



热交换器的最佳管理实现的节能

出光兴产公司 千叶制油所
制油一科 三重 A 小组

关键词： 防止由放射、传热、阻力等引起的能源损耗
(防止放射、传热等造成的热量损耗)

主题的概要

我们平日从运转、设备面出发对装置进行管理、评价、改善，追求每天高效运转。这次的对象是第 2 常压蒸馏装置原油预热系热交换器，它在原油预热上使用半成品的热能。该热交换器随着运转时间的流逝会出现污垢，降低其热回收率。因此打破设备的运行和维护的部门障碍、确实地对污垢情况进行管理，对其进行了改善，实现了可视化。从监视出发对热回收效率低下进行管理，可以在最佳周期下进行开放清扫。进一步弄清阻碍热交换的污垢出现的原因，确实地防止由化学成分注入造成的污垢，在抑制传热低下上找到头绪。通过设备维护的最佳化和改善日常运转这两方面的研究实现了良好的节能效果。

本事例的实施期间	2004 年 5 月～2007 年 7 月	(共计 39 个月)
计划立案期间	：	2004 年 5 月～2005 年 4 月 (共计 12 个月)
措施的实施期间	：	2005 年 5 月～2007 年 5 月 (共计 25 个月)
措施的确认期间	：	2007 年 6 月～2007 年 7 月 (共计 2 个月)

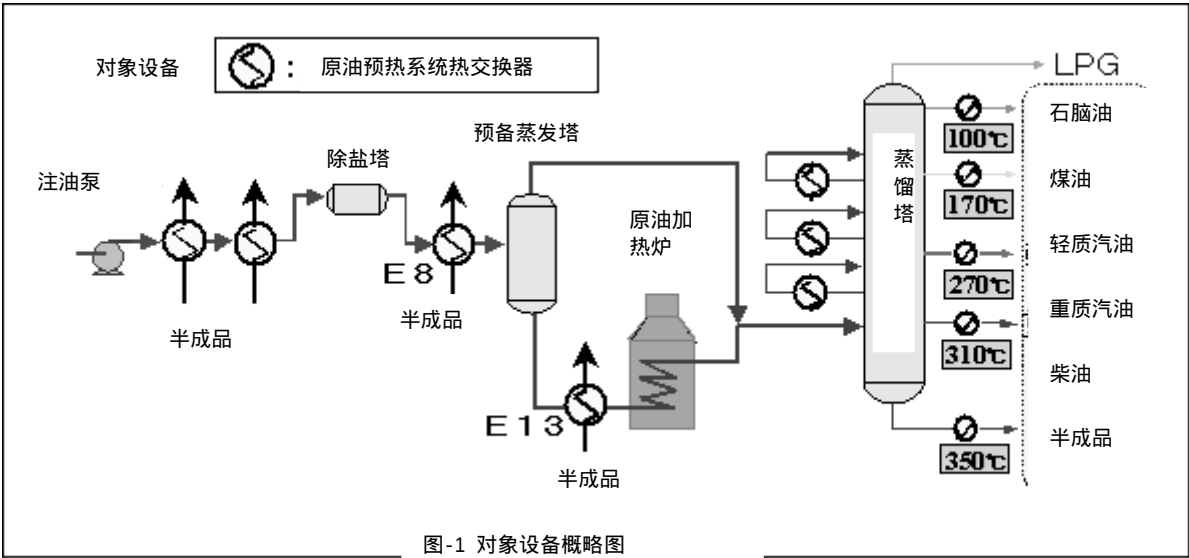
企业概要

生产品种 ： LPG、粗挥发油、汽油、煤油、轻油、重油、润滑油
职员 ： 565 人(2007 年 4 月 1 日现在)
第一种能源管理指定工厂

对象设备的概要

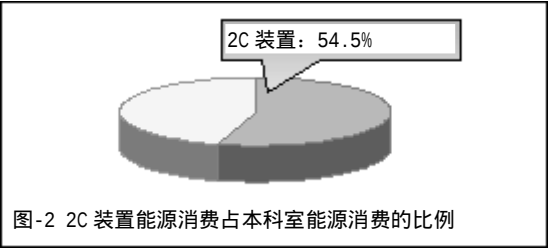
第二常压蒸馏装置（以下称 2C 装置），该设备通过加热、蒸馏、冷却原料原油来生产 LPG、粗挥发油、煤油、轻油、重油，原油处理能力为每天 22 万桶(35,000KL) (图-1)

本次节能对象设备是在加热炉里加热原油之前，与粗挥发油、煤油、轻质轻油、重质轻油、重质重油、重油的各个半成品进行热交换，然后预热原油的设备。



1. 选定主题的理由

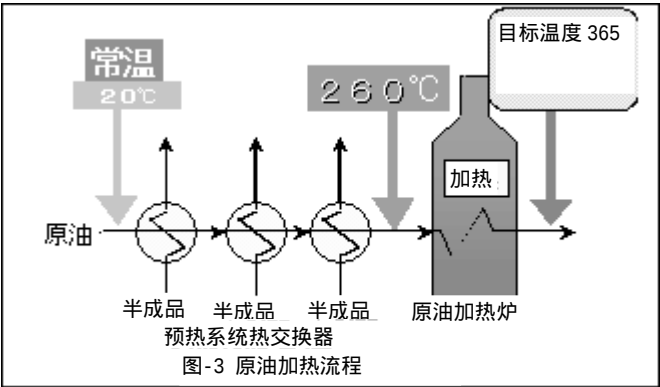
从有效利用热能的观点出发，为了预热原油，在2C装置中设置了多个热交换器。原油预热系统热交换器是2C装置的节能运转中不可或缺的设备。但是随着运转时间的流逝，热交换器会产生污垢，将显著降低其热回收率。虽然定期对热交换器进行开放清扫，使之恢复性能，但是从维护费用的观点、定期维护的工程天数的限制来看，整体开放清扫是非常困难的。2C装置的能源消费比例占了本科所有能源消耗量的54.5%，比例较高(图-2)。如果能够消除该热交换器的能源损耗，就能够实现大量节能，因此我们选定了这个主题。



