



有效利用相邻企业成分实现的制氢装置节能

出光兴产公司 千叶炼油厂
制油二科 每日奋进组

关键词： 加热、冷却、导热合理化（加热设备等），其他（有效利用衍生气体）

主题概要

近年来从保护地球环境的观点出发，推行轿车、家用燃油低硫化（无硫）。为此，燃油硫分脱硫中必需的氢的使用量增加，导致制氢装置的开机时间也随之增加。整个炼油厂中，制氢装置的能源消耗占据了很大比例，尽管以前为了减少单位能耗而对此实施了各种节能措施，但受到运转和设备方面的制约，节能也受到限制。因此，进一步拓宽视野，需要讨论寻求包括相邻企业在内的整体区域的最佳改善方案。“利用相关石油化学中产生的副生气体实现节能”，取得了很大的成果。

□

事例实施期间	1999 年 10 月～2003 年 3 月	（共计 42 个月）
· 企划立案期间	1999 年 10 月～2001 年 3 月	（共计 18 个月）
· 对策实施期间	2000 年 12 月～2001 年 11 月	（共计 12 个月）
· 对策效果确认期间	2001 年 11 月～2003 年 3 月	（共计 17 个月）

炼油厂概要

生产品种：LPG、粗挥发油、汽油、煤油、轻油、柴油、润滑油
职员：510 名
年度能源消耗量（2003 年度实际情况）
燃料等（换算成原油）：751,000 kL / 年
电力：488,000 千 kWh / 年

对象设备

本企业从以前开始，就接受石油化学相邻的服务和半成品。这次作为主题被提上日程，打破了炼油厂中设置制氢装置和石油化学区内放置乙烯制造装置的相关企业格局，开展节能活动。（图-1）

制氢装置是以粗挥发油等碳氢化合物为原料，通过与蒸汽发生质变反应，生产纯度 97% 以上的制氢装置。（图-2）一天最大的氢产量为 1,400kNm³。另外乙烯制造装置是以粗挥发油为原料，主要生产乙烯的制造装置。年产量达 37 万吨。（图-3）

