

“老科学家学术成长资料采集工程”系列报道 ②94



侯德榜

拓荒化工路 德炳华夏榜

走近中国近现代化学工业奠基人侯德榜（下）

本版组稿负责人：张佳静

4 自力更生,改进查安法

侯德榜突破索尔维法的封锁，将中国制碱业长年以来受西方技术压制和经济打击的屈辱一扫而空，在中国复兴技术、经济和反抗帝国主义压迫的崛起之路上留下浓重一笔。

1929 年，自主经营的永利公司终于实现了盈利，第一次向股东发放利息。侯德榜也终于度过了最艰难的时刻，有了更多时间去思考个人和碱厂的发展方向。

1931 年，侯德榜在北京中华促进教育文化基金会的资助下前往美国进修，并筹备出版《纯碱制造》一书，将他自主摸索出的索尔维法公之于世。

这次的美国之行，侯德榜还有一个目的——参观学习制氨、制酸工业。对于怀有工业救国、科学救国之抱负的永利人来说，振兴中国化工永远是第一要务。在制碱业蒸蒸日上的同时，中国合成氨、制酸产业也亟待发展，人们急需用上国产的氨气、硫酸和硝酸这些化工、肥料都离不开的原料。因此，永利公司刚刚站稳脚跟，便萌生兴建硫酸厂和铵厂的想法。

1936 年，在美国调研学习结束的侯德榜回国主持我国第一个规模宏大、设备先进的化工厂——南京永利硫酸铵厂（以下简称硫酸铵厂）的建设。次年 1 月，硫酸铵厂投入生产，可以稳定产出硫酸铵化肥、硫酸、硝酸、氨气等产品。至此，我国现代化学工业的根基（碱、氨、酸）已经奠定。

然而天有不测风云，1937 年 7 月，硫酸铵厂才刚刚投产几个月，抗日战争就全面爆发了。天津、上海、南京迅速沦陷，天津塘沽的制碱厂和南京的硫酸铵厂也被炮火波及，生产被迫停止。

日渐紧张的局面，让永利人意识到沿海工厂已落入敌人之手，当务之急是收集重要

的文件、生产资料，让所有技术人员和工人带着它们前往更安全的地方，重建工厂。对于永利人来说，绝对没有向敌人屈服的选项，更不会放弃自己辛苦经营二十载、振兴中国化工产业的希望。

1938 年元旦，永利公司的核心成员到达武汉汉口集合，共同商讨公司的未来去向。会议上，范旭东力排众议，决定积极自救，将制碱厂和制盐厂迁往盐矿丰富的四川。

侯德榜立马带领同事，冒着敌机轰炸的危险，翻山越岭、调研环境、勘察资源，最终选中乐山市犍为县岷江东岸附近的老龙坝作为厂址，兴建永利川厂。此处交通方便，盛产食盐、烟煤、石灰石等原料，十分适合建立制碱厂。

当时，侯德榜负责永利川厂乃至整个华西化工基地的建设，这时他又面临一个严重的现实问题：四川盛产的井盐成本太高。想从盐井中获得食盐，需工人凿开盐井，下探到 1000 多米深处吊出盐卤，才能煮出粗盐。

相较于塘沽的精盐，四川井盐的人力成本和工艺复杂度都很高，因此售价也是塘沽精盐的几十倍。索尔维法对食盐的利用率仅有 70%，在塘沽时盐价低廉，这个缺点被掩盖，而在价格高昂的四川井盐面前，食盐利用率低便成了索尔维法的致命缺陷。

在一番深思熟虑之后，侯德榜决定放弃自己苦苦摸索出的索尔维法，寻找新式制碱法。

其实，欧洲早就开始针对食盐利用率低和废渣多的索尔维法进行改造，1924 年德国人创造了一种以碳酸氢铵和食盐为原料的方法生产纯碱和氯化铵，即查安法。该方法的食盐利用率超过 90%，但工艺尚不完善，无法连续生产。侯德榜认为这种方法有很好的发展

