

中國井鹽

科技史

方為題



林元雄
宋良曦
钟长永
马宗瑶
陈然
聂成勋

四川省“七五”期间哲学
社会科学重点科研项目

中国井盐科技史

林元雄 宋良曦 钟长永 著
马宗瑶 陈 然 聂成勋

四川科学技术出版社

1987年·成都

责任编辑：王 晓 洪荣泽

封面设计：张福祥

技术设计：吴向鸣

图片摄影：谢奇筹 周 兰

中国井盐科技史

林元雄 宋良曦 钟长永 著
马宗瑶 陈 然 聂成勋

四川科学技术出版社出版
(成都盐道街三号)

新华书店重庆发行所发行
自贡新华印刷厂印刷

ISBN7—5364—0498—0/T·2

1987年12月第一版 开本850×1168mm 1/32

1987年12月第一次印刷 字数 407 千

印数 1—2400 册 印张 17 插页 15

定价：7.50 元

目 录

导 论	1
-----------	---

第一篇 井盐地质概述

第一章 井盐地质学的形成和发展.....	49
第一节 盐矿地质及井盐开发利用技 术的先声.....	50
第二节 地质知识和井盐找矿开采技 术的萌芽.....	53
第三节 井盐地质及其找矿技术的奠 基.....	62
第四节 井盐地质科学体系的形成和 发展.....	75
第二章 井盐生产沿革及盐卤资源分布...	89
第一节 生产沿革.....	89
第二节 丰富的盐卤资源.....	116

第二篇 井盐钻井技术的发展

第三章 早期的凿井技术.....	128
第一节 产生井盐凿井技术的历史条 件.....	128
第二节 井盐凿井技术的起源和发 展.....	135

第三节	大口井及其开凿技术的衰落	141
第四章	机械钻井的先河——宋代卓筒井	145
第一节	卓筒井的发明	145
第二节	卓筒井钻凿工艺	152
第三节	从川北卓筒井看宋代卓筒井钻凿工艺技术	160
第五章	明代钻井技术的进步	168
第一节	明代钻井技术进步的社会经济条件	168
第二节	钻井工艺的突破	173
第六章	古代井盐钻井工艺的完善	184
第一节	井盐业的繁荣促进了钻井技术的成熟	184
第二节	冲击式(顿钻)凿井法的成熟	193
第三节	巧夺天工的修治井技术	213
第四节	四川自流井的凿井治井工具群	229
第七章	机器钻井	244
第一节	机器钻井的尝试	245
第二节	机器钻井的发展	254
第三节	岩盐双筒定向钻井技术的出现	265

第三篇 井盐开采技术的演进

第八章 卤水开采技术.....	273
第一节 自然盐泉的发现与采集.....	274
第二节 大口井时期的采卤技术.....	281
第三节 卓筒井采卤技术.....	290
第四节 明清时期采卤技术的发展.....	299
第五节 采卤天车的演变与构造.....	312
第六节 清末以来的采卤技术.....	320
第七节 采卤新技术.....	329
第九章 岩盐钻井水溶开采技术.....	337
第一节 岩盐的早期发现与开采.....	339
第二节 单井水溶提捞与自然连通开 采.....	342
第三节 单井对流法开采.....	350
第四节 压裂法开采与定向压裂.....	353
第五节 油(气)垫法开采.....	359
第六节 输卤技术的发展.....	364
第十章 天然气开采.....	376
第一节 天然气井的开凿与火井煮盐	376
第二节 天然气开采技术的发展.....	390
第三节 废盆采气的机理研究.....	405
第四节 自流井气田的开发.....	413

