所求性能曲线的误差最小，运用隐函数求最值的方法即可得到性能曲线，根据现场数据得到流量、扬程，由流量-扬程性能曲线和泵的比例关系确定精确转速，再由流量-效率性能曲线查出效率，这样便可计算出泵轴功率.

3 仿 真

3.1 换热器

图 4 为某石化厂急冷水系统，对换热器 E-1101 进行能效监测，其冷流体为石脑油，热流体为急冷水，根据流量计算的第一种算法，从 PID 图中可以找到，E-1101 换热器左侧的阀门为球阀. E-1101 设计流量为 279.450 t/h，阀门开度为 100%，换热器与阀门的压降分别为 70 kPa 和 140 kPa，可以得到 E-1101 实际流量为

$$F_{h_E\text{-}1101}=R\left(\frac{L}{L_{max}}-1\right)\cdot F_{max}\cdot(dp_1/dp)^{0.5}=279.450\times\left(\frac{70}{140}\right)^{0.5}\ t/h=197.600\ t/h$$

根据流量计算的第二种算法，E-1530A 设计流量 1 462.458 t/h，E-1530B 设计流量 1 462.458 t/h，E-1430A/B 设计流量为 544.364 t/h，E-1340 设计流量为 48.499 t/h，则热流体急冷水设计流量为(3 517.779＋279.450) t/h. 由现场数据可知，热流体急冷水的实际总流量为 2 846.700 t/h. 因此，换热器 E-1101 急冷水的实际流量为

$$F_{h_E\text{-}1101}=\frac{F_{st}}{\sum_{i=1}^{m}F_i}\cdot F_{hs}=\left(\frac{2\ 846.700}{3\ 517.779+279.450}\right)\times 279.450\ t/h=209.500\ t/h$$

在实际计算中，第二种流量计算结果更为精确. 换热器 E-1101 的热流体急冷水入口温度为 89.9 ℃，出口温度为 65.0 ℃，急冷水的比热容为 4.2×10^3 J/(kg·K)，则热流体一侧的换热量为

$$Q_{E\text{-}1101}=F_{h_E\text{-}1101}\times c_c\times(T_{co}-T_{ci})=\frac{209\ 500\times4.2\times10^3\times24.9}{3.6\times10^6}\ kW/h=6\ 085.98\ kW/h$$

E-1101 换热器中冷热流体为逆流换热，换热器的换热面积为 282 m²，E-1101 换热器中冷流体石脑油的入口温度为 30.9 ℃，出口温度为 60.0 ℃，冷流体石脑油的实际流量为 640 t/h，冷流体石脑油的比热容为 1.71×10^3 J/(kg·K)，环境温度为 20 ℃，则

$$\Delta T_m=\frac{\Delta T_1-\Delta T_2}{\ln\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}=\frac{(89.9-60.0)-(65.0-30.9)}{\ln\frac{89.9-60.0}{65.0-30.9}}\ ℃=31.95\ ℃$$

