

我国废硫酸现状调查及循环利用技术介绍

青岛奥盖克化工股份有限公司

概述

硫酸生产方式主要有三种，硫磺制酸、硫铁矿制酸及有色冶炼副产硫酸。硫酸广泛应用于国民经济的各行各业，主要用于化肥、石油炼制、化学工业、矿产、金属加工、轻工业、纤维工业、水处理领域，其中，硫酸最大消费领域为普钙、磷铵等化肥行业，其次为化学工业，如无机盐工业、有机化工产品、农药、医药染料及其它精细化工产品。

废硫酸来源，在化学工业生产中，废硫酸或产生于有机物的硝化、磺化、酯化、烷基化、氯气干燥、石油炼制及其它精细化工产品的生产，其他行业主要是产生于有色冶炼、钢铁酸洗、蓄电池废液、化纤等行业。

本报告中使用的数据分别来源于中国石油化学工业联合会、中国有色金属协会、中国钢铁协会、中国铅酸蓄电池协会、中国硫酸协会、中国涂料协会、中国化工信息中心及有关网站信息。

据中国化工信息中心调研统计，我国废硫酸中无机废酸约占 35%，有机废硫酸约占 65%，含量 40%以上废硫酸占废硫酸总量的 46%左右。在硫酸的消费行业中，肥料行业基本不产生废硫酸，其它行业在硫酸应用的同时基本都有废硫酸的产生，由于应用硫酸的行业众多，生产产品不计其数，生产厂家分布在全国各地，产生的废硫酸各不相同，更重要的是，产生废硫酸的企业对废硫酸的去向有极强的保密性，因此，要对废硫酸的量及种类有一个准确的统计几乎是不可能的。根据中国化工信息中心的调研及我们对使用硫酸行业的掌握，对废硫酸现状进行一个大概的描述。

1 废硫酸的现状调查

在硫酸的消费行业中，肥料行业基本不产生废硫酸，其它行业在硫酸应用的同时基本都有废硫酸的产生，由于应用硫酸的行业众多，生产产品不计其数，生产厂家分布在全国各地，产生的废硫酸各不相同，更重要的是，产生废硫酸的企业对废硫酸的去向有极强的保密性，因此，要对废硫酸的量及种类有一个准确的统计几乎是不可能的。根据中国化工信息中心、中国石油化学工业联合会、中国有色金属协会、中国钢铁协会、中国蓄电池协会、中国钛白粉协会的调研及我们对使用硫酸行业的掌握，对废硫酸现状进行一个大概的描述。

1.1 废硫酸来源

工业生产中，废硫酸或产生于有机物的硝化、磺化、酯化、烷基化及其它精细化工产品的生产，或产生于钢铁酸洗、蓄电池废液和氯气干燥，或来源于石油炼制、化纤等行业。

据中国化工信息中心调研统计,我国废硫酸中无机废酸约占 35%,有机废硫酸约占 65%,含量 40%以上废硫酸占废硫酸总量的 46%左右。在硫酸的消费行业中,肥料行业基本不产生废硫酸,其它行业在硫酸应用的同时基本都有废硫酸的产生,由于应用硫酸的行业众多,生产产品不计其数,生产厂家分布在全国各地,产生的废硫酸各不相同,更重要的是,产生废硫酸的企业对废硫酸的去向有极强的保密性,因此,要对废硫酸的量及种类有一个准确的统计几乎是不可能的。根据中国化工信息中心的调研及我们对使用硫酸行业的掌握,对废硫酸现状进行一个大概的描述。

1.1.1 有色金属行业

有色金属工业是国民经济重要的基础原材料产业,在国民经济发展以及国防工业有着十分重要作用。

有色金属矿产中的硫在冶炼中主要被用作烟气制酸,据统计,2014 年全国冶炼酸产量达到 2813 万吨。有色金属如铜、铅、锌冶炼烟气制酸净化工序一般采用稀酸洗绝热蒸发工艺,这一过程产生大约 10%左右的废硫酸,根据技术水平不同,一般新建的 20 万吨硫酸产能,产生这种废硫酸 8-8.8 万吨,按全年 2813 万吨冶炼硫酸计,每年产生 10%左右的废硫酸 1100-1200 万吨。这些废硫酸含有砷及其他重金属,对环境影响极大。