第四篇 井盐的制盐技术

第十一章 刮炭取盐.....	430
第一节 几条表现“刮炭取盐”的史	

料	430
第二节 “刮炭取盐”的生产工艺流程	431
第十二章 敞锅熬盐	435
第一节 燃 料	435
第二节 锅 型	444
第三节 灶 型	448
第四节 卤 水	461
第五节 敞锅熬盐工艺	477
第六节 敞锅制盐的主要设备	485
第七节 敞锅制盐的主要工具	486
第八节 品种和盐质	487
第十三章 真空制盐	496
第一节 早期的真空制盐	496
第二节 真空制盐技术的发展	498
第三节 利用黄、黑卤真空制盐试验成功	501
第四节 真空制盐的防垢和防腐及自动控制	502
第十四章 盐卤综合利用	504
第一节 趵突泉水的早期利用	504
第二节 揭开井卤化学成分之谜	506
第三节 盐化工业的兴起	510
第四节 盐化工业的发展	513
历代产盐地分布图	517
参考文献	527
后 记	538
图 版	540

导 论

一、缘 起

《中国井盐科技史》的撰写，缘于1982年10月在四川自贡市成立井盐史研究会时，与会学者在学术讨论中提出此研究课题。大家一致认为中国井盐开采历史悠久，文献史料十分丰富，“上自史传，下迄志书，旁及计臣奏章，私家著述，无不推阐尽致，一若惟盐为足供研究之问题也者。”理应有中国的井盐专史和通史。

近年来，中国井盐史的研究十分活跃，既有专业杂志，又有专著出版，发表了许多有学术价值和社会价值的研究成果，已引起了国内外史学界和科技界专家的浓厚兴趣和注视。中国长期处于封建统治之下，闭关锁国，重农抑商，思想专制，视科学技术为雕虫小技，而井盐凿井、开采技术却奇迹般地在四川等地发展起来，且历久不衰，沿着自己独特的道路发展。我们认为，中国盐业历史的研究，离开了井盐史便是失去了重心。井盐科学技术的发展，从来就是井盐业生产的推动力。所以，中

国盐业史以及井盐史的研究，已逐渐形成了一门国际性的研究课题，有许多学术问题值得深入探讨。历史悠久的中国井盐业，既是历代封建王朝取之不竭的财政源泉，又是与人民生活密切相关的行业。井盐史是中国科技史和经济史的一个十分重要的方面，也是探讨中国资本主义萌芽问题的一个典型。我们期望通过有志者的努力耕耘，有可能在不久的将来，培育出一门崭新的学科——中国盐学。

井盐史主要包括经济史和科技史两大部分，近年来，井盐经济史的研究已取得了不少成果，而科技史的研究还是一块急待开垦的处女地。此外，我国科技史的诸多著述中，常忽视中国古代井盐科技的成就和它在历史上的地位与作用，令人感到不无遗憾，而中国井盐科技的成就却引起国外的重视。中国井盐科技中的重大发明，已在李约瑟博士所著《中国科学技术史》中占了一席之地。我们认为，中国井盐科技史是应由中国人自己撰写的历史篇章。“述往事，思来者。”我们应将中国井盐科技成就作为中国古代科学技术的重大发明之一而载入史册；并追溯历史，反思深省，探讨曾经在世界上领先的井盐凿井技术，后来却不能发展成近代的石油钻井技术的历史原因。因此，井盐史研究会遂决定把编著《中国井盐科技史》一书，作为重大的研究课题。方毅同志于1986年来自视视察时，听了我们编写《中国井盐科技史》的汇报，给予我们很大的激励和鞭策，并高兴地题写了书名，使我们受到了鼓舞，增强了信心。

经过3年多来的史料搜集、考证和整理，掌握了大量的文献资料；经过各种专业科技工作者和井盐史研究者的通力合作，多次进行了专题讨论和实地考察，征集文物并录音、录像和拍摄了许多十分珍贵的照片，这在中国井盐史研究中是一次新的尝试。

在撰写过程中，我们力争较系统地介绍中国古代井盐科技成果，它产生的社会背景和历史条件，它的发展阶段和过程，它的历史地位和作用，以及新中国建立后井盐科学技术获得的蓬勃发展。

