

氯碱译文集

· 第一集 ·

化学工业部化学工业设计院一室 译

中国工业出版社

81.23083

152

1

氯碱译文集

第一集

化学工业部化学工业设计院一室译

中国工业出版社

氯碱译文集

第一集

化学工业部化学工业设计院一室 译

•

化学工业部图书编辑室编辑(北京安定门外和平北路四号楼)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

•

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $5 \frac{1}{2}$ · 字数 142,000

1964年9月北京第一版·1964年9月北京第一次印刷

印数0001—2000·定价(科七) 0.95元

•

统一书号: 15165·3140(化工-274)

前 言

为了配合我国氯碱工业的发展,不断提高技术水平,帮助氯碱工作者了解国外氯碱工业的发展情况、生产研究动态并吸取其他国家的先进技术经验,我们编译了“氯碱译文集”。

本书为第一集,由我室编译,本集综合地介绍了近年来国外氯碱工业各工序的部分文献资料。

由于编译水平有限,译文内容可能有错误,选题方面可能也有值得商榷之处,均请读者指正,以便今后改进。

目 录

前 言

1. 氯气生产中强化工艺过程的方法	1
2. 氯碱电解槽在欧洲和美国的发展	25
3. 虎克电解槽最适宜的操作电流	51
4. 电解槽的电压和热平衡	66
5. 立式隔膜电解槽中阳极电流密度的纵向分布及电 压降	82
6. 电解槽中电流密度的纵向分配	94
7. 选择电解槽尺寸时电解液充气度的作用	103
8. 立式隔膜氯电解槽中溶液的充气度	108
9. 水银法电解氯化钠中的汞损失	118
10. 氯碱厂的新型盐仓	122
11. 用烟道气碳酸化电解碱液蒸发车间的回收盐水	128
12. 浓碱液蒸发器	135
13. 耐碱熔融锅的铸铁	140
14. 含氧氯酸盐的生产	152

01250

1. 氯气生产中强化工艺过程的方法

A.Γ.西蒙, П.Γ.哈英,

技术科学博士 Л.М.雅基敏柯

近20年来, 氯气在世界工业中的地位有显著的提高。在此期间, 氯气产量几乎增加近十倍, 已达 690 万吨¹ (苏联除外)。全部氯气厂的生产能力约为 1 千万吨³¹, 其中美国占了一半左右 (450 万吨)^{32, 39}。电解法制造氯气和烧碱的生产一直在不断地扩大着, 目前几已遍及世界各国^①。

苏联现行发展国民经济七年计划中规定, 要大力地发展化学工业, 特别是聚合材料生产 (如化学纤维、塑料、合成橡胶等等)^{3, 4}。制造这些东西需要氯气和大量的烧碱, 即电解食盐溶液时所同时得到的那些产品。进一步发展氯气生产的必要性还决定于国民经济对于含氯有机溶剂、含氯农药、漂白剂、合成洗涤剂 etc 广大品种的不断增长的需要。

为了发展氯气工业, 在实现七年计划的七年中将兴建一些新厂, 并扩建和改建一些老厂。在这七年中将保证氯气生产能力增加 2.3 倍以上⁵, 因此, 和前一时期比较, 氯气生产发展的速度将有显著的提高。

由于人造纤维和其他合成产品工业对高纯度烧碱需要量的增加, 以及水银法生产纯净烧碱的技术进展, 水银法生产的比重将由 10% (1957 年) 上升到 35% (1965 年)。

在需要一般质量的工业烧碱时, 用隔膜法制氯更为合理。

生产方法的选择系取决于电和蒸汽价格的对比关系; 只有在

① 生产方法的比例如下: 隔膜法—49%, 水银法—47%, 熔融盐电解—3%, 化学法—0.6%。

蒸汽价高和电价低的情况下采用水銀法制工业用烧碱才是合理的。

氯气工业将布置在原料——食盐产地。苏联食盐的蘊藏量是取之不尽的，仅就 100 个工业用盐产地統計，就有約 25 亿吨⁴。氯气工业的用电量很大，因此它亦将分布在电价最低廉的地区；这样就奠定了用电的有利条件，而能在提高电解槽的电流密度时仍获得最好的技术經濟效果。