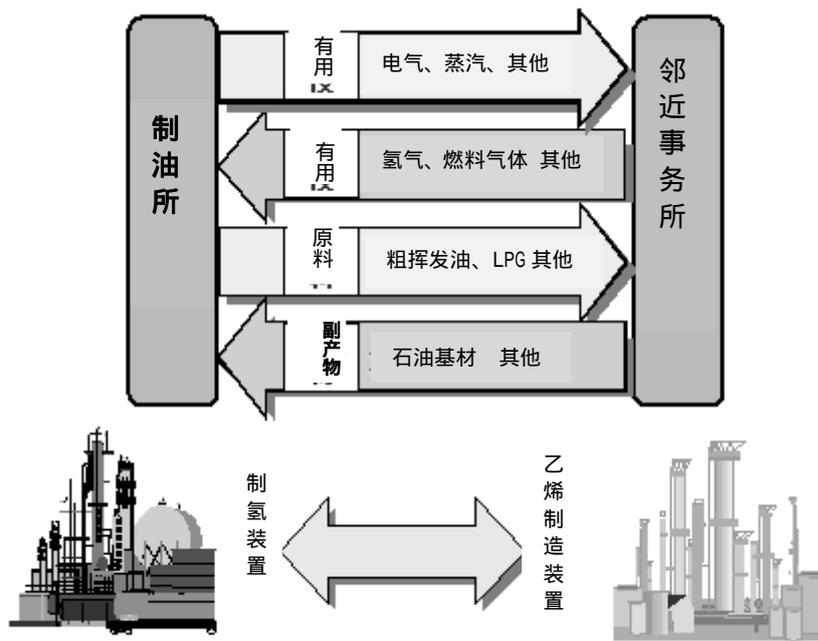


图-1 制油所和邻近事务所的级分、有用物质的传递

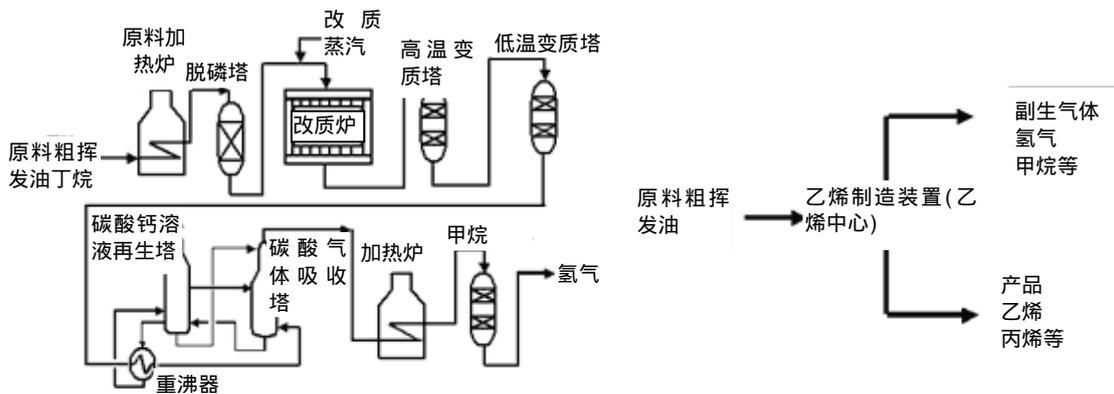


图-2 制氢装置的概略流程图

图-3 乙烯制造装置中产生的副生气体

1. 选定主题的理由

制氢装置的燃料使用量，占到整体使用量的 10%。(图-4)一方面，从保护地球环境的观点出发，专注推进汽车、家用燃料的低硫磺化。为此使用催化剂使石油中的硫化物和氢发生反应，在硫磺变成硫化氢之后由此脱硫。这种氢化脱硫装置的运转作业日益增加，与此同时，制造所需氢气的制氢装置作业也随之增加。基于这点，我们选定了减少节能效果显著的制氢装置的燃料使用量。

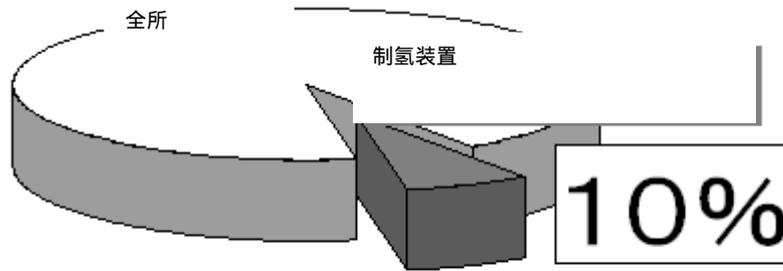


图-4 所内燃料用量里制氢装置的比例

2. 对现状把握与分析

2-1 现状把握

制氢装置中，能源消耗最大的部分是将原料加热到 800℃，并使其同蒸汽发生反应的改质炉，消耗了制氢装置 78% 的燃料。（图-5），因此，为了取得显著的节能效果，以往针对改质炉努力地从事运转、设备方面进行了各种各样的改善。（图-6）但是，不仅仅是改质炉，即使将改善整体装置作为一个课题，按照以往的观点也难以实现进一步的节能。

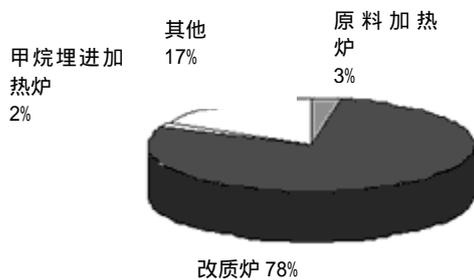


图-5 制氢装置燃料用量详细内容

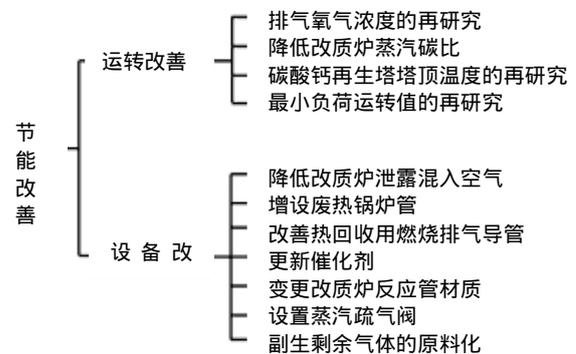


图-6 制氢装置 过去的主要改善项目

2-2 现状分析

本次改善将消耗大半能量的改质炉的反应作为重点，开发课题。制氢装置将轻质粗挥发油（碳数 5）为中心和丁烷（碳数 4）作为原料，通过和蒸汽发生质变反应，制造氢。这个反应是吸热反应，如前所述，消耗了大量能源。在这里，进行如下所示的质变反应。（图-7）

在反应过程中，高级碳化氢发生质变，变成低级碳化氢，最终由甲烷（碳数 1）变成钛白粉和氢。发生反应时，氢/碳比例高于粗挥发油和丁烷。使用更轻质的碳化氢作为原料的制造方法，可以减少制造每克分子氢所需的能量，从而减少燃料气体使用量。（图-8）

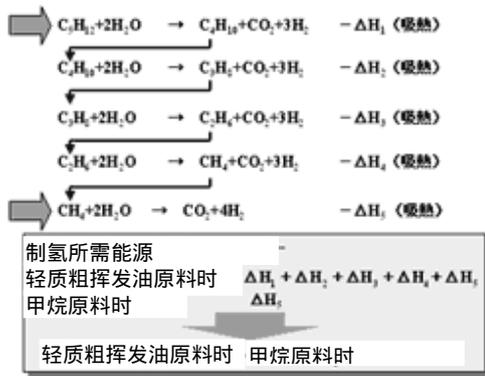


图-7 制氢装置（改质炉）的反应和热量

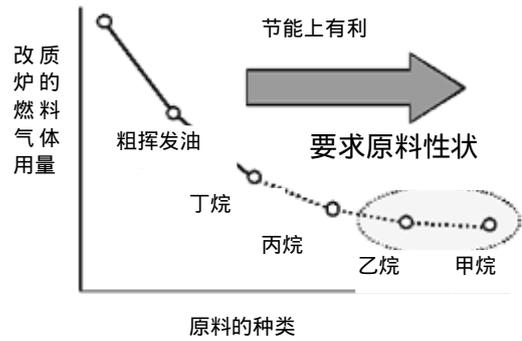


图-8 原料种类和燃料用量的关系

3.活动经过

3-1 配套体制

这次改善讨论的活动范围不局限于本公司内，而是要拓展到相邻企业，以及装置原料多样化和探索新型原料，是一个大主题。仅有运转科是无法对应的，工作部门都要参与，力求形成整体最佳体制。其中如下所示，明确组织内的职务分工，推进研讨。（表-1）