本书内容的编排按井盐科技的专业特点，主要划分为：井盐地质、钻井、开采和制盐等四大部分。同时充分考虑到历史朝代体系的顺序，并结合中国井盐科技发展阶段中的特征，力图作纵的叙述和横的对比。

这部多种专业相溶合的科技史，是井盐史研究者和科技工作者首次合作的成果，这是第一部反映了我国井盐科技发展的专业史，也是自然科学和社会科学，近代科技和传统史学的结合。因此，我们既力求避免硬套自然科学的方法，又顾及到历史科学的特点，来探索井盐科技的发展规律，并从东西方井盐科技发展对比中得到一定的历史启迪和反思。我们热切希望奉献此书给读者，以激励我们缅怀伟大的中华民族的祖先，在中国古代井盐科技发展中辛勤的开拓、伟大的发明和光辉的业绩。指南针、火药、造纸和印刷术等中华民族的四大发明，已经载入了史册，中国古代凿井技术的发明，堪与这四大发明并列生辉，应作为中国的第五大发明。这一精湛的、巧夺天工的凿井技术，开创了西方近代绳式顿钻钻井方法的先河，无愧于近代“石油钻井之父”的称誉，理应载诸史册，传之后世。

“嚶其鸣矣，求其友声”，为了推进中国井盐史的研究，我们殷切希望国内外从事中国井盐史研究的学者和专家，多提出宝贵的意见，不吝指教，对一些重大的学术问题提倡“百家争鸣”，展开讨论，互相切磋，共同提高，“探赜索隐，钩深致远”，了解过去，探索未来，使中国井盐科技史的研究得到更大的发展。

四川省自贡市盐业历史博物馆陈列有，从钻井、采卤、制

盐、天然气开采等的文物和史料，再现了两千多年以来我国井盐生产技术和演进，是国内唯一的井盐科学技术史博物馆；并公开发行有《盐业史研究》季刊，是国内唯一的盐业史的专业刊物。井盐史研究会设在馆内，它现在是国内井盐史研究者活动的中心，为推动我国井盐史的研究起到了很大的作用。（见图版1）

二、井盐及其井盐开拓者的业绩

中国古代最早开采的是天然卤水，它分为地表卤水和地下卤水两种。地表卤水是中国先民最初发现的天然卤水，它在地球表面或离地表不深的晶间、淤泥和岩石的孔隙中。地下卤水是埋于地层的深处，埋藏较深，封闭良好，具有比地表卤水更高的矿化度，需用钻井方法才能开采出来。卤水的分布大都与含盐或含油地层有密切关系，我国西北、西南以及中南一些地区，卤水的分布就有这样的规律。

中国井盐开发，有两千多年的悠久历史。卤水资源丰富，分布遍及四川、云南、贵州、甘肃、青海、西藏、新疆、湖北、江西、山东等地。地下卤水的埋藏深度，以碳酸盐岩中的卤水埋藏较深，塔里木盆地在1500米左右，四川盆地、江汉盆地、渤海湾盆地卤水层埋深一般超过1000米，在1000~3000米或更深些；陆相碎屑岩中的卤水埋藏较浅，一般从几百到一千多米。^①我国早期井盐卤水开采仅局限于四川、云南、西藏、甘肃等地，且主要集中于四川。四川是我国井盐开采的发祥地，盐都自贡是我国井盐科学技术创造和发明的集中处。

按照现代矿产种类来区分，井盐是指天然卤水（氯化钠），

^① 成都地质学院：《地下卤水》，1979。

包含地表卤水和地下深层卤水两部分，它与固体（态）岩盐区别开^①，这种划分与我国古代对于井盐的释义基本相吻合。古代所谓“凿井取卤，煎炼成盐，名曰井盐。”^②以及“凿井为盐”^③，所以井盐释义是以凿井方法，开采地表或地下天然卤水。

