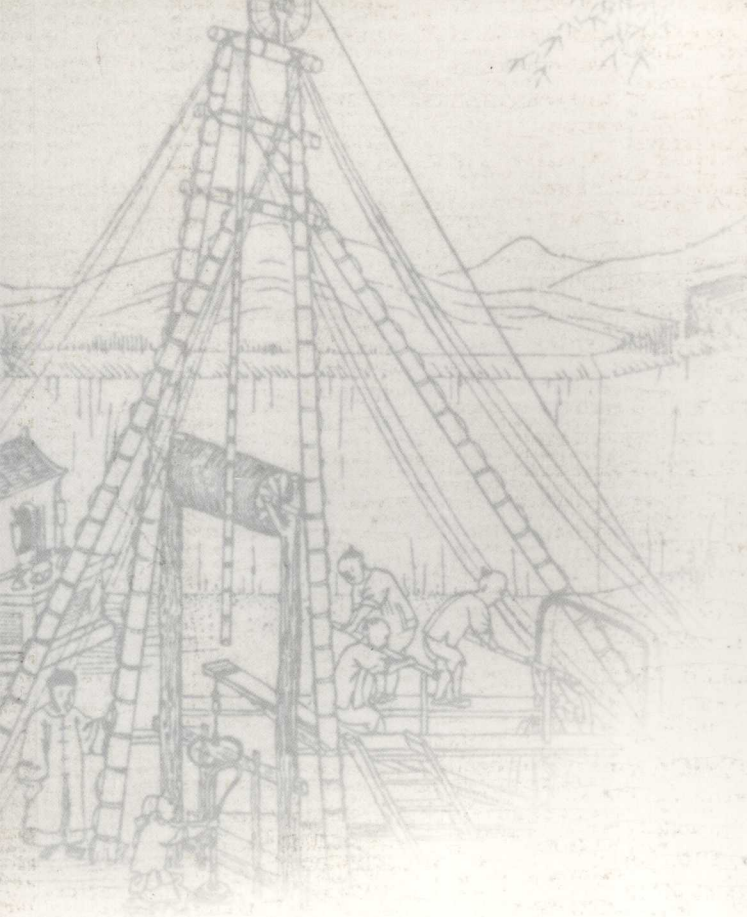




“十五”国家出版规划重点图书

中国科学院高技术研究与发展

“九五”重大项目

《中国古代工程技术史大系》

主编 / 路甬祥

刘德林 周志征 刘 瑛 / 著

山西出版集团

山西教育出版社

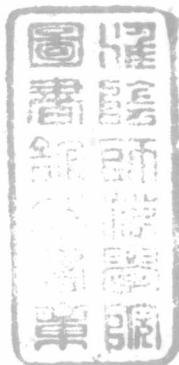
中国古代 井盐及油气钻采 工程技术史

1390725

ZHONGGUO GUDAI

JINGYAN JI YOUQI ZUANCAI

GONGCHENG JISHUSHI



中国古代 井盐及油气钻采 工程技术史

刘德林 周志征 刘瑛 / 著

山西出版集团
山西教育出版社



淮阴师院图书馆 1390725

图书在版编目(CIP)数据

中国古代井盐及油气钻采工程技术史/刘德林,周志征,刘瑛著. —太原:

山西教育出版社,2010.7

ISBN 978-7-5440-2799-1

I. ①中… II. ①刘…②周…③刘… III. ①井盐-技术史-中国-古代
②油气钻井-技术史-中国③石油开采-技术史-中国 IV. ①TS351-092
②TE242-092③TE355-092

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第101880号

中国古代井盐及油气钻采工程技术史

ZHONGGUOGUDAIJINGYANJIYOUQIZUANCAIGONGCHENGJISHUSHI

出版策划 王佩琼

责任编辑 康 键

复 审 刘立平

终 审 荆作栋

装帧设计 王耀斌

印装监制 贾永胜

出版发行 山西出版集团·山西教育出版社

(太原市水西门街馒头巷7号 电话:4035711 邮编:030002)

印 装 山西新华印业有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 34.5

字 数 719千字

版 次 2010年7月第1版 2010年7月山西第1次印刷

印 数 1—5000册

书 号 ISBN 978-7-5440-2799-1

定 价 110.00元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷厂联系调换。电话:0351-4120948

序言

2007年

“工程技术”活动是人类最为基本的社会实践之一。现代工程技术主要表现为以科学发现来引导技术创新，并应用于生产；又围绕生产过程对技术实行集成，并以理论的形态，形成诸多独立的学科，起到联结科学与生产的桥梁作用。工程技术是在人类利用和改造自然的实践过程中逐渐产生，并发展起来的，在古代，人们只有有限，且不太系统的科学知识；科学与生产的联系也不像今天这样直接和紧密。古代工程技术，主要表现为累积了世代经验的生产手段和方法，这些手段和方法，有的经过了一定的总结和概括，有的就蕴含于生产过程之中。当然，由于目的及所采用的手段和方法的不同，古代工程技术也形成了许多门类。就中国古代工程技术而言，最为主要的有以下内容：采矿技术、冶铸技术、机械技术、建筑技术、水利技术、纺织和印染技术、造纸和印刷技术、陶瓷技术、军事技术、日用化工技术等。这些门类，也就是《中国古代工程技术史大系》所要包括的内容。