表1 时间计划表

项目	担当	时间计划表											
		1999年		2000年		2001年		2002年		2003年		计划实绩	
		1月	6月	1月	6月								
现状把握	島貫 笠見	①	②	③									
现状分析	佐藤 笠見	④	⑤	⑥									
对策研究	島貫 山口			⑦	⑧	⑨	⑩						
对策实施	寺本 杉山					⑪	⑫	⑬					
效果把握	島貫 笠見							⑭	⑮	⑯			

3-2 目标设定

制氢装置在最大运转时的燃料使用量为 53,000kL / 年（换算成原油）、以减少 5%为目标，即减少 2,500kL / 年（换算成原油）的燃料使用量。

3-3 问题点与相关讨论

根据现状分析结果，寻找比粗挥发油和丁烷轻质且纯度高的轻质碳化氢发生源，确保稳定用量，作为本次改善的命题。在炼油厂内已经把由粗挥发油接触质变装置产生的副生气体作为原料，进行灵活运用。因此，这次将讨论范围扩大到相邻企业，就使用所有剩余副生气体的问题，开展全面调查。（图-9）于是发现相邻石油

化学的乙烯制造装置中产生的剩余部分——副生精制甲烷（以下称 MRG），甲烷纯度高，而且能确保足够的稳定用量。因此需要全面掌握 MRG 作为原料时存在的问题点，还需要相邻石油化学的相关人员的参与，以便弄清问题点。（图-10）

将对气体成分以及运转、设备产生的影响作为一个切入点，提出问题。结果发现来自乙烯制造装置的供给压力低，靠自身压力无法完成送气。而且可知气体中的甲烷成分纯度高达 91%，并含有微量乙烯、乙炔成分。

