



大氮肥厂增产技术改造 与化肥发展规划探讨



韩文光

(南京金陵石化公司)

摘要 本文从化肥发展规划角度,提出大氮肥厂技术改造的主要关键是转化、脱碳和压缩,在近期内实现增产25%的技术改造是可能的。并建议对大氮肥装置的增产改造列入国家化肥工业发展的战略计划。

根据规划预测,到2000年,我国化肥的年需求量为1987年化肥总产量的两倍左右,达1.5~1.6亿吨。为了迅速调整氮磷钾的比例,必须实行投资倾斜政策;为了迅速扩大生产能力,必须继续坚持大中小相结合的方针;为了提高化肥有效利用率,必须推广科学施肥和搞好农业化学服务以及必须解决发展化肥工业的经济政策问题等等。本文所要讨论的则是对引进的大氮肥装置有计划有组织的进行大幅度的增产技术改造问题。

根据规划预测,到2000年,在重点发展磷钾肥的同时,我国氮肥工业的生产能力也要从1986年的6700万吨发展到8800万吨以上。为此,提出的措施是,新建一批大氮肥装置,改造和扩建一批中小型化肥装置,并生产尿素或磷铵。在“八·五”和“九·五”期间为增加氮肥和磷肥的生产能力约需总投资500亿元,其中用于每个新建30万吨氨并加工为52万吨尿素工厂。按气、重油和煤三种原料路线的投资分别为7.5亿元、9亿元和11亿元。

我国自70年代起,先后引进了几种不同原料路线的大氮肥装置。至今,已相继有15套投入生产。到90年代中期,预计将有近30套装置投入运行,其生产能力占有的比重,将从目前的25%提高到40%左右。尽量发挥这类装置的潜力,尤其是通过技术改造大幅度(25%或者更多)挖掘和提高其生产能力。这样投资减少,见效快,效益好。即使只按15套装置增产

25%考虑,其生产能力也将可增加400万吨(折标准氮肥)。对此,应该作为我国大规模发展化肥工业的一个战略组成部分,引起足够的重视和采取必要的措施。

有计划有组织的大规模改造这类装置,近年来在东欧社会主义国家已开始付诸行动。据“中国化工报”1987年12月15日报道,民主德国已将改造二套日产1360吨合成氨装置,以提高生产能力20%的项目列入其第七个五年计划(1986~1990),并已与日本东洋公司签订了合同,预计在1989年9月完成这一项目。1987年9月14日出版的“欧洲化工新闻”报道了苏联的有关消息,报道说,苏联已同日本东洋工程公司(T.E.C.)就四个采用凯洛格工艺建设的日产1360吨氨装置的增产改造签订了合同,合同总价约1亿美元。并以补偿贸易的方式支付,改造后装置能力将提高25%,达日产1700吨。改造工作将在1988~1989年的每年年度停车时完成,其余八个相同装置将由苏联自己相继仿制改造。同时,苏联还正在和法国克洛索-洛瓦公司谈判,由其改造原先该公司承建的另外四个大型氨装置。待16个工厂改造全部完成后,苏联全国将增加180万吨/年的氨生产能力。

如果有意识的留心观察一些技术情报,也不难发现,西方发达资本主义国家的大氮肥工厂自从70年代石油危机冲击以来,在大规模进行节能改造的潮流中,也有一部分工厂因地制宜,同时进行了幅度不等的增产挖掘和技术