在科学技术突飞猛进的现代，来研究中国古代工程技术史，我觉得不能不思考三个问题，一是中国古代工程技术发展的特点或规律，二是中国古代工程技术实践的历史意义，三是中国古代工程技术实践的现实价值。我是学现代工程技术的，近些年因工作关系，与科学史界有较多接触，这次《中国古代工程技术史大系》编委会要我担任主编，也促使我有意识地对这些问题进行了思考，借此机会，谨将一些初步的认识梳理罗列于下，以与海内外科学史界的朋友交流、讨论。

（1）中国古代工程技术发展的主要特点

根植于中华农业文明，发展进程具有连续性、渐进性和相对独立性。

国家因素起着重大作用，具有强大组织功能的中央集权制国家机器推动产生了一系列规模宏大的工程技术实践。

独特的环境、独特的资源和独特的历史，孕育了诸多独特的发明创造。

辽阔与各具特点的地域，既孕育了丰富多样的技术成果，也导致了技术发展的地区差异

（2）中国古代工程技术实践的历史意义

与中国古代农业技术相结合，共同构成了中华农业文明体系的技术基础。

以富有特色的大量发明创造，形成了世界古代工程技术的独特体系。

以一系列独具匠心的发明，对人类文明进步和近代世界发展作出了贡献。

凝聚了中国古人对于自然以及人与自然关系的丰富而独到的认识。

(3) 中国古代工程技术实践的现实价值

当前我们正面临一个全球化的时代，现代化和全球化不能以失落传统为代价，未来世界应当是一个高度发达，同时又保有多样文化传统的多彩世界，中国古代工程技术实践的成果结晶既是中华民族文化传统的有机组成部分，也是人类科学技术传统的重要组成部分。

基于“敬天悯人”的意识，中国先贤一直以“顺天而动”、“因时制宜”、“顺势利导”、“节约民力”为工程技术活动的重要原则，由于多种因素的交互作用，既有成功，也有失败，这部“悲欣交集”的历史长卷，对于今天的工程技术实践乃至整个人类的活动，仍有丰富的启迪意义。历史的经验和教训从来都是一笔宝贵的财富，后来者要善于以史为鉴、服务当今、创造未来。

以上诸点，只是粗线条的概括性认识。我相信，本书各卷的撰著者，必然都从各自的领域和角度对这些问题进行了深入的思考，并以大量的资料进行论证，从而得出自己独立的见解，为读者展现出丰富而生动的学术成果。

中国科技史研究以往存在重数理而轻技术的现象，我希望这次通过编纂《中国古代工程技术史大系》，能够集中全国各方面专家学者的力量，对中国古代工程技术实践进行系统的整理和研究，力求科学地理解中国古代工程技术发展的历史，并对以往有关中国古代工程技术史的研究进行一次总结。

前 言

中国有几千年的文明历史，古代科学技术的成就，博大精深，辉煌灿烂，源远流长，曾在一个相当长的历史时期里，走在世界最前列，脍炙人口、举世赞誉的四大发明——造纸、印刷术、火药、指南针，对西方近代科技的创立、兴起及人类社会的进步，起了巨大作用。在光彩夺目的中国古代科技发明中，井盐钻采工程技术，乃同“四大发明”一样，是属于中国、亦是属于人类社会重大的科技成果。

中国泉盐和井盐生产，历史悠久，名扬中外。上至新石器时代晚期（盐泉发现和利用），下迄清（代）末，上下四千多年。特别是从公元前 250 余年开始，至 1840 年鸦片战争以前，历时约 2 100 年，中国井盐开采技术一直遥居世界领先地位。在这漫长的历史时期里，井盐钻采工程技术不断进展和完善，屡有发明和创造，取得了举世无双的成就。

六年以来，我们潜心研究，广揽博采，并遵照“大系”的宗旨、内容、体例要求，撰成《中国古代井盐及油气钻采工程技术史》卷。在此，特将本卷的基本内容、各章之间的关系及钻井技术在中国科技史上和世界钻井史上的特殊地位，加以简洁的说明。

一、井盐卷的基本内容

（一）我国古代井盐及油气钻采工程技术的主要成就，有四项遥居世界领先地位，成为世界最早的重大发明和创造

1. 我国古代钻井技术的重大发明——为现代钻井技术开创了先河

我国古代井盐深井钻探技术，于北宋中期发明（北宋中期以前为人工挖井技术），明代获得重大改进，清代臻于完善。特别是北宋中期（1041—1054）发明的卓筒井工艺，则是中外钻井史上的一块丰碑，具有划时代的意义。它的重大科技价值及历史价值：一是在人类历史上首次发明了先进的机械钻井技术，取代了落后笨重的人工挖井方法；二是开创了现代钻井技术的先河，奠定了现代深井（如油气井等）的雏型；三是卓筒井工艺的发明和发展，为向地层深部开拓，开采地下深处岩石中富存的盐卤、石油、天然气及地下水等矿产资源，创造了极为有利的条件。

