

炼化企业几个典型节能案例

席旺春（陕西延长石油集团炼化公司，陕西 延安 727406）

摘要：本文介绍了炼化企业几个典型节能案例，包括加热炉空气预热器改造、空压站节能技术改造、制氢装置酸性水汽提塔汽提蒸汽改造、煤粉锅炉掺烧燃气、BDO 装置脱离子压水系统节能改造，改造项目的实施对单位节能降耗和提高经济效益均有帮助。

关键词：节能案例；空气预热器；空压站

随着国家“双碳”政策的推进落实，炼化企业作为能源消耗大户，节能降碳压力越来越大，企业通过采用新工艺、新技术、新设备，积极寻找提高能源利用效率，降低能耗水平的技术手段。通过实施一些节能技术改造，可降低炼化企业的能耗水平，并取得明显的经济效益。陕西延长石油集团炼化公司位于延安市洛川县交口河镇，是世界 300 强企业陕西延长石油集团下属的专业公司之一，主要负责原油、天然气加工，各类油品、化工产品生产以及炼油化工项目建设。目前，原油加工规模达到 1740 万 t/a，主要生产装置 70 余套、环保装置 20 套及配套公用工程系统；公司主要产品有车用汽油、车用柴油、液化天然气（LNG）、以及聚丙烯、苯乙烯、乙苯、MTBE、BDO、乙二醇等。

1 典型节能案例

1.1 260 万 t/a 常压装置加热炉空气预热器技术改造

260 万 t/a 常压装置加热炉空气预热器的主要作用是通过鼓风机送入的冷空气经过空气预热器与引风机抽出的热烟气进行逆流换热，使进入加热炉的冷空气温度升高，减少热量消耗，使从烟囱排出的热烟气温度降低，对热量进行充分回收。而由于原加热炉空气预热器老化严重，空气预热器翅片结垢堵塞严重，造成换热效果差、烟气排烟温度高，导致天然气用量较大，加热炉能耗增加。

2020 年 4 月，利用检修机会对原空气预热器进行整体更换，更换为固定板壳式空气预热器。优化工艺参数，通过调整加热炉各项工艺指标，稳定加热炉操作，调整燃料量、风量和雾化蒸汽量，使火咀稳定高效燃烧，避免燃料浪费造成加热炉能耗升高。加强管理加热炉预热器定期吹灰工作，每天吹灰一次，提高换热效果。

项目实施后，空预器换热效果明显提升，加热炉烟气排烟温度由原来 180℃左右降到 140℃左右，

热空气进炉膛温度由原来 150℃左右升到 230℃左右。有效减少热量损失，降低燃料消耗，提高加热炉热效率，降低加热炉能耗。

据估算加工每吨原油可节约天然气约 1.1732Nm³，（天然气密度 0.7174g/L），天然气价格为 1.22 元 / Nm³，今后每年可节约天然气约 300 万 Nm³，节约费用约 360 万元，节能减排、增收节支效果明显。

1.2 供排水车间空压站节能技术改造项目

供排水车间空压站原 1# 空压机压缩风经过三级冷却系统换热降温后，进入干燥机干燥，干燥机再生时，用 160kW 的鼓风机、加热塔系统对再生塔的干燥剂进行加热，每 4h 加热 2.5h，耗电量极大。

2020 年 5 月，利用检修机会拆除了空压站 1# 空压机的第三级冷却系统，对其进行改造，相应的干燥机更新为压缩热再生式干燥机。改造后，利用 1# 空压机的压缩余热对再生塔的干燥剂加热再生，充分利用余热。