中国井盐开采最早的是地表浅部的天然卤水，它的开采时间长达1200多年。到11世纪中叶北宋时发明卓筒井小口径深井凿井方法，才开始开采地下深层卤水。我国岩盐^④的发现较早，但零星开采时间较长。19世纪末才开始进行大规模工业性开采。早期主要在四川和云南，而集中在四川自贡地区，它是我国盐岩水溶开采的发源地，也是中国井盐科学技术发明创造的发祥地，创造出我国一套完整而精湛的凿井技术和采卤采气的工艺。因此，井盐不仅包括天然卤水，同时也包括岩盐。它的释义是采用钻井方法建井，开采地下液体（态）天然卤水（氯化钠）和固体（态）岩盐的两种盐类矿种。本书编写的井盐科技史，就是采用此释义的。

人所共知，中国井盐开采历史始于公元前255～前251年，秦昭王任李冰为蜀守，“冰能知天文地理，……又识齐水脉，穿广都盐井”^⑤，才揭开了中国井盐开发历史的序幕。李冰是战国时期的著名水利专家，也是中国井盐凿井的开拓者。

李冰领导四川劳动人民大力兴修水利工程，在挖山、移土、

4

① 刘清泉、高宇天主编：《四川省经济地理》，1983。

② 林振翰：《盐政辞典》。

③ 《宋史》食货下五。

④ 盐岩（Saline rock）是一种以钾、钠、钙、镁的氯化物及硫酸盐矿物为主要成分的纯化学成因沉积岩。常见矿物成分有石膏、硬石膏、石盐、钾盐、光卤石等。按成分可分岩盐、石膏、硬石膏、钾镁质岩等。形成于干燥气候带的湖泊和泻湖中。

⑤ （晋）常璩《华阳国志·蜀志》。

凿石中发现了地下卤水，史籍称李冰“又识齐水脉”，“齐水”是指地壳下流出的天然卤水。但对“齐水脉”亦有不同的解释。据《周礼·天官·盐人》中“盐人……凡齐事，鬻盐以待戒令”，郑玄注曰：“齐事，和五味之事”，《汉书·艺文志·医经》中有：“调百药齐和之所宜”，故“齐”即调和之意。我们考之“齐水脉”中“齐”与“跻”通，含有上升之意。《礼记·乐记》中有：“地气上齐”，符合天然卤水系从地壳下深处上升流出。另从“齐水脉”作整体解，所谓“水脉”指地下的伏流，形状如人体脉络故名，亦称泉脉。据张华《博物志》中写道：“流沙知余里，中无水，时时有伏流处，人莫能知。皆乘骆驼，骆驼知水脉，过其处辄停，不肯行，以足踏地，人于踏处，掘之辄得水。”南宋爱国诗人陆游到四川荣州摄理州事时，看到卓筒小井汲卤情景十分赞叹曰：“若荣州则井绝小，仅容一竹筒，真海眼也。”在这里“海眼”即潜流于地下的井泉之水，《岳阳·风土记》中“海眼在嵩州曰夹道，潜通江海，今湖泥湮没，不复如昔”。所以，“齐水脉”作为从地壳深处流出的天然卤水之解，更符合天然卤水的特征。史籍又称李冰平南安盐溉^①，盐溉也就是从地下流出的天然卤水。^②显然，李冰在四川兴修水利工程中发现了地下的卤水。秦灭蜀后，大量移民入蜀，带来了中原文化和先进的技术和人才，其中包括了中原凿水井的技术，加上当时四川人口增加，要求更多的食盐需量，形成社会的需要，这些客观条件和李冰的个人才智，李冰才有可能因势利导，在四川兴修水利和开凿盐井，使四川成为天府