（图-11）为了进一步从装置中获得直接原料，就流量变动时产生的影响非常大等情况，提出了问题。

接下来，就以下 3 个问题，展开讨论

- [1] MRG 送气的相关问题
- [2] 乙炔、乙烯对制氢装置产生的影响
- [3] 乙烯制造装置变动时流量骤降的对策

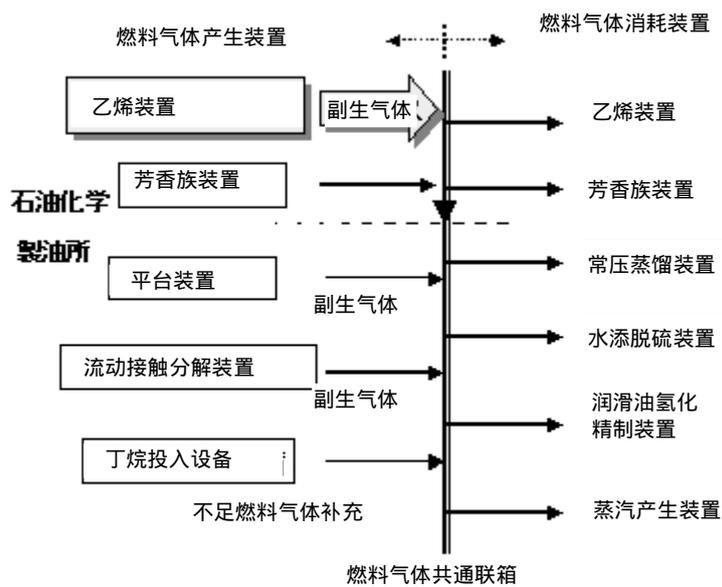


图-9 自家燃料气体产生和消耗 概略流程



图-10 MRG 原料化的问题点

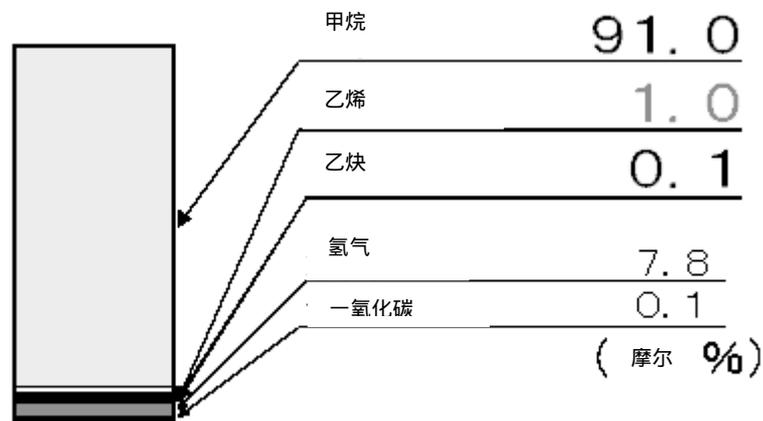


图-11 MRG (精制甲烷气体) 的组成

(1) MRG 送气的相关问题

将 MRG 气体从乙烯制造装置输送到制氢装置时，需要将压力从 0.3 Mpa 提升到 3.0Mpa。(图-12) 因此，就需要送气用的压缩机。讨论结果发现，为了压缩 MRG 中含有的乙炔成分，在由压缩热量产生的相对低温（150 °C）下可以沉淀出纤维碳（粉末状碳垢）(图-13)。沉淀出纤维碳之后，往复运转压缩机内部的活塞环出现异常的磨损消耗，导致故障发生。(图-14)

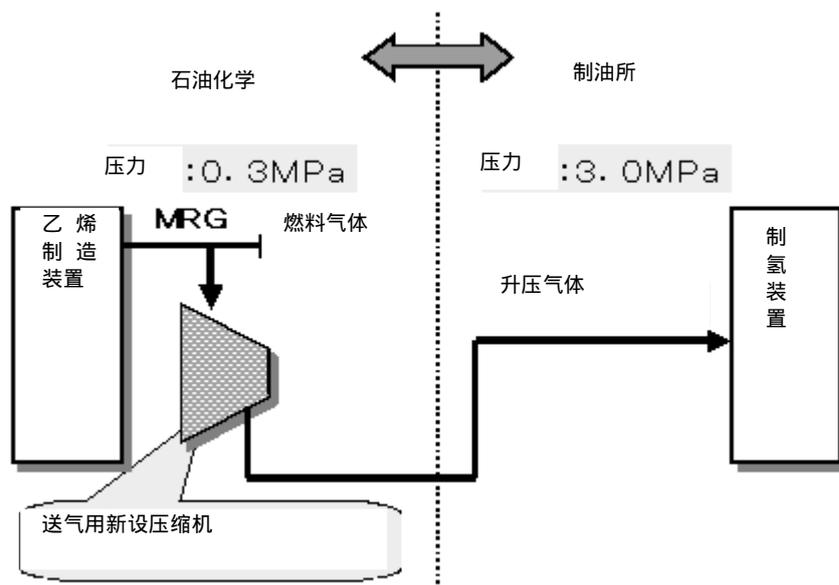


图-12 MRG 送气用压缩机的必要性

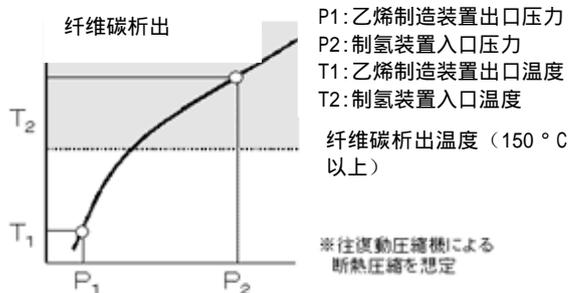


图-13 纤维碳析出温度

往复动压缩机

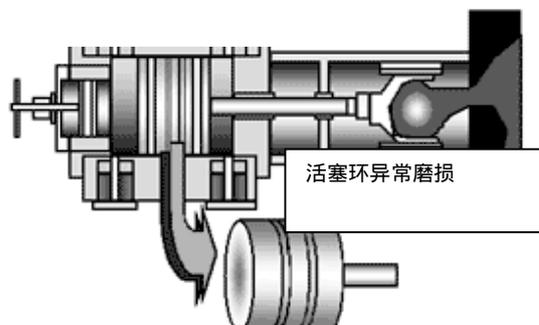


图-14 往复动压缩机活塞环异常磨损

耗

(2) 乙炔、乙烯对制氢装置产生的影响

MRG 作为制氢装置的原料时，MRG 中含有的乙炔、乙烯同氢发生反应后，引起异常发热，从而导致制氢装置的脱硫催化剂层发热，引起温度上升和产生焦炭，使催化剂层的压力差上升。

发现乙炔、乙烯浓度明显上升时，脱硫塔出口温度有可能超过设定温度。(图-15)