项目实施后，利用 1# 空压机的压缩余热对再生塔的干燥剂加热再生，节省原加热塔系统的电力消耗，每天可节约工业用电约 1470kW。

测算装置一年按运行 8000h 计算，电价按 0.58 元 / 度计算，今后每年可节约工业用电约 49 万 kW，可节约费用约 28.42 万元 / a。

1.3 消除制氢酸性水汽提塔汽提蒸汽明排项目

天然气制氢工艺的原理就是先对天然气进行预处理，然后在转化炉中将甲烷和水蒸汽转化为一氧化碳和氢气等，余热回收后，在变换塔中将一氧化碳变换成二氧化碳和氢气的过程。

制氢酸性水汽提塔汽提蒸汽原设计进入转化炉，由于汽提蒸汽温度偏低，和工艺蒸汽混合后转化入口温度偏低，造成转化炉负荷重，转化炉膛温度高，转化炉管壁温度控制要求不大于 915℃，因此装置加工量受到限制，装置一直处于低负荷运

行。为了提高转化炉入口温度，汽提蒸汽通过消音器明排，浪费了蒸汽又给环境制造了噪音。制氢酸性水汽提后变为净化水，由于净化水水质差，为提高制氢装置水汽质量，净化水排至污水管网，浪费了水资源。经工艺变更，将制氢酸性水改至污水汽提装置，酸性水汽提塔停用。

2020 年大修将酸性水改至污水汽提装置，酸性水汽提塔停用，不再产生中压蒸汽，从根本上解决了此问题。

该项目具体方案是将酸性水罐酸性水直接引至酸性水换热器 E2113，引一部分除盐水与酸性水换热，降低酸性水温度，降温后的酸性水经调节阀控制流量后单独引一条管线送至污水汽提装置，换热后的除盐水送至除氧水箱除氧，见下图红色部分。酸性水改至污水汽提，汽提塔不再产生汽提蒸汽，提高转化炉入口温度，降低转化炉负荷，减少燃料气用量。同时，酸性水改至污水汽提装置后，降低了污水车间污水处理量，节约了水资源。

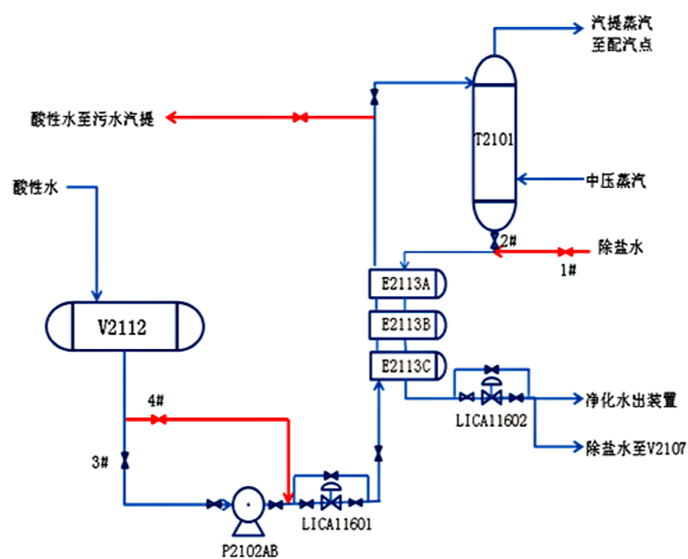


图 1 技改流程图（红色部分新增流程）

2020 年制氢装置大修完成管线焊接、管线保温、项目验收、管线吹扫等工作，2020 年 8 月底装置开工后该项目正常投用，投用至今污水汽提装置运行正常。改造后除去材料费用，预计每年可节约电费、蒸汽费用、燃料气费用等共计约 148 万元。

2 煤粉锅炉燃气燃烧系统的投用

2.1 锅炉概况

延安石油化工厂轻烃动力车间有三台 UG-110/5.3-M 次高压煤粉锅炉，额定蒸发量为 110t/h，过热蒸汽压力为 5.3MPa，过热蒸汽温度为 475℃。该锅炉由无锡华光锅炉股份有限公司设计制造，采用

π 型布置、单汽包、自然循环、四角切圆燃烧、平衡通风、固态除渣煤粉锅炉，按二用一备考虑。脱硝采用低氮燃烧 + 选择性催化还原法（SCR）脱硝技术，除尘采用布袋除尘工艺，脱硫采用石灰石 - 石膏湿法脱硫工艺。