①（晋）常璩《华阳国志·蜀志》：“治有青衣江会县溉，有滩……曰盐溉，李冰所平也”。

② 溉（xiè械）通漑，《史记·司马相如列传》中有“澎湃沆漑”，漑亦作溉解。司马彪云：“澎湃水声，沆漑徐流也。”可见，盐溉应是从地下流出的天然卤水。

之国，“盛有养生之饶焉”，李冰的丰功伟绩应载入中国井盐科技史的首页（图版2）。

中国凿井技术源远流长，史书记载“黄帝穿井”^①，“伯益作井”^②，“舜穿井”^③。早在殷商时期，中原一带古代先民已知凿井而饮。井盐凿井技术源于古代水井。凿井技术，从公元前255～前251年李冰凿广都盐井起，直到公元1040年，是我国井盐凿井技术发展的第一阶段，称它为大口径浅井时期。这种凿井技术十分原始和落后，劳动者需在地下坑内使用钎、锄、凿等简易挖掘工具，至少得留有一人挥锄挖掘、运土的空间。所以早期盐井口径很大，典型的要算唐代“陵井纵广三十丈，深八十余丈，益都盐井甚多，此井最大，”^④一口大口径盐井经年累月数载而成，所谓“蜀古井……其凿之甚难，其入之甚深，汲之甚苦。”^⑤陵井一例，可窥一斑。

大口径盐井凿井方法历时最久，上迄李冰倡导开凿盐井始，下迄北宋时期发明了卓筒井凿井技术，时间长达1200多年，才被先进的小口径卓筒井凿井方法所代替。从此，中国井盐凿井技术进入第二阶段，即卓筒井凿井技术发展的历史时期，开始了开采地下深处的天然卤水，也是人类最早创造凿井技术开发埋藏在地下深处的矿业宝藏。

“卓筒井”此名称始于北宋，它的名称和人类最早出现的绳式冲击式钻井方法联系在一起，也是世界上最早创造的绳式冲击式钻井方法的同义语。“卓”字为植立之貌，例如苏辙在《次

① 《周书》。

② 《世本》。

③ 《史记·五帝本纪》。

④ 唐《元和郡县志》卷三十三。

⑤ 清光绪《潼川府志》卷十一。

韵洞山克文长老诗中云：“天地容锥卓，年来转觉贫。”作卓然，卓尔和卓立解。“筒”字是竹筒之粗大者，例如杜甫在《引水》诗中云：“白帝城西万竹蟠，接筒引水喉不干。”可知卓筒井即是直立粗大竹筒的盐井也。

卓筒井从狭义来说，指卓筒井创造初期凿出井孔，采用竹为套管下入井中的井身结构，所谓“凿地植竹，为之卓筒井”^①；从广义来说，它是泛指小口径盐井的凿井工艺技术，一般采用后者的概念，指凿井方法而言。

最早较详记载卓筒井发明时间、地点、钻头、深度、井身结构和采卤工具结构的，当推北宋时期我国著名文学家、书画家苏轼（1031～1101年）和文同（1018～1079年）。

“自庆历、皇祐以来，蜀始创筒井，用圜刃凿，如碗大，深者数十丈。以巨竹去节，牝牡相銜为井，以隔横入淡水，则咸泉自上，又以竹之差小者，出入井中为桶，无底而窍其上，悬熟皮数寸，出入水中，气自呼吸而启闭之，一桶致水数斗。凡筒井皆用机械，利之所在，人无不知。”^②

“伏见管内井研县，去州治百里，地势深险最僻陋，在昔为山中小邑，于今已谓要聚索治之处。盖自庆历以来，始因土人凿地植竹为之卓筒井，以取咸泉，鬻炼盐色，后来其民尽能此法，为者甚众。”^③

卓筒井发祥于四川井研县和荣州等地。它的发明时间，按照文同所述应在庆历年间（1041～1048年），可能更早些。因为卓筒井是私凿盐井，“其所谓卓筒井者，以其临时易为藏掩，官司悉不能知其其实多少数目。”^④这反映出当时卓筒井是处于不合

