

离子交换树脂的应用

何炳林 錢庭宝

(南开大学化学系)

离子交换树脂是具有广泛应用的工业用品,由于它的应用范围很广,近几年来发展得很快,特别经过 1955 年日内瓦原子能会议揭发它在原子能工业的使用后,更受到了人们的注意。1956 年文献内曾发表约 1200 多篇有关离子交换树脂的文章,有些高等学校开始设立离子交换树脂课程,化学工程也把它列入单元操作流程内,这些事实说明它在工业上的地位日益重要。

离子交换树脂是怎么样的物质呢?它是一种带有能离解的功能团的高分子化合物,不溶解于任何溶剂,例如硫酸、稀硝酸、盐酸、苛性碱、石灰水、酒精、丙酮、乙醚等。由于它具有不溶解性能和带有酸基或盐基,溶液与它接触后,溶液里的离子便同树脂上的离子起交换作用。所谓交换作用,与无机化学中的双分解作用意义相似。例如硝酸银与氯化钠加在一起,经过双分解作用后,产生氯化银沉淀与硝酸钠。

含有酸基的离子交换剂,我们称它做阳离子交换剂,这类物质只能与阳离子起交换作用,含有盐基的称阴离子交换剂,这类物质只能与阴离子起交换作用。因此我们要淡化海水,必须同时应用阳离子和阴离子交换剂。只用阳离子交换剂,就不能除掉水里的阴离子,因而处理过的水,味是涩的。

离子交换现象在自然界里是很普遍存在的,过去有过不少关于它的神话。例如 Moses 曾率领一队犹太人通过一大荒野,在旅途中抵达了 Marah, 那地方只有“苦水”(因含碱量过高的缘故),后来他便把一株树投入水内,使水变为清甜可口,为什么会有这现象呢?有人认为主要原因系树上一部分纤维质被氧化,使产生酸基,与“苦水”内的离子起交换作用去除之。后来, Bacon, Hales 等人发现咸水通过某种泥土二十多次,能使水变淡,同时使淡水通过某种泥土以后,也能使水变咸,其实这都是一种离子交换作用,只由于过去科学尚未发展到能认识这是离子交换现象。从 1850 年起,英国两位农业化学家首先留意到泥土内的离子交换现象,经过他们的耐心研究后,便发现了离子交换的最基本理论。可惜当时尚未发现合乎理想的离子交换剂能广泛的应用在工业上。

1935 年 Adams 及 Holmes 首先合成苯酚甲醛阳离子交换剂。这树脂的性能尚不太好,在工业上未能得到很满意地广泛应用。到了 1944 年 D'Alelio 首先合成交换量与稳定性均合乎理想的阳离子交换树脂。1949 年又合成强碱性树脂。从此,树脂的应用领域便一天一天的扩大了。

我国解放后,工业发展速度,比任何资本主义国家都快,因此对离子交换树脂的需要当然也就越来越多,总之,树脂的需要量是与工业的发展程度有密切关系。举例来说,我国电力工业部计划将来大力提高发电量,就必须使用大量树脂。至于生产塑料、合成纤维、及橡胶等也要依赖大量离子交换树脂制造无离子水。

现代化军队也需要配备离子交换树脂。如果帝国主义疯狂地发动原子武器战争的话,空间免不了散布放射性物质,以至影响附近水源,因存在这种物质不能饮用。但是将水加入少许

离子交换树脂后,放射性物质便被除掉^[1],因此在战争期间,离子交换树脂便成为陆军需要物品之一。又如空军战士与敌作战,不幸被迫降落海面,若没有离子交换树脂装备,想喝淡水是很困难的。若有离子交换剂装备,只要将海水通过这些树脂,便可把海水变成可口的淡水了。海军远航海洋,原来贮备的淡水用完后,虽可用蒸馏法制备淡水,但速度太慢而且不方便。用离子交换膜使海水淡化,在军舰上是比較合适的办法。

离子交换树脂在国外已大规模生产,广泛应用于水的软化,铀的提取,貴重金属和废弃物(如苯酚、胺基酸等)的回收,鏈霉素、新霉素的提取与提纯,天然产物及稀土之分离等。此外尚可应用它作医药,催化剂及简化分析化学等。