改造,少的增产10~20%。据报道,增产幅度最大的是美国路易斯安那州IMC工厂的一套1150吨/日的氨装置,改造后生产能力达1600吨/日,增产幅度高达39%。

我国引进的大氮肥装置,自70年代中期陆续建成投产以来,经历了十多年的消化吸收过程,绝大多数装置已达到日产和年产的设计能力。在生产管理、长周期运行、节能改造以及国产化等领域内,取得了卓有成效的成绩。通过技术改造实现以内涵为主的扩大再生产,这是我国四化建设的一项重要方针。随着近年来全国油气紧张状况的相对缓解以及全社会对化肥供应的急切需求,这一问题已经引起更多的人们的关注,并开始付诸行动。例如,既节能又增产的技术改造项目如H₂回收装置,S-200型合成塔等已陆续安装投产;湖南洞庭氮肥厂气改油合成氨装置能力由850吨/日恢复提高到1000吨/日的改造项目正在积极进行。预计1989年初可以投入生产;中国石化总公司已就其所属大氮肥厂增产问题提出了达标。挖潜增产10%。通过改造增产25%的三步走的设想,并于1988年3月份在安庆召开了专题会议讨论贯彻;辽河化肥厂已经制订了增产10%的可行性报告;南京栖霞山化肥厂增产25%的项目建议书已经编制上报,并正在进一步开展可行性研究。这些事物的出现自然是可喜的。但是,大氮肥增产改造技术目前在世界范围内,也还处在起步状态尚未完全成熟。在国内则还没有先例,如何在全国范围内大规模实施这项工作,无论在技术上、经济上以及实际工作中,都还有许多问题有待解决。尤其,在目前我国大中型企业中,由于技术进步机制支持不

足,因而对于技术改造普遍缺乏动力。除企业自身的不懈努力外,更需要得到各级决策部门的支持。为了进一步阐明这些观点,本文将对下述几个问题,进行简要分析并提出建议。

(一)技术关键及主要对策。本文将着重讨论以轻油或天然气为原料的合成氨装置,并设定增产幅度为25%(对于更大幅度增产及尿素问题的讨论,可见笔者的另一篇文章)。在这种情况下,改造的关键在转化、脱碳和透平压缩三个环节。对于高低变、甲烷化部分,原设计一般均考虑了触媒活性衰退的因素而留有较大备用系数。对合成部分,国内已有几套装置改为S-200型内件,改造后的运行数据表明这一工序可以满足增加25%负荷的要求。至于系统管道及换热设备等,多数将可以沿用,少数需要放大或更新不会有很大困难,下面着重讨论三个关键工序。

(1)转化。一段转化炉是集加热炉、受压容器,反应器等特点于一体的复杂设备,其造价相当于全系统的10~15%。触媒体积也十分紧凑,基本没有余量。对于这部分的改造,凯洛格和托普索公司的做法是换用新型材质的炉管(如HP-50)以代替原有HK-40材质的炉管、新材质炉管耐高温性能有显著提高。因而可以在保持炉管外径不变的情况下,减少壁厚,从而加大内径多装触媒。国外近几年新建的大型氨厂已大量采用这种炉管,技术上是可靠的。表1列出了两个公司为洞氮和栖霞提供的计算数据和改造方案。

由于触媒容积大幅度增加,因而可以满足增产需要。一段炉管设计寿命为10万小时。70年代中期投产的工厂目前均已接近,利用这

表1 一段转化炉管改造数据

工程公司	原炉管(HK-40,25/20)			新炉管(HP-50,25/35Nb)			容积增加 %
	内/外径(毫米)	壁厚(毫米)	容积(米 ³)	内/外径(毫米)	壁厚(毫米)	容积(米 ³)	
凯洛格	71.1/113.0	20.95	15.3	88.9/113.0	12.05	23.9	56.2
托普索	102/143	20.5	24.9	123/143	10	36.2	45.4

种十年一遇的机会在更新的同时进行改造是十分必要的。安庆化肥装置已于1988年大修时全部更换了进口的HP炉管,洞庭厂也即将在年底更换。目前国内四川化机厂已开始了试制研究,尚需加速进程。对于当前急需更新的装置,国家应在进口政策上给予支持。

加大炉管内径虽然满足了气体通过的需要,但是同时也产生了炉子热负荷增大和二段炉,废热锅炉等的负荷问题。最好的办法是降低一段炉的水碳比。这对于天然气工厂比较容易做到,但在石脑油工厂则存在着结炭的威胁。为了解决这个问题,托普索公司建议在一段炉前串联一个使用RKNR触媒操作温度约500℃的预转化炉,以使石脑油全部转化为 CH_4 ,后再进入一段炉进行蒸汽转化反应,使用预转化炉后即使石脑油中重组份和芳烃含量增多,仍可以将水碳比由目前的3.7降到3.0左右操作。这样,一段炉热负荷将下降10~15%。因而,系统能耗下降整个炉子以及后部设备均有可能不做大的改动,即可满足增产40%的需要,这个方案对以石脑油为原料的工厂是具有吸引力的。据托普索公司介绍,在希腊、印度等地已有几个工厂采用了这种流程,触媒使用寿命可以保证一年以上。