2. 对现状的把握以及分析

2-1 对现状的把握

在2C装置中为了蒸馏原油、分离为不同产品，需要将原油从常温加热到目标温度。通过预热系统热交换器和半成品之间进行热交换，把原油升温至260℃，再在原油加热炉里加热到365℃。(图-3)



(1)热交换器的污垢与燃料单位能耗的关系

从蒸馏塔蒸馏出的高温半成品和原油之间虽然进行热交换,但是随着运转时间的流逝,热交换器容易出现污垢,降低加热炉的入口温度。由此使得原油加热炉的负荷上升,燃料单位能耗指数(以下称单位能耗指数)上升。这里我们把计划停止后开始运转的最初单位能耗指数定为1,把单位能耗指数制成图表。(图-4)

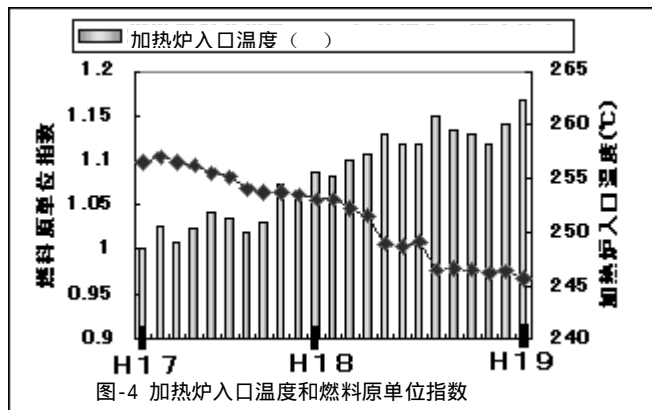


图-4 加热炉入口温度和燃料原单位指数

(2)热交换器的开放清扫

原油预热系热交换器使用的是U字管式热交换器,为了使之恢复性能,在清扫的时候进行的是全面开放清扫。所谓的全面开放清扫指的是取下渠道盖,拔出管束,把附着在壳管内的污垢洗净。(图-5)

以前都是以过去的开放检查结果为基础,研究定期维护的工程工序,决定哪些机器需要全面开放清扫。

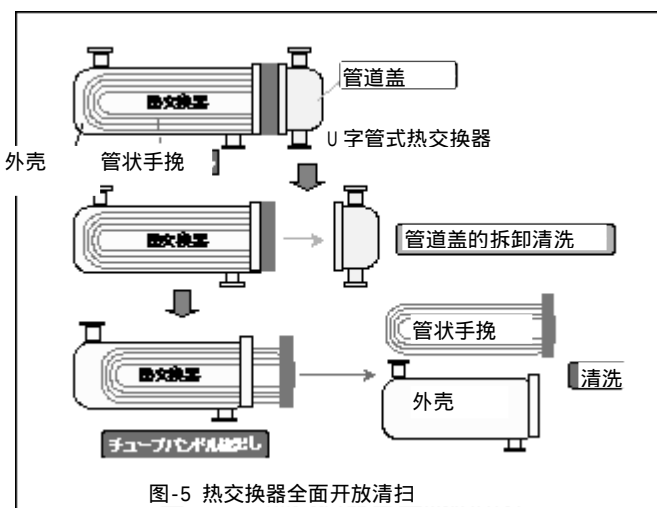


图-5 热交换器全面开放清扫

2-2 对现状的分析

通过全面开放清扫可以恢复热回收,但是存在着各种各样的理由使得开放数量存在限制。为了避免由于装置停止引起的生产损耗,由小组所有成员进行自由讨论,来决定是否需要将热交换量开至最大。关于“燃料单位能耗指数为什么出现了恶化?”,我们整理出了特征原因关系图(图-7),此时:

[1] 由于原油性状的轻质化,使得在预热热源中占据较大重量的重油蒸馏部分减少,降低了热交换量。(图-6)