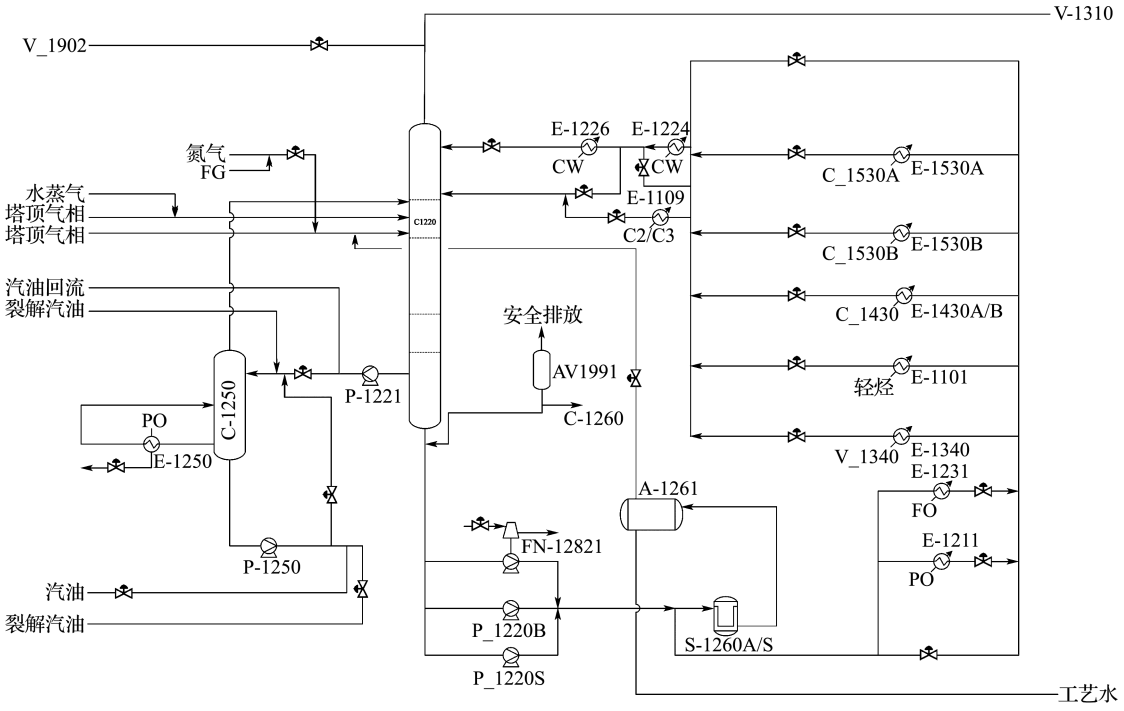


图 4　急冷水系统

Fig. 4　Quench water system

因此，换热器传热系数

$$\lambda=\frac{Q_h}{A\Delta T_m}=\frac{Q_c}{A\Delta T_m}=\frac{6\ 085\ 980}{282\times 31.95}\ \mathrm{W/(m^2\cdot ℃)}=675.48\ \mathrm{W/(m^2\cdot ℃)}$$

E-1101 为无相变换热器，热流体急冷水的㶲损

$$\Delta E_1=F_{h_E\text{-}1101}c_h\left(T_{E,o}-T_{E,i}-T_0\ln\frac{T_{E,o}}{T_{E,i}}\right)=\frac{209\ 500\times 4.2\times 10^3\times\left(65.0-89.9-20\times\ln\frac{65.0}{89.9}\right)}{3.6\times 10^6}\ \mathrm{kW/h}=-4\ 500.6\ \mathrm{kW/h}$$

冷流体石脑油的㶲损

$$\Delta E_2=F_{c_E\text{-}1101}c_c\left(T_{E,o}-T_{E,i}-T_0\ln\frac{T_{E,o}}{T_{E,i}}\right)=\frac{640\ 000\times 1\ 710\times\left(60.0-30.9-20\times\ln\frac{60.0}{30.9}\right)}{3.6\times 10^6}\ \mathrm{kW/h}=4\ 812.3\ \mathrm{kW/h}$$

因此，换热器的㶲损

$$\Delta E=\Delta E_1+\Delta E_2=(-4\ 500.6+4\ 812.3)\ \mathrm{kW/h}=311.7\ \mathrm{kW/h}$$

以某石化厂乙烯装置急冷水系统中的换热器 E-1101 为例，本文选取了 1 个月的生产数据对其进行能效监测，结果如图 5 所示.

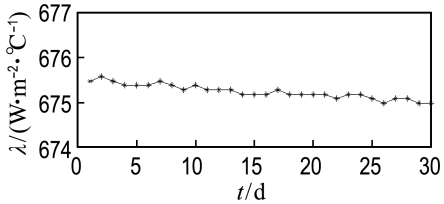


图 5　某石化厂监测一个月的传热系数

Fig. 5　Heat transfer coefficient for one month in a petrochemical plant

由此可见，从总传热系数的变化，可以看出一个换热器的状态. 传热系数计算结果会随时间不断变化. 影响总传热系数的因素很多，测量误差也有影响，在短时期，总传热系数会有不规律的变化，但长时间，总传热系数是不断变小的，换热效果在一次大检修后会不断变差. 换热器换热效果变差，是由换热器管道表面结垢引起的，因此需要定时对换热器的管道进行清理.

