

联合制碱工程在中国

叶 青

(中国科学院中国现代化研究中心, 北京 100190)

摘 要: 联合制碱工程是20世纪60年代由中国技术人员自主研制、独立开发的一项代表性工程项目。本文通过对联合制碱技术方法的产生、试验到该工程设计、建设、投产进行较为全面的历史回顾,总结了该工程在近半个世纪的运用过程中的成功经验和部分不足,以期对当今的工程建设提供借鉴和参考。

关键词: 联合制碱; 化学工程; 侯德榜; 侯氏制碱法

中图分类号: T-09

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2009)04-0368-12

中国的联合制碱工程(以下简称联碱工程)缘起于著名化工专家侯德榜在抗战时期研制的侯氏制碱法,该工程在建国后得以建设投产,并成为我国独立完成的工程项目。到2009年,我国联碱年生产能力约为1100多万吨,占纯碱总产能的50%左右,拥有大中小生产厂40个左右,居世界第一位。

各种不同版本的《中国化学史》对侯氏制碱法都有详略程度不同的提及。赵匡华在其《中国化学史》中对近代制碱化学工业进行了较详细的梳理,从路布兰法到索尔维法再到电解法和侯氏制碱法,内容较为丰富,提供了一些工厂的产量数据资料,但是没有注明数据来源。陈歆文对于侯氏制碱法做过一些考察^{[1]27-31},这些考察都以史料的梳理为主,评述部分则偏向于突出成就。关于侯德榜的人物研究和人物传记也很多,资料比较翔实,但一般都带有强烈的感情色彩,史料引用也有不够严谨之处;有的传记接近于文学作品,很难算得上是考据严密的研究论著。本文再次回顾联合制碱工程发展的历史,目的在于从那个纷繁特殊的年代和社会图景中,寻找和理解联合制碱及其工业化是如何发端的;尝试回答如下为人

们所关心的问题:侯氏制碱法的历史地位是如何建立起来的?

1 时代背景:国内落后的化学工业状况及制碱工业的重要性和紧迫性

中国现代工业技术肇始于1860年代以来的洋务运动,以军工技术为先导,比如造船、枪支等国防工业。1900之后,中国所属的工厂从1913年的几百个,到1933年的几千个,在1912—1936年间,工业产值以每年9.4%的速度递增^[2],但经济结构变化不大,仍以农业和手工业为主。农业占整个国民生产总值的3/4;制造业方面,手工业产品是现代工业品产值的三倍。当时,除传统化学工艺外,一切化学工业品,几乎都靠进口^[3]。到20世纪中期,中国仍是一个缓慢发展的农业大国。

我国的传统技术,如造纸、陶瓷、酿造种种工艺虽素负盛名,但缺乏科学智识。民国初年,全国各省创设工业试验所,企图增加生产效率,改良技术,但设立十年之后,仍是成绩黯然。1931年(民国二十年)之后,化学工程人才渐多,工业界也逐渐重视化工方面的人才;设备简单的工厂,多数都是自行设计试制产品;技术工作之重要者,施

以科学管理，成绩显著，唯因工厂规模较小，此片面零碎之成就，鲜见诸统计报告^[4]。

民国时期中国社会相对混乱，这种社会环境下，很少有人冒险引入或投资化学工业，因为化工制造相对投资大，新技术要求高。首先进入现代化学制造业的是政府承办的兵工厂，生产军事工业上所必需的酸。化学工业绝大多数是小规模的火柴、肥皂、玻璃、制造、漂泊、染料和药物等行业。所有精制的化学产品都依靠进口。其时我国的化学工业状况只能用“落后”一词来概括。

然而，化学工业对于当时的国民经济却居于举足轻重的地位，而碱则是最为重要的化工原料之一。作为基础化工原料的碱，以纯碱(Na_2CO_3)和烧碱(NaOH)为主，合称“两碱”。纯碱主要用于玻璃制造、造纸、冶金及纺织等生产行业中；烧碱则常用于肥皂、纺织、印染、漂白、造纸、精制石油、煤焦油提纯、冶金等生产行业中。由于两碱在工业上的应用广泛，其产量常常作为衡量一个国家工业化程度的重要标准之一。鉴于制碱工业对于当时军事工业及民用工程的重要性，现代制碱技术作为基本化学工业原料的生产技术较早地进入工业界人士的视野，得到我国爱国实业家的重视，他们试图努力采用先进技术、科学化管理来发展实业。我国新兴的肥皂、玻璃、搪瓷、造纸等工业都是采用纯碱作为原料。“盖碱为各种工业之母，占一国工业之发达与否，即以用碱之多寡为比例。此稍有常识者所公认也”^[5]。

在“完全国货，挽回利权”的文化语境下，中国采用现代技术生产的碱产品被媒体广为宣传。1930年代，《大公报》、《申报》和《化学工业》和《化学世界》等报纸杂志上都经常刊登国货纯碱、烧碱的广告。

落后的化学工业状况及制碱工业的重要性、紧迫性，呼唤现代化的制碱工程。

2 产生于抗战时期的侯氏制碱法

非常时代总有非常人物应运而生，侯德榜，著

名化学家，“侯氏制碱法”的创始人即是这样一位非常工业时代的非常工业人物。他为中国的化学工业事业奋斗终生，并以独创的制碱工艺——侯氏制碱法闻名于世界。侯氏制碱法，是以侯德榜为主的永利化学工业公司(以下简称永利，现在天津碱厂的前身)的技术团队在掌握了索尔维法技术之后，开发研究的新型制碱方法。它在索尔维法(又称氨碱法)和察安法的基础上做出了重大改进，是一种能够同时生产纯碱和氯化铵的连续化流程。抗战时期，科研和生产条件都比正常时期要艰苦得多，然而，当潜在的科学动力获得解放，体现于工业生产过程中的“巨大效率”就不可估量^[6]。侯氏制碱法的研制处于艰苦卓绝的抗日战争的时代背景之中，艰苦与机会并存。