水里若含有钙盐、镁盐及铁盐等,称为硬水。这种水若应用于洗涤工业,会耗费大量肥皂。若应用于高温高压的锅炉内,日子渐久,可使锅内产生锅巴,不但浪费燃料,而且有爆炸危险。用离子交换剂处理后,可将上述的物质除掉,这种操作过程,称为水之软化。

去除水里的离子虽可采用蒸馏方法,但不经济,而且要得到超纯水很困难。用石英设备经过一次蒸馏的水,电阻最高达到每厘米十五万欧姆,自来水经过廿八次蒸馏,也只得到每厘米二千三百万欧姆,而且这些数据是不能重复的。而通过一次离子交换剂混合床后,水纯度便达到每厘米二千万欧姆电阻。从这些数据看,可见得用离子交换剂净化水比蒸馏法效率大得多。半导体工业和原子反应堆所需的水纯度很高,用蒸馏法不易达到要求,只有用离子交换法最简便。下列工业必须使用软水:纸浆及纸、纺织、饮料、电解氢、高分子化合物合成,蒸气发生锅、棉花漂白与染色、冷凝用水、电池制造及药物合成等。

普通矿物内含铀量较低,天然资源有限,而它为发展原子能工业所必需的原料,因此对它的提取非常重要。目下已知提取铀有下列数法:用磷酸三丁酯、三辛胺及离子交换剂等。这些方法中,被用得最多的为离子交换法,而且规模很大。因此用离子交换剂最多的工业,除作软化水外,就是用于铀之提取及提纯。目下世界上最低限度有 20 个大的离子交换剂装备,制造大量铀,这种装置在不断的增加中,规模之大,远非处理水装置所能比的。

提取铀之操作过程,为先使矿内的铀溶于硫酸内,同时加入氧化剂如二氧化锰,及氯酸钾等,使低价的铀氧化为六价,然后过滤,通过强碱性离子交换树脂。由于铀与硫酸作用,成阴离子络合物,故能与阴离子交换树脂起交换作用,再用硝酸盐或氯化物淋洗树脂,将铀洗出。若矿内含石灰量太高,就不能用上法,必须改用碳酸钠及碳酸氢钠溶液代替硫酸,进行提取。

离子交换树脂不但能提取与分离贫铀矿内的铀,而且能提取金矿内的少量金。这方法虽还在研究中,没有发展到工业上去,但看来很有希望。当矿内含有大量的铜、铁、镍及其他杂质时,不能用普通方法提取纯金(用氯化钙将矿内的金溶解,使成络合物,然后以金属锌还原。)但可用阴离子交换剂提取之。提取方法为将含大量杂质的金矿溶于氯化钙溶液内,以离子交换剂进行吸附,然后用氯化钠溶液淋洗,将大量的铜、铁及锌洗去,最后用盐酸洗涤,将金及银洗出。

铜、锌、镍、钴及铬等虽不如铀与金贵重,但在国防上为必需的物资,同时这些金属的资源,在我国不算很丰富,因此有必要从工业废弃物内回收,而应用离子交换剂是很有效的方法。

自从发现原子能与火箭后,稀有金属的重要性便一天一天的增加,主要原因是由于它们能耐高温,易与其他金属生成合金,同时它们的原子核不是比较小,就是比较大,因而在原子能及反应堆上很有用。但这些元素存在自然界中为量极微,且分散面积较广,化学性能极相似,分离不易,例如铈-镨,铈-钆,钆-镨,钆-镱等,只能用分离能力很强的树脂才能把它们分离。过去未发现应用离子交换树脂分离稀土前,分离与提纯稀土往往需要重结晶几百次到几千次,为时多至数年。自发现应用离子交换色层分析后,可将周期表内的邻近稀土元素一一分离出,达到光谱

純。目前国外已应用离子交换树脂大规模生产光谱純稀土。

最近几年来离子交换剂应用在金属处理工业 (metal finishing industry) 上,如电镀,浸漬 (pickling) 和阳极氧化等,受到很大注意;它解决了废液的排弃問題,降低产品成本,改进产品质量等。离子交换树脂的作用可分下面两点: 1. 回收已丧失效力或被沾污的溶液; 2. 从稀液回收有价值的金属。