3.2　机　泵

以某石化厂盘油系统中的急冷油循环泵为例，已知该泵在 3 000 r/min 时的性能参数如表 1

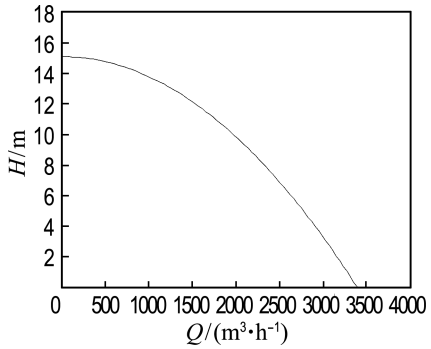
所示.

表 1 3 000 r/min 时泵的性能参数

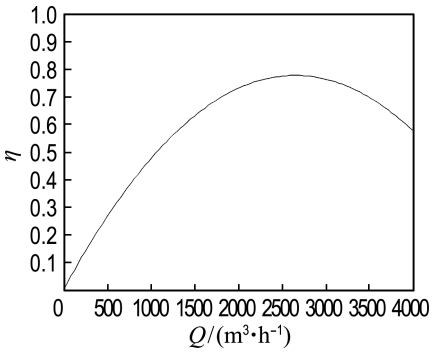
Tab. 1 Performance parameters of 3 000 r/min pump

$Q/(m^3 \cdot h^{-1})$	H/m	η/%
1 250	14.60	52.6
1 500	13.81	60.9
1 750	12.98	68.2
2 000	12.08	74.7
2 250	11.10	79.4
2 500	10.00	81.0
2 750	8.41	78.6
3 000	6.66	71.6

由已知的性能参数,根据最小二乘法可求得流量-扬程、流量-效率性能曲线如图 6 所示.



(a) 流量-扬程性能曲线



(b) 流量-效率性能曲线

图 6 特性曲线仿真结果

Fig. 6 Simulation results of characteristic curve

在生产过程中,某一时刻该急冷油循环泵的入口压力为 1.08 MPa,出口压力为 0.15 MPa,流量为 2 500 kg/m³,则通过流量-效率性能曲线可以得到泵的效率为 77.61%. 则泵的轴功率

$$P=P_{po}/\eta=3\ 600\times\frac{(p_{out}-p_{in})F}{\rho\cdot\eta}=$$

$$\frac{3\ 600\times(1.08-0.15)\times 2\ 500}{900\times 77.61\%}\ \text{kW}=11\ 983\ \text{kW}$$

将计算出的泵轴功率与泵的设计值进行比较,收集一个月轴功率数据,与计算出的轴功率数据进行观察,确定泵性能的好坏.

4 结 语

本文分析了当前中国石化行业在能效监测上所面临的问题,阐述了对石化行业进行能源精细化管理的必要性. 建立了能效监测体系架构,并根据该体系架构提出了基于设备的能效监测计算方法. 该方法对石化行业中换热器、机泵设备建立了能效计算模型,并给出了每种设备在能效参数上的求解方法,最后在某石化厂乙烯生产过程中的设备上进行应用,帮助企业监测所有设备的能源消耗情况,实现了石化企业能源的精细化管理,为后续能效评估打下了基础.

参考文献:

[1] 周湘梅,刘立波. 能源管理体系的建立与运行[M]. 北京:中国标准出版社,2009.
ZHOU Xiang-mei, LIU Li-bo. **The Establishment and Operation of the Energy Management System** [M]. Beijing: Standards Press of China, 2009. (in Chinese)

[2] 杜 伟. 低碳经济与中国石油石化行业的发展[J]. 国际石油经济,2010,**18**(1):32-37.
DU Wei. The low carbon economy and the development of China's petroleum and petrochemical industry [J]. **International Petroleum Economics**, 2010, **18**(1):32-37. (in Chinese)

[3] 孙艺敏,何 艺. 大工业用户能效监测平台的设计及开发[J]. 广西电力,2012,**35**(1):17-20.
SUN Yi-min, HE Yi. The design and development of energy consumption monitoring platform for large-scale industry users [J]. **Guangxi Electric Power**, 2012, **35**(1):17-20. (in Chinese)

[4] 齐 亮,贾廷纲,侍洪波. 基于工业无线网络电机能效监测系统研究及应用[J]. 电气自动化,2011,**33**(1):55-57,72.
QI Liang, JIA Ting-gang, SHI Hong-bo. Study of the motor energy efficiency monitoring system based on the industrial wireless network and its application [J]. **Electrical Automation**, 2011, **33**(1):55-57,72. (in Chinese)

[5] 黄银山. 机泵设备智能监测系统在胜利石化总厂的应用[J]. 设备管理与维修,2014,**11**(S2):15-18.

