

# 中国勘探工程技术 发展史集

主编 赵国隆 刘广志



中国物价出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

中国勘探工程技术发展史集/赵国隆, 刘广志编著. 北京: 中国物价出版社, 2003.3  
ISBN 7 - 80155 - 548 - 1

I. 中… II. ①赵… ②刘… III. 地质勘探 - 技术史 - 中国 IV. P624 - 092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 015748 号

出版发行/中国物价出版社(邮政编码:100837)

地址:北京市西城区月坛北小街 2 号院 3 号楼

电话:读者服务部 68022950 发行部 68033577)

经销/新华书店

印刷/河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

---

开本/787×1092 毫米 16 开 印张/17 字数/450 千字

版本/2003 年 3 月第 1 版 印次/2003 年 3 月第 1 次印刷

---

书号/ISBN 7 - 80155 - 548 - 1/P·1

定价/34.00 元

## 前 言

在新世纪初，我和多位勘探工程学者，写一本关于我国勘探工程的史料书籍。起初，我有些踌躇不安，因为此前已经同几位老同行、老同事写过一些史料性文章，从古至今考证了一大通，要再写还应该写什么呢？费了一番思索之后，我突然想起了邓小平同志生前说过的一段非常振奋人心的话：“在科学技术上我们中国要在世界占有一席之地”。江泽民总书记在访问美国哈佛大学的讲话中也曾说过：“直到15世纪以前，中国的科学技术在世界上保持了千年的领先地位。中国人的这些发明创造，体现了人与自然协调发展、科学精神与道德理想相结合的理想光辉。”我在长期的勘探工程史学探索中，曾经查阅了近三百卷册的古籍，令我非常惊异的是：从司马迁、司马光、沈括、李时珍到苏东坡等人的文章著作中，看到了涉及中国古钻探史方面的记载，使我不但获得了宝贵的参考资料，而且被中华民族文化内涵的博大精深所感染，感动的我竟然有时彻夜思索难眠。我仿佛茅塞顿开：54年的工作历程和史学研究，虽然是历史长河中的一小段，但我国勘探工程的发展历程，可以说是历历在目。孔子在《论语·大学》里也说过：“物有本末，事有始终，知所先后，则近道矣。”依我的理解知有先后，积累起来才能逐渐近乎完善。于是，我为写此书拟定了以下原则：

1. 厚今薄古，以当代历史（含近代、现代）为主；
2. “史”是史记，以史料为主，有别于科技书籍；
3. 以实践中取得实效的成果内容为主，即对今后进一步研发有实用参考价值的史料研究为主，力图写成一本我国勘探工程技术发展实录史。