用酸处理金属时,金属被溶解,酸逐渐被中和,至一定程度时,酸的功能渐消失,产品质量也逐渐降低,此时即使容器中仍含多量游离酸,也必须加入較高浓度的酸,使作用能維持下去。如使用离子交换法,将效用消失的酸通过氫式阳离子交换柱,金属离子就被交换下来,保留在树脂床内,酸可以回收使用,上述方法已大规模应用在以鉻酸和鉻酸盐处理金属的車間中。在用磷酸浸漬鋼鉄及醋酸浸漬鎂时,同样可用树脂回收上述两种酸。

应用离子交换剂由稀溶液里回收及濃縮有用的金属离子,已广泛的应用到鉻的处理工业上。此法系将溶液通过双床系統的交换柱,于是金属离子在阳离子交换柱内被交换下来,阴离子如鉻酸在阴离子交换柱内被交换,結果得到质量良好可以重复使用的去离子水。失效的阳离子交换树脂可以用无机酸再生,阴离子交换树脂用氢氧化鈉再生,流出的液体可使通过氫式阳离子交换柱回收鉻酸。这些操作解决了下面四个問題: (1) 鉻酸盐的排弃問題; (2) 水可循环再用; (3) 所产生的去离子水质量提高; (4) 节省工程費用。

黃銅工厂废水中含有銅、鋅及鉻盐,鍍錫工厂废水中含有丹宁盐,电镀工厂的氯化物废水可能含有銅、鎳和鎘。以上所有貴重金属都可以很容易地用离子交换剂回收。在人造絲工厂中,銅的回收現在已經成为正規的方法。

抗生素在医药上占有很重要的位置,能医治过去所不能治疗的疾病,但这种物质存在发酵液内,为量极少,不易提純,可用树脂使之分离,可大大減少繁冗的操作。目下应用弱酸型阳离子交换剂分离与提純鏈霉素,可以說是很成功的,而且已經大规模工业化。鏈霉素刚投入生产时主要是靠活性炭从发酵液内提取,然后以过量的酸及溶剂将鏈霉素洗出。这方法虽可采用,但缺点很多,例如吸附剂的吸附量太低,产品杂质多,回收率低等,因此所生产的鏈霉素成本很高。不过应用离子交换剂生产鏈霉素,刚开始时不是一帆風順的,經過相当的时间才找到合适的树脂。

用羧基型阳离子交换树脂提純鏈霉素有下列优点: (1) 树脂能經久耐用,效力丧失后,可再生回收; (2) 树脂对鏈霉素吸附作用迅速,比活性炭快数倍; (3) 解附时所需酸量差不多是計算量,所得到的鏈霉素純度很好; (4) 树脂对鏈霉素的吸附能力很好,每克干树脂可吸附約一克鏈霉素。經濟价值,有很大的意义。

离子交换树脂用于医学上虽历史不久,但可以肯定的說,它对某些疾病的治疗,效果是十分可靠的,特别是治疗胃潰瘍和十二指腸潰瘍。

胃潰瘍病常有胃酸过多的現象,妨害潰瘍痊癒,同时在大多数的情况下常常会发生胃絞痛現象。用苏打虽能中和过量酸,但因能生成多量的盐,有刺激潰瘍表面的缺点,結果引起病人痛苦。同时由于腸中能吸收大量盐类,对人体健康会有不利影响。

由于某些离子交换树脂具有从溶液中提出酸的特性,因此使用它治疗潰瘍病患,除掉过量酸度,本来是很合理的方法,但还需要做許多細致工作,找到合适的具体条件始可。初步經過化学家和医生的共同努力結果,目前已制成每天只需服用 6—10 克的树脂,便可去掉人体里的过量酸,而且不致引起病人的不良感觉。

根据初步的临床实验数据,认为用离子交换剂治疗胃潰瘍,的确可減少病人的痛苦。有些病人服食树脂后,痛感即時消失,也有服食 1—2 星期后始消失。总之,病人服用树脂后很少有