与炼油厂在使用油田气和炼油废气（丙烯、乙烯等等）方面协作，以及大量使用天然气和焦炉气，都能保証将所得氯气就地加工制造成其他产品。

在七年計劃之末，有机氯产品的产量将增加到占全部氯产品的 75%⁵。

要保証发展氯气工业的高水平技术和大大地减少单位产品的投資，就要創造和应用大型設備，就要在生产高度自动化和机械化，以及进行遙控的情况下，采用全部連續的工艺过程³。

这就决定了无論在兴建新厂，或是改造旧厂时都必须修建大規模的氯气車間⁶。

現代的氯碱厂 氯被用来制造各种无机氯产品、有机氯产品、塑料以及合成橡胶等等。因而无論在美国或在欧洲，均广泛的发展了隔膜水銀联合生产和修建了大型氯碱厂^{7,10,11,23}。

在技术上值得注意的是，美国专营純碱和烧碱等产品的、規模最大的钻石公司 (Diamond Co.^{8,9}) 在塔克薩斯州第尔-派克城 (Deer-Park) 新扩建的氯气生产——这是在隔膜和水銀这两种制氯方法同时并存的基础上，用改进設備和改善工艺过程的方法扩建成的。水銀电解槽的淡盐水就用蒸发隔膜电解碱液时的回收盐重飽和，这样就可以不用再专门运送固体盐和精制水銀电解用的盐水了。

在改进設備方面，該厂选用了 3 万安培的钻石型大型隔膜电解槽和 12 万安培的德·諾拉 52 18SGZ 型水銀电解槽。这两种电解槽的各种指标列于下面表 1 中：

表 1

指 标 名 称	电 解 槽 型 式		
	隔 膜 电 解 槽		水 銀 电 解 槽
电流, 仟安培 ¹³	30	33	120
平均电压, 伏	3.82	3.94	4.4
电流效率, %	96.5	96.5	94—96
电流密度, 安培/米 ²	1294	1420	3938
电解液温度, °C	91	92.3	60—68
占地面积, 米 ² /吨Cl ₂ ·天	12.4	10.45	17.9
电解槽的生产能力, 吨氯/天	0.92	1.01	3.6
每吨Cl ₂ 的电耗, 仟瓦-小时	3000	3091	3500
每吨Cl ₂ 的石墨消耗, 公斤	3.8	3.75	—

第尔-派克厂采用的工艺生产流程示于图1中。供这两种电解法用的粗盐水, 从盐井沿管道送入貯槽1; 再在預热器2中加热, 并送入反应槽3中, 除去鈣、鎂和鉄离子。在盐水未加入电解槽6以前, 先在过滤器4中除去悬浮物, 并在設備5中用盐重飽和。含10.5%NaOH的电解碱液送往多效蒸发器7中, 并浓縮到50%NaOH的浓度。此时, 析出的結晶盐在分离器8中分离, 在离心机9中甩干, 再經洗滌后便加入到精制过的盐水中去。50%的成品苛性鈉也从盐分离器8流出。

設備11中沉淀出的盐进入混合槽12中与水混合, 所得盐浆送入飽和器13, 并在此进行水銀电 解 槽 淡 盐水 (阳极液) 的重飽和。飽和盐水通过与盐水浓度調节器23自动連鎖的受槽14, 在設備15中过滤, 在設備16中冷却, 再通过高位槽17进入电解槽19。此时, 部分盐水从高位槽流入受槽18, 再由此送入飽和器5, 以便将水銀电解循环盐水的杂质除去。

水銀电解槽中生成的汞齐在解汞槽中加水分解。此时, 生成氢和50%的苛性鈉溶液。50%的苛性鈉溶液流入到受槽21中, 然后再在設備22中过滤, 除去其中悬浮的固体杂质。由电解槽中流出的阳极液均流到受槽20中, 然后送去重飽和。