5 推陈出新,创立联合制碱法

在侯德榜眼里，改进查安法的新式制碱法仍然不是最理想的制碱方法。

索尔维法的原理是将氨气和二氧化碳通入饱和食盐中得到氯化铵溶液和碳酸氢钠沉淀，氯化铵溶液用石灰水处理回收氨气，碳酸氢钠沉淀煅烧得到纯碱，生成的二氧化碳则可回收利用。其优点是原料直接在反应塔反应，可以连续生产，但食盐利用率低，产生大量氯化钙废渣；查安法是以碳酸氢铵和食盐为原料，直接生成碳酸氢钠和氯化铵，没有废液废渣，食盐利用率高，但是原料处理复杂，难以连续化生产。

侯德榜以他多年的知识和经验，准确地捕捉到了将二者优点结合起来的关键词：连续化。他琢磨，如果能将制氨和制碱联合起来，是不是既可以利用索尔维法的连续化优势，又能参考查安法的原理节省食盐。1942 年 3 月，侯德榜首次在信件中提到从合成氨出发的制碱流程，即大名鼎鼎的联合制碱法（后被称为“侯氏制碱法”）。

经过一年时间的筹备，联合制碱法的试验装置在四川落成。仅用了两三个月的时间，试验就取得了成功。

一个和传统制碱法全然不同的联合制碱法诞生了。

联合制碱法采用了索尔维法反应原理，利用碳化塔中二氧化碳通入含氨的饱和盐母液，简便地得到碳酸氢铵和氯化铵，又吸收了查安法的分离工艺，通过加盐的方法分离氯化铵，母液循环使用，避免了废液废渣的产生，极大地提高了食盐的利用率。最后创造性地将合成氨工艺和制碱工艺联合起来，碳化塔中的二氧化碳由合成氨反应供给，提纯的母液可以直接吸收合成出来的氨。整个体系形成一个循环，可以以极高的效率生产纯碱和氯化铵。

该方法融合了两种传统制碱法的精华，而且它所需要的设备数量比两厂分建降低三分之一，生产纯碱的成本更是降到了原来的 60%。

6 兼善天下,出版《纯碱制造》

上世纪 30 年代初，在突破索尔维法后，侯德榜有了一些空闲时间去总结自己过去的技术经验。

在永利制碱厂创业初期的遭遇，使侯德榜对西方封锁索尔维法的垄断行为深恶痛绝。这些技术本该为全世界所用、为全人类谋求更好的生活，却在垄断集团的手中成为抢占市场、大肆侵吞资本的刀刀，击垮了落后国家的工业。他下定决心要将自己摸索出的制碱技术写成书，彻底冲破这一枷锁，造福天下。

侯德榜花了一年多时间，和永利的技师、工人进行交流，查阅大量资料，用英文写下了这部巨著的初稿。为了让书籍内容准确翔实、通俗易懂，既有原理指导又有实际操作细节，侯德榜特意找来刚进永利不久、完全不懂制碱的机械系大学生帮忙阅读初稿，反馈意见。在他心中，这本书应当是一个全世界都能读懂并能运用的制碱知识库，一个能帮助落后国家砸碎制碱技术封锁镣铐的重锤。

1931 年，身在美国的侯德榜怀揣这一想法，将全面整理修改后的手稿交付美国化学会。两年后，《纯碱制造》(Manufacture of Soda)在纽约出版，侯德榜在前言中写道：“本著作可以说是对存心严加保密达世纪之久的氨碱工艺的一个突破。书中叙述了氨碱制造方法。对其细节尽可能叙述详尽，并以做到切实可行为本书特点。书中内容是作者在厂 10 多年从直接参加操作中所获得的经验、记录、观察及心得等自然发展而形成的……作者认为，总的来说，制造厂已得到本工业独特要求的充分保护，而其细节只能通过多年实际操作、亲身体验方可获得。至于工厂的特殊环节，可以说任何一个好的设计师，通过一些试验都能得到好的解决方法。所以，无必要为工业对外保密……这是出版此书的基本动机。”

