

法冶金技术丛书

萃 取

CUI
QU

杨佼庸 刘大星 编著

冶金工业出版社

新 知 识

PDG

81.175
684
C.2

湿法冶金技术丛书

萃 取

杨俊庸 刘大星 编著

215220/18



内 容 简 介

这是湿法冶金技术丛书中的《萃取》分册。书中重点阐述：溶剂萃取的研究和设计方法，萃取剂，萃取设备，铜、镍和钴、贵金属、钨和钼、锌和镉、钒和铬等金属的萃取生产工艺，金属萃取生产的准备工作和过程控制以及有机溶剂的回收。此外，对溶剂萃取的基本原理、金属萃取生产的经济分析以及新发展起来的液膜萃取技术也作了较详细的介绍。本书可供从事湿法冶金和化工生产的有关人员使用，也可供大专院校有关专业师生参考。

湿 法 冶 金 技 术 丛 书

萃 取

杨俊庸 刘大星 编著

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街盛悦院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

江西印刷公司印刷厂排版

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 $16\frac{3}{8}$ 字数 429 千字

1988年4月第一版 1988年4月第一次印刷

印数00,001~2,850册

ISBN 7-5024-0149-0

TF·56 定价5.00元

出版说明

湿法冶金技术丛书是一套按湿法冶金单元过程编写的丛书，它包括《浸取》、《固液分离》、《沉淀与结晶》、《萃取》、《离子交换》、《水溶液电解》及《金属废水处理》七个分册。

湿法冶金和火法冶金本是两种基本的冶金过程，前者在放射性金属、稀贵金属以及铝、锌、镍和钴的分离、提取和富集中占主导地位，后者则在钢铁、铜、铅等金属生产中占绝对优势。目前，世界可供开采矿石品位不断下降，资源的综合利用越来越迫切，环境保护的要求越来越严格，对产品纯度要求越来越高，所有这些因素都会促使湿法冶金技术的迅速发展，并使它越发显得重要。为适应我国稀贵金属及有色金属工业的发展，我们组织编写和出版这套丛书，供有关同志参考。

湿法冶金流程虽千变万化，但却是由若干个单元过程组成的。我们试图通过这套丛书较系统而详细地把有关湿法冶金各单元过程技术介绍给读者，以便系统地掌握这些技术，更好地开发、综合利用我国的矿物和其他资源。为此，在编写过程中，除兼顾各单元过程的基本知识之外，把重点放在实际应用上，其中包括研究方法、工业设计和生产实施；也涉及经济分析，例如投资、生产成本估算、经济效益等内容。由于我们水平不高，恐难以圆满地达到此目的，书中不妥之处，欢迎批评指正。

40110

目 录

1. 绪论.....	(1)
1.1 溶剂萃取在金属提取中的地位	(1)
1.2 金属溶剂萃取的发展	(3)
1.2.1 新萃取剂的研制.....	(3)
1.2.2 萃取设备的开发.....	(4)
1.2.3 萃取工艺的开拓.....	(6)
2. 溶剂萃取的基本原理.....	(7)
2.1 与溶剂萃取有关的一些名词及其定义	(7)
2.1.1 溶剂萃取的相与相比.....	(7)
2.1.2 萃取体系.....	(7)
2.1.3 分配定律和分配比.....	(9)
2.1.4 萃取因数(萃取比)	(10)
2.1.5 萃取率.....	(11)
2.1.6 分离系数.....	(11)
2.1.7 饱和容量与操作容量.....	(12)
2.1.8 萃取的协同效应——协萃.....	(13)
2.2 萃取平衡及其测定方法.....	(14)
2.2.1 试验方法.....	(14)
2.2.2 萃取等温线.....	(19)
2.2.3 洗涤.....	(21)
2.2.4 有机溶剂预处理.....	(23)
2.2.5 AKUFVE装置.....	(25)
2.3 影响萃取平衡的因素	(26)
2.3.1 温度的影响.....	(26)
2.3.2 萃取剂浓度的影响.....	(28)
2.3.3 pH的影响	(30)
2.3.4 水相组分的影响.....	(32)