从电解槽中出来的氯气在冷却器24中用冷冻水冷却。然后再

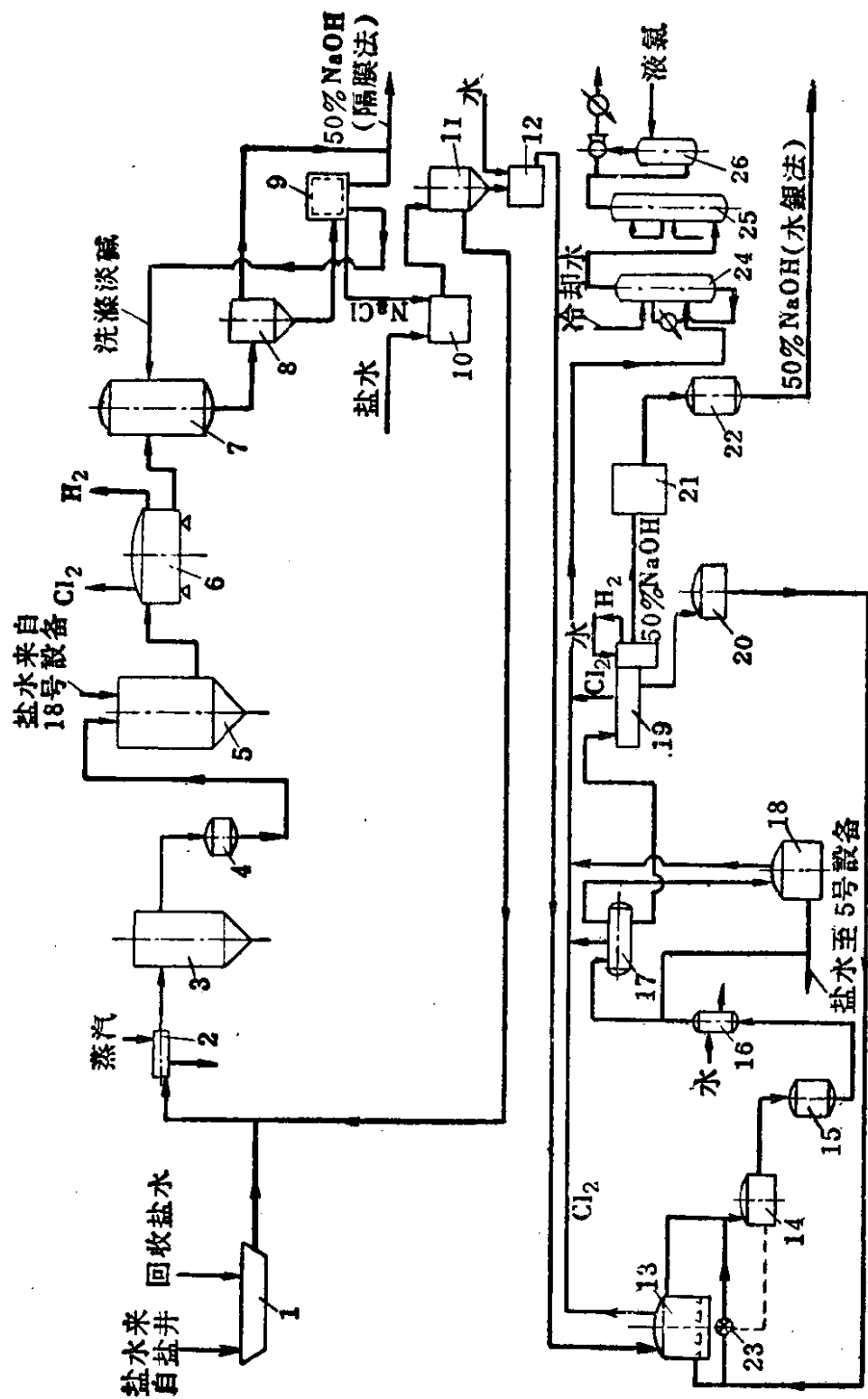


图 1 隔膜法和水银法联合制氯碱生产的原理流程图：

1—粗盐水贮槽；2—加热器；3—盐水精制槽；4, 15, 22—过滤器；5, 13—饱和器；6—3 万安培隔膜电解槽；7—多效蒸发器；8—盐分离器；9—离心机；10, 12—混合槽①；11—分离器；14, 18, 20, 21—受槽；16—冷却器；17—高位槽；19—12 万安培水银电解槽；23—比重控制仪；24—氯气冷却器；25—氯气干燥塔；26—氯气液化冷却器

