



## 1.主题选定理由

我们的职场迄今为止实施了各种节能活动并切实获得了成果（图-2）。但是所有活动都仅仅针对 BTX 装置，近年来由于燃料单位能耗停滞不前，我们意识到要进一步推进节能需要转变思路，具体想法如下。

- (1) 力求超越 BTX 装置的框架，寻求整个事业所的节能
- (2) 力求不局限于以往的固有观念，通过新的突破口寻求运营改善

另一方面，在炼油厂内，为满足汽油无硫化的要求，对氢气的需求很急迫，因此氢气制造装置（以下称“HY 装置”）的负荷增大了，生成氢气的燃料单位能耗也增加了。

在这种情况下，我们注意到用 BTX 装置副生成氢气时的燃料单位能耗比用 HY 装置制造更低。为了增加 BTX 装置生成的氢气量，需要提高反应温度来提高反应苛刻度，这与节能相违背。但是，我们认为“只要整个工厂与炼油厂能够减少氢气的燃料单位能耗即是合理的”，所以采取措施提高了 RE 装置的反应苛刻度。

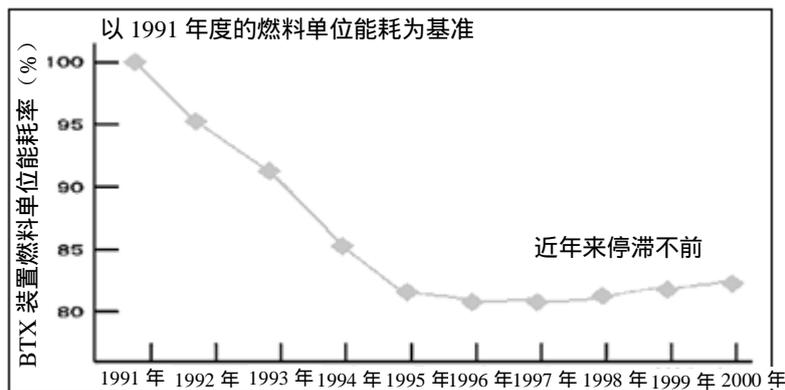


图-2 BTX 装置燃料单位能耗的推移

## 2.现状的掌握与分析

- (1) RE 装置的反应

图-3 代表了在 RE 装置上进行的粗汽油催化重整反应，既是烷烃、环烷烃系碳氢化合物的环化脱氢反应，又是吸热反应。因此为了增加氢气的生成量，必须给予额外的热量。具体来讲就是为提高反应塔加热炉的运行温度需要增加燃料使用量。