再发痛現象,大多数情况可使潰瘍病痊癒,患者能恢复健康。

利用离子交換树脂大多数能治癒胃潰瘍或十二指腸潰瘍病,也有个别患者服树脂后虽能大大減低胃酸,但尚沒有获得令人满意的效果。很明显,这与各种不同原因所引起的潰瘍有着密切的关系。对各种病因所引起之胃活动失調的患者,一般多采用胃探条抽取胃液进行研究,很多病人都害怕这种取液法,同时不易吞入探条,用树脂則可免掉这些困难,我国已开始进行这方面的研究,初步得到良好結果^[2]。

某些类型的离子交換剂能与鈉产生較強的結合力,服用这种树脂后,便可将食料內的鈉离子除掉,不使之在腸中吸收,因而无須食无盐食物。現在已制成多种对鈉有強結合力的树脂;但尚須进行一系列的臨床試驗。这类型的树脂可以服用較长的時間,因此可以消除浮肿,降低血压,同时改善心肌活动。但必須指出,这种树脂除能吸附鈉离子外,还能从腸內食物吸出少量鉀,結果血液中鉀的含量可能发生变化。人体中減少鉀量会遭致不良的結果,特別对有心脏病的患者,这种缺点,作进一步的研究預料是可以克服的。

除上述外,树脂也成功地利用到氯化汞及重金属中毒以及消除因腸中腐烂食物所引起的一切中毒現象。肌系統的疾病能使肌收縮能力极端減弱,最后变成瘫痪,但用离子交換树脂治疗这种疾病,預料有美好的远景。肌系統疾病的主要根源是由于鉀在人体中的代謝失調,故可利用能結合鉀的树脂进行調节,使人体內的含鉀量合适。

过去认为人体内两个腎都有毛病时是无法治疗的,現在利用离子交換树脂做人工腎脏的試驗,这种資料在文献內已有記載。

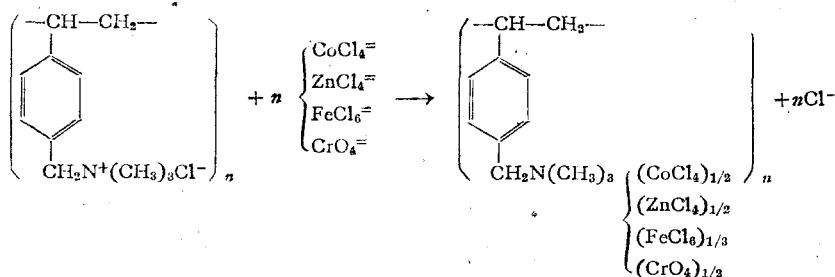
离子交換树脂尚可用作提純一些工业产品,例如甜菜糖、葡萄糖、蔗糖的淨化等。利用树脂精制白糖,可增加收率 4—11%,且可除去杂质。在葡萄糖和液体葡萄糖工业,应用离子交換法改进产品质量如減低灰分,改善色味等已得到良好的成績。又如粗制甘油先使通过磺酸型树脂、强碱型树脂和电子交換树脂,再通过阴阳离子混合床,最后經真空濃縮至 95%,得到的甘油灰分只有 0.004%,全部达到化学純規格。

在酿酒工业,也可应用到离子交換树脂。刚从酒厂制成的酒內含醛和酸,味不太好,經相当時間至醛全部或大部揮发后,味漸变甘美。但經過离子交換树脂处理过的酒,不但在很短時間內可将醛除去,且能使酒內的酸与醇变成酯,产生芳香气味。更值得注意的是酒內貴重物品很多,如胺基酸、酒石酸、檸檬酸、維生素丙等,这些物质均可用树脂回收。

在分析化学方面,利用离子交換树脂可以以簡便迅速的手續代替过去繁复費时的分离和濃縮。对于工业上的应用尤为适宜。例如要定溶液內硫酸鈉量,我們只要将溶液通过强碱性或强酸性树脂,則流出溶液为氢氧化鈉或硫酸溶液。經标准盐酸或苛性碱滴定后,即能計算出硫酸鈉量。又如应用阳离子交換树脂測定水里含阴离子量,此法系将水通过磺酸型树脂,則水里金属离子被置換,流出液体为酸,然后应用标准氢氧化鈉滴定之。此外溶液內往往因有干扰离子的存在,使分析发生困难,可用离子交換树脂去除之。应用离子交換方法可以解决物质分离上的許多困难。例如在超鈉元素的发现和分离上就起着很重要的作用。