① 原文为沉降槽，恐系混合槽之误。——译者注

在設備25中用硫酸进行三段干燥。此后，氯气再經第二冷却器26，被液氯冷却到 -35.6°C 。一部分液氯送入貯槽，而另一部分再回入系統中，用以冷却氯气。

隔膜法电解 就氯碱生产的經濟性來說，主要工艺設備——电解槽的技术經濟指标具有决定性的意义。所以氯气工业的工作者要經常密切地注意創造最經濟和构造更为完善的电解槽^{2,5,6}。

苏联的氯气工业在第一和第二个五年計劃期間获得了极大的发展。在此期間，隔膜电解槽的主要型式为X-2型电解槽，其电流密度为700—720 安培/米²，負荷为900—1000 安培。这种在苏联当时很先进的电解槽經過了許多年的不断改进，結果又創造了X-3型电解槽。由于在电解槽內装了附加（第二个）阴极，使阳极可以两面操作，所以負荷提高了0.5倍。

圓筒型电解槽的进一步改进是在槽內安装了第二圈石墨阳极和第三个阴极（K-3型电解槽），最后又安装了第四个阴极，完成了圓筒型电解槽的改造，制成了БГК-12型电解槽。БГК-12型电解槽的外形尺寸与X-2型相同，阴极电流密度为625 安培/米²，負荷为2200安培。

进一步又創造了更好的隔膜电解槽，即装有沉积石棉隔膜的长方形的БГК-13型电解槽。这种电解槽的負荷为5000安培（其外形尺寸同X-2型电解槽），它投入生产后，使电解車間的生产能力比以前装备X-2型电解槽时增加了3—4倍。БГК-13型电解槽与圓筒型电解槽不同，它有展开面积很大的梳形阴极，沉积石棉隔膜，并能在阴极空間充滿的情况下操作。

苏联結構最完善的隔膜电解槽为БГК-17型电解槽，其負荷为25000和50000安培^{2,6}。这种电解槽在改造老氯碱厂和在七年計劃中規定兴建的新企业中均已采用（改造老厂中采用25000安培电解槽，与建新厂中采用25000安培和50000安培电解槽）¹²。

БГК-17型电解槽的电流系从底部导入（不用鉛），并有展开面积很大和外形复杂的阴极，同时沉积石棉隔膜可以很容易地吸附在阴极上。电解槽的操作电流密度很高（900—1000 安培/

米²)。就电解槽本身的容量来说, 50000安培的БГК-17型电解槽可算是最大的隔膜电解槽了。

隔膜电解槽的再进一步发展应该是向提高负荷到10—20万安培的方向发展。此时, 以提高电极电流密度的方法来增强电解过程就有很大的意义了。大型双极电解槽和有离子交换隔膜的电解槽是特别有发展前途的。在成功地解决了结构问题以后, 就可以在固体阴极电解槽中制得纯净的烧碱; 这样, 就可以彻底改变这两种生产方法的经济比较结果, 使隔膜法更为经济。

创制经久耐用质地优良的隔膜对于隔膜法生产的发展具有特别重要的意义。目前的主要研究工作是制造适合在高电流密度下操作的石棉隔膜, 这种石棉隔膜是用分散的纤维蛇纹石棉在稀盐酸溶液中制成的⁶。这类隔膜的特性是: 成形迅速, 阳极产品和阴极产品隔离良好, 电阻小。因此阴极液中氯酸盐的含量较低, 电流效率高(达96—97%)。这种隔膜与用盐碱法制得的隔膜相比, 其绝对透过率几乎要大一倍。

但是由一般石棉制成之较好的隔膜, 在电解几个月后也要丧失它的滤过性, 需要更换。这样更换隔膜时, 要将电解槽完全切除和拆卸, 这是一个既费钱又费力的工序。所以必须继续研究制造既耐久又易于更新的隔膜。

改造旧车间的经济效果计算表明, 更换无形损坏的设备和落后的工艺过程在经济上是合理的; 将小型的БГК-12型和БГК-13型电解槽更换成БГК-17型电解槽会大大地降低产品成本(可降低30—40%), 使劳动生产率显著提高(可提高1.5—1.7倍), 因此建议在所有老氯碱厂中均更换成大型电解槽。从表2列出的数据(以假设的单位计)可以看出, 用5万安培的电解槽来代替2.5万安培的电解槽, 会获得很大的经济效果。