阳极电解炼铜过程中,由于浸出液含铁高,萃取过程中因夹带、包裹和溶解等因素使反萃富铜液中铁离子不断累积升高,大大影响电流效率,因此,为消除因铁离子累积造成的影响,每产 1 吨阳极铜需定期外排 1.2m^3 电解容液,其中硫酸含量在 15%左右,按 2014 年我国电解铜产量 759.8 万吨计,产生电解液废硫酸在 1000 万吨以上。

1.1.2 钛白粉行业

钛白粉废硫酸来源于钛液水解后的滤液和一洗时产生的洗液,生产 1 吨钛白粉产生浓度约为 20%的废硫酸 8t。按全年 236.5 万吨硫酸法钛白粉计,每年产生废硫酸约 1900 万吨。

1.1.3 钢铁及金属酸洗行业

在某些金属机械加工过程中,如镀镍、镀铬、镀锌等金属制件,也需用硫酸来洗净表面的锈。在采用硫酸进行一般酸洗时,硫酸浓度一般为 5-10%,进行热酸洗时,硫酸浓度一般为 20-25%,在黑色冶金企业,酸洗厂洗酸浓度为 20%左右,废酸浓度一般为 5-8%,而每吨钢铁酸洗,约需消耗 98%硫酸 30-50 kg。2014 年,需表面清洗的钢材 10861 万吨,其中采用硫酸方式清洗的钢材约为 2492.8 万吨,产生废硫酸折百 100 万吨,其中大约 50%参与反应,剩余废酸液 5%左右,废酸量在 1000 万吨以上。钢材酸洗后还需大量的水清洗冲洗掉金属表面的酸,其量大约是废酸量的 10 倍。因此,钢铁酸洗每年产生硫酸含量为 0.5%左右的冲洗废水 1 亿吨以上。

1.1.4 石化行业

石化行业废硫酸主要产生于石油炼制和烷基化油生产。在石油精炼中,要用浓硫酸除去汽油和润滑油中杂质---硫化物和饱和碳氢化合物。目前,每吨原油精炼平均需要硫酸 1.08 kg,2013

年原油加工量达到 47858 万吨，约消费硫酸 52 万吨，形成废硫酸约 60 万吨。

异丁烯硫酸催化生产异辛烷，用于高标号清洁汽油调和组分，所用硫酸浓度降到 90%以下，需排出系统补充新的硫酸，每吨产品要产生 85%-90%(重量)硫酸的废硫酸 80-90 kg，目前，我国的烷基化油装置 561.5 万吨，每年可产生废硫酸 60 万吨。

1.1.5 氯碱行业

氯碱企业氯气干燥工段利用 98%的浓硫酸的脱水性对电解槽产生湿氯气进行干燥脱水，以保证产品氯气有足够低的含水率。98%的硫酸吸水后降到 73%左右，需排出干燥塔而形成废硫酸。每吨氯碱产生废硫酸 13-21 kg,2013 年我国氯产量 2854 万吨，产生废硫酸 40-60 万吨。

1.1.6 蓄电池行业

2014 年，我国铅蓄电池产量 22070 万千伏安时，每单格 2 伏安时需硫酸溶液 10ml(比重 1.27，质量浓度 35.6%)，以此来推算，全年需 35.6%含量的浓硫酸约 140 万吨。这些硫酸在蓄电池报废后会产生含铅的废硫酸。