[2] 从运转管理面上来说,把握热交换器持续性污垢的方法不够完整。

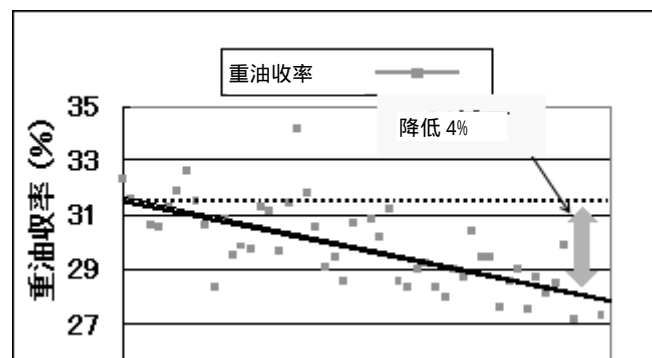
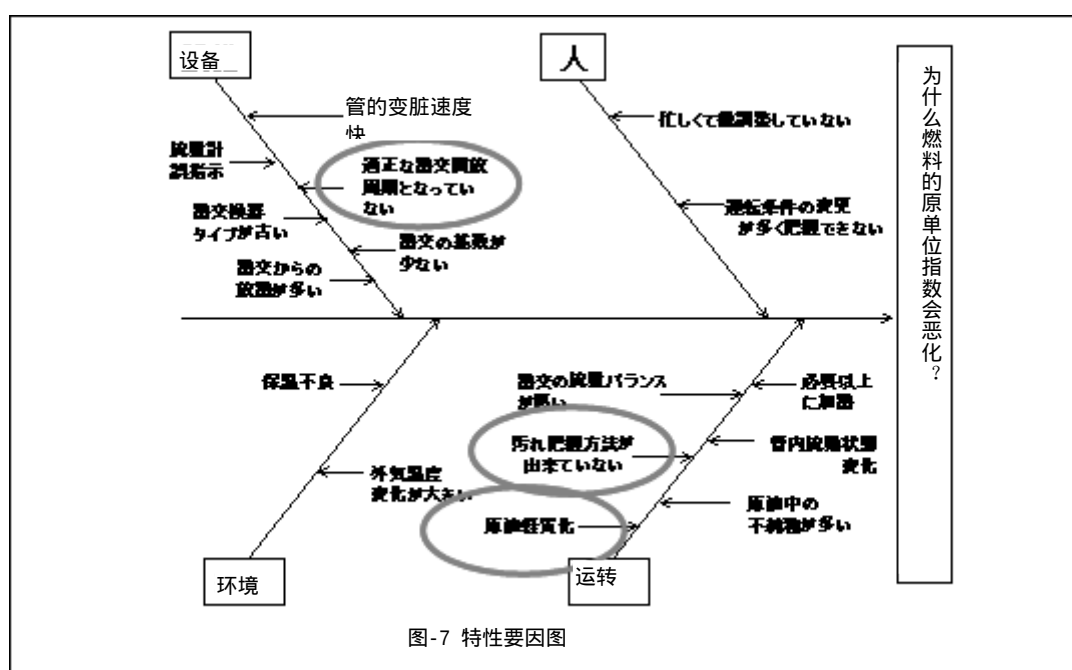


图-6 重油收获率的推移

[3] 从设备方面来说热交换器的开放周期
(清扫周期)不恰当

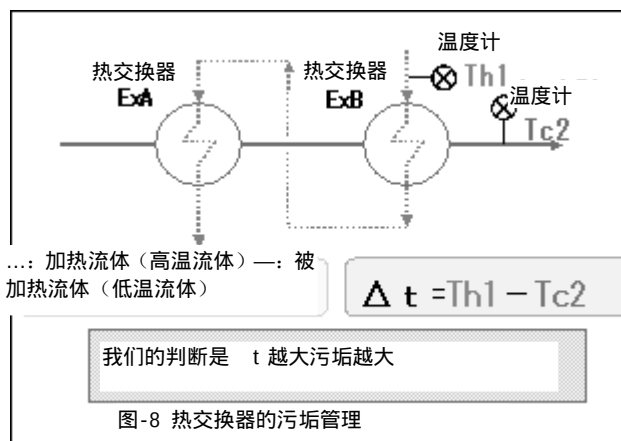
由上述可知以上三条是其主要原因。[1]原油的轻质化在重油收率上与4年前相比改变了4%，与当初的设计条件之间出现了乖离，产生了原油预热系热交换器网络的不适合。但是原油的轻质化是一种经营战略，从节能观点出发来改变原油油种是很困难的。另外，重新研究热交换器的网络，在模块、压差设计上也存在很大限制，需要进行大规模的设备投资，因此也是极为困难的。

因此我们着眼于[2]决定开放周期的热交换器持续性污垢把握以及，[3]热交换器开放周期的最佳化，进行了研究。



(1) 热交换器的污垢管理

以前采取的热交换器污垢管理方法中, 比较简易的方法有监视高温测流体入口温度(T_{h1})和低温测流体出口温度(T_{c2})之间的温度差(Δt)。这是利用了这一原理: 污垢增加会降低热回收, 由此低温测流体出口温度也将随之降低, 扩大温度差。由于以前原料性状变化较小, 流量变化也较小, 因此这样的管理已经足够了, 但是随着原油品种范围扩大, 流量和性状的变化随之增大, 作为污垢的监视指标就不够了。(图-8)



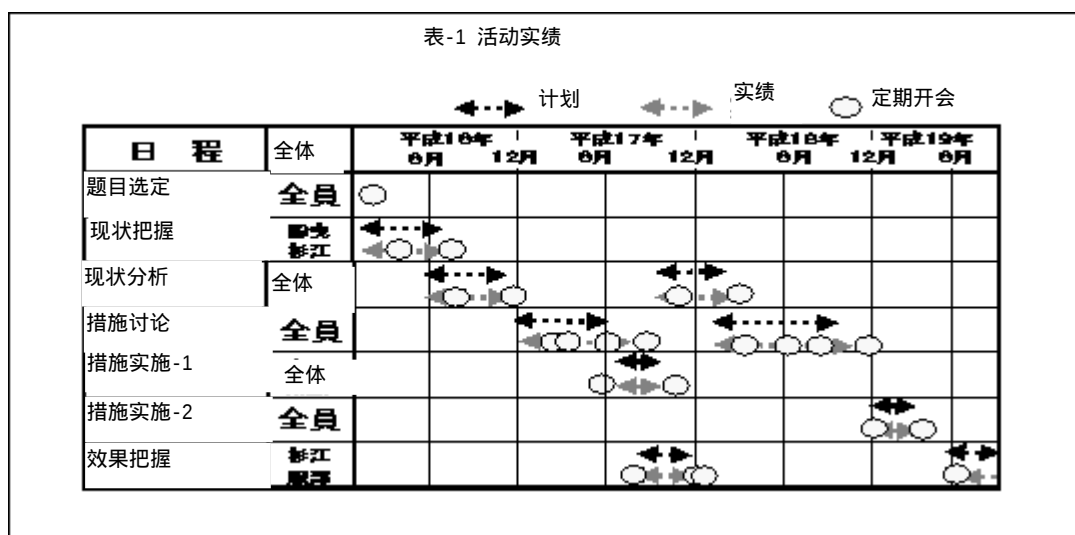
(2)热交换器的开放周期

从法律义务和保全观点出发根据开放检查结果来决定是否开放清扫热交换器，现在对生产产生影响的部分才进行。在判断是否实施开放清扫时，现在没有考虑污垢引起节能效果降低的现象。