到七年计划末期, 用БГК-17型电解槽生产的氯气量将占全部隔膜法氯气的85%(目前为15%)。

水银法电解 在发展水银电解技术中, 最有效的措施是: 增加主要设备——水银电解槽的容量和以提高电极电流密度的方法

表 2

指 标 名 称	指标(装БГК-17 型电解槽車間的)	
	25000 安培	50000 安培
电解槽数量	100	50
电解厂房的容积	100	69
全部电解槽的价格(包括安装費)	100	66

来增强电解过程^{6,9}。

老电解車間中装备的都是电流密度为 2500 安培/米²、負荷为12000—15000安培的水平式电解槽。近年来, 这类电解槽利用大大提高电 流密度(4500—5500 安培/米²) 的方法而增强了电解过程,使負荷增加到25000—30000安培。因为强化后的电解槽均装配了調整电极距离的特殊装置, 所以就保証了在原来的电解厂房內, 将电解产量增加約近一倍,而直流电消耗定額却无显著提高。

新設計的水銀电解車間均装备了电流密度为 5000—5500安培/米²的大型电解槽。如年产10万吨氯的电解車間, 若用由90个負荷为10万安培的电解槽組来代替負荷为3万安培的电解槽,就可使水銀(液体阴极)量节约40%, 电解厂房的体积节省45%, 操作人員减少一半。

降低水銀电解車間基建投資的最重要方法是用提高电极电流密度的方法来增强电解过程。水銀电解車間的单位投資与电流密度的比較关系列于表 3 (包括这个車間的各个工段以及石墨和水銀費)。

电解槽、水銀、电解厂房和构筑物的投資占氯車間全部基建費用的60%以上, 它将随电流密度的增加而按比例地降低。如以往的水銀电解槽的阴极电流密度均不超过 1500安培/米²(如索尔維电解槽), 但目前在苏联差不多所有的先进企业采用的电流密度都为 5000—6000安培/米²。有足够根据可以期望将水銀电解槽⁶的电极电流密度再进一步地提高到10000—12000安培/米²。

表 3

电流密度, 仟安培/米 ²	年产 1 吨 NaOH 的单位投资, %	电流密度, 仟安培/米 ²	年产 1 吨 NaOH 的单位投资, %
2.5	100	8.0	50
5.0	62.5	9.0	48
6.0	58	10.0	46
7.0	53		

根据文献介绍⁴³, Asahirapacy 公司使用了新颖的装有水平旋转盘式阴极的电解槽。这类电解槽有下列特征, 电流为 30000—35000 安培; 电流密度为 9100—10600 安培/米²; 电压为 4.25—4.4 伏; 电流效率为 96~98% (按 NaOH 计); 汞齐中 Na 含量为 0.2~0.25%; 电解槽中水银量为 320 公斤; 1 个电解槽的占地面积 (包括通道) 为 13.6 米²。虽然提高电极电流密度会使电解过程中的电能消耗增加一些, 但以节省下来的投资费及操作费来抵偿这部分还是绰绰有余的^①。如众所知, 某些外国的水平式电解槽^{18,19,23}, 其负荷为 150000—200000 安培 (电流密度为 5000—6000 安培/米²), 但已是很笨重的了。因为此类电解槽的几何尺寸已经很难再继续显著地增大, 所以最现实的可能是将其电流密度提高到 10000—12000 安培/米², 由而创制负荷达 300000—400000 安培的水平式水银电解槽。但是, 更有发展前途的方向应该认为是制造立式的和多层的水银电解槽; 由于在按石墨损耗情况来调整电极距离方面存在着一些困难, 所以这类电解槽的发展至今还受到阻碍。在此问题上, 将电极材料 (石墨) 更换成电解过程中损耗甚小的材料 (如钛—铂) 是有巨大意义的。应用钛—铂阳极^{36,37} 可使单位产品的电极材料费用由 3 元美金降到 2 元, 节约电能消耗 100 仟瓦-小时, 而阳极调整装置也就成为多余的了。

① 选择水银电解槽经济电流密度用的算术方程式见文献 33。

目前，在水銀電解方面的技術進步結果，已能保證用水銀法制得的燒鹼成本比用隔膜法制得的成本有很大的降低。某一新廠的計算表明，用隔膜法制取1噸燒鹼，並經氨法精制後，其成本要比水銀法高0.5倍。因為水銀法生產的單位產品投資還比隔膜法的高（比不精制的隔膜鹼高40%，比用氨法精制的高15%），所以重要的問題是改用更高的電流密度和結構更完善的電解槽。