1.1.7 有机化工

有机化工产品如柠檬酸、氨基磺酸、草酸、硫酸二甲酸、合成甲酚、十二烷基苯磺酸等产品及磺化、硝化、烷基化、酯化等化学反应单元，这些反应广泛用于农药、医药、染料、香料等行业生产，都大量用到硫酸。由于这些行业产品规模相对较少，厂家众多而且分散，要有一个详细统计几乎是不可能的。由于许多反应单如硝化、烷基化、酯化等反应硫酸仅是催化剂或溶剂作用，反应过程中并不消耗硫酸，最后都是以废硫酸形式排出生产体系。

每年应用于有机化工产品的硫酸在 1000-1500 万吨，其中有部分参与化学反应，同时产生大量 20-60%的废硫酸，保守统计，应该在 2000 万吨以上。

1.1.8 其他行业

化纤工业、轻工业、矿产加工业、军工产品、核材料以及其他行业，在应用硫酸同时，都有废硫酸产生，许多行业无法准确统计，但保守统计也有数千万吨。

综上所述，即使有数据的行业，也仅是在国家各行业部门规模以上的企业能统计到，还有许多规模较小的企业无法统计到，因此保守统计，我国每年产生废硫酸在 1 亿吨以上。同时，钛白粉行业还有上亿吨含硫酸废水，有色金属行业及金属酸洗加工业也各有上亿吨含硫酸废水产生。

1.2 废硫酸的特点

① 来源广泛，行业分散，钛白粉、石油加工、钢铁酸洗、纤维工业等行业产生废硫酸外，其它许多化工产品生产时都有废硫酸产生，而且非常分散。

② 每年产生的废硫酸总量 1 亿吨以上，除钛白粉、石油加工、钢铁酸洗企业废硫酸量较大之外，其它单个企业产生的废硫酸量不大，年产废硫酸量在 10000 吨以上的企业较少，许多企业每年的废硫酸量在几百吨到几千吨之间。

③ 废硫酸浓度高低不一，有害杂质含量普遍较高且有的含有重金属难以处理。

④ 精细化工领域废硫酸中大多含有有机物，直接利用会造成二次污染。

1.3 废硫酸对环境的危害

硫酸应用于工业生产的方方面面，在利用的同时，又产生大量的废硫酸，与粉煤灰、矿山尾矿、废旧轮胎、废旧电器、废旧金属、电石渣相比较，废硫酸对环境具有更大的破坏性，有些甚至是灾难性的。有些企业为节省处理成本，通过渗坑渗入地下，排入江河或大海被水稀释，有的企业不加处理加以利用，极易引起二次污染。由于废硫酸是一种液体，产生废硫酸的企业又比较分散，与危险固废及工业废气相比较，偷排偷放非法使用比较方便和隐蔽，因此尽管废硫酸对环境有极大的破坏性，但并没有引起有关部门的足够重视。近几年，有关废硫酸方面的污染事件经常发生，现摘录部分近几年有代表性的废硫酸污染方面的报导。

表一 废硫酸污染报导

时间	废硫酸污染事件	信息来源
2006年4月6日	河北胜芳镇部分工厂直接将工业废酸排入井下	中国质量万里行杂志
2010年3月15日	每年千吨的硫酸盐酸偷排，河水变死水	杭州网
2011年5月17日	蓄电池废品站成高污染，作坊式拆卸硫酸直接倒地	北京晚报
2011年8月4日	紫金矿业污染再升级	金融界
2013年7月18日	江苏明盛化工厂厂区排酸性污水致水变红	中国经济网
2013年11月22日	沪每年倾倒7000吨含铅废硫酸液，重金属污染严重	东方早报
2014年6月13日	钱塘江流域污染犯罪触目惊心 上千吨废酸暗管排放	中国广播网
2014年9月18日	宁夏中卫一化工企业向腾格里沙漠非法排放废硫酸被关停	新华网
2014年12月31日	非法处置废酸江苏6家化工企业判赔1.6亿	西部商报
2015年6月3日	4人从嘉兴偷运废酸到苏州 偷排京杭运河1500吨	人民网