书中，侯德榜把自己十余年来探索出的制碱经验毫无保留地奉献给读者，既系统介绍了从天然碱、路布兰法、电解法到索尔维法

的制碱技术发展史，又针对索尔维法的原理、反应、参数、设备、工艺以及经济效益等方面进行了专业分析。

侯德榜这种不计个人利益的胸怀、决心打破技术壁垒的开放科学精神，获得了国际学术界和工业界的尊崇。美国化学家 E.O. Wilson 评价道：“《纯碱制造》是中国化学家对世界文明所作的重大贡献。”范旭东表示，“侯博士的著作现在风行各国，给全人类打开了制碱工程的秘境，比起索尔维的兢兢自守，侯博士的崇高气度尤其值得赞扬。”

不过，深谙学无止境之道的侯德榜并未满足于此，在该书出版后他一直认真接受来自各方面的建议和意见，耐心回复诸多请教细节的信件，追踪最新的制碱业动向。

一次，一名华侨学生向侯德榜请教如何成为一名潜科学的学生，侯德榜思考良久，回应道，“泰戈尔有句名言：‘鸟的翅膀系上黄金，就再也飞不起来了。’”通过这次对话，侯德榜决定要从《纯碱制造》的成功中走出来，从现实需要和实用性两个方面对该书进行更加充分的修正和完善。

在美国，侯德榜翻阅了大量资料，走访许多工厂，不断和专家、同行讨论分析制碱工业的发展历程及形势。回国后，战争尚未结束，他带着书籍资料四处奔走，历经一番艰辛后，终于完成了《纯碱制造》的修改工作。1942 年，第二版《纯碱制造》在纽约出版。

相较第一版，新版《纯碱制造》内容更加充实，新增《盐水精制》一章，丰富了索尔维法的工艺细节；分析了索尔维法的食盐利用率与废渣问题，介绍了查安法等改进方法；提出了改进原料、改间断为连续、联合纯碱和合成氨工业的意见，展现了联合制碱法的思想雏形。

新版《纯碱制造》以更详尽的工艺细节和更全面、创新的制碱思路又一次在国际化工界获誉无数，侯德榜精益求精、严谨细致的治学精神令人叹服。

前景，十分适合四川的生产条件。

1938 年 8 月，侯德榜带着几名技师前往德国，希望能从他们那里购买引进查安法专利。

不料，早已和日本私下结为轴心国的德国对中国毫无善意，对侯德榜一行采取严格的保密措施，对各种技术细节遮遮掩掩。在协商专利购买时，德国人不仅狮子大开口，还提出使用查安法生产的纯碱不允许在东三省出售的条件。这种蛮横霸道激怒了侯德榜，“难道黄头发、绿眼珠的人能搞出来，我们黑头发、黑眼珠的人就办不到吗？”他离德赴美，决定自力更生。

在纽约，侯德榜综合手中已有的查安法资料，制订了全面的试验计划。试验首先在川西进行，但设备、原料的奇缺使得他不得不将实验室转往香港。侯德榜在纽约远程指导试验，他详细列出所有试验细节和注意事项，设计了十几个条件，每个条件都必须重复 30 次以上。在侯德榜看来，这种摸索性质的试验唯有多次重复才能获取稳定的结果。整个试验共进行近 500 次，分析了 2000 多个样品，得到了大量可靠的数据。

1939 年 10 月，侯德榜从美国返回香港，总结试验结果，分析具体工艺步骤。一番研究后，他提出用固体碳酸氢铵取代水溶液反应的方法，以省去纯化、溶解碳酸氢铵的步骤，为连续化生产奠定条件。这是对原版查安法的一个改进。

原有的基础试验和新提出的改进试验继续在香港进行。是年年底，技术人员终于完成了所有的筛选试验，自主探索出查安法的全部工艺，并初步验证固体碳酸氢铵的实用性。次年，转往上海的中试也得出了同样结果——改进查安法取得巨大成功。侯德榜带领大家用勇气和智慧又一次回击了外国人的嚣张气焰，使中国在国际制碱业上再次扬眉吐气。

然而，作为一名化学工程师，侯德榜并不满足于现有方法——他想要创造一种更加先进、更适合中国工业的新方法。

然而，联合制碱法并没能像突破索尔维法那样，一出现便救永利于水火之中。由于长时间的战争，永利川厂的生产一直受到各方面因素的限制，联合制碱法无法实现大规模的生产。直到抗战结束，在共产党的领导与扶持下，经历了长时间的讨论、实践、检验与改良，联合制碱法才得以在全国推广。