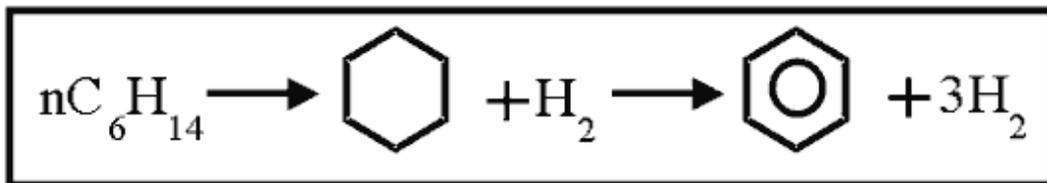


图-3 粗汽油催化重整反应一例

- (2) RE 装置的现状

装置建成以来，通过增强能力与增加处理量使反应塔加热炉（以下 H201~H204）的运行温度升高了，结果如图-4 中所示，加热炉各部位的温度已接近设计值。

具体来看，无论加热管表面温度还是燃气汇合的对流部入口燃气温度相较设计温度余量都已较少。在这样的运作状况下，为了增加 RE 装置中的氢气生成量，无法提高苛刻度。

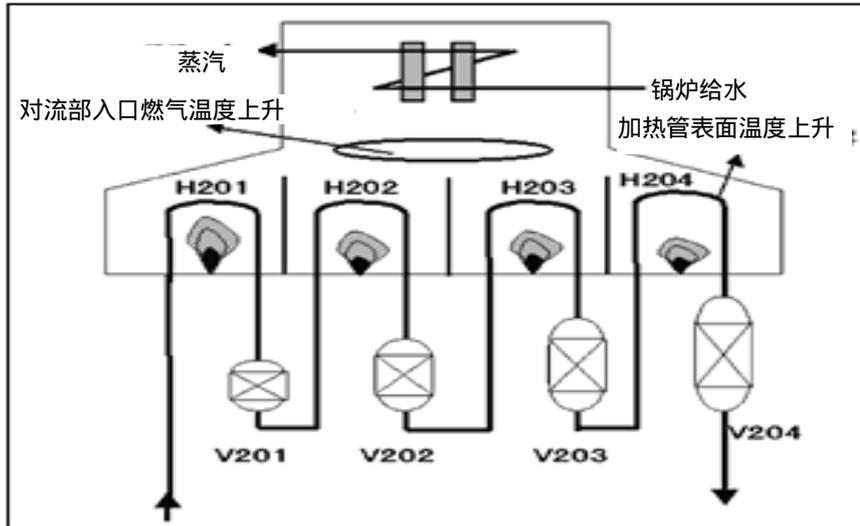


图-4 RE 装置的现状

(3) 氢气的燃料单位能耗

BTX 装置的氢气为芳香族制造过程中副生成的氢气，其目的并不是制造加热炉中使用的燃料氢气。

另一方面，HY 氢气装置是使用燃料并利用原料制造氢气的装置。

因此，为了综合降低氢气的燃料单位能耗，利用 BTX 副生成氢气的方法具有绝对优势。

(4) HY 装置的现状

炼油厂为实施汽油、煤油、柴油的无硫化，加氢脱硫装置对氢气的需求增加，出现需求逼近供给的局面，如图-5 中所示，HY 装置的平均负荷上升到 85%，峰值时上升到 92%。

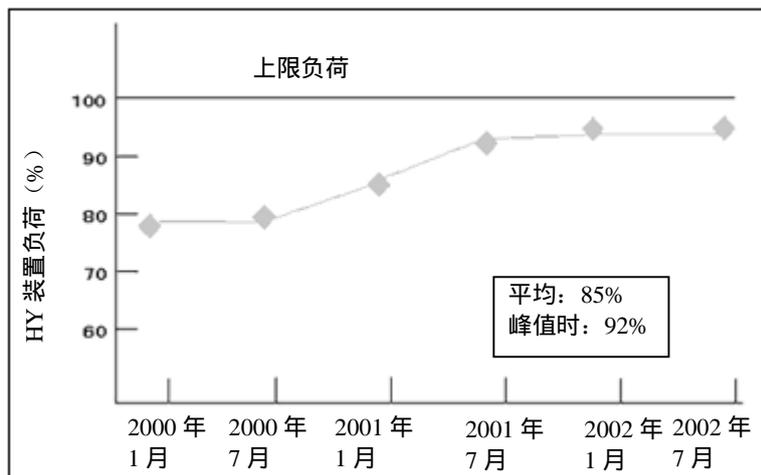


图-5 HY 装置负荷的推移

3.活动的经过

3-1 工作体制 (表-1)