2.3.5 金属离子浓度的影响	(33)
3. 多级萃取过程及其模拟试验	(34)
3.1 多级萃取过程及其理论级数的计算	(34)
3.1.1 错流萃取	(35)
3.1.2 逆流萃取	(37)
3.1.3 分馏萃取	(39)
3.2 多级模拟试验及其理论级数的确定	(43)
3.2.1 图解法求理论级数	(44)
3.2.2 多级模拟试验	(53)
3.3 多级萃取工艺参数确定举例	(51)
3.3.1 多级逆流萃取	(61)
3.3.2 分馏萃取	(64)
4. 工业萃取剂、稀释剂、添加剂的性能及选择	(71)
4.1 萃取剂的分类及一般性质	(71)
4.1.1 中性萃取剂	(71)
4.1.2 碱性萃取剂	(73)
4.1.3 酸性萃取剂	(78)
4.1.4 螯合萃取剂	(85)
4.2 湿法冶金中常用的萃取剂	(97)
4.2.1 酸性萃取剂	(97)
4.2.2 碱性萃取剂	(117)
4.2.3 中性萃取剂	(118)
4.2.4 螯合萃取剂	(122)
4.3 选择萃取剂应考虑的问题	(127)
4.4 稀释剂	(129)
4.4.1 对稀释剂的一般要求	(129)
4.4.2 稀释剂对萃取剂萃取性能的影响	(129)
4.4.3 稀释剂对铜、镍、钴萃取的影响	(137)
4.5 添加剂的影响和选择考虑	(140)
4.5.1 添加剂的影响	(140)
4.5.2 添加剂选择的考虑	(141)

5. 金属萃取工艺过程	(143)
5.1 铜	(143)
5.1.1 概况	(143)
5.1.2 不同介质浸出液的典型萃取工艺	(148)
5.2 镍、钴	(173)
5.2.1 硫酸盐介质	(173)
✓ 5.2.2 氯化物介质	(193)
5.2.3 硫铵或碳铵介质	(204)
5.3 贵金属	(213)
5.3.1 贵金属的萃取体系	(214)
5.3.2 贵金属的萃取分离流程	(226)
5.4 钨和钼	(234)
5.4.1 钨、钼的基本性质	(234)
5.4.2 钨的溶剂萃取	(235)
5.4.3 钼的溶剂萃取	(238)
5.4.4 钨钼的萃取分离	(240)
5.4.5 钼铜的萃取分离	(242)
5.5 锌和镉	(244)
5.5.1 从黄铁矿烧渣回收锌	(244)
5.5.2 从酸性废电解液回收锌	(245)
5.5.3 湿法炼锌中萃取除铁	(246)
5.5.4 从湿法炼锌的铜、镉渣中萃取分离金属	(248)
5.6 钒和铬	(250)
5.6.1 钒和铬的萃取性能	(250)
5.6.2 钒和铬的萃取工艺	(255)
6. 萃取设备分类及其基本特性	(260)
6.1 萃取设备分类	(260)
6.2 萃取设备的基本原理	(260)
6.2.1 质量迁移速率	(262)
6.2.2 影响传质速率的因素	(265)
6.2.3 搅拌或其它机械能的输入	(265)

6.2.4	轴向混合对萃取效率的影响	(266)
6.2.5	聚结与相分离	(267)
6.2.6	影响分散带厚度的因素	(269)
6.2.7	提高澄清速率的途径	(270)
6.3	萃取塔	(272)
6.3.1	无搅拌塔	(272)
6.3.2	机械搅拌塔	(275)
6.3.3	脉冲塔	(301)
6.3.4	RTL萃取塔	(312)
6.4	离心萃取器	(314)
6.4.1	微分离心萃取器	(315)
6.4.2	级式离心萃取器	(319)
6.4.3	各种离心萃取器的比较	(325)
6.4.4	有关离心萃取器几个参数的考虑	(325)
6.4.5	离心萃取器的操作性能	(330)
6.4.6	离心萃取器的压力和控制公式	(330)
6.5	混合澄清萃取箱	(332)
6.5.1	工业混合澄清器的发展	(332)
6.5.2	通用选矿公司 (General Mills) 混合澄清器	(334)
6.5.3	戴维·麦基 (Davy McKee) 混合澄清器	(335)
6.5.4	恩昌加联合铜业公司 (NCCM) 混合器	(339)
6.5.5	霍姆斯-纳维尔 (Holmes-Narver) 低形混合装置	(340)
6.5.6	以色列矿业学院 (IMI) 混合澄清器	(342)
6.5.7	凯米里 (Kemire) 混合澄清器	(346)
6.5.8	鲁奇 (Lurgi) 混合澄清器	(346)
6.5.9	戴维·麦基 (Davy McKee) 联合混合 澄清器 (CMS)	(349)
6.5.10	克莱布斯 (Krebs) 混合澄清萃取器	(353)
7.	工业萃取器的放大与设计	(359)