3. 活动的经过

3-1 配合体制

管理热交换器污垢时着眼于节能，把握最佳的开放清扫频率，这和高效的节能运转存在密切关系。因此研讨了最佳污垢管理和清扫周期的再研究。这次研讨决定由科内小组负责，推进活动进程。为了保证进度，规定随时报告问题点、定期开会研究等。（表-1）



3-2 目标的设定

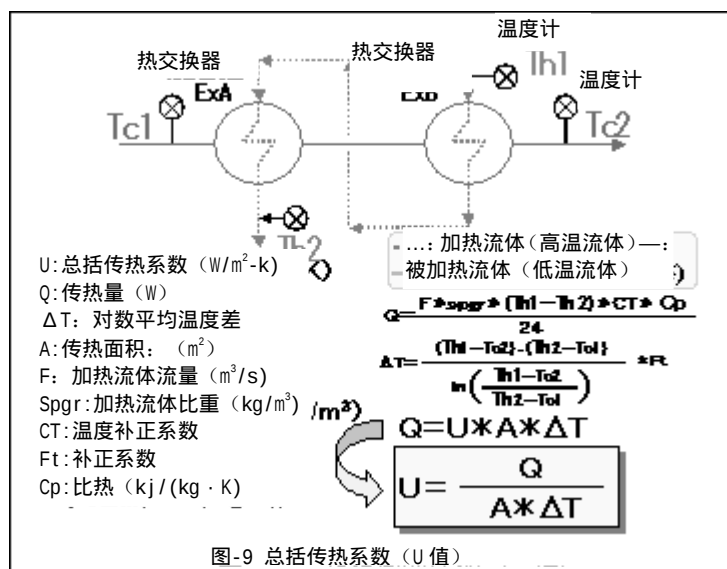
重新研究热交换器的开放周期，提高热回收率，降低燃料使用量（原油换算）4,000COE-KL/年（千叶制油所的年度节能目标量的50%）作为活动的目标。

3-3 问题点及其研究

问题点及其研究 1

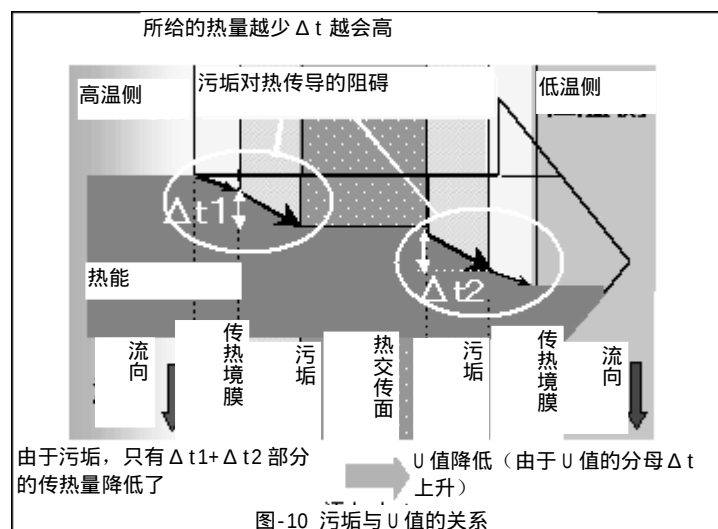
(1)热交换器污垢情况的管理

我们认为从以前进行的 Δt 管理转移到掌握更正确的污垢情况是非常必要的。我们决定尝试通过总括传热系数(以下U值)来进行污垢管理,同时兼做年轻职员的培训。



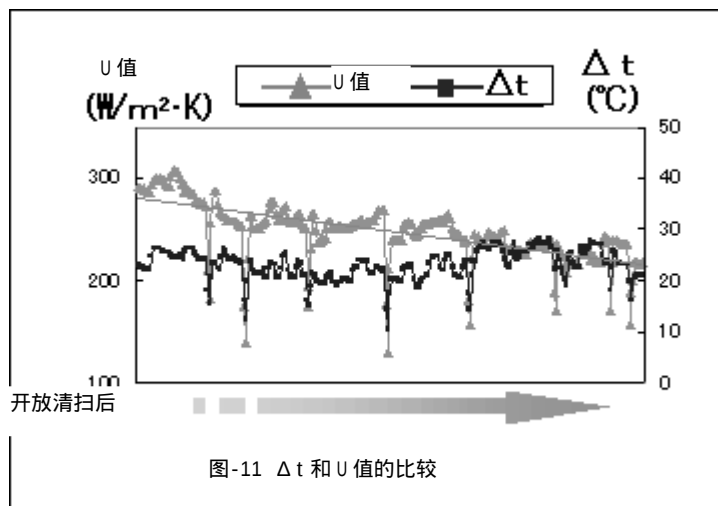
[1]通过总括传热系数来掌握污垢情况

U 值表示的是热量的传递难易程度。使用这个 U 值, 热交换器的传热量 Q 可以用公式 $Q = UA \Delta T$ 来表示。(图-9)U 值由热交换器两侧的传热层膜阻力和污垢阻力决定。在这里, 层膜阻力依赖于流量和物体的物理性状。污垢阻力随着污垢的增多而增加, 产生与阻力相当的温差。如果污垢过多, U 值会被污垢阻力左右, 降低很多, 因此是有效的传热指标。(图-10)