这些被报道出来的废硫酸污染事件，仅是废硫酸污染的冰山一角，更多因偷排偷放比较隐秘并未被发现，从浙江的萧山、绍兴、宁波，江苏的南通、盐城、连云港，山东的日照、潍坊、东营、滨州，河北的黄骅再到天津等沿海地区，分布着大大小小的几十个化工区，这些化工区都临近大海，许多企业通过暗管将废硫酸排入大海，再加上其它化工废水的排入，对近海造成灾难性的破坏，近海几乎无鱼可捕就是例证。内蒙、宁夏的许多化工企业，将废硫酸排入沙漠，内陆如河南、河北、安徽、山西的许多企业，通过渗坑渗入地下。据统计，长江沿岸分布着大大小小的化工企业数万家，有的企业通过暗管排入长江。中国分布着大大小小数不清的江河，又有多少化工企业的废硫酸排入这些江河。这绝不是毫无根据的推测，初中化学就讲物质不灭，硫酸在应用

的过程中，一部分生成新物质，另一部分未参加反应形成废硫酸。所有硫酸使用企业是否敢公开自己的环评，敢于把自己企业硫酸的物料平衡公之于众，是否敢把自己企业废硫酸去向公之于众，我相信绝大部分企业不敢。废硫酸对地下水的危害远大于一般的化工废水，它在渗入地下的同时，还将岩石、土壤中的重金属化合物经反应溶解进入河流或地下，对河流或地下水造成严重污染，用这些被污染的水灌溉，又对土壤造成了严重污染，据环保部调查，我国近 20% 的土壤已被污染。被污染的地下水和土壤修复需要经过若干代人的努力及高昂的代价才能完成。废硫酸还将与土壤、岩石中的碳酸盐反应，增加了二氧化碳的排放，与亚硫酸盐、硫化物等反应，生成二氧化硫、硫化氢等有害气体并散发到空气中，对大气造成污染。在废硫酸产生量较大的行业，如有色金属、钛白粉行业，排出的废硫酸中含有大量重金属。有机化工排出的废硫酸含有大量的有机物，有些事致癌的而且不可降解。也有企业将这些废硫酸加以利用，如生产磷肥、硫酸铵、硫酸镁、造纸厂利用废硫酸中和造纸碱液生产有机肥等，由于没有有效地处理，有害物质随肥料进入土壤，先污染地表水，并进一步渗入地下或随雨水进入河流，污染河底和地下水，更为可怕的是用被污染的水灌溉，引起土壤酸化，重金属在酸性土壤中活性较高也易被植物吸收，这些有机或无机有害物随植物进入食物，对食品安全造成重大隐患，近几年经常出现的镉大米等就是例证，许多有机致癌物在食物中难以检测，对人类的健康有着难以预测的危害，近几年出现的癌症村乃至癌症镇，水污染、土壤污染难辞其咎。

2 废硫酸应用技术现状及新技术介绍

2.1 废硫酸应用技术现状

我国是硫酸生产大国，也是消费大国，随着硫酸消费量的不断增长，国内工业废硫酸的数量也在逐年增加，废硫酸的回收利用也受到越来越多的关注，由于废硫酸来源不同，含有的杂质也不相同，产生废硫酸的企业根据自己废硫酸的特点进行应用。常用的技术简述如下：

2.1.1 浓缩法

该法是在加热浓缩废硫酸的过程中，使其中有机物发生氧化、聚合等反应，转变为深色胶状物或悬浮物后过滤除去，从而达到去除杂质、浓缩稀硫酸的双重目的。

废硫酸的浓缩技术工艺较为成熟，应用较为广泛，2006 年，国内有近 50 套装置在运行中，估计 2013 年超过 150 套装置。从生产实践来看，我国废硫酸浓缩存在四大问题：一是废硫酸浓缩对设备材质要求高，通常采用钽制设备或搪瓷减压膜蒸发器，设备投资较大；二是蒸汽、水、电消耗量大，运行费用高；三是操作复杂，维修困难且费用高；四是废硫酸处理量少，蒸发管道极易堵塞，运行不太稳定。