①（宋）文同：《丹渊集》。

②（宋）苏轼：《蜀盐说》。

③（宋）文同：《奏为乞差京朝官知井研县事》。

④（宋）苏轼：《蜀盐说》。

法的地位。一种新的凿井技术的产生至少须经历：从意识萌芽、摸索试验到基本具有实用价值为止，应有一段较长的发展阶段，况且在封建制度的桎梏下，历来盐铁官营，严禁私盐，遑论凿井。所以卓筒井能够推广，“后来其民尽能此法，为者甚众”，从发明到问世推广，由非法到承认，无疑是经历了漫长的曲折道路，这是殆无疑义的。

发明卓筒井凿井方法是“始因土人凿地植竹，为之卓筒井”的所谓“土人”。西南地区，是少数民族聚居之地，北宋神宗与沈括君臣商讨禁绝四川私盐时，沈括在回答中就说过，“然忠、万、戎、泸间夷界小井尤多，止之实难”。^①这充分说明卓筒井凿井方法当时盛行于少数民族聚居地区。卓筒井既是“山谷之民，相地凿井”^②，“深山中产土盐，夷人知地脉识之”^③，可见卓筒井是我国四川少数民族创造的。我国少数民族人民勤劳勇敢，富有创造发明才能，他们与汉族人民一道，为中华民族光辉灿烂的文化和科学技术作出了许多伟大的贡献。元代天文学家有回族扎马鲁丁，农学家有维吾尔族鲁明善、清代数学家有蒙古族明安国，近代云南白药发明人是彝族曲焕章等。卓筒井凿井技术的发明家可惜今已佚名，可能也无法稽考，但是，卓筒井的发明应归功于少数民族人民的创造并非臆断。

我国井盐凿井技术始于战国李冰倡导凿井煮盐，他是我国人工挖掘大口径浅井凿井方法的开拓者。卓筒井凿井方法首创于11世纪中叶，是世界上最早出现的采用竹筒为套管的小口径凿井工艺，是人类首次采用钻井方法向地下深处凿井来开发地下盐卤资源，是世界上最早创造出的绳索冲击式凿井技术，是

① 《宋史》食货志下五。

② 《续文献通考》卷十九。

③ （清）李心衡：《金川琐记》卷四。

近代西方绳式顿钻钻井方法的先河，是现代“石油钻井之父”。卓筒井凿井技术的发明对石油工业的发展、能源的变革和人类文明与进步作出了伟大的贡献。

三、我国井盐技术中最重要的发明

——凿井技术和盐盆采气

我国历代劳动人民在井盐技术中有许多创造发明，其中最突出的应是享有“世界钻井之父”“石油钻井之父”的盛誉的凿井技术，许多重大的工艺技术仍为今天石油钻井技术中所采用。我国古代凿井技术的主要成就体现在以下几个方面：

(1) 始创套管隔水法：卓筒井凿井^①方法于11世纪中叶问世时，就开始采用竹子作为固井的套管，它的结构是“牝牡相衔”，外缠麻绳，内涂油灰，它是世界钻井技术史上最早出现的套管。当时中国人已经知道钻井中套管的功用和它的重要性，起到“以隔横入淡水”，防止钻进中地下含水层中淡水的侵入，影响到钻进安全；防止淡水侵入井内，淡化天然卤水的浓度，以保证“咸泉自上”。

凿井中用竹子做套管隔水，确是中國人在凿井技术中一大创造，历来为人忽视。

中国人在凿井中采用竹子作套管，是与四川的地理环境和生态环境有密切关系的。四川气候温和，雨量充沛，空气湿润，尤适宜于竹子生长。四川劳动人民早在二几千年前就知道种植竹子和利用竹子，用途非常广泛，诸如人民生活用品中用竹子编筐、扭绳、作架、树笆、盛器和造屋；在农业中用竹子

^① “凿井”和“钻井”是同义语，有时为了区别，将古代钻井称为“凿井”，以与近代钻井相区别。