2.1 侯氏制碱法产生的历史条件

20世纪以来，索尔维法在世界各国已经广泛使用，但它还是存在缺陷，主要是：(1)原盐利用率低，仅70%左右，(2)产生大量的 CaCl_2 废液，难以处理。针对这两个问题，国际化工界一直试图改进。1924年，德国格鲁德和勒普曼在德国多尔斯脱斐德(Dorstfeld)煤炭技术研究所，试验一种以碳酸氢铵和食盐为原料的制碱方法，1931年获得初步结果，可使食盐利用率提高到90%。1935年两人将此法获得的专利转让给察安(Zahn)公司，此后这一流程就被称为察安法。察安公司用此法在捷克、朝鲜、荷兰等地曾设过工厂，不过规模都很小，日产纯碱与氯化铵不过10~50吨，而且生产方法都是非连续的^{[7]918}。永利的技术人员一直高度关注国际制碱技术的进步，早在1934年《海王》杂志上就有关于德国研制的制碱新法的介绍^[8]。索尔维法和察安法即是当时侯氏制碱法产生的技术条件。

1937年抗战爆发，永利内迁到四川。制碱的主要原料食盐来自井盐，价格比较高，且纯度较低；此外，四川属于盆地地区，索尔维法产生的大量废液无处排放。因此，索尔维法在四川很不

适用, 永利不得不考虑采用新的制碱技术方案, 以适应当地的环境条件。永利最初的计划是直接引进德国的察安法专利, 并专门派侯德榜等人赴德联系技术引进事宜, 但是商谈未能成功, 转而考虑自行研究新的制碱方法, 做到因地制宜。然而, 新的制碱方法的研制, 需要相应的技术人才。侯德榜深知人才的重要性, 于是不拘一格地延揽不多的化学工业人才。幸而, 当时有一批以报国图强为己任的知识分子。以学术研究为社会服务, 将科学知识转化为救亡图存的物质资源, 是 20 世纪 30 年代中国知识分子的普遍追求, 如曾昭抡所说: “我以为站在科学界同人的立场, 我们不应该忘记我们也是国民的一分子, 所以对国家有一般国民的义务。”^[9]所谓“国民的义务”, 即是知识分子对国家强烈的认同感和责任感。在抗战时期国民义务就表现为救亡图存了, 每一个有爱国热情的知识分子都尽己之所能, 让学术为社会服务, 为国家服务。其时, 一批工业人才聚集在侯德榜所在的永利公司, 形成了高水平的研究队伍。

为了开展制碱新法的研究, 永利专门成立了化工研究部, 实际上就是一个研究小组, 郭锡彤具体负责, 谢为杰、张燕刚、黄炳章参加, 协助侯德榜进行研究。这些研究人员的大致情况见表 1 所示, 可以看出: 侯氏制碱法研究初期的主要人员全部接受过正规的高等教育, 多数有高学历; 且都具有多年从事化工技术工作的实践经验。

2.2 从模仿到创新——侯氏制碱法的诞生

1938 年, 侯德榜在德国考察期间获得关于察安法的一份专利说明书和两篇公开发表的论文^①。结合考察中的体会, 仔细分析这些有限的资料, 侯德榜认为察安法专利的特点是: 以碳酸氢铵为原料, 加入食盐进行复分解反应, 再加入 5%—10% 的可溶性硫酸盐(硫酸钠或硫酸铵都可), 使 SO_4^{2-} 起中间转换作用, 制取碳酸氢钠和氯化铵。据此, 侯德榜决定模仿试制并制订了详细的试验计划。

试验之初是重复察安法专利的内容, 可是进行不久, 反应物形成一锅粥样, 试验无法继续进

表 1 侯氏制碱法早期试验的主要研究人员情况表

姓名	留学国别	学校	最后学位	简 历
侯德榜 1890~1974	美国	哥伦比亚大学	博士	1948 年中央研究院院士, 英国化工学会、美国机械工程学会名誉会员, 1955 年当选为中国科学院技术学部委员。
郭锡彤 1900~1975	美国	普度大学	硕士	1923 年毕业于东南大学化学系, 1924 年进永利化学部工作。1931 年赴美研读, 并在美国化工厂实习。1933 年回国, 曾任永利烧碱车间主任, 黄海社副社长。
谢为杰 1908~1986	美国	俄亥俄州立大学	博士	1930 年毕业于燕京大学化学系, 1932 年获得该校的硕士学位。在此期间入永利碱厂实习, 论文均由侯德榜指导完成。1932 年赴美, 1934 年获博士学位, 论文主题是制碱。1935 年回国, 在永利任职。1940 年任永利川厂第一厂技师长。
黄炳璋 1901~不详	美国	密西根大学	本科	1926 年毕业于美国密西根大学化工专业, 1928 年任美国 penn.Salf 公司化学师, 1931 年广东工器制造厂工程师。后到永利工作, 任技师。
张燕刚 1912~1989	无	南开大学	本科	1934 年毕业于南开大学化学系。1936 年进永利, 在碱厂任值班技术员。1944 年赴美实习两年, 后留在永利驻美办事处工作, 1949 年回到永利碱厂。1952 年调往山东铝厂工作, 是我国铝镁工业的奠基人。

① 余啸秋等. 永利厂史资料·第二卷, 1959: 24-25. 现存于天津碱厂档案室。

行。研究小组重新分析了那份专利说明书，发现原料的加入方法故意写得含糊其辞。为了探索该法实质，干脆重新进行条件试验，从头做起，通过对各种条件的筛选，以期获得和专利说明书一致的试验结果。

试验过程由侯德榜在纽约全程遥控指挥。侯德榜对试验要求非常严格，他不仅确定试验内容和目的，还对每项内容提出具体要求。整个试验设定了十几个条件，共进行了 500 多次循环，分析了 2000 多个样品，每一个条件要求重复做 30 次实验。试验人员每天工作 12 小时以上，每周都向侯德榜详细汇报试验结果。侯德榜在对每次试验结果进行认真分析的基础上，再做新的指示。经过半年努力，研究小组基本摸清了察安法的各种工艺条件，^①发现专利说明书中提及的“中间盐的加入”并不是试验的关键，只要控制好试验条件，不加中间盐也可以得到满意的试验结果。