2.1.2 高温裂解

对于杂质含量高而不能采用浓缩工艺回收的高浓度废硫酸，可将其热分解为 SO_2 或 SO_3 的气体，然后生产硫酸，高温裂解可分为高温还原分解工艺、高温非还原分解工艺和废硫酸的掺烧工

艺。

① 高温还原分解工艺

高温还原分解工艺最初用于烷基化废硫酸的再生，之后又被用于含各种有机杂质及不含无机盐废硫酸的处理。该工艺以重油和天然气为燃料，在 1000-1100℃ 温度下将硫酸还原分解为 SO_2 ，废硫酸中有机物则被完全分解为 CO_2 和 H_2O ， SO_2 气体经预处理后送入制酸装置生产硫酸。

高温裂解法工艺成熟、可靠，是最清洁、最彻底的废硫酸处理方法，其废硫酸处理量大。该法可直接生产含量高达 98% 硫酸或发烟硫酸，这一优点是浓缩法无法比拟的。高温裂解法的缺点是投资大、能耗高；另外，由于废硫酸中的 F、Cl 及金属离子（特别是 Na^+ ）容易造成设备和管道的腐蚀及堵塞，因此高温裂解不太适合处理氟、氯及金属盐含量高的废硫酸。

对于裂解废硫酸生产硫酸工艺的研究，我国才刚刚起步（2013 年硫酸工业）。废硫酸裂解制酸的关键设备是废硫酸裂解炉，该裂解炉工况复杂，要求炉内耐火材料及隔热材料具有耐高温、耐冲刷、耐腐蚀等特点。

② 高温非还原裂解工艺

20 世纪 80 年代丹麦托普索公司和加拿大凯密迪公司开发了一种非还原分解法废硫酸再生技术，即只将废硫酸分解为 SO_3 和 H_2O 而不是还原分解为 SO_2 ，再冷凝成酸得到纯净的硫酸。与还原分解法相比，非还原分解法的能耗和费用较低，且适合处理废硫酸盐含量高的钛白粉废硫酸和钢铁酸洗废硫酸。

③ 废硫酸的掺烧工艺

硫铁矿掺烧废硫酸制酸在国内外均有报道，如德国萨其宾公司采用硫酸亚铁、硫磺、煤、硫铁矿及煅烧窑散落料的混合物为原料在静态流化床焙烧炉内焙烧，经过处理得到含量达 96% 的硫酸，再返回钛白粉装置，多余硫酸对外出售。

2.1.3 化学氧化法

该法应用已久，原理是用氧化剂在适当的条件下将废硫酸中有机杂质分解，使其转变为二氧化碳、水、氮的氧化物等从硫酸中分离出去，从而使废硫酸净化回收。常用的氧化剂有过氧化氢、硝酸、高氯酸、次氯酸、硝酸盐、臭氧等。每种氧化剂都有其优点和局限性。

硫酸在高浓度（ H_2SO_4 质量分数为 97%—98%）和高温条件下也具有较强的氧化性，它可以将部分有机物较为彻底的氧化掉。例如处理蒽醌废酸、分散蓝废酸及分散黄废酸时，将废酸加热到 320℃—330℃，把有机物氧化掉，部分硫酸被还原成二氧化硫。这种方法由于硫酸浓度和温度太高，有大量酸雾产生，会造成环境污染，同时还要消耗一定量的硫酸，使硫酸收率降低、生产成本高，因此其应用受到很大的限制，一般与其他工艺配合使用。目前国内有部分企业采用该技术处理蒽醌类废硫酸、染料废硫酸、含酚废硫酸。