值得一提的是，在诞生伊始，“侯氏制碱法”的价值更体现为一项突破性、极具创新性的技术，使世界制碱技术 routes 有兰法、索尔维法之后又出现了一个高峰。其思路始于节省成本的查安法，继而对查安法和索尔维法进行了原料处理、产品提纯与连续化生产、和合成氨结合的关键改革，第一次实现了制碱工业和合成氨工业的联合连续化循环生产。

在祖国饱受蹂躏、全国人民抵抗外敌入侵的时刻，侯德榜再次利用自己的知识、眼界、自主创新精神为中国纯碱工业作出了巨大贡献，为自信自强的中华民族注入一针强心剂，也在世界制碱工艺史上树立了一座丰碑。

1943 年 10 月 22 日，英国化工学会授予侯德榜名誉会员称号。当时，全世界被赠予这一称号的化学家包括侯德榜在内仅有 12 人。

还在审视自己多年来的工程生涯，还在思考如何在全国人民代表大会上传达意见，还在愧疚自己没能家乡办一个碱厂……

1934 年 8 月 26 日，侯德榜在北京病逝。

5 年后，中共中央为这位德高望重、劳苦功高的一代化工巨匠正名——1979 年 8 月，时任化工部部长孙敬文在八宝山革命公墓礼堂，为侯德榜的骨灰举行了隆重的覆盖党旗仪式，为其辉煌而伟大的一生画上句号。

1973 年 11 月，侯德榜自知时日无多，曾向周恩来总理写信道：“德榜年迈，体弱多病，恐亦不久于人世。一生蒙党和国家栽培，送出国留学，至今无以为报，拟于百岁之后，将家中所存国内较少的有参考书籍贡献给国家。请总理指定届时移存北京图书馆或中国科学院图书馆……”

他拼搏一生，只为报效祖国。而今，他的奋斗历程、他身上所展现出的奋发图强、百折不挠的精神随着这些宝贵藏书永远留存，为后人留下了科学的星星之火……

（作者单位：中科院理化技术研究所）



有感

侯德榜一生为中国乃至世界纯碱工业作出了巨大贡献——突破索尔维法、改进查安法、创造性地提出联合制碱法，将数十年的经验无私分享，极大推动了世界化工科技的发展……

而侯德榜所彰显的优秀品德，在他成为伟大的化学工程师的路上发挥了重要作用，这些精神与胸怀值得我们学习与传承。

学无止境的学习态度

侯德榜从小便勤奋好学，在祖父的指导下，一边劳动，一边挤出时间读书。在姑姑家发现的藏书让他沉浸在知识的海洋中，汲取营养、开拓眼界。长大后在英华书院、铁路学校、清华学堂、美国麻省理工学院和哥伦比亚大学的学习生涯中，侯德榜始终以勤奋刻苦、成绩优异的形象出现在众人面前。

进入永利制碱厂后，他也从未停止过阅读，并虚心向工人、技师请教。在写作《纯碱制造》一书时，侯德榜的书桌上堆满了各种书籍和资料，方便随时查阅补习。

“学习”二字始终贯穿着他的一生，不曾因困苦的条件、忙碌的工作而停止，也不曾因思想的犹豫、行动的懒惰而懈怠。这种学无止境的精神使得侯德榜一直保持着旺盛的思考能力，在工作上不断前进。

晚年，在受到不断干扰的情况下，侯德榜仍在研究、分析我国的化工生产情况，去世前一年还在召集同事讨论纯碱和化肥的生产规划。

侯德榜对中国近现代化学工业作出不可磨灭的贡献，与他终生坚持学习、不曾松懈是分不开的。

工业救国的远大抱负

侯德榜生长于中国最屈辱的年代，外国人在中国横行、欺凌百姓，而腐败的政府却无能为力。从小目睹这些场景的侯德榜早早立下“工业救国”“科学救国”的远大志向。他深知，唯有以强大的工业为基础，一个国家才能在世界民族之林中屹立不倒。