1939 年 10 月，侯德榜由美国回国，与试验人员一起对前期试验进行总结，进而讨论了不用固体碳酸氢铵为原料，而用 NH_3 和 CO_2 的水溶液直接加盐进行复分解反应的可行性，力图对察安法有所突破。这一试验阶段，研究人员稍有变动，郭锡彤、张燕刚、黄炳章三人继续完成扩大试验，谢为杰则调到美国，借用哥伦比亚大学的试验室和资料条件，做更深入细致的研究。在国内的研究小组因时局动荡，不得不多次迁移，历经四川—香港—上海—四川等地，备尝艰苦。所幸最后阶段的扩大试验进行得比较顺利，得到的结果和香港的试验数据十分接近。接着，他们又完成了不以固体碳酸氢铵为原料的扩大试验，同样取得理想的结果。至此，研究结果在两个方面对察安法有较大突破：一是不加入“中间盐”，不需要任何辅助剂，成本可以降低；二是原料由固体碳酸氢铵改为 NH_3 和 CO_2 的水溶液，反应可以进行

得更彻底。

为了表彰侯德榜在研究新法制碱上的功绩，1941 年 3 月 15 日，在永利川厂的厂务会议上，范旭东亲自介绍了新法制碱的特点和研究经过，提议将这一技术成果命名为“侯氏制碱法”，该提议获得一致通过。次日向正在美国工作的侯德榜发去有永利众多技术骨干签名的贺函^②。

在纽约工作的侯德榜认为制碱新法的研究还应继续，1942 年 3 月，侯德榜从纽约给范旭东的信中写道：“无论如何，要把这方法改为连续法。我已拟好一个从合成氨出发的制碱流程，这个制造碳酸钠和氯化铵的新法，自然地把两种工业——索尔维制碱工业和合成氨工业联合起来。这样对化学工业在技术上将有极重要的贡献。”^{[1]28-29}

1943 年秋，研究小组在四川新塘沽安装好新法流程的扩大试验装置，11 月试验开车。（见图 1）这次试验最主要的目的是将间断法改为连续法，其次还要考察连续法产品和母液的质量以及母液平衡问题。试验参与人员除了前期研究小组的 5 人外，又增加了刘潜阳、李树梧、张天佑、余祖燕 4 人，分三班进行连续操作^[10]。试验进行顺利，取得较满意的结果，可日产十几公斤的纯碱和氯化铵。

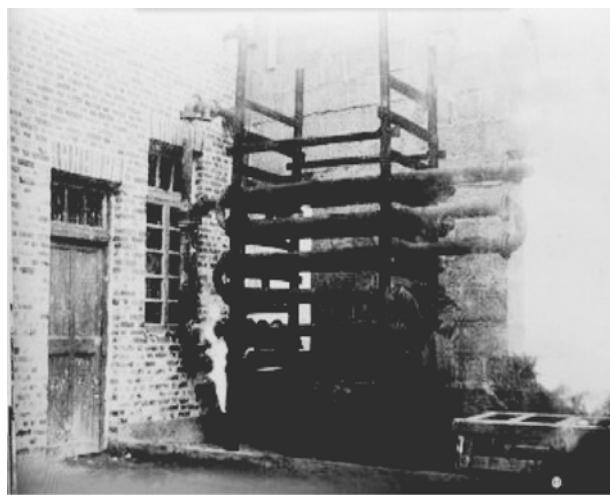


图 1 侯氏制碱法扩大实验的部分设备

① 余嘏秋等：永利厂史资料·第二卷，1959：24-25。现存于天津碱厂档案室。

② 化工部：久大永利公司历史档案。侯氏制碱法卷：制碱技术之新贡献，永利化学工业公司设计室稿，1944。

至此, 侯氏制碱法的连续化过程得以在扩大试验中实现, 一个与察安法截然不同的氨碱联合流程宣告完成, 它的特点是连续循环操作, 把察安法的间断生产改为两种母液的双向循环, 同时得到纯碱和氯化铵两种产品。(见图 2)

3 新中国成立后的联碱工程

侯氏制碱法产生之后, 苏联、荷兰、瑞典等国家的化学家也进行了联合制碱的类似研究, 并发表了相关论文, 日本还把联合制碱方法投入到实际生产中。侯德榜本人认为: “这不过证明新法有其科学根据, 其他国家的科学家也会得到同样的结论。”^[11]1947 年, 荷兰的赖因德斯(W. Reinders)和尼古拉(H.W.Nicolai)发表了著名的循环制碱法的相图分析^[12], 并在比利时林堡(Limburg)的合成氨厂中设立了一个联碱厂。

1956 年, 印度 Sahu-Jaiu 公司委托德国某公司设计, 建成了一个日产 120 吨的联碱厂。日本从 1950—1960 年代初, 大部分碱厂改为 A.C. 法

(Asahi Cooling Process), 也是一种联合制碱方法, 规模达到日产 300 吨。1962 年, 我国侯氏制碱法生产刚刚投产, 技术尚未完全过关, 而日本已达到年产 37.5 万吨, 侯德榜闻此心情沉重: “他们后我十几年, 却已站到我们前面!”^①

3.1 联碱工程的选择和决策

建国之初, 侯德榜等到大连考察, 发现生产化肥的大连化学厂和生产纯碱的中苏远东曹达工厂(1952 年后改名大连碱厂)隔墙相邻, 对发展侯氏制碱法极为有利。

考察情况汇报后, 国家很快安排大连化学厂研究室陆冠珏等人对联合制碱的原理和工业化中应注意的问题进行系统的研究, 包括侯氏制碱法在不同温度、不同氨和二氧化碳浓度时的相图研究, 流程选择和工艺控制条件等方面的试验。试验历时一年多, 发表了研究报告——“用循环法制造碳酸氢钠以及氯化铵的研究”, 该报告在 1938—1942 年“侯氏制碱法”室内及扩大试验的基