离子交換树脂已被应用到定性分析化学上分离第三組阳离子,这虽是試驗性質,但初步已得到良好效果^[3]。分离原理为利用第三組一部分元素如 Zn^{++} , Co^{++} 及 Fe^{+++} 能与浓盐酸生成絡合物, $ZnCl_4^-$, $CoCl_4^-$ 及 $FeCl_4^-$, 而 Ni^{++} , Mn^{++} , Cr^{+++} 及 Al^{+++} 不受影响,因此将第三組元素与浓盐酸溶液通过强碱性阴离子交換树脂时, Zn^{++} , Co^{++} 及 Fe^{+++} 便留在树脂床內,而 Ni^{++} , Mn^{++} , Cr^{+++} 及 Al^{+++} 則在流出液体內。然后采用浓度不同盐酸淋洗树脂床,便将 Zn^{++} , Co^{++} 及 Fe^{+++} 分开。未与树脂起交換作用的元素,經与氢氧化鈉及过氧化鈉共煮后, Cr^{+++} 与 Al^{+++} 分別变为 CrO_4^- 及 AlO_2^- , 而 Ni^{++} 与 Mn^{++} 变为 $Ni(OH)_2$ 及 $MnO(OH)_2$ 沉淀,过滤后又

使滤液通过純淨的強碱性阴离子交换树脂, CrO_4^- 因起交换作用留于树脂床, 而 AlO_2^- 則流出液体內。交换反应可用下式表示:



最近数年有人根据 Donnan 原理, 利用离子交换树脂将低分子量非离子性溶质与高度离解物质分离。这种新技术就是离子排斥。它虽然使用离子交换树脂作为工具, 但与离子交换反应不同, 这是根据离子性和非离子性溶质在树脂内部及外部液相中的分配系数不同, 而进行分离的。离子排斥的特点是在于用极简单的操作手續和无离子水作再生剂以外, 不需要热能和化学药品。在分析和工业的应用上有很大的前途, 尤其对 pH 与热有敏感, 及有腐蚀性的物质的分离更为适用。

当含有离解性物质的溶液与树脂接触时, 若树脂上能起交换的离子与离解物质中的一种离子为相同物质, 則由于 Donnan 平衡效应, 离解物质在树脂内部的浓度与在溶液內的浓度是不相同的, 有时在溶液內的浓度比树脂內的浓度高約十倍。另一方面, 若非离子性低分子有机化合物与树脂相接触时, 这种化合物在树脂内部及溶液內的浓度相差不远, 甚至树脂内部浓度有时更大。这样, 当树脂与离解物质及非离解物质相接触时, 則离解物质大部分被排斥在顆粒外面, 非离解物质在树脂内部与溶液內的浓度却几乎相等。这种分布的差别就是离子排斥分离方法的基础。

当离解物质及非离解物质溶液通过树脂床时, 被树脂排斥的离解物质很快地就从树脂顆粒外部流出, 而非离解物质則扩散进入树脂顆粒内部。經用水淋洗則两种溶质在流出液中出現的时间就先后不同。經過分部收集, 重复循环, 两种溶质就可以获得良好的分离。許多种离解性物质都可以由低分子量的非离解性物质中分离出来。例如, 酸、碱、盐可以由許多弱鹼、胺、醇、氨基酸、酮、醛甚至无机物如氨和硼酸里分离出来。应用离子排斥分离的最普通的例子有醋酸、氯代醋酸和盐酸的分离, 二氯醋酸与三氯醋酸的分离等。根据文献报导, 工业上現在已有 1000 立方呎容积的单元设备进行这方面的分离工作。对于肥皂碱液中甘油的回收, 可以达到 99.4% 的理論值, 而盐分的分离可达到 90%, 此产品約有 95% 达到 C. P. 的規格, 每磅純化費用約为美金 1 分。应当指出含电解质較低的产品仍以离子交换法去离子較为經濟, 而对于含电解质比較高的則用离子排斥法較为經濟。