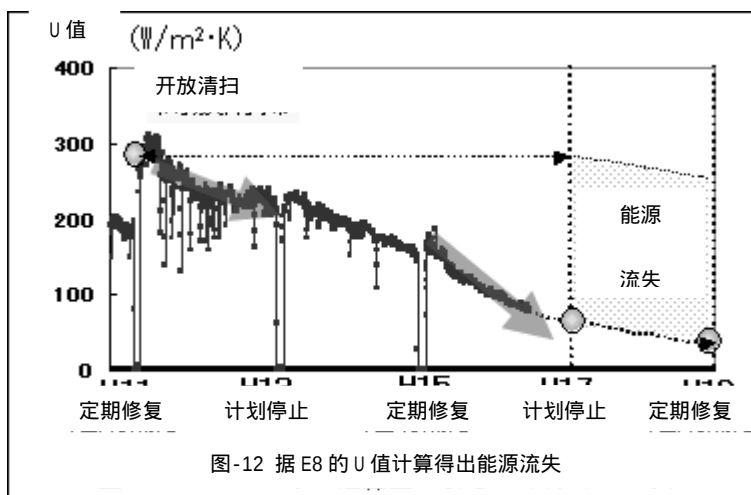
[2] Δt 和 U 值的比较

对全面开放清扫具代表性热交换器后的 Δt 和 U 值倾向进行比较, 结果是: 与 U 值显示出降低倾向相比, Δt 中存在看不出明显数值降低的个案。(图-11)这正如前述, 在 Δt 中不包括流量和热焓量的观点, 因此从实际数据中也确认了 Δt 监视里存在缺点。由于 2C 装置原油预热系热交换器要处理原油, 容易出现污垢, 在热交换恶化时会彻底被污垢左右, 因此污垢监视中利用单纯 U 值管理已足够实用。



[3] 决定热交换器开放时期和设定管理值

用 U 值确认污垢变化,发现有些热交换器近年显示出明显的低下倾向。(图-12)。该热交换器(E8)是预备蒸发塔入口的热交换器。由于过去的开放清扫周期为 8 年,在 2005 年装置计划停止时没有开放清扫计划。2005 年没有进行开放清扫,计算到 2007 年为止持续运转的能量损耗,与进行了开放清扫场合的维护费用和能量损耗进行对比,得出的结论是开放清扫存在优势。为了赶在 2005 年计划停止时实施开放清扫,与相关部门做了调整,决定实施开放清扫。让我们认识到在决定开放清扫周期时,“节能效果”是非常重要的关键。

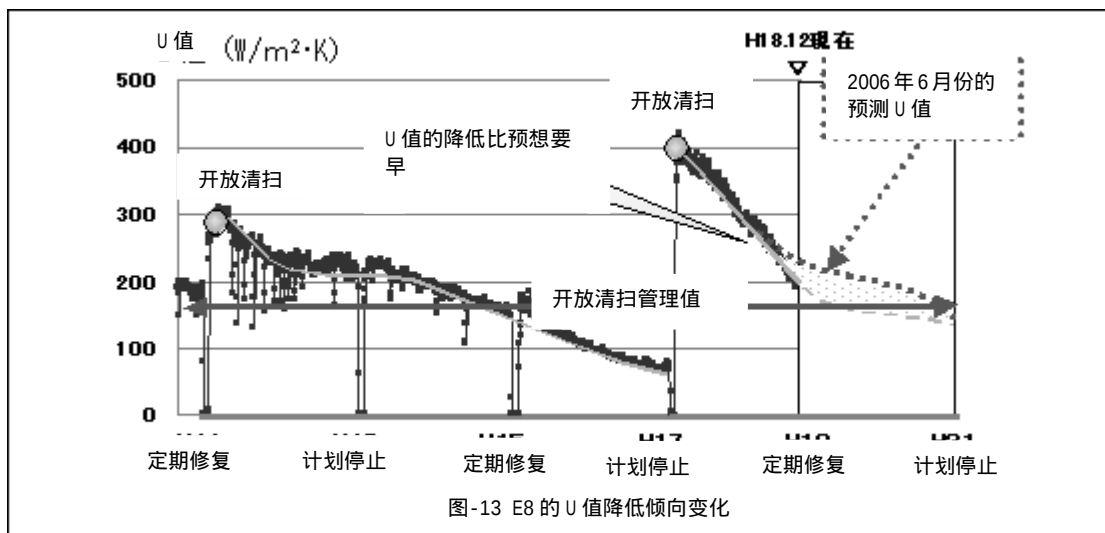


在 2005 年计划停止时进行了开放清扫,其结果就是 U 值恢复了。由此可知:监视 U 值,正确地把握污垢情况,能够决定能量损耗最少的开放清扫时期。这种手法同样适用于其他热交换器。选定材料除 U 值外,还新增了开放清扫管理值,由它们来决定各热交换器的开放清扫时期。