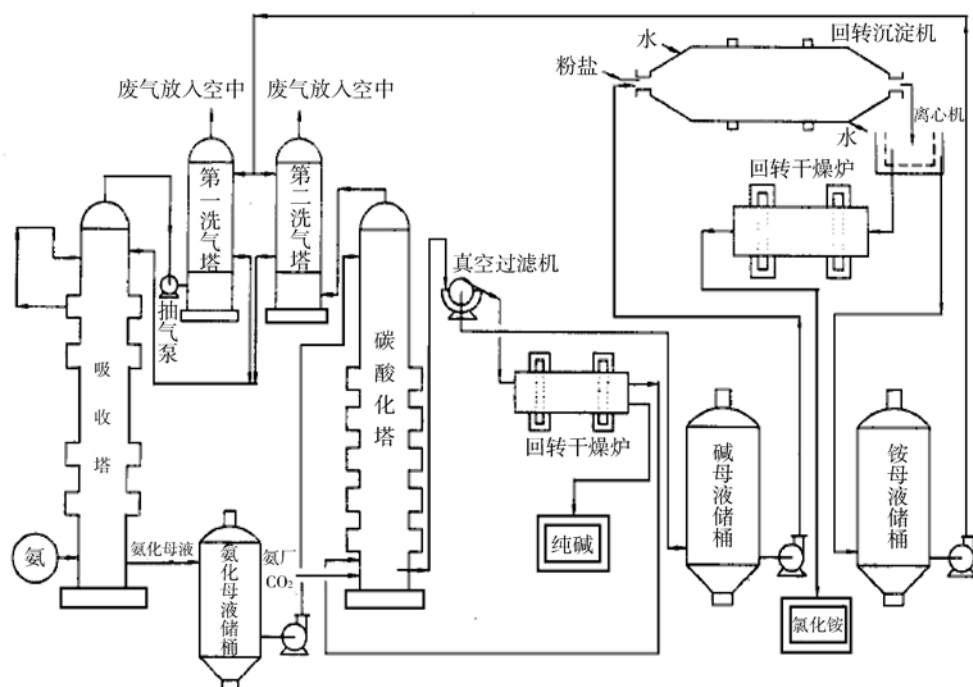


图 2 1943 年侯氏制碱法的流程图

① 见 1962 年 5 月 4 日, 侯德榜给李祉川的亲笔信。现存于陈歆文先生处, 关于侯德榜为书信出处同此。

础上, 参阅了赖茵德尔斯和尼克莱两人对联合制碱的研究报告以及前苏联研究的二次碳酸化法, 综合起来后, 又进行了系统的补充试验而完成的。他们着重推荐了“二次碳酸化法”^{[13]469}, 以提高循环过程的产率与工厂效率。

随后, 侯德榜领导设计了日产 Na_2CO_3 和 NH_4Cl 各 10 吨规模的侯氏制碱法中间试验厂, 整个设计由永利化学工业公司提供流程、初步设计计算和实际的设计工作, 并建成桶罐式氯化铵结晶器。联合制碱中间试验厂在大连化学厂第九车间原有的精制 NH_4Cl 生产基础上建成, 日产能力 10 吨双产品。另一方面, 由中央试验室联碱研究组配合进行必要的室内试验, 直到第一个大规模联碱车间建成后才中止。在全流程试验中, 发现有母液平衡、碳化塔清洗、结晶器结疤等问题。

1953 年 7 月 1 日, 中央工商行政管理局以“发字第壹号”文件颁发发明证书, 给予“侯氏制碱法”发明权五年^①。10 月, 侯氏制碱法日产 10 吨的全流程循环试验在大连开始进行。

侯氏制碱法主要产品之一氯化铵应用的局限性曾是联碱工程是否可行的争论焦点。侯氏制碱法在大连进行中间实验的时候, 以当时重工业部苏联专家组组长马林科夫为代表的专家对氯化铵的大量生产提出质疑, 他认为氯化铵肥效有问题, 在苏联还没有找到用途, 苏联不以氯化铵为肥料, 也不搞联合制碱。^②当时苏联专家的意见在我国有很大的影响力, 致使很多人对侯氏制碱法的实际意义产生怀疑, 发出各种反对的声音, 侯氏制碱法的试验也因此停顿下来。

就在氯化铵肥效遭到质疑的同时, 我国却从日本大量进口氯化铵作为肥料。这种现状促使侯德榜等科学家对氯化铵的肥效和需求进行深入调研, 主要从国内外的资料、农业部门的反应和农民的使用情况三方面着手。最后调研的结果证明:

氯化铵对于大部分作物的肥效是肯定的, 根据实践经验, 含氯根的肥料, 只是对极少数的农作物如烟叶、橙、桔、甘蔗不利。为此, 侯德榜专门翻译出版了一本小册子, 在序言部分一一澄清了关于氯化铵肥效的一些观点^[14]。1956 年 5 月刚成立的化工部也组织了平行的调查^{[7]919-921}, 得到相同的结论, 并公开发表调查结果^[15]支持继续进行联合制碱试验。

根据以上各种调查数据, 侯德榜向化工部部长彭涛汇报, 力争继续发展侯氏制碱法, 并得到化工部和周恩来总理的支持。1957 年 5 月, 侯氏制碱法试验在中断 4 年后重新开展。按照课题安排, 试验流程连续运转两年多, 对确定流程、选择设备、制定工艺条件、提出原盐质量要求等方面, 均进行了深入研究与全流程试验, 同时借此培养了一批熟练工人和专责技职人员, 为侯氏制碱法从实验室进入工业化大生产打下了坚实的基础, 也为大厂设计提供了依据。