由于这次是跨越部门的全厂性活动，因此从最初的讨论开始就建立了不仅包括运行课，还包括管理课、设备管理中心等管理人员课以及加热炉生产厂家在内的工作体制。

	负责项目
运行课	基本规划、详细研讨
管理课	确认整体能耗的平衡
设备管理中心	基本与详细设计
加热炉生产厂家	设备设计

表-1 工作体制表

### 3-2 目标的设定

通过增加炼油厂的 BTX 氢气供气量，降低 HY 装置的负荷，实现相当于 HY 装置负荷约 10% 的 7,000coe-kL/年的节能。

### 3-3 问题点及其研讨

通过掌握现状明确了以下 4 点问题。

#### (1) 关于加热炉的问题点

1. 如果燃料使用量增加，加热管表面的温度会上升，并超过设计温度
2. 对流部入口燃气的温度也会上升，并超过设计温度

#### (2) 关于氢气回收的问题点

1. 氢气压缩机的能力不足，无法排出氢气
2. 供应氢气的纯度比 HY 装置的纯度低

#### (1) -1 加热管表面的温度上升，并超过设计温度

##### [1] 传热面积不足

要在不进一步升高加热管表面温度、对流部入口燃气温度的情况下进一步提高运行温度，我们意识到 H204 的传热面积不足，于是决定增加加热管的数量，增加传热面积，以求改造设备。改造时，我们与加热炉的生产厂家一起详细研了改造后的炉内会不会发生燃气偏流等问题。

##### [2] 加热管的脏污

我们确认了加热管的传热效率，从表-2 可知所有加热炉的传热效率都下降了。

传热效率降低主要是由加热管外表面附着的氧化皮引起的，内表面脏污引起的可能性非常小。因此，我们决定在 H204 的改造期间清扫 H201~H203 的加热管的外表面。

在研讨过程中，出现了加热管表面温度的计算值与表面温度计的测量值不一致的问题。

因此，我们调查了各厂使用的表面温度计，发现设定放射率有差异，经确认，只要合理改变设定放射率，测得的表面温度能够与计算值很好地吻合。

	当前的传热效率 (设计对比)
H201	73%
H202	95%
H203	89%
H204	71%

表-2 各炉的传热效率

#### (1) -2 对流部入口燃气的温度上升，并超过设计温度

##### [1] 问题发生的经过

为了求得传热效率，我们计算了加热炉各部位的温度，结果发现对流部入口燃气的计算

温度比测量值高很多。由于对流部中间管板的强度是按照该燃气温度计算而得的，因此不清楚真值而无法控制该部位，我们担心强度不够。

### [2] 计算值与测量值有差异的原因

我们与加热炉生产厂家一起进行了详细研讨，结果如图-6 所示，在对流部有回收废热的对流管，通过该管向锅炉供应约 260 的热水，我们根据温度计设置部位的位置关系分析得知，温度计与对流部中间管板发生了辐射传热，从而使得温度计误指示了较低的数值。