继我国北宋中期卓筒井发明之后，俄国和美国的钻井技术，先后也得到了发展。据两国史料记载，俄国应用钻井技术开发盐田，肇始于 12 世纪。美国使用钻井技术钻探盐井，发端于 19 世纪初。为此，俄、美两国初始的钻井技术，分别比我国要晚约一个世纪和七个多世纪。由此可证，中国是世界上最早发明钻井技术的国家，理所当然推崇应为世界第一。

2. 我国古代石油和天然气独创的钻采工艺技术——遥居世界油气钻采技术领先的地位

（1）中国最早钻成世界第一口石油井

我国不仅是世界深钻技术最早的发明者，亦是世界石油井最早的开拓者。

我国至迟在西汉，陕北高奴县的人民就发现了石油。在古代，中国是世界上最早发现和利用石油仅有的少数几个国家之一。据东汉历史学家班固著的《汉书·地理志》卷三记载，高奴县的洧水，“水上有肥（即石油）；可接取用之”。可见，中国先民较早就开始发现、采集和利用石油了。但是，钻井采油技术，西方却起步很晚。中国人在明代应用卓筒井钻凿技术，最早钻成世界第一口石油井，实现了石油钻采新工艺的应用。

这口石油井是在钻探盐井过程中发现了石油，史称“偶得油水”^①。由此，即将盐井改名为“油井”，根据明代盐井的钻探水平，可认定油井深度在300~400米。它的钻成年代，乃是明朝正德末年（1521年）；油井地址，在四川嘉州（今四川乐山地区）。至此，四川的油井在各州县如雨后春笋般地发展起来。我国四川嘉州钻成的油井，比俄国技师西蒙诺夫于1848年钻成的第一口油井要早327年；又比美国狄拉克在1859年钻成的第一口油井早338年，而且油井钻深也远远超过俄、美两国油井的深度。

（2）我国古代天然气开采技术和天然气新能源的利用，处于世界领先水平

早期，世界上最早发现和采集天然气的亦只有少数几个国家（中国名列其中）。但这种发现和采集多属地面零星的气苗。而从地下大量的、集中地开采天然气和天然气新能源的利用，我国则是世界上最早的国家。两千多年以来，四川井盐生产在井盐开采过程中，不仅发现了有工业价值的石油，而且还发现了极丰富的天然气。天然气的开采和利用，乃是井盐生产的一个重要组成部分，并取得了举世瞩目的成就，主要有三点：第一，汉代，川西人民创建了我国油气史上第一口著名的天然气井——临邛火井。它也是世界最早创建的第一口天然气井，堪称世界气井之最。这口气井的建成，并将天然气新能源用于制盐工业，乃是人类认识和利用新能源的开端，也是现代大规模开发利用石油和天然气的前奏，比西方世界（如英国1668年）利用天然气新能源要早13个多世纪。为此，临邛火井创建成功，在世界新能源开发史上居领先地位。第二，我国古代天然气开采最大的成就，则是集中表现在对举世闻名的自流井气田大规模的开发。这个气田从明代中叶后开始大规模开采，至清代咸丰同治年间达到鼎盛。气田先后钻井13 000余眼，仅嘉_三气藏^②，累计采气量近170亿立方米^③，成为当时世界第一个被开发的大型气田。这个气田采出的天然气，作为制盐的新燃料，促进了井盐生产飞跃的发展，从而为把自贡建成祖国著名的“盐都”及我国最大的井盐生产基地，起了极其重要的作用。同时，在自流井气田开发中，还发现了日产100万立方米的特大型气井——火井王磨子井，古称“天下第一大火井”，又成功地钻采了长期高产、稳产达一个多世纪的奇特气井——贡井东源井，该井已载入史册，成为井盐史和油气史上的一块“瑰宝”，供中外游客参观，专家学者科学考察和研究。第三，天

① 见本卷第八章第一节。

② 系三叠系嘉陵江组嘉三段气藏，简称嘉_三气藏。

③ 见本卷第八章第三节。

然气开采技术的重大发明——世界独特的窠盆采气装置。窠盆以木制成，上小、下大、内空，如截锥体形，安装在地面井口之下，其结构简单，设计科学，具有多种独特的功能：即有降压的功能（降低天然气的压力）；气水分离的功能；配风的功能（自动调节天然气和空气的混合比例，提高天然气的热值）；防爆的功能（防止天然气的爆炸）；预防毒气的功能（防止 H_2S 、 CO 等对人的毒害）；防洪排水的功能；边作业边采气的功能。尤其是一面进行井下作业（采卤、钻井、修井等），又一面进行地面采气，即作业与采气两不误的功能，比现代油气工业中（如钻井工程）所采用的旋转放喷器等多种设施和复杂操作更为简单，功能更全，令中外专家赞绝。为此，窠盆采气工艺的发明，则是古今世界上绝无仅有的低压天然气采气技术。

3. 我国岩盐钻井水溶法的创建——把世界岩盐开采技术提高到了一个新的阶段

我国岩盐的发现和开采，源远流长，最早可以追溯到周朝。从周朝到清代中期，岩盐采用露天开采或人工挖掘大口浅井开采或井巷早采。而岩盐钻井水溶开采，还是从清末四川自贡地区开始的。1825 年至 1892 年，自流井大坟堡岩盐矿床被发现，至此，便揭开了我国钻井水溶开发的历史。这个盐矿开采技术先进，采收率高，跃居世界第一。