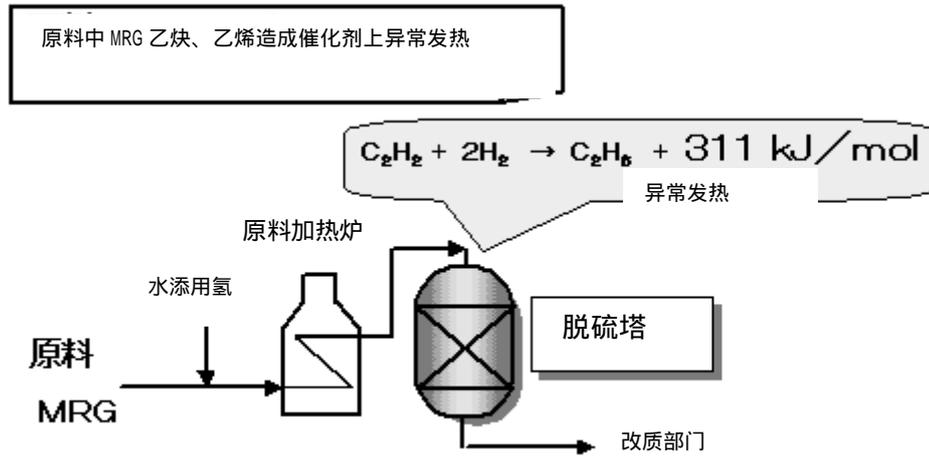


图-15 制氢装置 原料油脱硫部门存在的问题

(3) 乙烯制造装置变动时流量骤降的对策

MRG 作为制氢装置原料时，由于某种原因而使流量大幅度减少，可能会导致制氢装置停止。制氢装置一旦停止，厂内大约 6 成的用氢主要装置（脱硫装置）就会停止，将对炼油厂内的机器性能造成很大的损害。而且也给生产计划造成很大损失。（图-16）

假如 MRG 急剧减少，[1]乙烯制造装置停止、[2]MRG 送气压缩机也停止。（图-17）

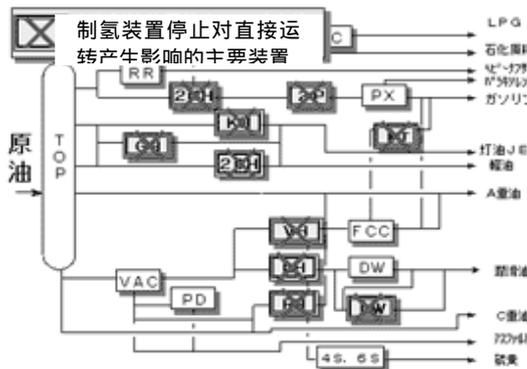


图-16 制氢装置停止时的影响

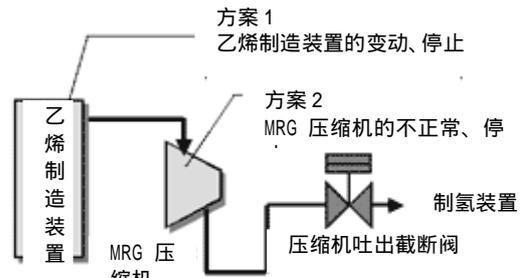


图-17 MRG 流量急速降低的原因

如果 MRG 送气突然停止，制氢装置必须在短时间内，将原料气体 MRG 替换成液体粗挥发油。通常，如果 MRG 流量的切换速度是 1 小时 1kNm^3 就可以完成切换。但发生异常情况时则需要 20 倍以上的速度完成切换，在如此短的时间内完成切换，会引起体积流量剧烈减少，可以想象会对装置内的压力以及改质炉造成负荷变动。因此，以目前的设备和技术不可能实现稳定切换。

4. 对策内容

4-1 MRG 送气（螺旋压缩机设置）防止出现纤维碳

为选择最佳压缩机进行 MRG 送风，研究了往复运转压缩机、离心压缩机和螺旋压缩机。考虑采用何种装置的首要因素是压缩气体时控制纤维碳生成，因此决定采用螺旋压缩机，它具备卓越的可靠性、且处理同种气体的实际效果已在其他公司的调查结果中得到验证。（表-2）

表-2 新设压缩机类型选定

	筒种气体 处理实情	生成纤维 碳	成本	可靠性	综合评价
往复动压缩机	×	△	○	×	△
离心式压缩机	△	○	×	△	○
油冷式 螺旋式压缩机	○	○	△	○	◎

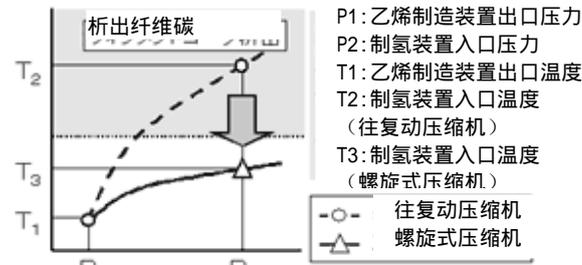


图-19 往复动压缩机和螺旋式压缩机的比较

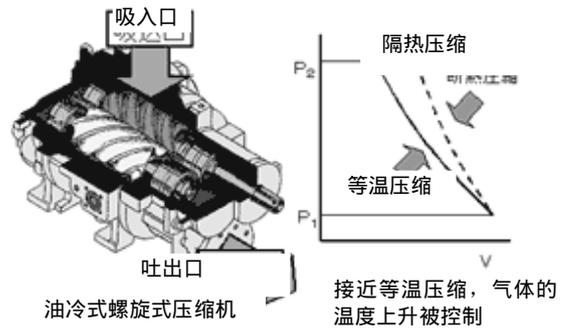


图-18 油冷式螺旋式压缩机

螺旋压缩机通过润滑油可以将输出气体控制在低温状态，能在接近恒温的状态下进行压缩作业。（图-18）与往复转动压缩机相比，压缩气体时不需要将纤维碳的析出温度上升到 150 就可以达到目标压力，这样就解决了纤维碳的析出问题。（图-19）但是，冷却螺旋压缩机所需的微量润滑油会混入 MRG 中，技术讨论结果发现，考虑到对制氢装置的影响，有必要将润滑油混入浓度控制在 5.0wt ppm 以下。