离子排斥法的缺点是在于产品分离后, 浓度被稀释, 故需要規模較大的設備, 同时由于篩孔較小的树脂在柱中会引起压力降落, 被分离化合物的分配系数及扩散速度的限制等, 这些都是不利的条件。但通过連續和自动化操作等的改进后, 大部都是可以克服的。

下面想再談談离子交换膜:

所謂离子交换膜就是由离子交换树脂与一种黏合剂混合后制成的。所用的黏合剂为一种天然的或人工制成的高分子化合物。利用离子交换膜可进行海水淡化, 回收一些工业上的废弃物质及电解芒硝制造酸与碱等。

不过到现在为止, 尚未得到很理想的离子交换膜, 因而在工业上大规模应用还有不少問題

要解决的。

制造离子交换膜不是困难的事,但要得到理想的却不容易。理想的膜須具备下列条件:

1. 导电率高;
2. 选择性好;
3. 能耐冲击;
4. 具有良好的柔韧性;
5. 有耐久性;
6. 不为浓酸和浓碱侵蚀,不怕氧化剂及其他溶剂。

离子交换膜刚开始被应用到工业上去,在某些地方尚不够经济;以海水淡化为例,暂时尚不能解决的有下面几个问题:有优良导电性的膜,柔韧性不够,不耐冲击;有强抵抗冲击性的膜,导电率不高。一般的膜,由于有此不相协调因素的存在,淡化海水时便有困难。

离子交换膜的应用和离子交换剂同样是很广的。它的特点是在于不需要化学原料,仅仅利用电能可以连续操作。通过膜的使用,在电场作用下,可以不需要加入酸、碱,也可以不引入其他能干扰进一步结晶和蒸馏的物质。另外在使用膜的过程中,所生成的碱、盐,甚至一些气体,如氢、氧及氯等也可以回收利用。膜的应用有时带有电解作用,有时不依靠于电解过程,不容易严格分类。现在按照应用目的约可分下列数种:

1. 电渗析

应用离子交换膜淡化海水原理不是很复杂的。操作时只需将阳离子膜与阴离子膜交替装于电解槽内,通电,于是水里的阳离子向阳膜移动透过,阴离子向阴膜移动透过。因之由阴阳膜构成的各电解槽内,电解质的浓度便渐渐改变,最后交替地得到浓缩与淡化两种的水溶液。

海水的杂质很多,除氯化钠外,还有钙、镁、硫酸等离子,因而在淡化时,上述离子会在膜上产生沉淀,故在淡化前,应先处理水,除掉上述离子。

膜的应用中除了海水电渗析、脱盐、淡化和浓缩外,尚可推广到咸水、矿山废水、工业废水、放射性沾染废水、核反应用水等处理。同理也可以推广到有机化合物如氨基酸、羧酸及其盐类的电渗脱盐纯化,糖类的除去离子性杂质及灰份。在癸二酸的制备中,以前是将硫酸加入癸二酸钠盐中沉淀癸二酸,产品中总是带有杂质。通过阳离子交换膜的电渗析,钠离子通过阳离子交换膜移向阴极,生成氢氧化钠,而阳极很容易沉淀出纯净的癸二酸白色结晶。不但节省了硫酸,而且氢氧化钠还可以回收再用。又如制备乙二胺中以前是用氢氧化钠中和乙二胺盐酸盐。这样生成的氯化钠常使产品的蒸馏发生困难。通过阴离子交换膜的电渗析,氯离子可以通过阴离子膜向阳极迁移,生成可以回收的氯气,阴极得到的是不含盐份的纯产品,此处注意的是不能应用阳离子交换膜,因为阳极生成的氯会与未迁到阴极的乙二胺生成会爆炸的化合物^[5]。

其他如工业上用过的废酸、废碱、废盐,及一般由离子交换剂操作所流出的液体都可用膜处理,净化及回收等。此外还可以由海水中沉淀氢氧化镁,生产硅胶(silicisol)。