(1) 自流井大坟堡岩盐矿床是我国最早发现和开采的第一个深层盐体。该盐体的发现，开阔了人们的视野，拓宽了对盐矿资源的认识，开辟了新的卤源，从而改变了川盐生产 2 000 多年来长期仰依自然卤水的局限，即由自然卤水的开采，转入固体岩盐钻井水采，乃是采矿技术突破性的进展。

(2) 首创了岩盐钻井水溶法。岩盐钻井水采，分单井和多井开采，而多井开采——盐井连通开采，至今仍是世界最先进的采盐工艺。我国四川自贡大坟堡盐体，于 19 世纪末，已首创了井组连通开采新工艺，把岩盐开采水平提高到了一个崭新的阶段。西方（如美国）在 20 世纪 50 年代才开始用两井连通开采，比我国要晚约 50 年。

(3) 岩盐矿床采收率高。盐体采收率大幅度的提高，与采卤工艺、盐层顶极岩层稳定、钻井密集、掌握注水规律等多种因素有关。而其中采卤工艺即井组或多井连通开采，则是最重要的因素。先民创造性地采用多级岩盐溶腔连通开采，对于大幅度提高采收率起了关键性的作用。其采收率高达 92.5%^①，创造了世界的奇迹。西方岩盐井组连通开采，最高采收率可达 50%，与我国自流井大坟堡盐体采收率相比，确实不可同日而语。

4. 我国古代井盐地质初步的建立

我国古代井盐地质，从战国末发轫，历经长足的进步和发展，至清代，日趋成熟，在蜚声中外的四川自流井背斜构造上，初步创立了中国古代井盐地质。主要表现在：(1) 深部地层系统剖面的建立。古人在自流井构造上，为开发丰富的卤气资源，先后钻井 13 000 余口，其中井深约 900 ~ 1 000 米以上的有 2 000 口左右，亦即是说，在这个地质构造上，钻获了 2 000 条左右纵深（约 900 ~ 1 000 米以

^① 见本卷第七章第三节。

上的)地质剖面,取得了一套完整的地质资料,能正确鉴别、系统划分各种地层:一是详细地划分出从地面(侏罗系自流井群)到地下(三叠系以上)千米深的系统地层;二更为可贵的是发现和确立了地面(黄姜岩)和地下(绿豆岩)两个地质标准层。前人发现的绿豆岩标准层,至今仍作为四川勘探三叠系油气及盐卤资源设计的依据;三是纵深产层多,在钻探1000米深的地层中,发现和开采了气、卤多达13层。(2)先民对自流井背斜构造的认识——“地脉说”的创立。1400多年来,先辈在自流井构造上凿井开采卤气,从生产实践中积累了丰富的地质知识并升华为实用理论,创立了“地脉说”^①。其内涵与现代地质“背斜论”相同。先民应用此说,成功地开发了举世闻名的自流井气、水田。最突出地表现在:其一,地质构造“高点”的确立(即火井王——磨子井定在构造“高点”上);其二,以构造“高点”为中心,沿长轴(古称“地脉线”)布置气井;其三,对构造裂缝的确定。关于卤水的钻探,先民明确提出,打“断岩”(今地质名“断层”)、钻“裂缝”“横缝见水”“立缝见气”“断岩水丰”^②等。经现代地质研究证实,自流井气、水田是一个裂隙性的地质构造,与古人的认识基本是一致的。为此,我们的先民,在一个半世纪以前,已经认识到了裂缝性气、水田的规律,比西方在20世纪50年代初认识和开发裂缝性油气田要早约一个世纪。(3)“岩口簿”的建立——古代地质和钻井的原始记录。我国古代井盐建立的“岩口簿”,则是将现代地质(岩屑)录井记录和钻井工程记录融为一体。不仅反映了我国古代钻井技术的成熟,而且有着最翔实、最丰富、最系统的深井地质记录,具有重大的历史价值和科学价值,它是世界古代地质和钻井宝库中最珍贵的财富。

“地质学成为一门独立的科学,那是在近200年前的事。”^③当时,国外地质学研究的内容及特点,偏重于地球起源、地壳运动史及野外地面地质(矿产)考察等,而对于地下深层地质、深部矿产资源的研究和开采(这时国外尚无一口千米深井,哪里谈得上深井地质),可以说是一个空白,有的顶多属于浅井的钻探。这一时期,我国古代井盐地下深部矿产资源的钻采和井盐地质初步的创立,正好填补了这个空白。

(二) 井盐钻采技术的发展与社会的关系

钻井技术应用之目的,是要获取地下卤、气资源,然后以卤作原料,气作燃料,煎制成盐。

在古代,盐是“百味之祖”“食肴之将”“国之大宝”也。因此,食盐既是人们生活和生存不可缺少的重要物质;盐税又是历代封建王朝财政来源的重要“支柱”,攸关国计民生之大事。正因如此,历朝历代的统治者才牢牢控制盐业,严格实行食盐专卖。为此,作为开发井盐生产的钻采技术,它的发明和发展,自然就与社会的关系十分密切了。