为解决冷却螺旋压缩机用润滑油混入 MRG 中的问题，在压缩机气体出口下方设置油回收器和 2 台零分离器，可将气体中的润滑油浓度控制在 2.0wt ppm 以下。（图-20）

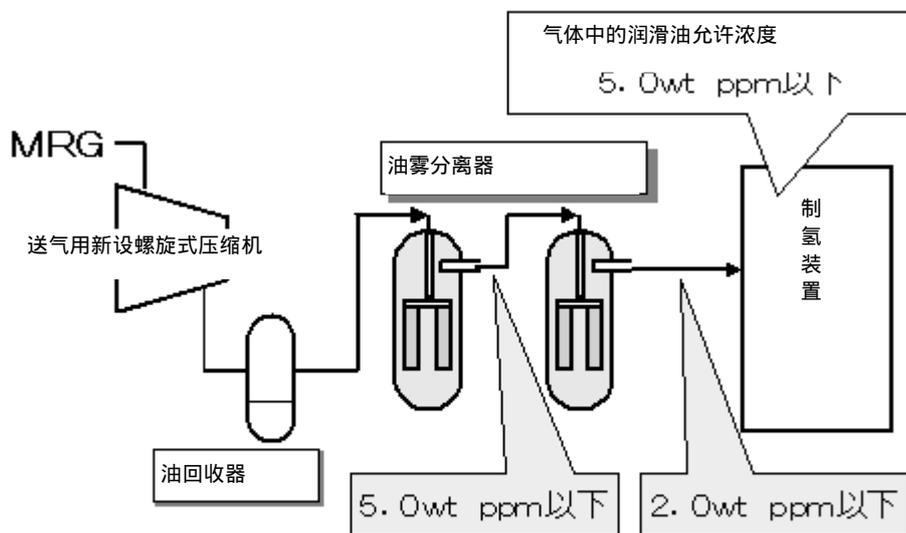


图-20 压缩机出口的润滑油对应

4-2 乙炔、乙烯对制氢装置产生的影响（设置预备处理设备）

防止脱硫车间内发生温度异常上升和生成焦炭，采用两步走的方法。将乙炔同乙烯发生一次氢化反应后，导入脱硫系统，再让乙烯和乙烷发生氢化反应。（图-21）

在脱硫车间上游处设置了防止脱硫车间内发生温度异常上升和生成焦炭的预备处理设备。而且氢化用氢还可以使用 MRG 中的氢成分。

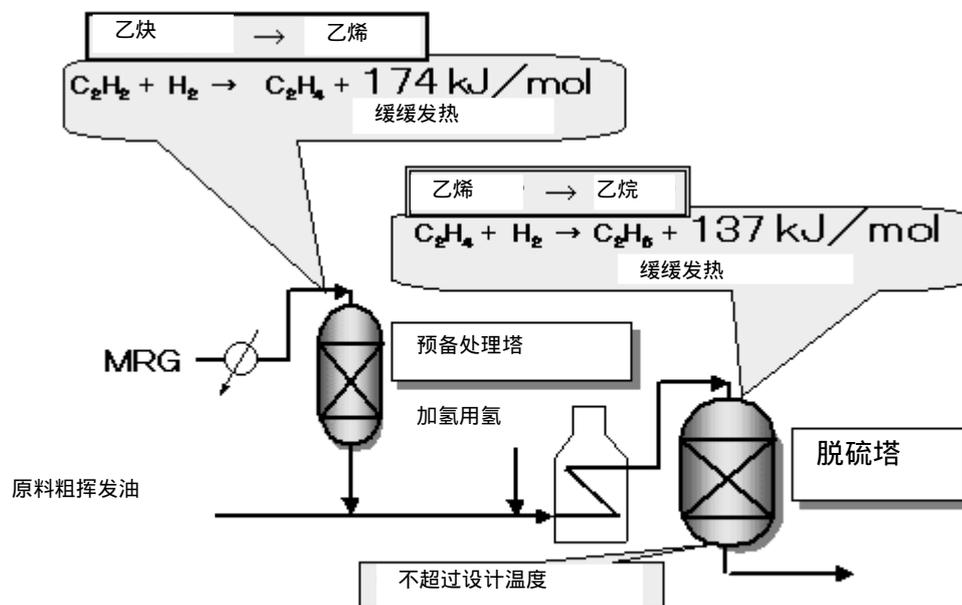


图-21 脱硫部门中防止温度上升的措施

4-3 乙烯制造装置变动时流量骤降的对策（导入原料供给自动后援系统）

为防止系统内压力骤降导致装置停止运转，设置储存 MRG 的容器（缓冲罐），采取 MRG 流量骤降的对策后，立即启动将 MRG 切换成粗挥发油原料的自动后援系统。

启动自动后援系统时，就模拟 MRG 流量变动时的变化展开了讨论。结果发现，缓冲罐中的容量能保持供应 10 分钟的 MRG，那么产生的氢量及改质炉管道的表面温度，就可控制在变动允许值范围内。（图-22）