由于客观上存在的困难，收集的资料面不够广泛，也因为身体、时间等因素的影响，所以在客观上兄弟部门的成绩、成果写的较少，

这是一大遗憾与缺点，还望同行同事们予以宽恕和原谅。对协助我完成此书的同志们，如诸位作者以及胡远彪等同志的大力协助，表示深切的谢意！

希望这本书能给从事勘探工程技术研究的同仁们以及专业教师 and 大学生、研究生们提供一些参考史料。

刘广志

2002年12月

## 目 录

<b>第一章 中国古代勘探科技的发展历程</b> .....	(1)
第一节 辉煌的中国古代勘探技术 .....	(1)
第二节 中国古代勘探史话记 .....	(9)
第三节 中国古代钻凿科技对世界钻探工业的影响 .....	(10)
<b>第二章 中国近代地质勘探史话</b> .....	(14)
第一节 中国近代机械岩心钻探的起始 .....	(14)
第二节 民国初年到抗战前矿山勘探概况 .....	(16)
第三节 日本帝国主义侵华时期的钻探概况 .....	(18)
第四节 抗战前期、中期钻探略况 .....	(23)
第五节 旧中国矿产测勘处钻探工作概况 .....	(24)
第六节 旧中国岩心钻探历史综述 .....	(34)
<b>第三章 现代勘探科技发展史</b> .....	(36)
第一节 创建阶段(1949~1952年) .....	(36)
第二节 大发展、大转变阶段(1953~1957年) .....	(37)
第三节 健康发展阶段(1958~1965年) .....	(40)
第四节 勘探工程今后发展 .....	(44)
第五节 飞跃发展的新阶段(1976~2000年) .....	(50)
第六节 我国人造金刚石崛起的催化剂——勘探工程 .....	(51)
<b>第四章 几段重要历史时期勘探工程的重要贡献</b> .....	(57)
第一节 “六五”(1981~1985年)走上转轨变型大发展之路 .....	(57)
第二节 “七五”(1986~1990年)勘探工程实现转轨变型 .....	(62)
第三节 “八五”(1991~1995年)科研成果突出,地质市场拓展 .....	(65)
第四节 “九五”(1996~2000年)综述 .....	(74)
<b>第五章 勘探机械开发简史</b> .....	(77)
第一节 引言 .....	(77)
第二节 建国初期勘探岩心钻机的发展 .....	(78)
第三节 坑道钻机 .....	(80)
第四节 水文地质勘探与水井钻机 .....	(81)
第五节 工程地质勘探钻机 .....	(83)
第六节 砂矿钻机 .....	(83)
第七节 大口径基础桩施工钻机 .....	(84)
第八节 特种钻探机械 .....	(88)
第九节 泥浆泵及其附属设备 .....	(91)
第十节 中国地质机械仪器工业集团公司的成立标志我国地质装备发展的	

一个新里程碑 .....	(92)
<b>第六章 勘探工程专业高等教育与人才培养 .....</b>	<b>(94)</b>
第一节 总 论 .....	(94)
第二节 中国地质大学工程学院概况 .....	(99)
第三节 吉林大学(原长春地质学院)探工专业科研开发与人才培养 .....	(103)
第四节 成都理工学院(原成都地质学院)探工专业的科技开发与人才培养 .....	(106)
第五节 中南工业大学勘察工程人才培养的新创意 .....	(107)
<b>第七章 勘探工程科研体系的形成与发展 .....</b>	<b>(111)</b>
第一节 勘探工程科研概况 .....	(111)
第二节 勘探技术研究所 .....	(112)
第三节 探矿工程研究所 .....	(124)
第四节 探矿工艺研究所 .....	(130)
第五节 德州石油钻井研究所 .....	(137)
<b>第八章 加强国际交流,促进科技进步 .....</b>	<b>(141)</b>
第一节 联合国亚太经社理事会(中国)钻探学术研讨会(1985年) .....	(141)
第二节 地矿部钻探代表团访问德国(1988年) .....	(144)
第三节 地矿部科学钻探代表团赴日考察(1991年) .....	(147)
第四节 第八届国际科学钻探学术会议在日本(1996年)举行 .....	(152)
第五节 联合国亚太经社理事会(UNESCAP)钻探、采样、测井研讨会 (苏联)(1981年) .....	(153)
第六节 联合国地区间矿产工业钻探学术研讨会(加拿大)(1982年) .....	(155)
第七节 CCSD与ICDP的交往 .....	(161)
<b>第九章 大陆科学钻探概论 .....</b>	<b>(179)</b>
第一节 大陆科学钻探的目的及其未来 .....	(179)
第二节 大洋与大陆科学钻探的发展前景及其科学与现实意义 .....	(183)
第三节 大陆科学钻探——入地“望远镜” .....	(185)
第四节 中国地质大学科学钻探国家专业实验室 .....	(199)
第五节 中国大陆科学钻探地质目标(摘要) .....	(203)
第六节 中国大陆科学钻探工程设计(摘要) .....	(212)
第七节 “中国大陆科学钻探工程项目工程设计审查会”专家组意见 .....	(226)
第八节 中国和部分国外浅层科学钻探与全球气候变化的研究成果 .....	(227)
<b>第十章 中国海洋勘探步伐加快、成果累累 .....</b>	<b>(233)</b>
第一节 中国南海大洋科学钻探ODP184航次获得成功 .....	(233)
第二节 海洋勘探取得丰硕高科技成果 .....	(235)
<b>第十一章 21世纪勘探工程科学发展趋势 .....</b>	<b>(240)</b>
第一节 21世纪勘探工程发展途径——“上天、入地、下海、登极” .....	(240)
第二节 地质勘探工程的新出路 .....	(249)
第三节 开发洁净能源——煤层气的工程技术 .....	(256)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(263)</b>
<b>编后记 .....</b>	<b>(265)</b>