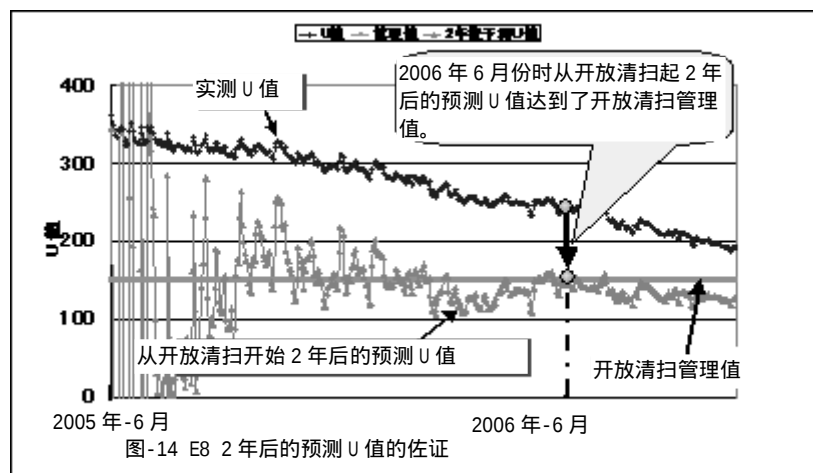
[4] 从监视 U 值变更为管理使热交换器开放周期恰当化

2005 年以后,用 U 值来监视热交换器的每日污垢情况。2006 年 6 月的 U 值低下倾向较少,在 2007 年的定期维护中判断没有开放清扫的必要。但是我们注意到在 2006 年 12 月 U 值比预计更早地显示出了低下倾向。

原本预计在 2009 年开放清扫该热交换器 E8,但是发现它将比预计更早地降低至开放清扫管理值以下,于是匆忙决定在 2007 年进行开放清扫。再次确认数据,发现在开放清扫 6 个月以后 U 值急剧降低。(图-13)如果这样监视下去,即使能够监视开放清扫后的污垢倾向,也没办法在污垢倾向改变时采取迅速的处理,没办法得到应有的管理。因此我们致力于制造能够监视、管理 U 值的工具。另外,关于为什么开发清扫后 U 值会急剧降低,我们在小组内对这一点进行讨论的时候,有成员提出了疑问“造成污垢的原因是什么”。因此我们决定彻底弄清污垢产生的根本原因,研究热交换器开放周期的恰当化。



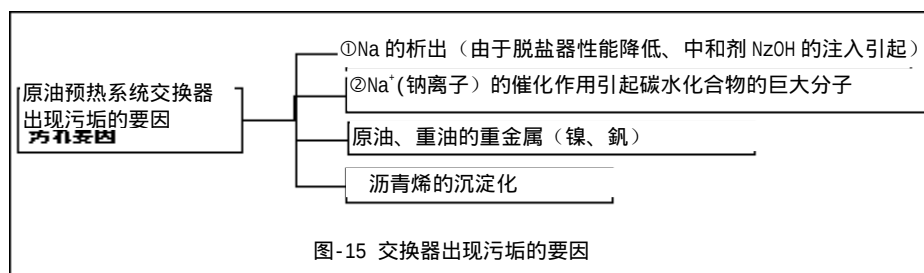
从 2007 年匆忙决定开放清扫热交换器的事例可知：以前对 U 值的监视不能充分把握开放清扫的机会。另外，为了在定期维护工程计划中反映出开放清扫，必须要尽早判断是否需要开放清扫。我们研究了如果在比以前的倾向监视更短的时间内细致地监视该倾向，从开放清扫起瞄准 2 年后是否能预测 U 值。使用过去的的数据，试着根据每天的运转数据预测开放清扫 2 年后的 U 值。根据 2006 年 6 月打算暂时搁置开放清扫时的数据，得出的结果是在 2006 年 6 月已知在 2007 年最好进行开放清扫。(图-14)也就是说，我们已知从过去的的数据可以得出 2 年后预计 U 值的倾向。



问题点及其研究 2

(1) 热交换器的污垢出现要因

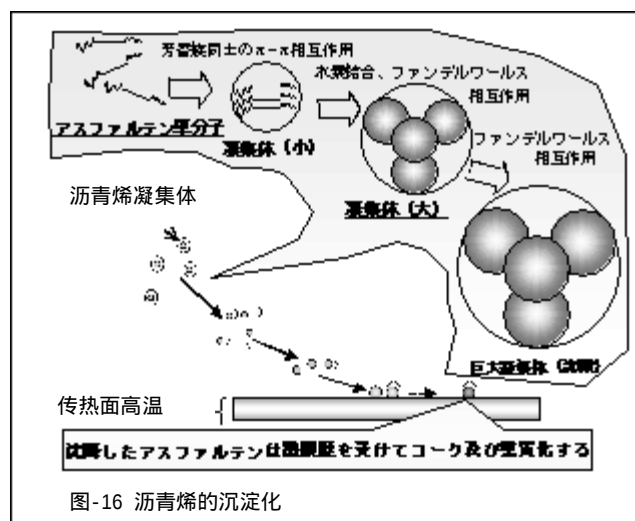
在小组中再一次考虑、调查了造成污垢的主要的、根本的原因。其结果总结出了 4 项出现污垢的原因。对这四项目进行了确认研究。(图-15)



关于[1]NaCl 的析出[2]Na⁺的催化作用引起碳水化合物的巨大分子化这一项，在原油预热热交换器群的前面有脱盐器，分离盐分(NaCl)，原油中的盐分用脱盐率来进行管理。

把水注入各热交换器使之溶解，防止其析出。通过定期试验管理[3]中的原油和重油重金属的倾向。但是，现在对[4]沥青烯的沉淀化现象没有进行管理，关于其机制原理等没有相关知识，查阅文献时，发现如果抑制主成分为沥青烯的沉淀物的生成，就能让热交换器减少污垢。