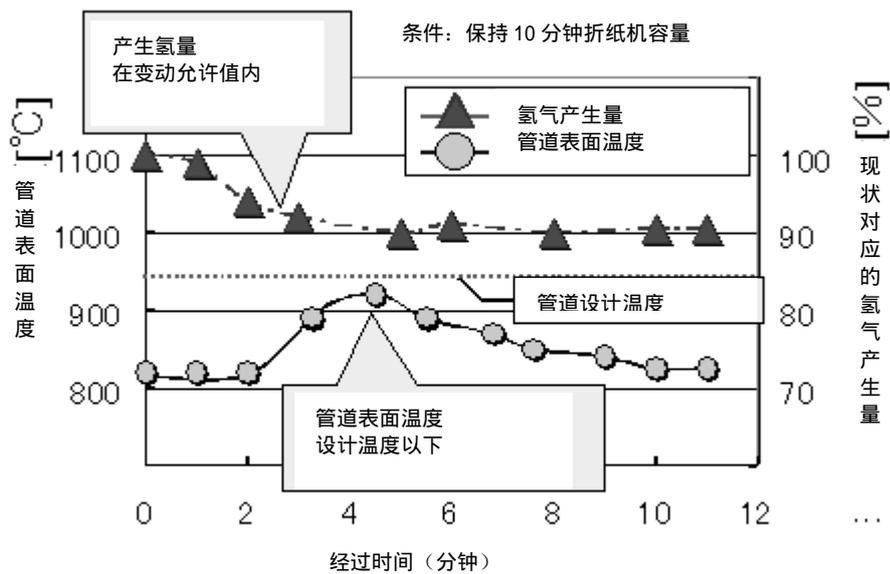


图-22 设置自动备份系统后的模拟

因此原料切换系统由分散型计装系统 (DOS) 自动运行。切换步骤是, 检测到 MRG 流量减少时, 乙烯制造装置的切断阀门 (图-23) 就会自动关闭, 同时原料切换程序启动, 为了保证改质炉入口的稳定流量, 急剧增加原料粗挥发油, 同时慢慢减少 MRG 容量。(图-24)

如此一来, 切换作业最多在 10 分钟内便能完成。

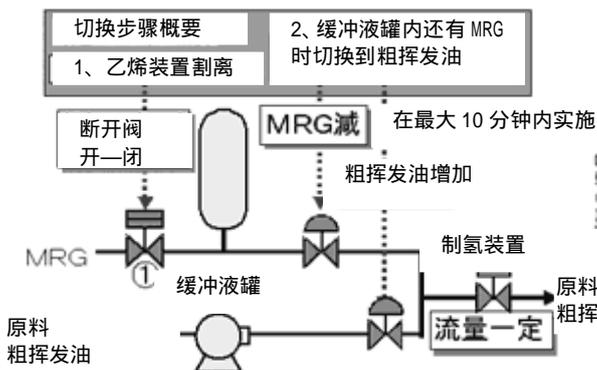


图-23 原料切换系统概要 (1)

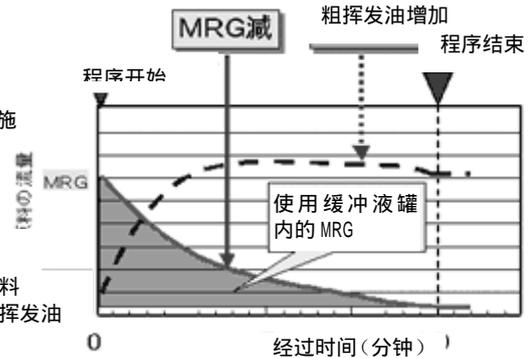


图-24 原料切换系统概要 (2)

4-4 对策总结(图-25)