这种抱负影响了侯德榜一生，无论是求学之路还是化工生涯，他的判断基准都是能否为祖国工业作贡献——为了能在工业上有所建树，他选择了化学工业作为自己在美国的专攻；为了帮助陷入巨大危机的中国制碱业，他毅然放弃原本已有成果的制革专业；面对外国人的打压、封锁，他不屈服，再苦再难也要自力更生去突破索尔维法、查安法；全面抗战爆发后，敌人占领了天津、南京的工厂，他冒着敌机轰炸的危险前往四川建厂，因地制宜地研发出联合制碱法……

可以说，侯德榜人生中的几个重大抉择都是和他对祖国的热爱分不开的。这颗拳拳爱国之心支撑他穿过荆棘遍布的道路，引导他为祖国的化学工业贡献自己的知识与力量，最终铸就了中国近现代制碱史的丰碑。

独立自主的研发精神

侯德榜深知，自主研发对一个国家来说极其重要，只有拥有自己的技术、工厂，才不会受制于人。因此，他一直努力做一个勇于挑战、富有自主创新精神的人，而这正是他能突破索尔维法的封锁以及发明联合制碱法的关键所在。

在研究索尔维法的过程中，侯德榜对石灰窑、煅烧炉、滤碱机、冷却器以及回收系统都进行了创造性的改进，才得以成功。之后他又进行了大量试验，写出《纯碱制造》一书，彻底打破了国外的技术封锁，造福世界。

在德国考察查安法的时候，参观工厂被拒，甚至被要求产品不得在东三省出售，大为愤慨的侯德榜下定决心自主研发，最终创立了流程精简、成本低廉的联合制碱法。

侯德榜在研发制碱法的过程中，表现出极高的创造力以及对工程的理解力、掌控力，而非一味地生搬硬套，这是自主研发中不可或缺的因素。同时他也知晓，自主研发并不意味着从零开始、闭门造车，向领先的技术学习、和各方合作交流，对于研发成功有着重要意义。

严谨细致的科研风格

科学的成功取决于扎实的理论基础、严谨的科学态度、良好的科学素养。

侯德榜自幼好学，长大后在美国花费了很长时间学习化学工业，回国后又在制碱工业方面进行了大量阅读与研究、实践。他在碱、氨、酸以及有机化学方面有着极高造诣，同时，他也善于学习和运用工程方面的知识。他曾经在美国专修机械、电气及钢结构工程，对于化工机械的设计与制造十分熟悉，这一点从他主持多项化工厂修建与复建即可看出。

他对于新兴技术颇有洞见。上世纪 60 年代，合成纤维工业在欧美兴起，他立刻前去考察学习。他对聚乙烯、聚丙烯等聚合物兴趣甚浓，在设计硝酸吸收塔时，就大胆采用聚氯乙烷吸收板代替铜铁，从而延长了吸收塔的使用寿命。

侯德榜的科研风格是严谨、细致，对于自己不了解的领域，都会向更专业的人士请教。他十分重视现场细节，经常去工厂观察，向一线工人请教。遇到难题，必定追究到底，为此经常和美国制碱专家们联系交流，和他们结下友谊。

这些特质在他研发“红三角”牌纯碱和联合制碱法时起到了重要作用：敏锐的直觉与远见，使他能及时意识到突破索尔维法和研究联合制碱法对于当时国内纯碱生产的重要性；扎实的理论基础，使得他在面对生产问题时能迅速找出原因以及解决办法；制碱专业之外的工程知识，赋予了他设计、规划工厂生产的能力，而非纸上谈兵，大大提高了效率；进行联合制碱法试验时，他规定每套试验条件都要做 30 次以上，直到数据稳定才算合格，尽管身在纽约，每次试验他都会做详细指导……

侯德榜所彰显的爱国、勤奋、自强、严谨等精神，直到今天仍然值得我们学习。他一生拼搏，为我们树立了“榜样”，带给我们启迪和信心，照亮我们奋进之路。

「榜」样精神，照亮奋进之路

余创辉