### [3] 研讨对策

由于温度计在当前的位置无法准确测得燃烧尾气温度，我们研讨了以下的方法。

1. 通过细算加热炉的热量，计算求得燃气的温度

运行状况随时都在变化，温度测量出现时间延迟，不适合实时温度管理。

2. 温度计的安装位置

燃气温度的测量会发生较大误差。因此，为排除热辐射的影响导致的测量误差，我们决定直接将温度计设置在担心燃气温度上升引起强度不够的对流部中间管板上，测量温度。

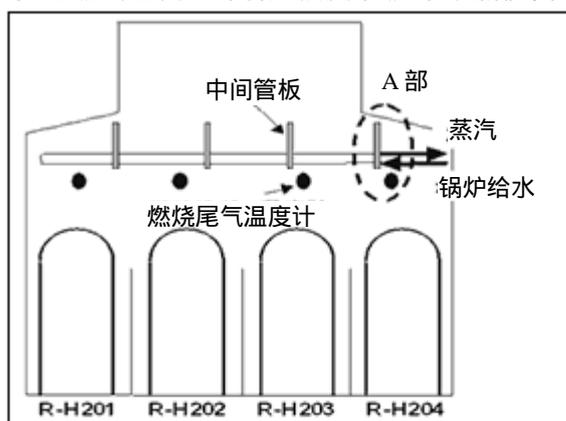


图 6-1 对流管与温度计间的热辐射

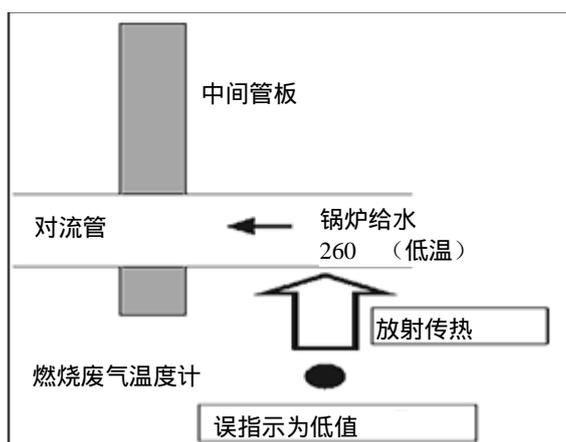


图-7 对流管与温度计间的辐射传热  
(图-6 A 部)

## (2) 氢气回收上的问题点

[1] 氢气回收压缩机（以下称“C101”）的能力不足

在当前的运行中，BTX 装置的氢气生成量如图-8 所示，C101 设计能力的 100%~105%左右，如果进一步提高加热炉的运行温度，将会增加到 115%。因此，如果保持当前的能力，即使增加氢气的生成量，能够供应给炼油厂的气量也与现状没有变化，所以需要增强 C101 的能力。

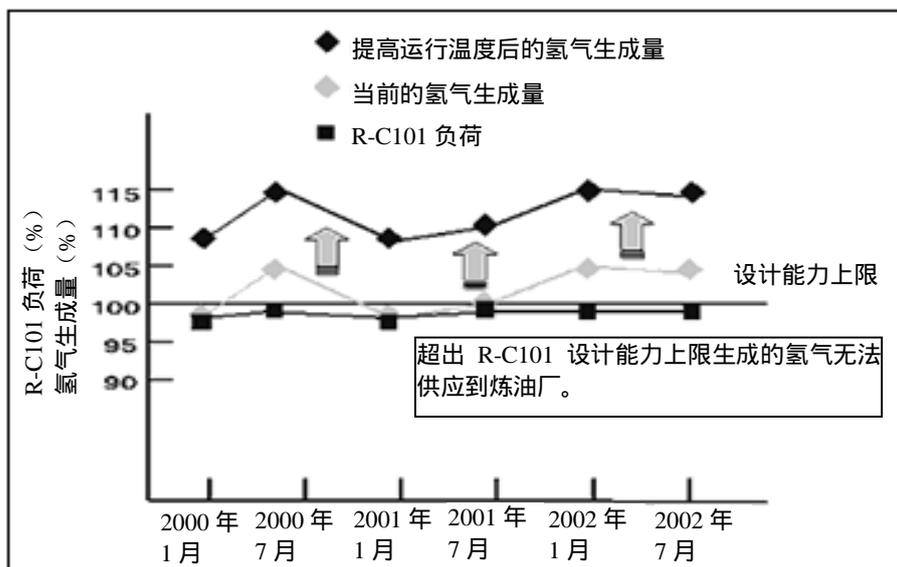


图-8 C101 负荷与氢气生成量

<研讨对策>

对于 C101 能力不足的问题，我们考虑采取更换电动机、叶轮的对策，但由于要增加的氢气生成量为设计能力的 115%左右，所以研讨结果认为不需要更换电动机。因此，我们决定在现有设备之上更换 C101 可改造的最大直径叶轮。

[2] 供应氢气的纯度较低

BTX 氢气的纯度为 90%，低于纯度 98%的 HY 氢气，因此炼油厂的氢气纯度会降低。

在工厂内，除 BTX 氢气外，还有通过苯乙烯单体制造装置（以下称“SM 装置”）生成的 SM 氢气，这种氢气的纯度为 97%，比 BTX 氢气的纯度高。

环己烷装置上（以下称“CY 装置”）是工厂内的氢气消耗装置，可使用这两种氢气，剩余氢气被输送到炼油厂（图-9）。

因此，我们着眼于纯度差异，调查了 CY 装置。

结果发现 CY 装置不需要高纯度的氢气。而炼油厂获得的氢气纯度越高越有利于节能。因此，我们决定将低纯度的 BTX 氢气供给 CY 装置，而将高纯度的 SM 氢气与 BTX 氢气进行调换，供给炼油厂。