2.1.4 萃取法

萃取法是用有机溶剂与废硫酸充分接触，将废硫酸中的杂质转移到溶剂中来，从而得到净化

的硫酸。与其它方法相比，萃取法的技术要求较高、对萃取剂的要求苛刻、运行费用较高。如国内生产 K 酸的废硫酸采用此法处理。

2.1.5 结晶法

当废硫酸中含有大量有机或无机杂质时，根据其特点可考虑选择结晶沉淀的方法除去杂质。

如南京轧钢厂酰洗工序排放的废硫酸中含有大量硫酸亚铁，采用浓缩-结晶-过滤的工艺处理。经过滤除去硫酸亚铁后的酸液可以返回钢材酸洗工序继续使用。重庆某化工厂将 H_2SO_4 质量分数为 17% 的钛白废硫酸在常压下浓缩、析出结晶过滤，可得到质量分数为 80%—85% 的浓硫酸，第二次过滤的滤渣转至打浆工序回收硫酸亚铁。

2.1.6 生产化肥

废硫酸可用于生产普钙、硫酸铵等化肥，但实际上绝大数废硫酸是不能直接用来生产化肥的。对于有机废硫酸来说，一方面因废硫酸中含有机物会影响化肥质量；另一方面大多数有机物如三氯乙醛、苯类、酚类等属有害物质，一旦带入化肥，将会对农作物造成严重危害。而对无机废硫酸来说，废硫酸中的杂质同样会影响化肥质量，如钛白粉废硫酸直接用来生产磷肥时，废硫酸中的钛、铁、铝等杂质会使磷肥中的有效磷变为不溶性磷，同时，除去废硫酸中的重金属也是一大难题，从而影响磷肥质量。因此，无论是有机废硫酸还是无机废硫酸都需先进行净化处理，除去其中有害杂质后才能用来生产化肥。

目前用于生产化肥的主要是钛白粉废硫酸，江苏、山东、湖南、四川等地都有不少企业用钛白粉废硫酸代替新鲜硫酸生产化肥以降低生产成本，如四川龙蟒集团利用专利技术将钛白废硫酸浓缩至 H_2SO_4 质量分数 70% 左右，再经净化处理后做湿法磷酸原料；湖南株化集团、安徽安纳达钛业等用过滤、浓缩后的钛白废硫酸生产普钙。也有部分企业将浓缩、氧化处理后的有机废硫酸供附近企业生产化肥。

2.1.7 中和处理

对于浓度很低的废硫酸采用碱性物质中和处理是一种行之有效的方法，其中最常用的中和剂是石灰。中和处理的优点是设备投资小、操作简单、成本较低，特别是在目前硫酸价格较低的情况下成本更明显。缺点是副产品石膏太多不易处理，容易造成二次污染。

从我国废硫酸处理技术应用情况来看，国内大部分废硫酸中和处理，少部分生产化肥，极少部分采用废硫酸浓缩、高温裂解等工艺资源化利用。

2.2 青岛奥盖克化工股份有限公司废硫酸四项应用新技术的介绍

废硫酸排放出去或使用不当，对环境会造成巨大破坏，同时，废硫酸也是一种资源，利用得好，可以节省资源。废硫酸的综合利用，涉及有机化学、无机化学等多门学科。多年来，我们一直从事精细有机化工的生产和销售，经常遇到废硫酸的利用问题，经多年的研究，探讨出一些废硫酸循环利用的技术。

2.2.1 废硫酸的循环利用技术

对一些含有杂质简单又比较易处理的废硫酸，可根据杂质的特性进行处理，处理后的废硫酸可用于生产硫酸镁、硫酸铵、磷肥及其它化工产品的生产，但需严格控制产品中有害物含量。

如生产 2,4-二氨基苯磺酸的废硫酸，用轻烧镁中和后加入甲醛和活性炭处理，再加入尿素破坏过量甲醛。经过滤结晶烘干生产硫酸镁。该法得到的硫酸镁几乎没有有机物，COD 在 60ppm 以内，该技术已申请国家发明专利，并获授权，专利号 ZL 201210578167.7