# 第一章 中国古代勘探科技的发展历程

我国勘探科技的发展,渊源于远古时代掘凿井技术。在出土的甲骨文和金文中,就已经有“井”字的记载,与现代的“井”字十分形似。到新石器时代中期具有代表性的有陕西的半坡村、河南澠池的仰韶文化,已发掘一座干式水井(据<sup>14</sup>C测定为距今7000~5000年),这表明我们的先民已经掘凿水井。这些水井掘凿技术只能算是古代勘探技术的萌芽,而且非常简陋。中国古代勘探技术是从钻凿井开始的。

## 第一节 辉煌的中国古代勘探技术

### 一、大口径浅井时期

从公元前254~251年至公元1040年(自秦至宋初),持续近1300多年在掘凿技术、方法及其开拓应用领域等日益完善,取得了辉煌的成就。秦国地处黄河的渭河流域,已经形成较好的掘井技术环境:秦建都咸阳,秦孝公十二年(公元前350年),相继立都144年,通过旧址的发掘,发现有较为完善的排水系统,管道结构与陶井极其相似。陶水管道采用一头粗径一头细径,以粗细互相套接。在距咸阳约60km处的乾县秦代甘泉宫和梁山宫遗址发掘中,在渭河北峰发现许多水井,随着井的深浅不同,都用5~9节陶圈连接而成。可见秦国在战国时期也同样掌握了较为先进的掘井技术。



图 1-1 李冰塑像(据都江堰二王庙)

唐代张守节《正义》引应劭(风俗通)则记述为“秦昭王使李冰(图1-1)为蜀守,开成都县两江,溉田万顷。”“秦昭王听田贵之议,遣李冰为蜀郡太守。”《水经注·江水注》也记载了“秦昭王以李冰为蜀守”等事迹。可知李冰在周灭后(公元前254年)即入蜀,所以李冰入蜀,应是秦昭王五十二年(公元前254年)到秦昭王五十六年(即公元前254~251年)之间的事。

据《华阳国志·蜀志》记载:“以李冰为蜀守,冰能知天文地理,……又识察水脉,穿广都盐井、诸陂池,蜀于是盛有养生之饶马。”

实际上,李冰是一位水利学家。他率领人民兴修都江堰水利灌溉系统工程。在此过程中,发现了多处盐泉,通过认真的观察与考察,初步掌握了地下卤水资源的赋存规律,即当今所说的水文地质条件。于是他根据在治水积累经验,创造性地运用开凿大口径水井的方法,在现今四川成都双流县东南的华阳镇凿成了我国第一口盐井,即广都盐井。

广都(今成都)盐井的凿成,使李冰不仅成为开凿我国第一口盐井的开拓者与组织者,而且也

成为我国和世界井盐生产的先驱。古代早期凿井技术也从此诞生,对此后的井盐生产影响十分深远。据史书记载,广都盐井揭开了中国凿井和井盐生产的序幕。

盐井的掘凿技术,主要是依赖当时的铁器锄、钎、凿等工具,并推广北方中原的掘井技术。从早期四川诸井地质条件看,可能是位于白垩系彭灌组与芒硝共生的盐层,岩石较软主要是红色泥页岩及砂岩,易于掘进,埋藏很浅,往往10~30m即可见盐层。因此,发展盐水和成井工艺技术发现盐层在当时条件下是能够成功的。但硝、盐的盐水质量不好,炼制中必须与“胆水”(主要含氯化钙)经过化学置换后方可食用。