2. 电解

(1) 酸、碱、盐等的制备 利用离子交换膜可以电解硫酸钠,制备不含硫酸钠的氢氧化钠和硫酸,电解硫酸铵,制备氨和硫酸,电解食盐,制备纯氢氧化钠和氯气,也可以在电解氯化钠中,通入二氧化碳,制备碳酸钠,或利用复分解由氯化钠和碳酸钾制备氯化钾及碳酸钠^[6]。也有可能利用两性膜装成多室生产酸碱(见图1,2),大量减少电能消耗及设备投资^[7]。

(2) 铁浸渍液中硫酸的回收 在钢铁工业中,钢铁最后是浸渍在15—25%硫酸中,以除去氧化铁等垢层。使用后的废液中含有14—22%硫酸亚铁及0.5—7%硫酸,构成了很难处理

的油腻污秽废液。最初是排弃在河湖里妨碍卫生,后来改用石灰中和挖沟貯放,因为数量甚大,处理排弃曾經是很严重的問題。使用离子交换膜如图3所示,用相同的投資,仅仅使用少数电能就可以連續地操作回收硫酸和鉄。既节省了化学药品,也解决了排弃的問題,在大搞鋼鉄和需要硫酸的时期,意义更为重大。其他如硫酸鋅等也可以用同法电解回收^[8]。

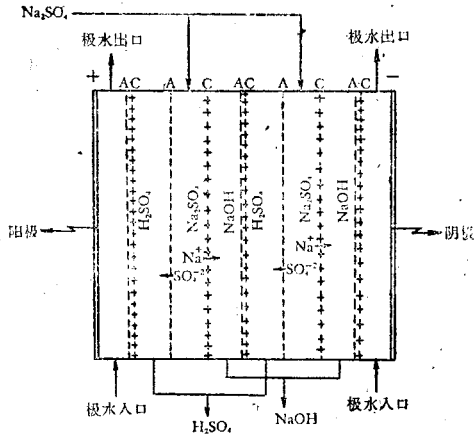


图1 多室电解 Na_2SO_4 制备 H_2SO_4 , NaOH 示意图

C 阳离子交换膜; A 阴离子交换膜;
AC 阴阳合体膜。

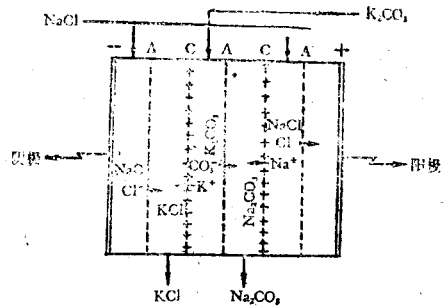
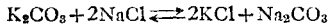


图2 利用复分解制备 KCl , Na_2CO_3 示意图

C 阳离子交换膜;
A 阴离子交换膜。



(3) 鈾的电解还原 在六价鈾的电解还原中也可以利用阳离子交换膜将腐蚀性很强的氟化物,氯化物溶液与阳极隔开并回收阳极的硫酸^[9]。

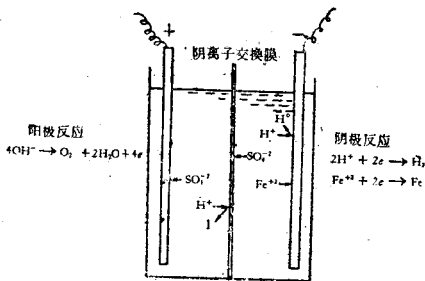


图3 鉄的硫酸浸渍废液回收示意图

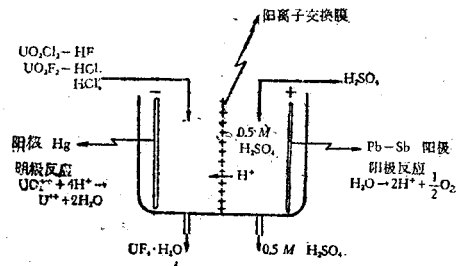
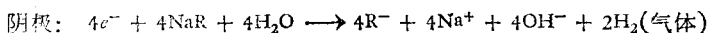
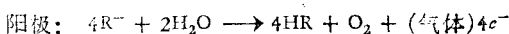