赫尔蒂公司的建议则是相对降低一段炉的负荷,并将负荷向二段炉转移。在增产40%的情况下,将一段炉出口 CH_4 由9%提高到16%。因而一段炉基本上可以保持原有的热负荷和设备结构不变。为了消化这些 CH_4 ,二段炉将原来加入的空气改为纯氧,氧由新增的一套产氧14000标米³/小时,产纯氮38000标米³/小时的空分装置提供。纯氮则改由合成气压缩机进口补入系统。这样,在增产达40%幅度情况下,整个气体制备系统可以不做较大的改动。这个流程有可能使气体制备系统能力得到大幅度提高。但是要新增一套大型空分装置,而且脱碳和压缩机工序面对这样大幅度的增产,尚无妥善的改造方法。因而,此法尚有待研究和选择。但是参照这种设想,利用较小规模的空分或用高氧空气达到25%增产幅度,仍是一个可以考虑

的方案。

综上所述,对于增产25%这样的目标,通过改进炉管,使用新型触媒,降低水碳比的途径来解决是比较成熟和简便的。国内应该组织力量,加速对HP-50材质炉管和抗结炭、高活性、低水碳比触媒(包括相应的变换触媒)的开发,以满足增产需要。

(2)脱碳:CO₂脱除在几种类型装置中设计能力都较紧张,因此在增产改造中是一个突出的薄弱环节。

目前,国外改造的途径大致有以下几种:
①更换吸收和再生塔的填料,由矩鞍环、鲍尔环改为阶梯环(Cascademining)。据称,这种填料的通气量比鲍尔环高10~20%,压降减低30~40%。洞氮厂增产改造已采用了这一方案,阶梯环国内已有大量生产,是值得考虑采用的一种简便措施。
②发挥节能改造措施的作用,不少工厂即将采用苯菲尔低热脱碳工艺或G-V副塔再生工艺。这些措施投产后,都将改善溶液的再生情况,从而有利于再生和吸收能力的提高。
③增加并联或串联的吸收装置。如串联小吸收塔或并联变压吸附(P. S. A.),脱除CO₂装置等。但这种措施是单纯依靠增加设备来提高生产能力,在有可能的情况下,尽量不要采用。
④采用新型活化剂—空间位阻胺代替现有的二乙醇胺或氨基乙酸活化剂。1984年国外报道了美国EXXON公司试验室和工业装置试验用空间位阻胺活化碳酸钾溶液脱除酸性气体和CO₂气取得重大进展的消息。我国南化公司研究院进行中试筛选的结果表明,这种方法比传统的活化剂吸收能力可以提高30%,能量消耗可以降低30%,而且在原有溶液条件下可以平稳地过渡。目前,该方法正在天津碱厂6万吨合成氨装置上进行工业规模生产实践。空间位阻胺进口价格,约7000美元一吨。对一个大型工厂来说,更新全部活化剂只要花十几万美元。如果能满足增产25%的要求那是经济和简便易行的。这种产品今后国内也完全可以自己组织生产。当前,迫切任务是要组织好这项工业试验取得经验,并进行鉴定。然后,选