必須進一步改進按石墨陽極損耗情況下降石墨陽極的裝置，製造鉗孔更多的陽極，實現每個陽極電流均勻分布的自動調節，增加電解室和解汞室底部的斜度降低單位水銀量^{6,14}。

增加鹽水的流速可改善水銀電解槽的能量平衡。根據試驗室的研究，若將流速增加到10—15厘米/秒（原為1—3厘米/秒），則在電流密度為5000安培/米²時，可將電解槽的電壓降低0.3伏左右。同時，由於上述因素，還會降低氯內氫（這能促使汞齊陰極流動狀況有所改善，並可有效地從電解槽中移去雜質），水銀層的厚度也可減少一些（因為水銀與鹽水摩擦減小了）⁶。

水銀電解車間最有代表性的操作指標是生產中的水銀消耗定額。採用捕集水銀和回收鹽水中的水銀等有效措施可以使每噸苛性鈉的水銀消耗定額降低到100克，其中隨電解產物（氯、鹼液和氫）帶走的不可避免的損失僅占10克左右。

從水銀電解的汞渣（硫化汞、電解槽掃除室的汞齊油等等）中回收水銀的最好方法是電化學法。熱法的缺點是費勞動力，費動力，回收率低，並且毒性很大。用電化學法時，所有的汞渣均要氯化；此時汞及其化合物均轉化為易溶狀態，金屬汞即自鉄汞齊中釋出，同時除去了表面雜質。用此方法提取金屬汞是很有效的。從汞渣分出的氯化液用硫化鈉處理，將生成的硫化汞分離出來，並溶解在10%的硫化鈉溶液中。這樣得到的硫化鈉溶液送入到電解槽的水銀泵（帶有不完全分解的汞齊在操作）中，硫化汞即還原為金屬汞，而硫化鈉溶液則可繼續循環使用。此方法的特点是汞的收率很高，衛生條件好。

目前，水銀電解車間設計中所採用的技術方案效果參見下面

表 4 (以假定的单位計)。

表 4

指 标 名 称	設 計 指 标	
	1948—1950年	現 代 的
1 个車間的規模	1	7
1 个电解槽的容量	1	7
1 个人的产量	1	9
同样規模的投資費	100	40
其中水銀部分的投資費	100	33
产品成本	100	60
电解厂房面积的比值	100	28

电极的浸漬和加工 用更結实的阳极材料来代替損耗迅速的石墨，無論对隔膜电解或水銀电解都有很大的意义。但是，在今后的許多年里，氯碱厂采用的阳极主要材料还仍是石墨。現存的石墨电极消耗定額高这一点会使直流电耗增加，使劳动力过多的消耗在修槽上，并且会增加氯气中二氧化碳的污染等等，所以摆在制造氯碱厂用石墨电极的工业部門面前的任务是：迅速改善石墨质量。同时还提出了在电极制造厂中集中进行电极浸漬和机械加工工作，并取消在各个氯碱厂內的小型工場中进行这些操作的任务。据粗略計算，实行电极集中浸漬和机械加工后，可以减少投資800—1000万卢布，可使氯气厂少用工人150—200人以上，并可使电解車間的操作指标得到显著的改善。有关改进电极质量和加工方法的建議和新方法是很多的^{44,45}。例如，采用含15%亚麻仁油的四氯化碳溶液浸漬电极可使每吨烧碱節約10卢布左右。有一說法：在隔膜电解中采用多孔性石墨可使电流效率自95%提高到96.7%¹⁵。如石墨先用真空抽出空气，再用亚麻仁油浸漬，并在24小时內加热到93—149°C，則石墨电极的质量就会得到显著的改善¹⁶。