由汉至唐1113年时间内,掘凿井有了更为显著的发展,具有以下特点:大口径的掘凿工艺,其井径大、井浅,只能适应当时开采埋藏很浅而处于地下淡水层以下的浅层卤水。因此,大口径盐井与水井的区别,就在于一般都比水井深,以便穿过淡水层而到达卤水层。此外,史书记载“其井上土下石”,因此必须用木料、石料或“梗楠木四面锁叠,用障其上,土下即盐脉,自由而出”<sup>①</sup>。这就是当时的所谓“固井措施”。

有关大口径浅井的记载不多,但对个别著名的井则有较详细的记载。秦汉时代,口径大者“纵广三十丈”(一丈约2.3m,约合今69m),小则仅能容一名工人猫身挖掘,井深仅达7.8丈(约合今16~18m)。此后,随掘凿技术的发展,井深逐渐加大。《蜀王本纪》<sup>②</sup>中曾记载临邛火井(当时称气井为火井)深度已达138.24m。《元和郡县志》<sup>③</sup>记载,唐代四川仁寿的高产陵井,深度已达248.8m(80丈),富世井深达78m。井深的增加,反映了卤水产量的成倍增长。

大口径浅井的井身结构(形状),据《元和郡县志》记载,因岩层结构不同而异,如:束腰式,有如腰鼓状(图1-2);立桶式,上下如桶状(图1-3);坑洼式,就地挖坑而成。大口径浅井掘凿技术虽然到唐代已进入极盛时期,但由于新技术的发展,到1023~1063年宋仁宗时已达到它自身的衰败时期。

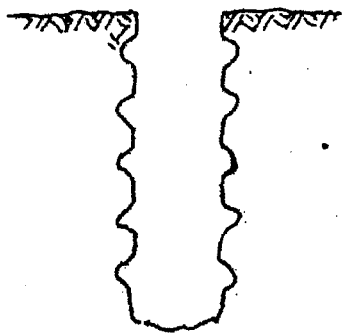


图1-2 束腰形大口径古井剖面图

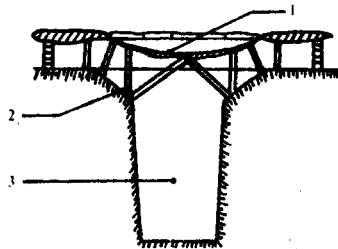


图1-3 立桶式大口径盐井剖面示意图

1. 盐卤池 2. 支架 3. 井身

## 二、汉唐时期勘探开发油气井(火井)

我国发现油气的最早记录是《汉书·地理志》：“高奴有洧水可燃”。高奴是秦时设置的县名,在今陕西省延安东北的延河北岸一带,洧水是今延河的一条支流,可见在秦汉时代,陕北人民已经知道采集石油予以利用。又据郦道元(公元466或472~527年)所撰《水经注》则有更为详细的记载：“高奴县的洧水,肥可燃。水上有肥,可接取用之。”

① (宋)释文莹:《玉壶清话》,卷三。

② 杨雄:《蜀王本纪》。

③ (唐)李吉甫:《元和郡县志 泸州》。



《后汉书·志》郡国五转引西晋人张华所撰的《博物志》中记载了在酒泉郡延寿县“县南有山，石出泉水，火如笱簾，注地为沟，其水有肥，如煮肉泊，兼兼永永，如凝膏，燃之极明，不可食，县人谓之石漆。”而《水经注》所转引《博物志》(即为博物记)的记载为“酒泉延寿县南山出泉，大如笱，注地为沟。水有肥，如肉汁，取著器中，始黄后黑，如凝膏，燃极明，与膏无异，膏车及水碓缸甚佳，彼方人谓之石漆”。到唐代，李吉甫撰写的《元和郡县图志》中有玉门县“石脂水，在县东南一百八十里，泉有苔，如肥肉，燃之极明”的记载。