所谓沥青烯是具备芳香族环、脂肪族锁、脂肪族环（环烷）、氧、硫磺、氮的官能基以及少量的金属物质的总称，烷基芳香族溶媒加上可溶性的重质碳水化合物，这些物质形成凝结体而变大，生成沉淀。(图-16)



沥青烯粒子不溶于油，所以通过树脂等油溶性成分存在于油中。

如果由于某种理由破坏了其稳定性就会析出沥青烯，这些物质凝结起来、变大、发生沉降。沉降的沥青烯在热过程中出现焦化与重质化，这就是形成污垢的主要原因。

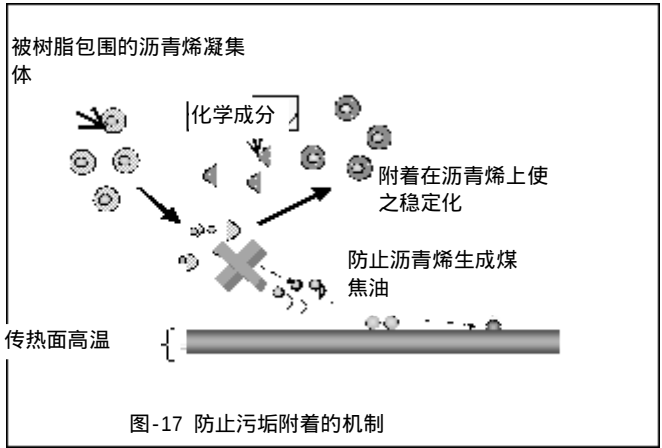
2005 年开放清扫后，传热面的表面温度上升，促进其沉淀化，污垢急剧增加发展。特别是在清扫后的性能维持上，重要的关键是要采取措施解决沉淀问题。

我们提出了改善方案，以快速减轻沥青烯的沉淀，用矩阵对实现性和效果等进行了评价。(表-2)评价的结果：要减轻污垢，如果采取改变运转条件的措施会造成很大的生产损耗，所以是不可能的。结论是对运转中的沥青烯进行分解洗净即可。于是马上和成员、运转管理一起开始进行了调查。

表-2 减少热交换器污垢的改善方案				
◎:5点 ○:3点 △:1点	实现性	经济性	安全性	评价
原油的选定（选沥青烯少的）	△	△	○	5
降低运转温度	△	○	○	7
减少上油量	△	○	◎	9
缩短热交换器开放清扫周期	○	△	△	5
对运转过程中的沥青烯进行分解、清洗	◎	○	○	11

调查的结果：发现了对减轻沥青烯沉淀化有效的化学成分，通过实际操作推进进程。

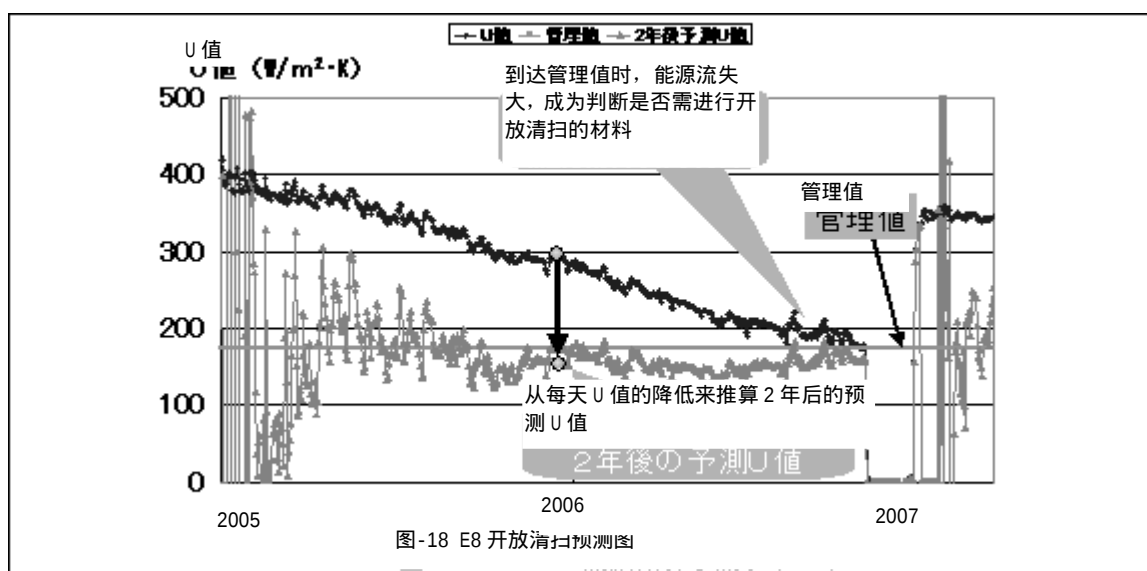
除去污垢的机制原理是将代替树脂的物质(化学成分)附着在沥青烯上，使之在原油中稳定化，防止沥青烯沉淀化。(图-17)