2.2 燃料气系统概况

锅炉用燃料气来自轻烃中心，按设计燃料气主要成分为 85% 氢气，燃料气母管及各炉管道都安装有流量计，用于燃料气富裕时锅炉掺烧使用。燃料气燃烧器在上层磨煤机上四角各安装 1 个喷嘴，在炉前燃料气母管上安装了快速切断阀，接入锅炉炉膛 FSSS 安全保护系统，当锅炉发生灭火后，能自动切断燃料气系统。按设计燃气特性，4 根气枪投用消耗气量为 4340Nm³/h（约 1200kg/h）。

2.3 燃料气掺烧运行及节煤效果

为切实降低煤耗及能源消费总量，该厂于 2022 年 3 月 11 日 18 时试运行（2 根气枪）燃料气系统，根据管网压力控制燃烧器前压力 10-20kPa（设计为 10-15kPa），流量最大约为 3200Nm³/h。

3 月 1 日 -18 日期间收煤 6 次，燃煤发热量如下表 1 所示。

表 1 燃煤发热量对比

日期	发热量	日期	发热量
3 月 1 日	5603cal/g	3 月 11 日	5449cal/g
3 月 4 日	5631cal/g	3 月 17 日	5711cal/g
3 月 8 日	5512cal/g	3 月 18 日	5396cal/g
平均	5582cal/g	平均	5518cal/g

在燃煤发热量接近的情况下，投用 2 根气枪，对比燃料气投用前后燃煤消耗数据，如下表 2 所示：

表 2 燃料气投用前后用煤量对比

工况	锅炉负荷	煤量	是否投燃料气	备注
1	90%	5841t	未投	3 月 1-8 日
2	90%	5476t	已投	3 月 14-21 日

从上表可以看出锅炉投用燃料气以来，虽然管网压力不稳，有时还必须停运 1 根气枪保管网压力，但仍然体现出明显的经济、节能效益，两台炉平均每天节约燃煤 45.625t，平均每小时可节约用煤 1.9t。

3 BDO 装置脱离子压水系统节能改造项目

油田气化工科技公司 BDO 装置采用炔醛法工艺，第一步将乙炔和甲醛放在由若干介淤浆床反应

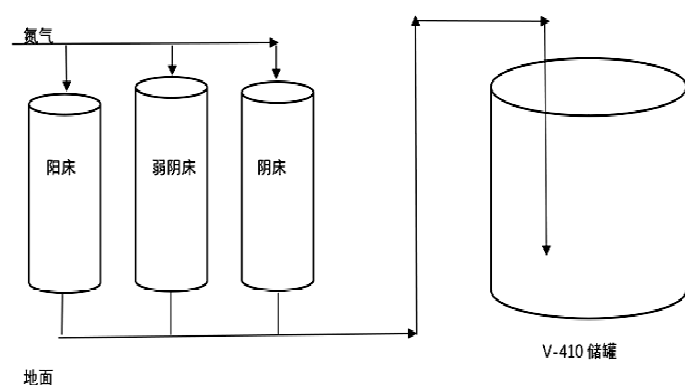
器串联成的反应器中反应生成丁炔二醇，经过滤后，催化剂与反应物分离后留在反应器内，液相物料流出反应器净化后进入下一个反应器。第二步在淤浆床内采用改良的 Pd/C 催化剂，丁炔二醇加氢生成丁烯二醇和 BDO，最后通过蒸馏和薄膜蒸发提纯 BDO，BDO 纯度 $\geq 99\%$ 。