7.1	工业萃取器的选择	(359)
7.1.1	设备性能考虑	(359)
7.1.2	萃取体系物理性质的考虑	(361)
7.1.3	投资与环境因素考虑	(362)
7.2	萃取器的放大	(362)
7.2.1	放大的基本方法	(363)
7.2.2	放大应取得的参数	(364)
7.2.3	影响萃取器放大的因素	(365)
7.2.4	工业萃取器放大设计面临的困难	(365)
7.3	萃取器的设计	(366)
7.3.1	设计程序	(366)
7.3.2	萃取塔的设计	(368)
7.3.3	混合澄清萃取箱的设计	(379)
8.	溶剂萃取工艺过程的设计	(390)
8.1	设计的基本原则	(390)
8.2	设计的考虑	(390)
8.2.1	产品方案考虑	(391)
8.2.2	流程选择考虑	(391)
8.2.3	工艺参数的可靠性	(391)
8.3	设计程序	(393)
8.3.1	萃取工艺的选择	(393)
8.3.2	基本条件的确定	(393)
8.3.3	结构流程图	(394)
8.3.4	萃取过程的物料及溶液平衡计算	(394)
8.3.5	萃取设备容积及一次溶剂投入量的计算	(394)
8.3.6	辅助设备及管道	(394)
8.3.7	材质的选择	(395)
8.3.8	生产过程的控制	(398)
8.4	萃取工艺设计举例	(399)
8.4.1	从低品位矿石浸出液中萃取回收铜	(399)
8.4.2	用P507萃取剂从硫酸盐溶液中分离镍、钴	(405)

8.4.3 萃取工厂的初步可行性研究举例	(413)
9. 投资、生产费用及经济效益的估算	(417)
9.1 工厂投资的估算	(417)
9.1.1 投资估算的项目	(417)
9.1.2 投资估算的方法	(419)
9.1.3 投资估算的步骤	(423)
9.1.4 工厂投资估算实例	(423)
9.2 生产费用的估算	(428)
9.2.1 生产费用包括的内容	(428)
9.2.2 溶剂萃取过程生产费估算的考虑	(428)
9.2.3 溶剂萃取费用估算实例	(431)
9.3 投资效益与萃取工厂的最优化	(437)
9.3.1 投资效益	(437)
9.3.2 萃取工厂的最优化	(442)
10. 生产准备、过程控制及有机溶剂回收	(446)
10.1 生产准备	(446)
10.1.1 设备调试	(446)
10.1.2 充槽	(447)
10.1.3 试车	(447)
10.2 生产过程控制及操作	(449)
10.2.1 生产过程的控制参数	(449)
10.2.2 生产过程的实际操作	(453)
10.3 萃取过程常见故障及其处理	(456)
10.3.1 液泛	(456)
10.3.2 相界面波动太大	(457)
10.3.3 冒槽	(457)
10.3.4 非正常乳化层的增厚	(459)
10.4 有机溶剂回收的措施	(460)
10.4.1 有机溶剂损失的形式	(460)
10.4.2 回收萃余液中的有机溶剂	(464)
10.4.3 回收界面絮凝物的有机溶剂	(465)

11. 液膜萃取	(469)
11.1 液膜的基本原理	(470)
11.1.1 液膜结构	(470)
11.1.2 液膜萃取的传质	(471)
11.1.3 液膜的传质速率方程	(474)
11.2 液膜萃取的主要工序及乳状液的基本性能	(476)
11.2.1 液膜萃取的主要工序	(476)
11.2.2 乳状液的基本性能	(479)
11.3 液膜萃取分离和提取金属	(486)
11.3.1 液膜萃取提取铜	(486)
11.3.2 液膜法从混合溶液中分离铜、钴、镍	(487)
11.3.3 锌的液膜萃取	(489)
11.3.4 液膜萃取在处理含金属离子废水中的应用	(490)
参考文献	(495)