1957 年 12 月, 侯德榜率领中国化工考察团访问日本, 少数代表团成员现场参观了旭硝子碱厂, 发现该厂在设备上选用了更适合规模生产的 OSLO 大型结晶器, 而不是我国之前推荐的桶罐式结晶设备, 此外, 在流程上与我国有惊人的相似。结合此次参观带回的资料, 抓紧进行新一轮的化工计算, 联碱设计方案在技术上有了突破性的改进。

3.2 联碱工程的设计和建设

恢复试验后的联碱工程进展迅速, 很快侯德榜指导完成了年产 16 万吨纯碱的工程设计。1958 年, 大连化学公司开始联合制碱的工程建设和各种设备的制作安装工作, 第一套装置设计的规模为 350 kt/a, 选用设备都很庞大, 生产线数也较多, 后来暂时先上 160 kt/a。

① 永利档案, 全宗号 2, 案卷顺序号 2-9。

② 见 1990 年 6 月 21 日上午, 中国化工学会秘书处朱保安、汤付根对毛颖新的访谈材料, 现存于陈歆文先生处, 以下同。

1961年4月,一座年产8万吨的侯氏制碱法生产车间建设完成,当年投入试生产。此过程以充分暴露各种问题为目的。现代工业生产的规模常要求一套装置的年产量达到数万吨或更高。这些装置必然面临大量的工程问题,而且指标稍有下降,就会带来很大的经济损失。再者,评价现代化学工程的一个重要指标是能耗,进而分析其有效能的合理利用率。工业生产中为适应各过程的需要,时而需要加热,时而需要冷却。在实验室中能耗指标并不重要,但大生产就必须考虑热量的合理利用,应尽可能使加热和冷却相匹配,尽可能利用低位热能。如何合理利用热量,如何合理安排众多的设备,这些问题无法用实验方法解决,只能通过化工系统工程的试生产来发现、解决。

试生产阶段遇到的种种问题,在大连化学公司的相关技术人员之间也产生了各种争论,莫衷一是,在一定程度上影响了联碱工程的进展。技术人员不断向侯德榜当面或写信汇报各种问题,侯德榜看到这种混乱状况,不顾年迈体弱,先后16次亲赴大连化工厂现场指导工作。在听取各种意见之后,果断地确定主要修改方案,及时协调各种问题和矛盾,并始终与相关技术人员保持密切的联系。

1962年,王楚等联碱工程具体负责人,根据当时已经发表的一些最新国外文献资料,结合我国联碱工程的具体情况,又一次提出修改方案。对结晶器的结构进行新的改进;循环泵在立式轴流泵基础上改造成悬臂立式泵;在设备防腐问题上采用了热固酚醛清漆来武装外冷器和母液换热器。不难看出,试生产过程就是不断顺调设备、积累大量操作数据的过程,从中总结出一套合理的操作规程。

1961—1964年,通过3年的试生产,侯氏制碱法大生产车间已经达到设备运转正常,生产操作稳定的要求,纯碱和氯化铵两种产品均达到日产240吨的水平,全面实现了国家规定的各项指标。

3.3 联碱法独特的经济技术优势

联碱技术极大地提高了原盐的利用率,降低

了生产成本,又免除了氨碱法排除废液的麻烦。它的设备比氨碱法减少了1/3,使制碱工程的投资也大幅度降低。

在新中国成立初期工业经济落后的情况下,联碱工程,包括小联碱生产可以做到投资少、见效快,极大地满足了当时工业上对纯碱产品的迫切需求。联碱工程的成功,无疑是一项振奋人心的工程成就,有力地推动了我国纯碱和化肥行业的发展。

4 侯氏制碱法在中国工业发展史上的历史地位

侯氏制碱法以其独创性和巨大的工业价值,在中国工业发展史上占有独特的重要地位。

4.1 国人独立创新的第一项工业工程技术成果

侯氏制碱法虽然在新中国成立前获得的只是阶段性成果,但却是国人独立研制的制碱新法。

1943年12月底,在四川五通桥召开的中国化学会第十一届年会上,全体代表参观了侯氏制碱法的试验现场。这是侯氏制碱法首次与学术界见面,我国化学界对这项成果十分重视,并作出高度评价。会后中国化学会以年会名义致函仍在美国工作的侯德榜,对他所取得的成就表示祝贺,并号召中国化学会会员学习侯德榜不避艰苦,顽强奋斗的精神^[16]。但是这次年会后,中国化学会对侯氏制碱法的褒扬和宣传还是持谨慎态度,或许是出于技术保密的考虑,或许是因为此时的侯氏制碱法并未真正投入生产。可以确定的是,中国化学会当时发表在《化学通讯》上的会议记录里没有留下任何关于侯氏制碱法的内容。

侯氏制碱法的扩大试验完成后,很快就筹备在五通桥建厂,并开始了土建工程施工。恰逢抗战取得胜利,永利忙于回收沦陷区的工厂,五通桥的建厂计划不得不推后。随后内战爆发,新法制碱厂的建设工程被长期搁置,终未能完成。

1949年1月17日,国民政府以京工(38)字第

1056 号通知核准(侯氏制碱法)专利 10 年, 发给专利证书(见图 3 所示)。至此, 侯氏制碱法取得了阶段性成果。

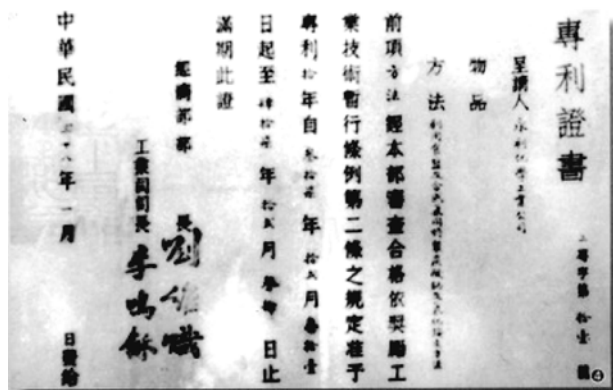


图 3 1949 年侯氏制碱法专利证书

联碱工程专家周光耀院士认为：在 1949 年前我国建立联碱生产厂的可能性不大。20 世纪 40 年代联碱法研究成功, 这在技术上是一项重大成就, 但由于当时处于抗日战争期间, 基本上还是小规模中间试验阶段的成果, 要工业化生产, 还要对大量相关的工程技术问题进行研究, 要有相当强的财力、物力支持。1945 年前是抗日战争, 1945—1949 年又是解放战争, “当时没有条件进行这项工作”^①。