- [1]设置螺旋压缩机
- [2]设置预备处理设备
- [3]导入原料供给自动后援系统

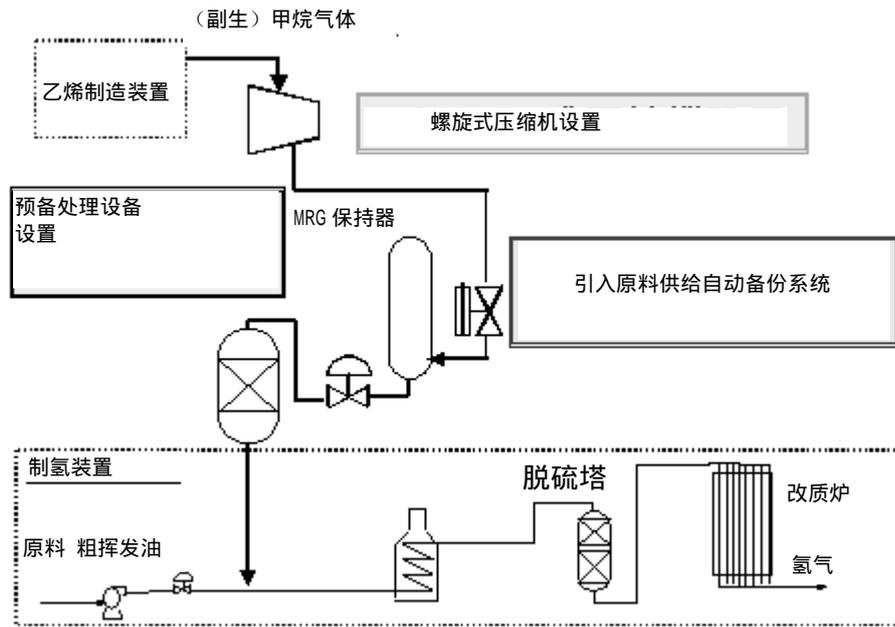


图-25 整体系统概要

5. 对策效果

5-1 节能改善效果

制氢装置

减少单位能耗 (改质炉燃料使用减少量)	2500E L/kNm ³	(图-26)
	换算成原油 5,727kL / 年	... [1]
电力增加 (压碎机负荷增加量)	换算成原油 1,314kL / 年	... [2]

节能 [1]-[2]=4,413kL / 年

减少环境负荷实际成绩...通过 CO₂ 换算, 减少 13,660ton / 年

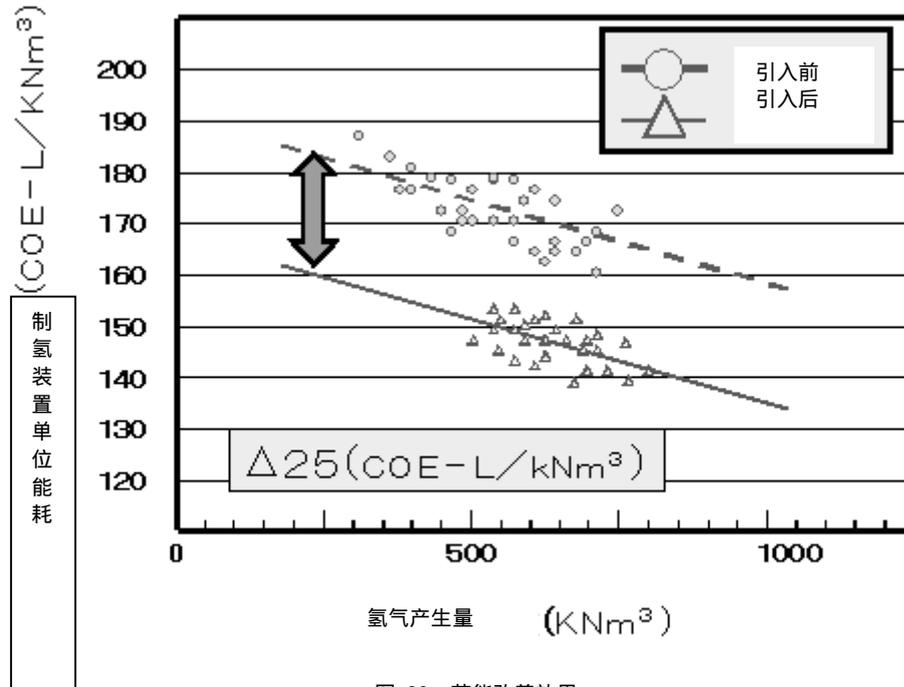


图-26 节能改善效果

5-2 改善结果

对策确认期间的结果如下表所示（表-3）

表-3 改善结果的确认

	存在的问题	改善方法	改善结果
1	MRG 送气中的问题点 (析出纤维碳)	设置螺旋式压缩机	没有析出纤维碳、压缩机运转稳定
2	乙炔、乙烯对制氢装置的影响	设置预备处理设备 (国内第一)	没有出现脱硫部门异常发热的情况，也没有生成碳
3	乙烯制造装置变动时流量急速降低对策	引入原料供给自动备份系统	没有产生 MRG 流量急速降低情况（在模拟中确认没问题）

6. 总结

从保护地球环境的观点出发，今后制氢装置将会显得越来越重要。到目前为止，MRG 只能用于加热炉、锅炉等燃料，除此之外没有其他用途。打破企业框架，对 MRG 原料进行了各种各样的讨论，并实行了措施。成功地使 MRG 成为制氢装置原料，使整个炼油厂实现了大幅节能。

这次，得到 NEDO（独立行政法人 新能源产业技术综合开发机构）的支持，并认可了这项技术。经过约 2 年半时间的验证，没有发现问题，确实有利于制氢装置以及本厂整体的稳定运转。

另外，实现了由以往的“企业单位节能”向“打破企业格局，相邻企业共同节能”方式的转变，并着眼于今后的节能活动。

7. 今后的计划

今后将进一步追求整体效率，不仅是相邻企业，继续推进打破联合企业的框架，拓展改善活动，为节能以及改善环境工作做出贡献。

经济产业大臣奖 |



Copyright(C) ECCJ 1996-2010