图4 电解还原鈾示意图

穿过阳离子交换膜: $2\text{H}^+(\text{阳极}) \rightarrow 2\text{H}^+(\text{阴极})$

(4) 离子交换树脂的电解再生 利用电流通过由离子交换膜隔开的离子交换树脂,可以使树脂上的离子发生迁移,将阳离子交换树脂轉化为璦式,将阴离子交换树脂轉化为羧基式,而不需要化学药品将树脂再生。这种再生法对化学药品有反应的生物物质的分离,特別有重要的意义。

用电再生离子交换树脂有多种不同方法。把阳离子交换树脂 Amberlite1R-100 放在两鉚(具孔)电极中間,通电,并将蒸餾水由阴极通至阳极,除掉因电解作用而产生的物质。如树脂原来为鈉型,则两电极的反应如下:



R 表示一克当量的树脂阴离子。

由上列反应,鈉型树脂可再生成H型,并得到氫氧化鈉溶液,被冲洗出管外。装置如图5

所示:

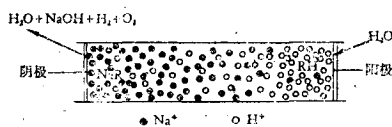
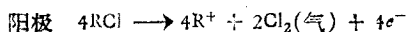
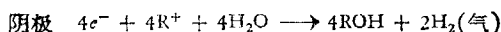


图 5 树脂电解再生示意图

对于氯型树脂反应如下:



3. 离子的电迁移分离

由于同电性离子在离子交换树脂上的迁移度有所差别,可以利用这种特性作为离子电迁移的分离法。因为同电性的各种离子,与树脂网络上的离子性基团(ionogenic group)的亲合力有所不同,于是在树脂上离子间的迁移度的差别有时就比在水溶液中更大。例如,碱和碱土金属离子在 Nepton CR-51* 膜上的纯迁移度比数就比在它们的氯化物水溶液中大得很多^[10]。这种差别就是电迁移分离的基础,可以利用它很好地将同电性的离子分开。

4. 电池隔膜

利用离子交换膜作为电池隔膜,例如,在银-锌电池中效果是很好的。

5. 电源

在同时具有浓缩海水和淡水的地区,尚可以用相反于电渗槽的操作产生直流电源。不过这种方法尚未大规模应用于工业上。

最后我们想提一提的,就是离子交换现象一百多年以前虽被发现,但是这门学科引起世界上科学家们的注意还不过是十多年的时间。在这十多年内,已发现它有广泛的用途。有些外国的专家告诉我们说:没有离子交换树脂的协助,进行金属的分离与提纯是很困难的。也有抗生素专家告诉我们说:目前我国要找新抗生素,最重要的就是离子交换树脂的获得。没有离子交换树脂的协助,研究与发现新抗生素都是很困难的。苏联科学院院长涅斯米扬诺夫院士说:离子交换树脂是没有机构的仪器。从这些话就可以知道离子交换树脂是多么重要的工具。

参 考 文 献

- [1] R. Kunin's "Ion Exchange Resins". 2nd edition, P. 305, 1958.
- [2] 段春和与陈湘:解放军301医院。
- [3] J. B. Berend, L. B. Westcott and E. O. Wiig, J. Chem. Edu. **35**, 2, 68—69, 1958.
- [4] F. C. Nachod and J. Schubert, "Ion Exchange Technology", p. 182—202, 1956.
R. Kunin's "Ion Exchange Resins", p. 299, 1958.
G. H. Osborn, "Synthetic Ion Exchangers", p. 53—64, (1955).
R. M. Wheaton and R. E. Anderson, J. Chem. Edu. **35**, 2, 59—60 (1958).
- [5] G. H. Osborn, "Synthetic Ion Exchangers", p. 79, (1955).
- [6] 日特公 31—2822
- [7] 小坂謙治,清水博,“化学工业” Vol. 9, 5, p. 51 (1958) (日)。
- [8] R. Kunin's "Ion Exchange Resins", p. 237—244 (1958).
- [9] Higgins, I. R., Roberts, J. T. and Hancher, C. W., Ind. Eng. Chem. **50**, 285 (1958).
- [10] Juda, W., Marinsky, J. A. and Roserberg, N. W., Ann. Rev. Phys. Chem. **4**, 373 (1953).

* Nepton CR-51 是美国 Ionics, Inc. 生产的一种均匀性阳离子交换膜。