4.2 新中国成立后的工业样板工程

1964 年 12 月联碱工程通过由国家科委组织的鉴定。鉴定会由国家科委副主任张有瑄主持, 经过化工专家审议, 认为“侯氏制碱法技术成熟, 原料利用充分, 经济合理。它采用的新工艺将促进我国制碱工业和化肥工业的发展, 是制碱工业中一项重大革新, 且具有世界水平。蒸汽煅烧炉设备先进, 结构合理, 节省能耗。两项成果可以在全国范围内推广使用。”^[17]

鉴定会上对侯氏制碱法进行了重新命名, 据当事人回忆：

当时我负责整理写技术鉴定报告及有关资

料, 全部资料中均以侯氏制碱法命名, 国家科委对此非常重视, 认为这是我国解放以来受理的第一位以个人命名的发明, 准备授予国家发明特等奖, 聂荣臻主任还提出要给大奖, 发金质奖章。当工作正在进行的过程中, 1964 年 7—8 月间, 当时国家科委一局局长将我找去, 讲了毛泽东主席的指示, 大意是说: 我国的发明创造靠工人群众, 不要突出个人。所以, 后来的资料全部改写为联合制碱法, 并且奖励等级也因此下降为发明一等奖, 金质奖章也不发了。^②

毛泽东主席的指示对重新命名起了关键性的作用, 但提出改名意愿的是侯德榜本人。

鉴定会之前, 侯德榜自己也考虑到新中国成立后, 国家不提倡以个人的名字命名城市、街道和工厂, 当然也不适宜命名技术方法。况且侯氏制碱法自 1938 年以来, 前后有几十名技术人员参与工作, 做出了巨大的努力, 尤其是建国后, 侯氏制碱法集中了全国的人力、物力进行中间试验和试生产, 它是一项集体智慧的结晶。于是, 侯德榜根据这个制碱方法在原理上是联合了纯碱和氯化铵两种产品的生产, 提议改名为“联合制碱法”。这个意见通过化工部生产司章用中总工程师反应给化工部^②, 化工部很快就采纳了侯德榜的意见, 在鉴定会上正式把侯氏制碱法改名为“联合制碱法”, 简称联碱法。

与 1943 年的设计相比, 1964 年通过工程鉴定时联碱工程有了很大的技术进步。流程上主要是增加了二次吸氨, 设备上采用了新型的蒸汽煅烧炉, 技术上则是改进了氯化铵结晶工艺等。鉴定会之后, 联碱工程的技术人员还继续研究了加压碳化新工艺, 并探索小型装置的性能, 使联合制碱技术更适合在全国推广应用, 成为新中国成立后的工业样板工程。

联碱工程是一种完全本土化的工程技术, 就其产生的年代和社会背景来说, 堪称杰出的工

①周光耀院士 2007 年 11 月 17 日给笔者的信。

②见 1985 年 11 月 20 日, 邓国栋、汤付根对章用中的访谈材料。

程成就。从技术上看, 联碱法克服了索尔维法的缺点, 并做出了一系列的重大技术改进, 在重视环保、提倡绿色工业的今天, 联碱工程还有很大的发展空间。从实际应用来看, 目前联碱工程在中国境内广泛使用, 占纯碱总产能的 50% 左右, 已经成为一项成熟的工程技术。如果说侯氏制碱法产生的动力是爱国知识分子科学救国的渴望, 新中国成立后, 国家参与下进行的联合制碱的大规模工程建设则是新政权下几百年来中国人强国梦想的真实反映, 联碱工程也成为一种民族自强的标志。

5 经验及教训

5.1 联碱工程的成功经验

(1) 工程核心人物的关键作用无可替代。

联碱工程的成功与核心人物侯德榜的作用是密不可分的。从工程设计到工程建设, 侯德榜始终发挥着重要作用。作为一个经历了从动荡的民国社会到稳定的新中国的爱国知识分子, 无论处于何种职位, 侯德榜一直念念不忘他和永利同人投入了大量物力和人力自主研究的侯氏制碱法, 不忘该法还需进一步扩大试验以期能够投产使用。他尽毕生之力敦促这项工程的完成和实际应用。

侯德榜的学术权威地位和化工部副部长的政治地位也给这项工程的开发提供了有利条件。1949 年之后, 侯德榜延续了他的学术地位, 中国科学院技术部学部委员一职最能说明其学术地位和影响力。此外, 他还被任命为化工部副部长, 获得一定政治地位。与苏联专家产生关于氯化铵肥效的技术争议, 在中国社会当时的情势下, 能通过非协商性中止取得争议的胜利, 与侯德榜的学术地位、政治地位不无关系; 而侯德榜在实际调查的基础上坚持独立发展中国自己的制碱技术, 对其政治地位的提升也产生了一定的影响。

1961 年之后的试生产过程, 同样产生了各种技术争议, 若非侯德榜出面协调, 及时果断地解决各种意见分歧, 联碱工程的开发必然会受到影

响, 工程核心人物的作用再次得到体现。

(2) 理论突破对于工程成败具有重要意义。

联碱工程是我国技术人员自主设计、独立建设的大工程项目, 从 1951 到 1964 年, 历经了十几年的时间, 先后提出研究报告共计 73 篇^[18], 设计上前后有过两次重大修改, 小改更是不计其数。两次大改, 实现了重要的工程突破, 这与 1957 年底到日本碱厂的实地考察和 1962 年美国 IEC 杂志公开发表的一篇关于联碱开发的文章有一定关系。前者解决了大型结晶器的问题, 后者提供的室内相图研究等资料、数据成为我国联碱工程设计和建设的重要理论参考。