1. 绪 论

1.1 溶剂萃取在金属提取中的地位

溶剂萃取通常又叫液-液萃取,是一种从溶液中分离、富集、提取有用物质的有效方法,它利用溶质在两种不相溶混的液相之间的不同分配来达到分离和富集的目的。当然,萃取也可以在固-液-液三相之间进行,矿浆萃取就属这种情况。

溶剂萃取最初只用在分析化学上,它对痕量物质的分析特别有效,可以简化一些冗长的化学处理过程,大大提高分析方法的灵敏度和选择性。

金属溶剂萃取始于十九世纪,1842年佩利戈特(Peligot)发现用乙醚可以从硝酸溶液中萃取硝酸氧铀 $[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2]$ ⁽¹⁾,但在以后近百年的试验研究中溶剂萃取只在分析化学领域中得到应用。到了二十世纪四十年代,出于战争的需要,核燃料工业迅速发展起来,若继续采用传统的分级结晶、分级沉淀法,不仅需要消耗大量的化学试剂,而且还会产生大量的放射性废水,得到产品的纯度也不能满足要求,这时人们才又对乙醚萃取硝酸氧铀的方法感兴趣起来。按照这种方法1942年建成并投产了世界上第一座具有商业性质的溶剂萃取精制铀的工厂。1945年又发展了磷酸三丁酯(TBP)萃取铀,这种萃取剂闪点高,毒性低,化学稳定性也很好,它可以从铀矿的硫酸浸出液中提取铀。第一座从铀矿浸出液中萃取提铀的工厂于1956年投产,由于这种方法效能高,所以至1960年短短几年时间里,全世界就建起了二十多座相类似的工厂⁽²⁾。从此,溶剂萃取在核燃料工业中得到了广泛的应用,后来在稀土元素的分离,锆与铪、铌与钽的分离等方面也取得了很好的工业成效。

自六十年代中期以来,特别到了七十年代,出现了下列一些新的情况,进一步促进了溶剂萃取技术的发展:

(1) 金属消费量增长, 矿石品位下降。比如美国铜矿石的平均品位1965年为0.7%, 1967年降到0.6%, 到八十年代后期进一步下降到0.5%以下⁽⁵⁾。

(2) 由于资源开采的需要, 一些低品位矿、尾矿、表外矿, 甚至一些废矿坑、难以开采的矿脉都需要处理, 用火法冶炼处理这些物料显然是不合算的, 而堆浸、就地浸出⁽⁴⁾等方法越来越受到重视。

(3) 环境保护的要求日益严格。比如美国规定厂区内二氧化硫的平均浓度要小于0.02ppm, 为此而增添的设备使每公斤铜的熔炼费增加0.15~0.37美元⁽⁶⁾, 因此美国一些铜冶炼厂家试图扩大他们湿法炼铜厂的生产能力(特别是氧化矿的湿法炼铜), 以此降低铜的生产成本。

(4) 必须回收复杂矿石的有用组分, 丰富的海洋资源尚待开发⁽⁸⁾, 而这些物料常常是单纯火法冶炼所不能奏效的。

以上种种原因促进了湿法冶金技术的发展, 而溶剂萃取作为湿法冶金中的一种重要手段也就相应迅速发展起来。

六十年代以前, 金属溶剂萃取法主要还限于价格较高的金属生产部门, 那时认为象铜、锌这样的“贱”金属采用萃取技术, 在经济上不合算。自六十年代末, 世界第一座铜萃取工厂投产⁽⁷⁾, 才开始动摇这种观念。在以后的短短十多年间, 世界上许多大型铜萃取工厂相继建成, 确立了金属溶剂萃取在湿法冶金中的地位。这一突出成就的取得, 正是萃取工程的多学科综合发展的结果, 当然首先要归功于有机化学家合成的羟肟类萃取剂。

由于溶剂萃取具有平衡速度快, 分离效果好, 处理能力大, 金属回收率高以及操作容易实现自动控制等特点, 金属溶剂萃取的应用领域越来越广泛, 它不仅成为分离、纯化金属的一种手段, 而且逐步深入到废杂金属回收和含金属废水处理等领域。如今, 元素周期表中几乎所有的元素都可以采用溶剂萃取技术分离和纯化。