择一家大型氨厂首先进行试用,取得成果后进行推广,并使空间位阻胺的生产立足国内。

(3) 压缩: 高速大功率透平压缩机结构复杂,改造起来难度较大。比较保守可靠的做法是增设并联的往复机组。通过改变工艺条件,例如提高进口压力或降低进口温度,也可以收到一定的效果,但增产幅度较小。最令人感兴趣的办法是改造转子内件。美国克拉克和德拉瓦公司自1980年以来,采用三元流理论,先后推出了节能型和节能增产型透平和压缩机,并在前述的IMC工厂取得成功。我国化工部系统各厂已经购进二组美型空压机和合成气压缩机全套转子备件,这些转子具有很好的互换性。利用停车,检修机会只需更换上新的转子及隔板扩压器等内件即可开车,原转子内件还可作为原负荷的备件。据美方介绍,根据需要,改造后增产幅度可达20%。采用这种办法的优点是改造工作量少、操作简单,但其技术可靠性在国内尚未经过实践。我国西安交大,中国科学院物理研究所等单位,近年来已对三元流理论开展了研究,并在通用机械上取得了一定实践经验。国家应在这一项目上进一步给予支持,以期能使这一技术早日立足国内。对于即将进行的改造项目,建议还是先引进国外技术。为了加速实现国产化,也可以同时购买软件和硬件,这样可以充分利用国内机械制造力量,有计划地对十几套装置进行改造。

综上所述,大型氨装置增产改造的主要措施按流程排列如表2所示。

表2 大型氨装置增产改造主要内容一览表

措施 工序	主要措施	辅助措施
转化	1. 预转化炉以降低水碳比(石脑油原料) 2. HP-50材质薄壁炉管	
变换	基本不变,视情况可增加或使用新型触媒	
脱碳	空间位阻胺活化剂	新型阶梯环填料
甲烷化	基本不变	
压缩	三元流转子	提高进口压力 降低进口温度
合成	S-200型合成塔内件	

表2各项措施除去空间位阻胺一项尚未见到在大型氨装置中使用的报道外,其它各项均有国内外的实践经验。根据空间位阻胺国内外小试、中试和工业规模试验的报道,以及栖霞山化肥厂使用双活化剂代替原有活化剂大幅度提高生产能力的实际经验来看,应该是很有希望的。此外,由于大型氨装置的热能回收和工艺密切相关,因而在实施增产改造时,对于热交换设备还需认真核算并加以合理改造。但这些设备大部分属通用设计,不会有很大难度。

(二) 经济问题分析。老厂技术改造比新建厂投资省,这是一条普遍规律,对大氮肥增产改造进行初步经济分析,仍然可以得出这个结论。

投资节省的主要原因是(1)新建厂在配套工程方面需要大量投资,这一部分工程主要包括公用工程(给排水,供电,通讯,总图等);辅助生产工程(检修,化验,仓库等)以及各种费用(如征地费,试车费,管理费及不可预见费等)。根据对我国九个大氮肥厂基建决算统计数字分析,这笔配套费占总投资比例平均为27.1%。近期拟新建的河南中原大化肥厂(濮阳),设计概算中这一比例为22.8%,情况基本相似。对于老厂改造,这一笔投资大部分可以省掉。(2)对于主要生产装置,虽然大氮肥设计一般都比较紧凑,但仍有相当一部分设备如表2所示(包括电气,仪表,管道及管件等),在改造后仍可沿用。因而对于主装置改造所需投资并不和增产幅度成正比,基于上述两种原因,可以预测大氮肥增产改造的投资至少比建新厂节省投资30%以上。如果类似空间位阻胺等新技术能得到成功,则节省投资50%是完全可能的。如果说新建一套以轻油或天然气为原料的大氮肥厂总投资为8亿元,折合最终产品每吨尿素约需投资1500元;则进行改造每增产1吨尿素投资应当可以降低到750~1000元。中国环球化学工程公司1987年为辽化制订的增产10%的可行性报告中,总概算为2997万元,折每吨尿素投资620元。兰州石油化工设计院1985年根据与凯洛格公司签订

的增产节能改造(日产氨由850吨提高到1000吨,吨氨能耗由 38.8×10^6 千焦下降到 34.85×10^6 千焦)合同编制的可行性报告中总概算为4579万元;再加上尿素增产15%投资约1200万元,折每吨尿素投资720元。栖霞1987年进行的节能改造(吨氨能耗下降 2.72×10^6 千焦)总概算2000万元,参照这一数字如扣除洞氮在改造中用于节能的投资,则增产每吨尿素投资仅约460元。栖霞增产25%项目建议书估算总投资约1亿元,折每吨尿素投资770元。再从国外看,目前新建一套日产千吨氨和相应尿素的工厂总投资约2~3亿美元。本文前述苏联改造日产1360吨氨装置增产25%投资0.25亿美元。如考虑尿素同步增产,再增加600万美元,折每吨尿素投资170美元,其节约投资比例也和国内相仿,投资节省是很明显的。