很多化工生产过程都是先有工业生产, 而后为了完善生产, 提高效益, 才进行深入的理论研究。联合制碱也是如此, 尽管在 1872 年就有人提出了构想, 但一直到 1947 年才由荷兰人发表 3 联合法制碱相图, 从而给联合制碱奠定了理论基础^{[13]427}。1962 年, 美国 IEC 杂志发表了一篇日本东洋集团关于联碱开发的文章, 文中将室内相图研究, 中间试验和示范厂主要内容公诸于世。我国在联碱工程开发的过程中也得益于国外同行的相关理论和实践研究, 才取得重要的工程突破。

目前, 我国已经是一个联碱生产大国, 可是, 在理论研究上还有待在多领域里深化, 这样才能和联碱大国相称, 才能使技术有所进步, 才能取得联碱工程的可持续发展。

(3) 工程实践是工程技术人员培养的高效途径。

联碱工程在我国是一个全新的工程项目, 从事工程开发的研究人员和技术工人都面临挑战。从扩大试验、工程建设、试生产到正式投产各工程环节中, 需要技术人员的不断学习、思考和高度配合, 在摸索中处理各种技术问题和工程问题, 这种摸索的过程也是一个很好的在实践中培养人才的过程, 它为大生产培养了大批熟练的化学工程师和技术工人。

大连化学工业公司是联碱的发源地, 在这里培养的联碱技术人员后来为我国的小联碱建设以

及其他大型联碱工程的开发作出了巨大贡献，涌现了一批如李祉川、王楚、段志骅、方志文、卢作德、杨盛烈、傅孟嘉、周光耀等技术娴熟的化工专家。工程技术人员队伍的培养是联碱工程建设、开发的另一项值得称道的成就。联碱工程的成功说明，在工程实践中培养人才是一条高效的人才培养途径。

(4) 政府强大的组织能力和多方支持是工程成功的有力保障。

联碱工程上马之初，国家就给予了大力支持，调集了当时全国纯碱行业的一流专家学者来完成该项工程的扩大试验和工程设计。1957年，为了充实技术力量，化工部还专门把部属的化工设计院制碱科纯碱专业组迁到大连^[19]¹²⁹，以便就近指导试验研究。

联碱工程投入工程建设时，正好是新中国经济发展最困难的时期：(1) 1958—1960年，由于“大跃进”而引起的国民经济比例失调，国家经济出现了暂时困难，不少基建工程被迫下马。(2) 1960年，苏联在华专家突然奉命全部撤走，给我国的经济建设造成重大损失，中国社会面临技术瓶颈。此时，强调民族意识、发展民族工业，尤其是重点发展对工农业生产影响很大的化学工业是必要的而且必需的。当时，化工部领导明确告诉侯德榜，国家再困难也要支持把侯氏制碱工程搞上去，希望他安心干，也希望早出成果^①，甚至在化工部的援外计划中已经考虑到联碱工程的设计^②。联碱工程在工程建设阶段，在经费上也得到国家的极大支持。

处在计划经济时代，新中国政府有着强大的组织能力。联碱工程从决策、建设到技术扩散各阶段，政府在人力、技术、物资、经费等方面都

提供各种有力支持，保证了该工程的顺利完成并起到示范作用。

5.2 历史教训

联碱工程的成功至今已有近50年的历史，一方面，它广泛应用于化工生产行业，每年为我国生产大量的纯碱和化肥产品；另一方面，它作为一种标志和象征，还一直是爱国主义教育和青少年励志读物的典型事例。舆论宣扬的联碱工程有一些偏差。20世纪60年代的中国社会，经历了大跃进和与苏联合作的突然中止，面临社会困境和技术困境等，确实需要树立新中国工程建设的一面旗帜，联碱工程从某种意义上说，是一种样板工程，它可以很好地鼓舞民族士气，增强民族自信心与自豪感。但是历史需要真实，作为一种民族自强的象征符号的联碱工程需要回归它的本来面貌。

根据中国纯碱工业协会2008年底的统计资料，目前中国的纯碱生产主要有三种方法，氨碱占48.42%、联碱占45.19%、天然碱加工占6.39%。数据表明：联碱法在中国境内广泛使用，成为和氨碱法同样重要的制碱技术。而在国际纯碱行业，除了美国有大型的天然碱加工公司，占有很大的市场份额外，氨碱法仍是合成纯碱的主要生产方法。和很多文献描述的不相符的是，到目前为止，中国从未完整地把这项技术输入到其他国家^③。联合制碱在国外的应用情况大致是：日本有几家联合制碱工厂，现已关闭，印度有一个小厂在运行，印尼也安装了一套联合制碱装置。总体来说，中国以外的地区除日本外，对联合制碱法缺乏热情^[20]。联碱工程是一项非常有特色和适用于中国的工程技术。

① 见1962年2月18日侯德榜在广州给李祉川、刘嘉树两人的亲笔信。

② 见1962年5月2日侯德榜给刘嘉树、李祉川两人的亲笔信。

③ 仅有一例的是：成达公司在海外建设和设计过的纯碱厂是印度尼西亚KSB公司，能力为年产15万吨纯碱和15万吨氯化铵，公司地点在印尼加里曼丹岛，邦坦。1992年开始建设，成达公司承担工程总承包，当装置即将建成时，由于亚洲金融危机，业主停止建设该项目。目前业主正在研究是否恢复建设。见负责该工程设计的周光耀院士2007年11月17日给笔者的回信。