春秋战国,是我国历史上奴隶社会崩溃和瓦解、封建社会形成和开端的时期。

①②见本卷第九章第二节。

②见本卷第九章参考文献[10]。

③见本卷第一章第三节。

四川也经历了由奴隶社会到封建社会的大变革。公元前316年，秦国灭巴、蜀，自此，四川地域归为秦统治的一部分。秦为巩固在巴、蜀的统治，废除巴、蜀的奴隶制，实行封建制。同时，采取各种有力措施，开发巴、蜀，发展社会经济。秦统治四川时期，随着北方中原地区先进的打井技术的传入，冶铁业的发展，铁工具的使用及四川经济的发展，在公元前255年至公元前251年间，蜀守李冰率领川西民众开凿了我国第一口盐井——广都盐井，从而产生了我国古代井盐凿井工程技术。

我国大口盐井，创始于战国末期，汉获大发展，唐臻于鼎盛。至北宋前期，由于大口井的衰落，井卤的枯竭，人口的增殖，社会的战乱，造成食盐产量大幅度下降，食盐奇缺而昂贵。于是，四川社会发生了长达近一个世纪的罕见盐荒，以仁宗时期最为严重，人均年用盐500余克，民众长期苦于淡食之中。为了寻求出路，国家钻采地下新的卤源，增加食盐产量，以满足社会的需要。为此，四川井研县盐区的井匠技师，经过长期探索，于北宋庆历、皇祐年间，发明了新型的卓筒井工艺，即钻井技术。

明初，由于战争的影响，生产力落后，钻井技术仍停滞在宋、元（代）卓筒井的水平上，盐业生产还没有恢复到宋代的水平。明代后期，明王朝针对盐政上的弊病（如盐课繁重等），重新调整盐政，放宽政策，鼓励民间广开小井，减轻盐课等，使井盐生产有了较大的发展。同时，钻井技术在宋代的基础上，又有了巨大的进步。主要反映在钻井工艺的进展，凿井工具得到新的改进，出现了先进的铁钎钻头及铁五爪打捞工具等。

清王朝建立后，承袭明制，但又有所改革。清初，为了恢复和发展四川井盐生产，放松对井盐生产的限制，允许自由凿井、自由采煎、自由贩运，“听民穿井，永不加课”^①等积极措施。于是，川盐业获得了迅速的恢复和全面的发展，使“蜀盐始蹶而复振”。正是在这种社会背景下，钻井技术日臻完善，盐井钻探不断向地层深部开拓，至1840年鸦片战争前夕，四川富荣（自贡）盐场钻井深度达1001.42米，就是最佳例证。

（三）古代井匠发明的技术思想

——人的设计、制作中的思想

中国古代钻井技术的发明和演进，涉及多因素，但总括起来，主要有社会原因、自然条件及技术思想。如果说，前二者是直接诱发凿井技术的原因，那么，后者则是实现这一革命之目的和手段。但是，如何来实现和保证凿井技术革命呢？乃是井匠技师们千方百计、殚精竭虑地在设计、制作过程中，采用了两种技术原理。一是借鉴了其他行为（如农业、手工业）的机械技术原理；二是模仿动物的动作或植物的构造或物体的形状，从而为钻井技术的发明和演进提供了技术上的保障。如宋代凿井“碓架”的创制，是井匠借鉴了古代“脚碓”的原理（一种杠杆原理），明代奇巧的“铁五爪”工具研制成功，是井匠模仿了人手五指灵活的动作。清代井下探测器——

^① 见本卷第六章第一节。

“木孩儿”和“泥孩儿”，^①是井匠模仿人孩儿手脚运动发明的井下机器人等等。这些都反映了当时巧匠们在设计、制作过程中的技术思想。

(四) 传统钻采工程技术在当今盐卤开发及油气勘探等行业中的应用

中国是人类深井钻采技术的先驱，近1 000年以来，以开发井盐、油气为中心，形成了独特的工艺技术体系，取得了精湛的无与伦比的成就。过去为人类社会的进步作出了卓越的贡献。时至今日，它依旧放出光彩，在盐卤开发及油气勘探等行业中应用并继续产生潜在的、巨大的经济效益和社会效益。

1. 应用传统钻采技术，为自贡盐场的恢复和发展作出了新的贡献

新中国建立后，四川自贡盐场的井匠，直接应用传统钻采技术，在恢复旧井、加深老井、钻探新井、开发地下盐卤和天然气资源，为祖国的“盐都”自贡三年国民经济的迅速恢复及第一个五年计划的实现作出了贡献。于是井盐业获得了飞速的发展，如1951年，全市产盐为22.24万吨，比1949年产盐12.05万吨提高85%；1956年产盐猛增到41.69万吨，又比1951年提高了87%。自贡盐场突飞猛进的发展，是应用传统钻采技术，在今天新的历史条件下，作出的新贡献。

2. 应用传统钻井技术，新发现了自贡郭家坳岩盐矿床

1956年，郭家坳盐厂（今自流井盐厂）凿井工匠应用传统钻井技术，在自贡盐场历史上著名的火井坡老矿区，新发现了一个岩盐体，这个岩盐体的发现和开采，累计产岩卤1 016万立方米，不仅为自贡盐场增加了丰富的卤源，而且亦为张家坝化工厂提供了宝贵的化工原料，从而创造了巨大的经济效益。据《自流井盐厂志》述道：“从建厂至1990年，累计生产卤水1 300多万立方米，天然气4亿多立方米，产盐365万吨……实现利税4.429亿元。”这个盐体，目前还在继续采卤制盐。