盐水的供应与精制 目前在苏联差不多有90%的氯是用外面运来的固体食盐为原料的，因而提高了烧碱的成本。

在氯碱厂的技术革新中，改用就地的天然盐水或制备盐水作原料是有十分重要意义的。在七年计划末，用外来盐制得的氯气比率将要大大地降低（约降到40%），而其余的氯气都是用当地的原料制得的。因此，氯碱厂的盐水制备工作亦要进行技术改造了。用外来盐生产的氯碱厂要有机械化的盐仓和直接在盐仓中制备盐水的有效方法。这样就可以保证食盐在运输过程中的机械损失大大降低，且在这个耗费大量劳动力的生产工序中完全取消了体力劳动，降低了劳动力的消耗定额¹⁷。

在没有任何设施的场地上露天堆存食盐，会由于雨雪的影响以及过多的厂内运输等，使食盐大量流失。譬如说，食盐正常的损失率为7.2%，其中包括：江河中驳船运输损失3%，卸船损失1.2%，库耗3%。实际上这些损失还要高，它使氯碱工业受到很大损失。氯碱厂中贮盐工作所需的劳动量是相当大的，每个厂仅装卸、运输和溶解工序就需100—200人。

改用当地食盐作原料就可以大大地减少对劳动力的需要量，改善劳动条件和经济指标，因为地下盐水（以1吨食盐计）要比外来固体盐的价格低好几倍。氯碱厂改用当地盐水生产后，每吨烧碱的成本可降低6—25%（按盐水质量的好坏而定）；由于节约了经营费用，所以修建盐井的一次投资在1—2年内即可回收。

要保证正常的工艺操作，节约原材料和电能的消耗，就要求在电解过程中有良好的精盐水。在改造和新建氯碱厂时，精制盐水的工艺和设备问题占有重要的地位。到目前为止，氯碱厂的盐水精制多半是在几个槽中间断操作的。这就需要装设大量贮槽，并排除了生产过程自动化的可能性；而且还不能确保所得盐水的质量，不能控制它的生产。所以，新建和改建的工厂都采用了连续法精制盐水¹²；因为某些氯碱厂的规模扩大了，所以这一点也就具有特别重要的意义。

为了提高盐水精制过程的能力，采用热法操作，将隔膜法回收盐水和粗盐水加热到40—50°C。

盐水澄清系在连续操作的澄清槽中进行。此槽直径为18米，

高为6.5米，槽內装有轉速为5轉/小时^①的耙式攪拌器，將沉淀下来的盐泥攪到位于槽底中部的排出口。从澄清槽放出的盐水中悬浮杂质的含量約为20毫克/升（大約相当于“十字观测法”的透明度450毫米），这样的盐水加入电解槽是不行的；因此盐水在澄清后，还需送到砂滤器中进行过滤，砂滤器中采用1—2毫米的粒状无烟煤或0.5—1毫米的大理石碎粒作为过滤填料。在間断操作的框式过滤器中，过滤的效果差；从滤框中冲除沉淀要花很多時間。使用砂滤器代替框式过滤器，使过滤操作連續化后就可以自动化了。砂滤器的每米²面积的生产能力要比框式的大。所选用的立式砂滤器的結構尺寸为：过滤面积約7米²，直径3米，填料层高度約0.9—1.2米。同样也需要使用大面积的砂滤器，例如水平式的砂滤器。

为了利用回收盐水中的一部分烧碱和减少中和烧碱用的盐酸，規定沉淀鈣离子不用外来的純碱，而用废碳酸气（如从石灰煅烧窑或燃烧炉中排出的）⁴⁶使回收盐水碳酸化，这对許多厂都是很有条件采用的。这同样还可以省去氯碱厂內建立专门处理純碱业务的費用（图2）。若将氯碱厂配置在純碱厂附近，則其盐水产段的生​​产流程将是十分經濟的。在这种情况下，可以統一生产粗盐水了。

精盐水可取自純碱厂，而在氯碱厂中只需进行二次精制（澄清、加热和过滤）。为了提高精盐水的质量和设备的耐久性，全部盐水设备均应有特殊的防腐层。

有某些旧厂在改造时，采用了連續操作的《ЦНИИ-МПС》型盐水精制设备。这种设备的操作原理是：当盐水通过含有已形成沉淀悬浮物的盐水层时，能使新形成的分散而又很細小的沉淀质点长大。上升的精盐水中沉淀质点保持悬浮状态，它起晶种作用，新形成的沉淀质点就在它上面长大。

这种设备的結構本身很简单，沒有攪拌器，同时起反应器和

① 此轉速似嫌太慢。——譯者注