20 世纪 70 年代初, 为了投资少见效快, 国家把一批小型碳铵厂改造为联碱厂, 期望迅速弥补纯碱产量的不足, 这种推广连侯德榜都觉得有些仓促, 部分工厂的选址和建立并不恰当^①。建设大量小型联碱厂的计划中忽略了联碱工艺技术比较复杂的因素, 加上管理经验不足, 短时间内建立起来的 33 个厂中, 实际能开工生产的只有 28 个, 而且生产状况多不正常。到 1970 年代末, 认识到急速发展小联碱的错误, 不得不“整顿提高, 择优改造”^{[19]132-133}, 对后来上马的联碱工程也逐渐变得谨慎, 加强了新厂建设前的调查研究工作。这一时期还组织实施了将几个大型纯碱厂的氨碱全面改造成联碱的计划, 历时近 10 年, 投资数亿, 而产量所增有限^[21], 这也是联碱工厂布局上产生的偏差。

此外, 氯化铵在我国的系统肥效试验研究和市场开发工作确实一度没有跟上, 到 1970—1980 年代, 纯碱行业在氨碱法、联碱法上还存在技术争论, 争论的焦点仍是氯化铵的应用问题^[22]。为此, 1988—1994 年, 纯碱协会配合原化工部化肥司组织全国 10 大联碱厂和 10 大农科院所在全国范围内进行了为期 7 年的大规模氯化铵肥效试验, 比较全面地获得氯化铵对不同土壤、不同作物的肥效资料, 确定氯化铵适宜使用的作物及其实用技术。该试验产生了一系列相关的论文^[23-26]。取得了较系统的研究成果。据此, 对农用氯化铵需求量及联碱布局提出了建议。1997 年 5 月通过了原化工部组织的鉴定, 此项工作推动了联碱工程的进一步发展^[27]。

致 谢

本文完稿后得到陈歆文先生的悉心审阅和修改, 底同立先生也给予诸多指导, 特此感谢!

参考文献

- [1] 李祉川, 陈歆文. “侯氏制碱法”的诞生和发展[J]. 化学通报, 1982(8).
- [2] Chang J K. Industrial development in pre-communist China: A quantitative analysis[M]. Chicago: Aldine, 1969: 71.
- [3] 曾昭抡. 二十年来中国化学之进展[J]. 科学, 1935, 19(10): 1540.
- [4] 张洪沅. 三十年来中国之化学工程[G]//中国工程师学会三十周年纪念册: 三十年来之中国工程, 1946: 306.
- [5] 景韬白. 永利制碱公司创立史[M]. 南京: 盐政杂志社, 1948: 1.
- [6] 李志宁. 大工业于中国: 至 20 世纪 50 年代[M]. 南昌: 江西人民出版社, 1997: 144.
- [7] 侯德榜. 制碱工学: 下册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1960.
- [8] 瑾. 钙气制碱新法[J]. 海王, 1934, 6(28): 439.
- [9] 曾昭抡. 国难期间科学界同人应负的责任[J]. 科学, 1936, 20(4): 255.
- [10] 刘福存, 宁培海. 天津碱厂志[M]. 天津: 天津人民出版社, 1992: 267-268.
- [11] 侯德榜. 向北京大中学校教师们介绍新法制碱[J]. 化学通报, 1954(8): 361.
- [12] Reinders W, Nicolai H W. A cyclic process for the preparation of sodium bicarbonate and ammonium chloride, Recueil des Travaux Chimiques des Pays-bas-Journal of the Royal Netherlands Chemical Society, 1947, 66(7-8): 471-485.
- [13] 大连化工研究设计院. 纯碱工学: 第二版[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [14] 侯德榜, 何熙曾. 氯铵的肥效[M]. 北京: 科学出版社, 1964: 序言.
- [15] 潘光籍. 纯碱厂应与合成氨厂联合生产纯碱和氯化铵[J]. 化学工业, 1957(1): 28-34.
- [16] 中国化学会第 11 届年会闭幕会议记录. 化学通讯[J], 1944, 8(1-2): 29.
- [17] 杨盛烈. 英灵虽去, 业绩永存: 缅怀侯德榜在大连化学工业公司的实践活动, 纪念侯德榜诞辰 100 周年[C]. 北京: 化学工业出版社, 1990: 44.
- [18] 陈学勤, 陈歆文. 碱业精英: 王楚[J]. 纯碱工业, 1997(6): 54-61.
- [19] 杨光启, 陶涛. 当代中国的化学工业[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 1986.
- [20] 怀特赛德, 约翰. 世界纯碱行业: 对其结构有独特的观点及对 2011 年的展望[J]. 纯碱工业, 2002(1): 7.

① 见 1973 年 9 月 9 日侯德榜给李祉川的亲笔信。

- [21] 王正华, 陈歆文. 对我国纯碱工业三十年发展的几点体会[J]. 纯碱工业, 1979(5): 20.
- [22] 华工. 联合制碱发展经过及其前景展望[J]. 纯碱工业, 1979(5): 77.
- [23] 周则芳, 毛知耘. 植物、土壤氯浓度临界值的研究[J]. 纯碱工业, 1988(5): 6-11.
- [24] 王锡玲. 含氯化肥研究课题总结会在上海结束[J]. 纯碱工业, 1990(4): 62-63.
- [25] 刘立新. 含氯化肥科学施肥和机理研究三年小结[J]. 纯碱工业, 1993(1): 1-5.
- [26] 陆建军. 农用氯化铵机械造粒装置及运行情况简介[J]. 纯碱工业, 1993(3): 59-63.
- [27] 底同立. 辉煌的成就, 神圣的使命[J]. 纯碱工业, 2007(5): 5.

Hou's Process for Soda Manufacture in China

Ye Qing

(China Center for Modernization Research, Chinese Academy of Science, Beijing 100190)

Abstract: Hou's process for soda manufacture, also called combined process, was invented in 1940s and developed in 1960s by the group of Chinese engineers led by Hou Te-pang. By the original archives and interviewing material, the author delineates the history of Hou's process from its origin and experiments to engineering designs, construction and going into production, then, summarizes both the successful experience and some deficiencies in the period of using this method. In particular, by this work, the author hopes to provide useful reference for the present engineering construction.

Key words: combined process for manufacture of soda ash and ammonium chloride; chemistry engineering; Hou Te-pang; Hou's process for soda manufacture

□责任编辑：王佩琼