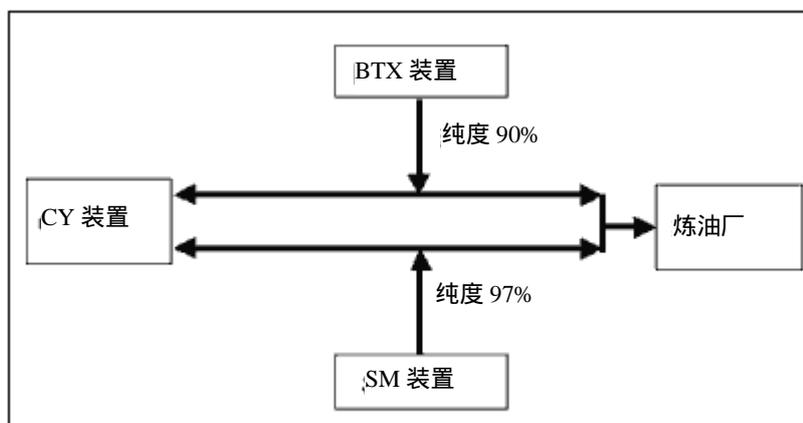


图-9 氢气供应源与供应目的地

## 4. 对策内容

汇总的研讨结果如下。

(1) H201~H204 的对策 (图-10)

- [1] 通过清扫 H201~H203 的加热管外表面，将降低的传热效率恢复到设计值；
- [2] 增加 H204 的加热管数量，增大传热面积，提高传热效率；
- [3] 直接在对流部中间管板上安装温度计，进行温度管理。

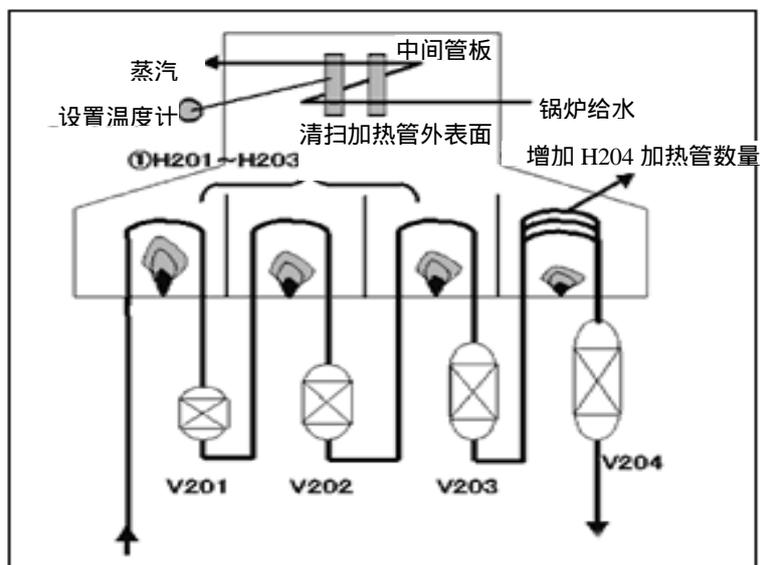


图-10 H201~H204 的对策

(2) 氢气回收对策 (图-11)

- [1] 将 C101 的叶轮更换为最大直径的产品，以便回收所有更多生成的氢气。
- [2] 将低纯度的 BTX 氢气全部供给 CY 装置，而将高纯度的 SM 氢气大量供给炼油厂。由于 BTX 氢气供气量的增加，我们研讨了管道的压力损失，更换了调节阀内阀，并增大了管道的局部尺寸。