3. 应用传统钻井技术发现了贡井张家山气藏

继1956年郭家坳盐体发现后，于1964年，贡井盐厂仍用传统钻井技术，在该厂张家山源丰井加深中，又新发现了丰富的天然气，并接着又钻采了一批新气井。张家山矿区，位于自流井气田的西端，其地新发现天然气，不仅使经过1 000多年开采，面临枯竭的自流井气田焕发了青春，而且亦为制盐提供了大量的能源。1964—1997年，累计产气约8亿立方米，平均每立方米气按0.50元折计，则创造经济价值约4亿元。这个气藏至今仍在开采，为建设盐都自贡发挥了作用。

4. 传统钻探工具科技原理的应用

我国井盐传统钻井和修井工具，是钻井技术一个重要的组成部分，其种类繁多，规格齐全，巧夺天工。它不仅直接为开发卤气资源所应用，而且其科技原理，还为现代油气勘探和地质矿山等行业进行设计、革新工具发挥了启示和借鉴作用。如川西南矿区的工程技术人员，借鉴传统井盐工具的科技原理，研制了多种先进的油气勘探工具。如“打捞杯”工具创制成功，成倍地提高工效，同时获取了显著的经济效益。又如，自贡矿山钻头厂，吸取了井盐工具的优点，创造出了西南第一流的地质矿山钻头（挺进牌银铤钻头、马蹄钻头、十字钻头），并畅销全国各

^① 见本卷第一章第一节（三“清代钻井技术的完善”）。

地,深受用户欢迎。

二、本卷各章之间的关系

《中国古代井盐及油气钻采工程技术史》内涵非常丰富,涉及学科广泛,按全卷的内容共分十章,各章的基本内容及相互之间的关系如下:

第一章“世界钻井的先驱”。此章主要论述本卷的学术价值。着重明确三点:一是钻井技术的发明和演进,自宋代卓筒井的开创,到清代燊(兴)海井千米深井的钻成,标志着我国古代钻井技术水平达到了世界高峰阶段;二是中国钻井技术的西传和中外专家、学者对钻井技术的评价。古代钻井技术,于北宋中期发明,明代中叶后获得重大改进,清代中后期趋于完善,并一直领居世界先进水平。这项重大发明,于11世纪末(或12世纪初)至19世纪以前,先后传入西方世界,从而推动了西方世界钻探技术的发展及现代石油(包括天然气)工业的兴起,为人类社会的文明和进步作出了杰出的贡献。因此,被国外誉称“世界钻井之祖”“世界石油钻井之父”^①。这是在我国“四大发明”之外,又添一项世界发明,由此,不少专家、学者称之为中国对世界的“第五大发明”;三是食盐在古代社会中的重要地位和作用。盐、铁历来是封建国家两大经济命脉。在古代,食盐是一种特殊商品,它以无穷的魅力,广泛渗透到社会各个领域里,涉及经济、政治、军事、国家的兴衰,乃至朝廷政权的更替。为此,盐在古代社会中的重要地位和作用,不可低估。第二章盐泉的存在和确立,填补了四川盐史的空白,开创了中国井盐史的先声。

第三至第六章及第十章,为翔实系统的凿井工程技术史。中国古代井盐凿井工程技术的发明和演进,根据凿井时代、钻采工艺及地质条件等不同因素,大致可分为四个时期:即新石器晚期至战国末为盐泉时期;战国末至北宋中期为大口盐井挖掘时期;北宋中期至清初为卓筒井钻凿时期;清中期至清后期为小口深井钻探时期。本卷撰写侧重于自宋经明至清(代)钻井工程技术的发明、发展、完善、创新及丰富的阶段。这一阶段,中国钻井技术代表了世界最高水平,反映了世界钻井技术发展的方向和主流,形成了世界钻井技术的中心和策源地,具有重大的科技价值。

在古代,井盐生产最主要的一环是凿井,而且凿井工程艰巨。凿井之目的,则是充分揭露地下埋藏的卤、气资源,为开采提供先决条件。为此,凿井、汲卤、采气,也正是井盐生产的特点,以此区别于海盐和池盐。

第七至第八章,“岩盐和油气开采新工艺”。随着钻井技术的发明,岩盐和油气开采新工艺应运而生。如岩盐钻井水溶连通开采法的创建及世界绝无仅有的窠盆采气装置等就是例证。这些新工艺用于开采地下深层盐卤和油气资源,取得了巨大的成就。

第九章,“我国古代井盐地质的初步创立”。我国井盐地质起源很早,最早可以追溯到公元前3世纪。但井盐地质是伴随着井盐生产而诞生,也伴随着井盐生产的发展而发展。至清代,由于钻井技术的完备,深井钻探不断地涌现,地下深层