4. 措施的内容

4-1 热交换器开放清扫周期的可视化

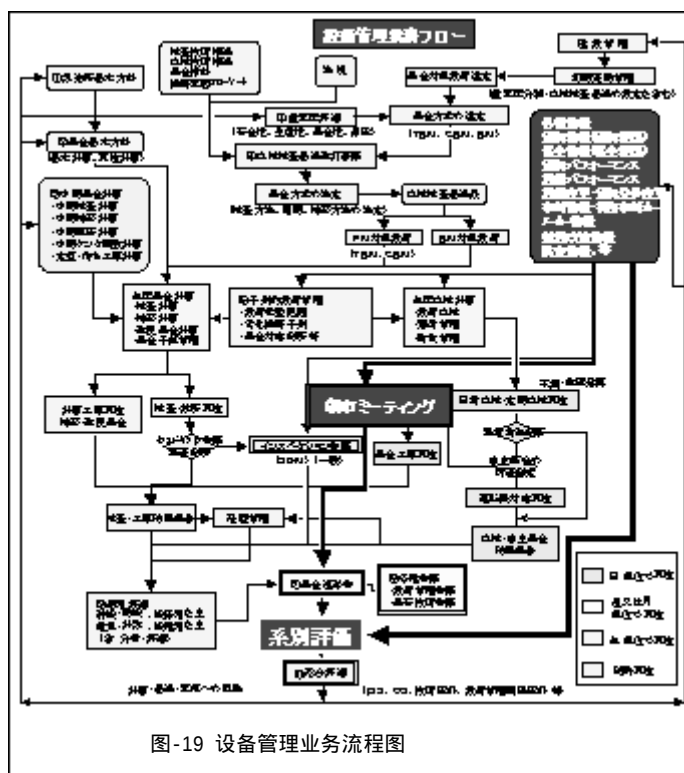
通过灵活运用U值能够掌握热交换器出现污垢的情况。建立这样的管理工具：在确认每天U值倾向的同时，从其倾向推定2年后的U值，看清到达管理值的时间，在装置停止时能够判断是否需要开放清扫。(图-18)通过这一点可以迅速地判断是否要开放清扫。



4-2 加强与维护科的合作

每天早上与维护科一起开早会，对每个月的绩效进行报告，使用管理工具，报告热交换器产生污垢的倾向，这样能够马上判断开放清扫的时间。

另外，正如设备管理业务流量(图-19)所示，和维护科一起实施的分系评价会议（对每个装置系进行运转和保全情况的讨论，明确其处理方式）中，也开始从节能观点来考虑开放机器，着眼于降低维护费，开始将维护科和运转科集于一体进行设备管理。

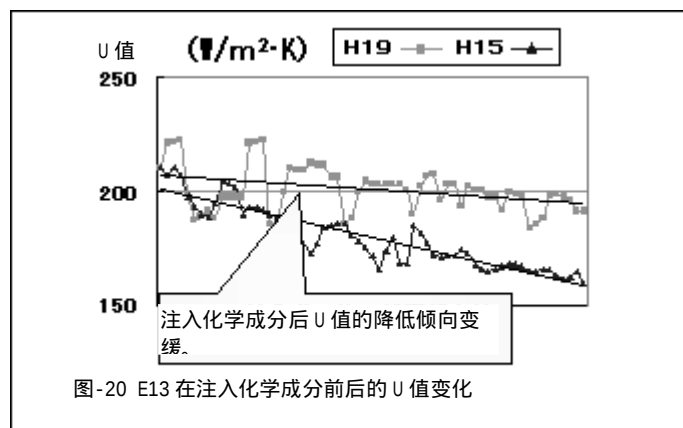


4-3 化学成分的注入效果

原油加热炉入口的热交换器特别容易出现污垢，在 2007 年定期维修前将化学成分注入了该设备。在充分确认对 2C 装置的运转是否有影响、对产品是否有影响的基础上，彻底进行所内变更管理，确认其运转。

其结果：运转、设备没有问题，在 2007 年定期维修后继续注入化学成分，直到现在。

运用 U 值调查了原油加热炉入口热交换器 E13 的污垢出现情况，比较了 2003 年和 2007 年的开放清扫后 2 个月内的 U 值，确认 U 值的降低倾向为缓慢地发展。(图-20)



5. 采取措施后的效果

(1) 灵活运用 U 值，以前只能用它监视热交换器污垢，现在通过管理工具能够进行管理，可以判断热交换器在考虑能量损耗下的最佳开放清扫。E8 的开放周期从 8 年变更到 4 年甚至 2 年。另外，开放清扫热交换器使热回收量恢复，节能量大大超过目标 4,000COE-KL/年，实现了 8,966COE-KL/年的削减量，得到了远超目标的良好效果。(表-3)

(2) 连接设备管理业务，加强与维护科的合作，发展有节能意识的设备管理。

(3) 注入化学成分，比较 2003 年和 2007 年定期维修 2 个月后单位能耗的上升率，发现与 2003 年的 2.3%相比，2007 年为 0.7%，确认其可以控制单位能耗的上升。但是由于注入时期较短，今后将继续监视其倾向。

表-3 对策实施后的效果

节能金额	37,000 万日元/年
节能量（原油换算）	8,966COE-KL/年
CO ₂ 减少量	23,747 t/年
热交换器开放清扫费	1,310 万日元/年

6. 总结

确立由操作人员对热交换器的污垢情况进行预测管理，将其可视化，判断开放清扫的适当时机。另外，培养了节能和保全成本意识，强化了运转科和保全科的合作，实现了其效率最大化。通过注入化学成分找到了控

制污垢的高效运转的可能性。在这种新视点下进行努力研究，获得了产生良好节能效果的信心。今后也将重视降低地球环境负荷的活动，继续推进节能活动。

7. 今后的计划

今后将更进一步地提高用工具来管理污垢的精度，致力于热交换器的效率维持。积极地向面对同样问题的事业所进行水平推广，对节能作出贡献。

经济产业大臣奖 |



Copyright(C) ECCJ 1996-2010