2-氨基-3,6,8 萘三磺酸的废硫酸，先经络合萃取，再用轻烧镁中和、压滤，滤液用芬顿氧化，结晶得到硫酸镁几乎测不到 COD。

硫酸镁残渣及氢氧化镁在治理酸性土壤、重金属土壤中应用

在用废硫酸生产硫酸镁过程中产生水不溶性残渣，含有氧化硅、偏硅酸钙及其它轻烧镁中酸不溶物及活性炭，经高温碳化破坏掉有机物（保留活性炭不被破坏），再按一定比例与硫酸镁生产的氢氧化镁混合粉碎，再配上一定的钙质硅肥及钾肥，生产治理酸性土壤和重金属土壤的土壤调理剂，山东省农科院和湖南省农科院正在进行有关实验并取得了较好的结果。山东农科院正在进行大田实验，湖南省农科院已完成盆栽实验，准备在秋稻上进行大田实验。

2.2.2 硫磺还原废硫酸生产硫酸技术

根据高浓度硫酸具有氧化性的特点，将废硫酸浓缩到含量 80%以上，用硫磺在 200—250℃ 进行还原，产生二氧化硫，二氧化硫经过净化可进一步催化、氧化、吸收生产硫酸，该法每产生 1 吨硫酸消耗硫磺 110kg，比硫磺氧化法生产硫酸节省三分之二的硫磺，该法已申请了国家发明专利，申请号：201410754653.9

该技术对有机物含量高（不含无机盐），不易处理的废硫酸特别适合。该法工艺简单，由于还原温度低，克服了废硫酸高温裂解法设备易腐蚀的难题。生产成本也大幅降低，初步预算，用硫磺还原法生产硫酸，比用高温裂解法生产硫酸的成本节省 50%以上。

2.2.3 烷基化油废硫酸综合利用技术

随着国家环保部门对汽车尾气减排力度的不断加大，越来越多的炼油企业进行空前改进，新上异辛烷生产装置，以提高汽油的标号。异丁烯二聚生产异辛烷需用硫酸做为催化剂，由此产生大量废硫酸，含有 12%—15%有机物，这一废硫酸的处理，是烷基化油生产企业的一大难题。国内有的企业采用高温裂解法生产硫酸，生产成本较高，由于采用技术不同，硫酸生产成本在 700—900 元，而且投资较大。

我们对烷基化油废硫酸进行了研究，发现废硫酸中的有机物具有还原性，加入少量催化剂，通过加热，可以有 40%--70%左右的硫酸被还原为二氧化硫，剩余硫酸经处理后，再用硫磺还原生成二氧化硫，二氧化硫可以进一步生产亚硫酸钠盐或硫酸。该法生产的硫酸，初步预计生产成本在 400 元/吨左右，仅为高温裂解法生产成本的一半。该法正在申请国家发明专利。

2.2.4 含无机盐废硫酸的循环利用

废硫酸中含有无机盐，无疑增加了废硫酸的处理难题，对一些含量低（小于 20%）的无机

盐废硫酸，可以用石灰石粉中和生成硫酸钙，硫酸钙经水洗涤去掉无机盐，压滤脱水，滤渣主要成份是硫酸钙，可与煤粉在 1000—1100℃高温下反应，生成石灰和二氧化硫，生成石灰可做建材，二氧化硫可根据其量大小进一步生产亚硫酸盐或硫酸。压滤出的含盐废水根据含有的盐进一步处理。

3 结论

硫酸做为一个对国民经济发展提高人民物质文化生活水平必不可少的基础化工原料，在应用的同时，产生对环境极为有害的废硫酸，由于监管不足，对环境已造成了严重的危害，有关部门应从立法和政策层面，对产生废硫酸的利用和去向进行有效的掌控，同时依靠科技进步，鼓励企业，对废硫酸进行无害化循环利用。让硫酸的应用走上正确的轨道，真正造福社会，造福人民。