^① 见本卷第一章参考文献[1]、[3]。

的盐卤和天然气被大规模地开发，盐卤生产空前繁荣。于是，深井地质现象也大量地被披露，井盐地质资料不断地积累和丰富，从而初步创立了井盐地质。反过来，井盐地质的发展和日趋成熟，在井盐生产中，对于卤气资源的开采、新钻井位的选定，又起着先锋和指导作用，促进了井盐生产的大发展。

由上得知，第一章世界钻井的先驱，从钻井技术的发明和发展及其西传，论述了井盐卷的学术价值。第二章泉盐生产，反映了四川盐史的悠久，在中国井盐史上占有特殊地位。第三至十章，以翔实而系统的史实，写成井盐钻采工程技术史，反映了井盐卷的科技价值、历史价值、实用价值。同时，也为第一章提供了可靠的史证。为此，全卷各章是前后一致，首层紧密相连的。

三、钻井技术在中国科技史上和世界钻井史上的特殊地位

前已提及，中国古代科学技术，曾经在一个相当长的历史时期里走在世界最前列，正如英国世界著名科技史专家李约瑟博士所说：在 15 世纪以前，特别是 13 世纪以前，中国科学技术取得了光辉灿烂的成就，“保持一个西方所望尘莫及的科学技术水平”（李约瑟：《中国科学技术史》第一卷）。然而，16 世纪以后，由于封建制度严酷地约束，闭关自守的国策，文化思想的专制，加之帝国主义的侵略等原因，严重地束缚和阻碍了我国科学技术持续地向前发展，致使中国明清时期以来的科学技术逐渐落后于西方。但是，唯独中国古代井盐钻井技术在明清时期例外。

中国井盐钻井技术，于 11 世纪中叶发明，至 16 世纪，钻井技术不仅没有落伍，反而突飞猛进地向前发展着，到 19 世纪 30 年代初，四川自贡（兴）海井钻深突破千米大关，成为世界第一口超千米的深井，一举登上世界钻井技术的最高峰，这又是令西方望尘莫及的科学技术水平。为此，中国井盐钻井技术从 16 世纪至 19 世纪，仍名列世界前茅，保持世界领先地位，成为中国古代科学技术宝库中的一枝独秀，一颗璀璨夺目的巨星。由此，它在中国古代科学史上应占有特殊的地位。

综观整个世界钻井发展史，其中经历了五次重大的发明和发展。第一次，中国北宋庆历、皇祐年间（1041—1054），卓筒井新技术的发明，开创了现代钻井技术的先河；第二次，明代万历年间（1573—1620），钻井技术（系指钻井、固井、打捞、修井技术）在卓筒井的基础上，又有突破性的进展；第三次，清代道光中叶（1835 年），四川自贡地区钻井深度超过了 1 000 米，创造了当时世界上深井的纪录；第四次，19 世纪末，西方旋转钻井技术的发明。1901 年，美国首次用旋转钻井技术开发追顶油田。旋转钻井法研制成功，乃是继卓筒井发明之后，世界钻井技术又一大飞跃，它标志着现代钻井技术的开端；第五次，1970 年后，世界上钻井技术有重大的突破，科学钻探万米和超万米的超深井相继出现，开创了人类钻井史上的新纪元。现代钻井技术飞跃的发展，可与航天技术媲美。总之，近 1 000 年以来，在世界钻井史上，其重大的发明和发展先后有五次，其中前三次发生在古代中国，后两次出现在现代西方，主要是苏联和美国。即是说，古代钻井技术，中国领先世界第一；现代钻井技术，西方跃居世界前列。为此，中国古代钻井技术，在世界钻井史上应占有特殊的地位。



目 录

前 言	(1)
-----	-----

第一章 世界钻井的先驱	(1)
-------------	-----

第一节 中国古代钻井技术的发明和完善	(1)
--------------------	-----

一、宋代钻井技术的发明	
——开创了现代钻井技术“三大”基本程序	(2)

二、明代钻井技术的发展	(6)
-------------	-----

三、清代钻井技术的完善	(7)
-------------	-----

四、我国古代钻井技术发明和完善的主要因素	
——社会原因、自然条件及技术思想	(12)

第二节 中国钻井技术的西传	(24)
---------------	------

一、中国钻井技术西传欧美	(24)
--------------	------

二、中西钻井技术的对比	
——中西钻井技术的渊源关系	(36)

第三节 食盐在人类社会中的重要地位和作用	(45)
----------------------	------

一、盐为“百味之祖”	
——民生的必需品	(45)

二、中国封建社会历代王朝财政的重要支柱	
——盐税	(47)

三、盐与国家政权	
——盐关系国家政治、军事、政权	(48)