80年代以来,新建大氮肥能耗一般可降低到 $31.4 \sim 35.6 \times 10^6$ 千焦/吨氨。我国70年代引进装置的能耗多在 $37.7 \sim 41.8 \times 10^6$ 千焦/吨氨。虽然,通过增产改造同时也要采取若干节能措施,可使能耗下降 $2.1 \sim 4.18 \times 10^6$ 千焦/吨氨。但实际能耗仍要高于新建厂,因而其日常运转费用要高,这样会造成生产成本上升。但另外一方面,老厂改造生产单位产品所用的固定资产投资少,因而其折旧费用也相应减少,这又会使得成本下降。从下面简单分析大致得到一个量的概念。

(1)按现行市场价格计算原燃料单价(均以高价计),石脑油780元/吨,液化气560元/吨,炼厂气390元/吨,重油415元/吨,能耗的节约大部分是燃料部分的节约。此处按80%计,则每 4.18 百万千焦能量相当的代价约为55元。

如果改造厂吨氨能耗比新建厂高出 4.18 百万千焦,则年运行费用将增加 $30 \times 55 = 1650$ 万元,即尿素成本增加1650万元。

(2)按现行比较保守的折旧系数10%(其中大修理和更新改造各5%)计算,新建大型厂(指年产30万吨氨及52万吨尿素)总投资8亿元,取其90%为交付系数,则每年总折旧费为 7.2 亿元 $\times 10\% = 7200$ 万元。对于增产改造,设增

加相同产量总计投资为4亿元。交付系数取100%。每年总折旧费为 $4 \times 10\% = 4000$ 万,则同样生产52万吨尿素总成本可以下降 $7200 - 4000 = 3200$ 万元。

(3)二者相比,同样生产52万吨尿素,改造厂的总生产成本仍将比新建低能耗厂下降 $3200 - 1650 = 1550$ 万元。

如果新建厂能耗降低达8.4百万千焦/吨氨,则两者基本持平。

如果以平价原燃料或以天然气计算,并考虑老厂改造生产管理费用的减少等因素,则改造厂成本将有更大的收益。

当然,上述计算不够精确,但至少可以说明就经济效益的观点来说,改造厂和新建厂相比,仍是具有很大的竞争力的。

(三)建议国家采取的主要措施

(1)将我国大氮肥工厂的增产改造同中小型工厂一样,纳入我国化肥工业发展的战略部署,有组织有计划的推进这项工作。第一批可先从七十年代引进投产的13套工厂入手。然后,进一步研究改造其后逐步引进的以重油等为原料的工厂。在当前国家必须从宏观上控制固定资产投资总规模的情况下,对于新增化肥能力的资金投向和原燃料平衡安排的次序,应该是先改造后新建,并对改造的工厂在经济上给以优惠政策,在技术风险上给以支持,以增强企业技术改造的环境激励和内部动因。

(2)考虑大氮肥增产改造技术上的复杂性和化肥需求的时间性,以及鉴于目前国内大化肥工厂的不同隶属关系。加快改造进度,建议在13套装置三种不同类型的工厂中,各选择一个有代表性的工厂。首先主要利用引进技术和关键硬件进行改造,在取得成功的基础上,以国内技术为主继续完成其余10套装置的改造。

(3)组织国内科研、设计、制造力量,加速几项重要课题的攻关。首先解决空间位阻胺的工业试验过关和鉴定推广,同时组织对HP-50材质炉管,三元流叶轮,低水碳比、抗结炭转化及变换触媒等关键的研究试制工作,使其尽早立足国内。(参考文献略)

目 次

一、前 言

二、大氮肥增产改造的必然性

三、大型氨装置增产挖潜技术经济分析浅议

四、大型氨装置增产技术改造初探

1、通过局部单项改造以求增产

2、改进系统工艺流程以获取大幅度增产的效果

3、老装置增产改造经济可行性分析

4、关于尿素装置的增产挖潜改造

5、关于老厂改造的资金来源设想

五、结束语

参考文献