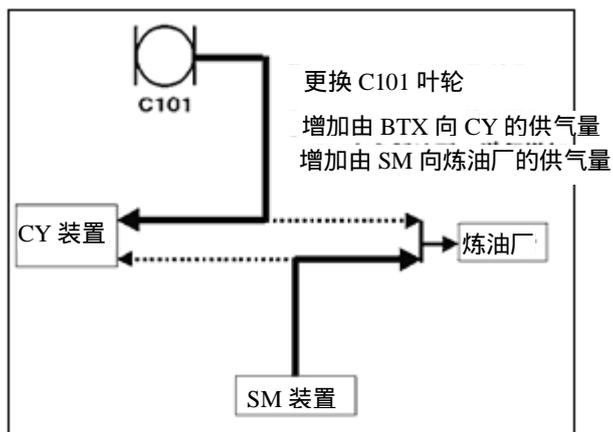


图-11 氢回收对策

## 5. 对策实施后的效果

### 5-1 节能

我们实现了以下目标：(1) 降低 HY 装置的负荷；(2) 通过增加 H201~H204 的传热效率，降低了燃料单位能耗；(3) 通过变更氢气的回收方法（供应高纯度的氢气），不仅在炼油厂

实现了节能，还在整个工厂及炼油厂实现了巨大的节能效果，亦即降耗 10,556coe-kL/年，换算为 CO<sub>2</sub> 为减排 32,700T/年。

即使是担心提高反应苛刻度会使燃料单位能耗变差的 RE 装置，也通过提高加热炉的传热效率降低了单位能耗，获得了超过预期的成果。（图-12）

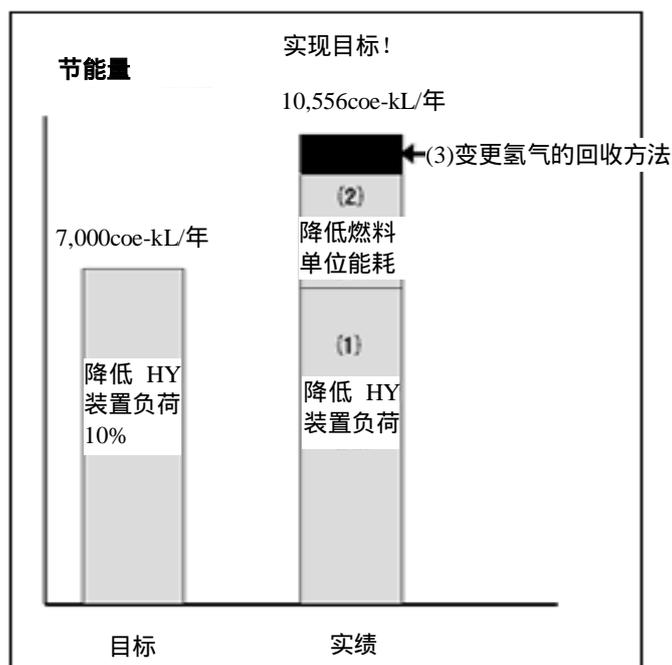


图-12 对策后的效果

## 5-2 提高装置的可靠性

通过重新设置温度计，能够直接监控管板温度，因此实现了合理的温度管理，从而使得装置能够放心运行。

## 6. 总结

我们根据以往在本部门内开展的热平衡改善与节能活动，拓展视野，跨越部门框架着手改善，结果在整个千叶工厂与炼油厂内获得了巨大的节能效果。由于这次是自装置建成以来首次改造加热炉，我们在研讨阶段反复摸索，但通过有效利用其他工厂、其他公司的事例，以及得到了加热炉生产厂家的技术帮助等，最终我们找到了解决问题的突破口。加之有 NEDO（独立行政法人新能源产业技术综合开发机构）的支援，使我们成功改造了大型设备。

## 7. 今后的计划

今后，千叶工厂和炼油厂将通过发挥一体化优势的改善活动，进一步寻求能源和馏分的优化利用，努力建设关爱地球环境的事业所。