HUANG Yin-shan. Study of the motor energy efficiency monitoring system based on the industrial wireless network and its application [J]. **Plant Maintenance Engineering**, 2014, **11**(S2):15-18. (in Chinese)

[6] 孙　勇,方彦军. 高耗能行业省域多级能效监测体系设计研究[J]. 华东电力, 2014, **42**(3):520-523.
SUN Yong, FANG Yan-jun. Design of provincial multistage energy efficiency monitoring system for energy-intensive industries [J]. **East China Electric Power**, 2014, **42**(3):520-523. (in Chinese)

[7] 董　奥,平星星,姜　亮,等. 基于能效监测的能源管理优化[J]. 节能技术, 2013, **31**(3):269-273.
DONG Ao, PING Xing-xing, JIANG Liang, *et al*. Energy management optimization based on energy efficiency monitoring in Shanxi industrial park [J]. **Energy Conservation Technology**, 2013, **31**(3):269-273. (in Chinese)

[8] 高镜媚,王麟琨. 典型石化行业的多级能效评估方法研究[J]. 仪器仪表标准化与计量, 2013(5):18-19,34.
GAO Jing-mei, WANG Lin-kun. Study on multi-stage energy efficiency evaluation method of typical petrochemical industry [J]. **Instrument Standardization and Metrology**, 2013(5):18-19,34. (in Chinese)

[9] 陈永东,陈学东. 我国大型换热器的技术进展[J]. 机械工程学报, 2013, **49**(10):134-143.
CHEN Yong-dong, CHEN Xue-dong. Technology development of large-scale heat exchanger in China [J]. **Journal of Mechanical Engineering**, 2013, **49**(10):134-143. (in Chinese)

[10] 付　磊,曾燚林,唐克伦,等. 管壳式换热器壳程流体流动与传热数值模拟[J]. 压力容器, 2012, **29**(5):36-41.
FU Lei, ZENG Yi-lin, TANG Ke-lun, *et al*. Numerical simulation study of shell-side fluid flow and heat transfer in shell-and-tube heat exchanger [J]. **Pressure Vessel Technology**, 2012, **29**(5):36-41. (in Chinese)

[11] 刘　建,田　慧. 机泵调速技术在石油化工厂的应用[J]. 化工机械, 2002, **29**(6):367-370.
LIU Jian, TIAN Hui. Application of the speed adjustment technology of compressors and pumps in petrochemical plants [J]. **Chemical Engineering & Machinery**, 2002, **29**(6):367-370. (in Chinese)

[12] 张淑佳,朱保林,林　锋,等. 基于仿真分析的离心泵特性曲线计算[J]. 中国机械工程, 2006, **17**(z1):46-48.
ZHANG Shu-jia, ZHU Bao-lin, LIN Feng, *et al*. Performance curve calculation of a centrifugal pump based on numerical simulation [J]. **China Mechanical Engineering**, 2006, **17**(z1):46-48. (in Chinese)

Study of petrochemical energy efficiency monitoring method based on equipment

YAO Dong-mei[1], JIA Cheng-xi[2], WANG Ke-feng[3], WANG Dong[*1], ZOU Tao[4]

(1. School of Environmental Science and Technology, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;
2. School of Life Science, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China;
3. School of Chemical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;
4. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110819, China)

Abstract: Based on the situation of the process of energy efficiency monitoring in the domestic petrochemical industry, the energy efficiency monitoring system framework is constructed to design the energy efficiency monitoring method based on equipment. The method establishes energy efficiency calculation model for heat exchanger and pump equipment in petrochemical industry and proposes the solving method of each type of equipment in energy parameter, defines the destination of energy consumption by the real-time monitoring of energy flow consumption. The fine energy management is realized and the condition for the energy efficiency evaluation is provided.

Key words: petrochemical enterprise; equipment level; energy efficiency; monitor; model