脱离子单元作为 BDO 装置炔化单元及加氢单元的过渡装置，其主要作用为脱除 BYD 溶液中的阳离子和阴离子，避免其对后续加氢反应催化剂的危害。整套装置主要由 A/B 两列脱离子树脂床及相关再生储罐、机泵等组成，每列由阳离子树脂床、弱阴离子树脂床、阴离子树脂床组成，正常生产时一列运行、另一列再生，交替使用。阳离子交换床内装填的是阳离子交换树脂，它具备一个氢离子活动基团，能够与 BYD 溶液中的 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 Cu^{2+} 等金属阳离子交换，将溶液中所有阳离子都吸附在阳床树脂上；阴离子交换床是采用强弱碱联合型阴离子交换床，第一个是弱碱阴离子交换床，第二个是强碱阴离子交换床，它们都具备一个 OH^- 活动基团，能够与 Ac^- 、 SiO_3^{2-} 、 Cl^- 等阴离子交换，从而达到脱除杂质离子的效果。

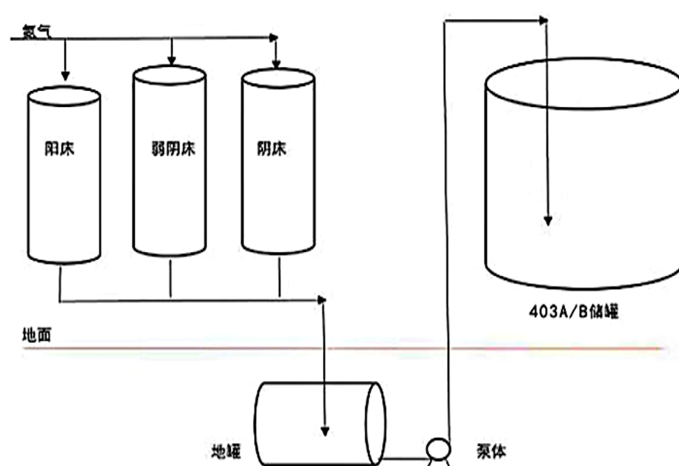
脱离子单元在日常运行中主要存在压料不彻底、再生污水 COD 高等突出问题，针对此项问题部门积极组织技术力量，开展技术攻关，与同行业积极开展技术讨论，分析问题原因，部门经过多次分析论证，决定开展技改。本次技改主要改造思路为改变压料方式，原有压料方式为 0.4MPa 氮气直接将物料经树脂捕捉器压往 V-410 储罐，期间需要克服一定的高程差，本次技改即通过增加地势较低的压料罐及回料泵，利用地势差将树脂床底物料彻底压净，使脱离子补水压液时间缩短、提高效率。

3.1 项目的主要内容、适用范围及实施要点

改造前压料系统：



改造后压料系统：



根据前期设计思路，在脱离子 A 列阳床、B 列阳床、两个阴床之间预留三个压水口，汇合在总管后引至地罐处，在 V-403A 储罐旁开挖地面安装压料罐及液下泵，压料及补水压液时先将物料压至压料罐，通过液下泵将物料打入 V-403A/B 储罐，具体实施对比图见上图。

3.2 项目的创新性、实用性、可靠性

本次技术改造在原有设计压料方式的基础上，巧妙利用地势差这一天然优势，通过这一改造思路既可以减少一半以上氮气使用量，又能提高原有效率，达到了事半功倍的效果。

4 经济效益

本次技术改造投用以来，单次再生（每两天）可节省氮气用量 200Nm^3 ，脱离子压料系统每年减少低压氮气用量 33000Nm^3 ；单次再生（每两天）可减少污水排放 190m^3 ，每年可减少污水排放 31600m^3 ，按每方污水处理需 7 元计算，节省污水处理费用 22.12 万元；单次再生（每两天）可减少脱盐水使用量 190m^3 ，每年可减少脱盐水使用 31600m^3 ，按每方脱盐水 27 元计算，节省脱盐水费用 85.32 万元。

5 结束语

通过采用各种先进的技术和措施，加强工艺和设备管理，几个典型案例均取得成功应用，在行业内具有推广价值。

参考文献：

- [1] 祝德利. 加热炉应用耐高温辐射节能涂料的效果[J]. 石油化工设备技术, 2011, 32(1): 11-12.

作者简介：

席旺春（1987-），男，籍贯：陕西榆林，本科学历，研究方向：节能技术。