参考文献	(51)
------	------

第二章 盐泉时期

(新石器时代晚期——秦代)	(55)
---------------	------

第一节 川东自然盐泉的成因	(55)
---------------	------

一、盐卤资源十分丰富	(55)
------------	------

二、 盐 (干) 溪河切割岩石十分厉害	(56)
--------------------------------	------

三、地层裂缝十分发育	(56)
------------	------

第二节 远古川东地区自然盐泉的发现和利用	(56)
----------------------	------



一、川东盐业的起源	
——井盐说和泉盐说	(56)
二、远古三峡两大巫国与盐泉	(57)
三、关于川东盐泉最早发现于何时的说法	(59)
四、新石器时代晚期的泉盐生产	
——从新石器晚期的制盐陶器缸看这一时期的泉盐生产	(59)
第三节 商周时期的盐业生产	(59)
——有忠县中坝盐业遗址考古典例可证	(60)
一、商周时期的制盐陶器	(60)
二、中坝龙窑的特点及其煮盐工艺技术	(63)
第四节 春秋战国巴人、楚人及秦人对三峡地区盐泉的争夺战	(65)
一、巴人夺取清江盐泉和控制三峡盐业	(66)
二、楚人争夺巴人三峡地区的自然盐泉	(69)
三、秦、楚相争巴(国)三峡地区的自然盐泉	(71)
第五节 泉、盐泉与井、盐井的区别	(71)
一、泉、盐泉与井、盐井的含义及区别	(71)
二、误认泉为井、盐泉为盐井的例证	(72)
本章结语	(73)
参考文献	(76)

第三章 早期的凿井工程和采卤技术

(公元前3世纪至11世纪40年代)	(78)
第一节 春秋战国时期社会大变革与井盐工程技术的产生	(78)
一、移民入川	
——给四川带来了先进的凿井技术	(79)
二、战国时期钢铁技术的发展和铁工具的使用	
——为盐井开凿提供了锐利的器具	(81)
三、废除井田制建立土地私有制	
——为盐井开凿提供了土地资源保障	(83)
四、“世平道治”经济发展	
——为盐井开凿创造了和平的环境	(84)
第二节 凿井工程专家李冰与我国第一口盐井的开凿	(86)
一、凿井工程专家李冰	(86)
二、我国第一口盐井的开凿	(88)
第三节 我国大口盐井的发展	(92)



一、大口盐井溯源	
——先从古水井谈起	(92)
二、大口盐井的发展	(94)
三、大口盐井的种类及特点	(97)
第四节 世界凿井工程史上的奇观——陵井	(98)
一、陵井是一口特大型盐井	(99)
二、狼毒陵井应用了先进的机械采卤	(101)
三、狼毒陵井盐卤高产之“谜”	(104)
四、陵井同名三井考	(106)
五、“雨盘”的发明及功用	
——陵井修治防避井下毒气的安全措施	(110)
第五节 大口盐井采卤实例	
——川东现存西汉白兔盐井	(115)
一、白兔盐井与云阳盐业的兴起	(115)
二、挖井工程	(116)
三、白兔井采卤方式	(117)
参考文献	(120)
 第四章 宋代钻井技术的发明	(123)
第一节 宋代钻井技术发明的社会原因	(123)
一、北宋社会经济的繁荣和科技的辉煌成就	(123)
二、社会对食盐的急需	
——北宋初四川发生盐荒	(124)
三、北宋仁宗时期盐政的改革	(126)
第二节 钻井机械的发明	(128)
一、现代深井钻头的鼻祖	
——关于“圜刃”钻头发明的考证	(128)
二、人力机械——踩架	(133)
三、升降机械——花车	(134)
四、悬吊钻具凿井的“火掌箴”——代替“钢绳”钻井	(135)
五、泥筒的创制	(137)
六、修治井工具的出现	(137)
第三节 卓筒井新工艺的开创	(138)
一、卓筒井的概况	(138)
二、卓筒井的井身结构	(140)
三、卓筒井采卤	(140)
四、卓筒井新工艺的优越性	(141)



五、卓筒井的推广对四川盐荒的缓解	(142)
第四节 卓筒井的生存、发展及与官井的斗争	
——官府封闭卓筒井与卓筒井户反封闭的斗争	(143)
一、封闭卓筒井的起因	(143)
二、宋政府保护官井封闭卓筒井的举措	(144)
三、反对封闭卓筒井的斗争及胜利	(147)
第五节 川北大英乡卓筒井	
——北宋卓筒井遗址调查	(150)
一、川北大英乡卓筒井的发现	(150)
二、大英乡卓筒井采卤方式	(152)
三、大英乡卓筒井生产劳动分工	(154)
四、大英乡卓筒井遗址的保护	(155)
第六节 川北卓筒井向纵深开拓没有重大突破的考察	(155)
一、生产力水平低	(156)
二、钻井工艺不完善	(160)
三、川北浅层卤水资源贫乏	(161)
四、卓筒井开凿的“经验型”	(162)
参考文献	(164)

第五章 明代钻井技术的进展 (167)

第一节 明代钻采技术进展的社会背景	(167)
一、商品经济的发展及资本主义萌芽	(167)
二、明初盐政的整顿及井盐业的复兴	(169)
三、明后期盐政重新调整和放宽	(170)
第二节 明代钻冶井工具的改进	(173)
一、明代凿井钻头的改进	(173)
二、奇巧的修治井工具	(177)
第三节 明代钻井工艺的新发展	(179)
一、明初盐井开凿沿袭宋元方式	(180)
二、井卤的枯淡	(181)
三、明代后期钻井工艺巨大的进步	(182)
第四节 明代采卤技术的进步	(185)
一、采卤机械的变革	(185)
二、采卤动力的改进——牛力代替人力	(186)
三、“牛车”采卤工艺	(187)
四、明代钻采技术的进展与井盐业的繁荣	(188)
参考文献	(191)