1.2 金属溶剂萃取的发展

金属溶剂萃取技术对现代工业的发展正起着越来越大的作用，人们对它的认识也正在不断地深化，学术讨论和交流十分活跃，从1971年开始，每隔三年便召开一次国际萃取会议，新的萃取剂、萃取方法、萃取设备不断出现。总的说来，金属溶剂萃取法正向着高效率、大型化、自动化的方向发展。

1.2.1 新萃取剂的研制

萃取剂是开发新萃取过程的关键，一种理想的工业萃取剂应是萃取容量大、萃取选择性好、萃取平衡速度快、化学性质稳定、溶解损失小、价格便宜。事实上，要生产一种完全理想的萃取剂是很困难的，只能通过不断改性使其逐步完善。

以铜萃取剂为例，它的研究和应用十分活跃，目前已有商业生产的品种不下三十多种（包括各种衍生物）。但真正具有工业使用价值的不外两大类，即酮肟类（如Lix64N、SME529等）和水杨醛肟类（如P-5100、Lix622等）。前者是最先用于工业生产的铜萃取剂，虽然它只能从低浓度的铜溶液中萃取铜，但由于它有良好的化学性质和物理性质，一直为多数铜萃取工厂所使用。这类萃取剂的缺点是平衡速度慢，萃取容量较低。水杨醛肟类萃取剂则是为了克服前者的缺点而发展起来的第二代萃取剂，这类萃取剂对于pH的敏感性、萃取容量、平衡速度显然都已达到预期效果。在实际使用中暴露的问题是负荷有机相反萃不完全，实际净交换容量受到一定影响。适用于低浓度铜溶液的萃取剂的改性研究仍在继续，而适合于高铜浓度、高酸度溶液的萃取剂至今仍无实用的产品，原因是萃铜能力越强，其反萃越困难，所以适用于处理铜电解废液的萃取剂还有待开发。

英国帝国化学公司阿科加（Acorga）子公司最近研制了一种新的铜萃取剂，商品名为CLX-20，它可以从氯化物介质中直接萃取 CuCl_2 分子，而且不受溶液酸度的限制。这个萃取剂具有效率高、负荷容量大、选择性好和平衡速度快的优点，已经完成了半

工业试验

其它金属萃取剂的研究开发工作也很活跃,特别是镍、钴特效萃取剂的研究很有进展。在硫酸盐溶液中使用二乙基己基膦酸(D2-EHPA)之后,七十年代后期2-乙基己基膦酸单酯(PC-88A或M2EHPA)又成功地用在工业生产中。八十年代初期合成的乙-(2,4,4-三甲基戊基)亚磷酸(Cyanex)试剂更优于PC-88A,只是反萃取还存在一些问题。用于镍的特效萃取剂也在研制中。

贵金属萃取逐渐受到重视,有些萃取剂如二丁基卡必醇萃取金,二烷基硫醚萃取钯等已用在工业生产中。

开拓现有工业萃取剂的新用途具有事半功倍的效果。事实上任何特效的萃取剂都不可能是专一的,只要条件改变,它的萃取性能就可能改变。如Lix64N是铜的萃取剂,但在氨性介质中可以萃取镍;D2EHPA和M2EHPA是稀土萃取剂,也可以用于镍、钴分离;TBP是铀的萃取剂,也可以用于萃取铂族金属,等等

对稀释剂和改质剂的研究同样重要,因为萃合物的溶解度与稀释剂种类的关系甚大,而改质剂有时甚至会对投资产生直接影响,如往P-5000系列试剂中添加的壬基酚实际上是一种动力学加速剂,它可以减少设备容积,从而节省投资。

1.2.2 萃取设备的开发

高效率的萃取器对实现良好的萃取工艺具有重要意义,它不仅关系到萃取过程能否实现,而且还极大地影响着萃取工厂的经济效益。理想的萃取设备应当是结构紧凑,使用可靠,操作灵活,容易放大,效率高,经济和安全。目前,主要的萃取器有三种:混合-澄清器、萃取塔和离心萃取器。

萃取设备的研究方向主要是:

1. 研制高效率的萃取器 三种类型的萃取器都得到不同程度的发展,研究的目的在于增加级效率,降低单位传质高度,提高澄清速率(即单位流通能力)。混合-澄清萃取器的发展较快,近期的研究工作有三个目标:一是减少混合-澄清器的体积;二是增

加澄清速率,减少萃取剂的夹带损失;三是更好地控制相连续性。如英国戴维公司研制的联合式混合-澄清器(CMS),大大减少了箱体体积,节省了有机溶剂的贮存量。法国的克雷伯斯(Krebs)混合-澄清器在两个方面得到突破:采用锥型双桨叶泵混叶轮使级效率提高到90%以上;巧妙地在澄清室顶部增设混合相溜槽,使澄清速率提高到 $14\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 以上。有人设想利用两相流速实现混合的静态混合室,用于腐蚀性强或需要严格密封的萃取体系,但还未发展到工业规模。此外,多间隔混合室也引起人们很大的注意,因为这种混合室可以缩短混合的停留时间。澄清室的研究工作主要放在如何提高聚结速度上,如采用由亲水、疏水材料交替编织的丝网,或采用静电聚结。总之,应设法尽量减少溶剂的贮存量,而又尽可能提高设备的单位处理能力。

萃取塔占地面积小,处理能力大,现已从简单的喷淋塔、填料塔、转盘塔发展到脉冲筛板塔、各种搅拌塔等。研究工作的重点放在强化混合及减少轴向混合方面。

离心萃取器处理能力大,相分离效率高,已用于铀的提纯,也逐渐用来提取有色金属,如日立公司的乌尔特雷克斯(Ultrex)离心萃取器已在镍钴分离中使用。由于离心萃取器对设备制作和维修有较高要求,故把研究工作的重点放在简化结构,提高设备的可靠性上。

2. 研究大型萃取器的放大规律 随着金属萃取工厂规模的不断扩大,萃取设备也向着大型化的方向发展。萃取器的放大目前主要靠逐级试验和经验规律实现,因此多年来许多科学家和工程师都希望从基本理论研究出发,找出萃取器的放大规律,从而能够达到放大设计所需任何规模尺寸的萃取设备。为此开展了传质和液滴分散与聚结的研究,并取得了一些基本数据,但目前还不能满足工业设计的要求。如输入功率是设备放大的一个重要参数,输入功率过大则分散相不容易澄清,输入功率过低则又会混合不好,出现分层。目前大都采用通过单位容积输入的功率数值,再考虑设备容积因素的方法加以放大,或采用保持混合搅拌器叶轮端

边速度衡定的方法放大。这两种方法都有可能得到工业设备混合器输入功率过大或过小的结果，投产后出现萃取剂的夹带损失过多或设备级效率小等问题。目前虽然也有一些经验公式，但还没有确立能普遍应用的方程。

1.2.3 萃取工艺的开拓

萃取工艺开拓包括两方面的内容，一方面是新的萃取方法，另一方面是新的萃取流程。前者可以简化工艺流程，如矿浆萃取⁽⁸⁾很早就受到重视，它可以省去液-固分离过程，但如何减少溶剂损失却是需要研究解决的问题。液膜萃取⁽⁹⁾是近年来发展起来的一种有发展前途的新方法，目前有两种类型的液膜，第一类有液态支承膜，第二类称为液态表面活性剂膜，这种方法由于将萃取和反萃合为一道作业，而大大缩短了工艺流程。

人们正在致力开拓改变传统金属提取方法的新的萃取流程⁽¹⁰⁾。如采用焙烧-浸出-萃取-电积工艺处理硫化铜矿，采用浸出-萃取-电积流程处理硫化镍矿等，都是一些带根本性改革的新的生产方法，它们特别适用于综合回收复杂矿、低品位矿中的有用组分，从而显示出萃取工艺的优越性。

综上所述，虽然溶剂萃取在湿法冶金中还是一项年轻的技术，但它发展非常迅速，现在已不限于用来提取核燃料和稀有金属，同时也成为一种有效分离、净化、富集有色金属的重要方法。可以预料，随着有机化学、石油化学的飞速发展，必将出现更多廉价而特效的萃取剂。溶剂萃取在处理低品位矿、难选氧化矿、多金属共生矿和废杂金属回收方面，以及在防止污染、保护环境方面将发挥愈来愈大的作用。