在《魏书》列传九十还记载了今新疆库车县一带“在尉犁、西北白山之南一百七十里，都延城，汉旧时国也……其国西北白山中，有如膏者流出成川，行烽里入地，如梯糊，甚臭。”在《新唐书·地理志》中也记载有“北庭大都护府(为唐六都护之一，在新疆吉木萨尔县北破城子)……又渡黑水，七十里有黑水守捉，又十里有东林守捉，又七十里有西林守捉，又经黄草泊、大漠、小碛、渡石漆河……。”石漆即石油之古称，石漆河即今准噶尔盆地南缘的精河县境内的精河。而我国“石油”的命名，直到宋代科学家沈括于公元 1080 年宋神宗时任鄜延路(今陕西延安市)经略史，对延长一带石油进行了考察，《梦溪笔谈》卷二十四中记载：“鄜延境内有石油，旧说高奴县出脂水，即此也。”且以科学家的目光，认为“此物后必大行于世……盖石油至多，生于地中无穷，不若松木有时而竭”并慨叹“今齐鲁间松林尽矣，渐到太行京西江南松山大半尽矣”，足以为后人戒。

火井记载最早是《汉书·郊祀志》中的西汉宣帝神爵元年(公元前 61 年)“祠天封苑火井于鸿门”，同书的《地理志》中也说西河郡鸿门县“有天封苑火井祠，火从地出”，《地理风俗记》中说：“固阴县西五十里，有鸿门亭天封苑火井庙，火从地出。”西河郡在汉时是今内蒙与陕西神木县交界一带，固阴县也指陕西的神木县。其次是《蜀王本记》中有“临邛有火井，深六十余丈”，则“火井”的井深已达今 140m 以上。作者谯周(公元 201 ~ 270 年)为三国蜀汉时人。西晋张华的《博物志》记载：“临邛火井一所，纵广五尺，深二三丈。井在县南百里。昔时人以竹木投以取火，诸葛丞相往视之后火转盛。执盆盖井上煮盐，得盐。”同时代的左思著《蜀都赋》中有“火井沉荧于幽泉，高焰飞煽于天陲”的生动描述。东晋常璩《华阳国志·蜀志》记载：“临邛县……有火井。夜时，光映上昭。民欲其火，先以家火投之，顷许，如雷声，火焰出，通耀数十里。以竹筒盛其光藏之，可拽行终日不灭也。井有二水，取井水煮之，一斛水得五斗盐，家火煮之，得无几也。”又有宋《太平寰宇记》“山南西道七·邛州”条引唐《十道要记》：“火井有水，郡人以竹筒盛之，将以照路，盖似今人秉烛，即水中自有焰耳。”邛州，即今邛崃、雅安一带，位于四川含油区的西部边缘，有油苗出露，含油属白垩系嘉定群。根据上述记载，邛州火井，至少距今 1800 年以前即已掘凿。《华阳国志》卷三载，“汉宣帝地节三年(公元前 69 年)，又穿临邛、蒲江盐井共二十所，增设盐铁官。”又据西晋刘逵注左思《蜀都赋》“火井”句云：“火井，盐井也。”也可见油气井的掘凿是在盐井之后，很可能掘凿盐井的同时而发现了油气。南朝刘敬叔所著的《异苑》志：“蜀郡临邛县有火井。汉室之隆，则火赫弥炽；暨桓、灵之际(公元 147 ~ 188 年)，火势渐微；诸葛亮一瞰而更盛；至景耀元年(应为景耀六年)，人以烛投即灭，其年蜀并于魏。”除了不应当把火井的寿命与蜀汉的存亡相联系外，说明火井在公元 263 年已无油气流出。邛州或临邛的火井，甚至还被北宋著名文学家苏轼赋诗《临邛诸葛盐井》道：“五行水本咸，安择江与井；如何不相入，此意谁复省？人心固难足，物理偶相违；犹嫌取未多，井睦我闲綆”。苏轼自注：“井有十四，自山下至山上，每盛夏水涨，则盐泉迤邐。”

从上所述，临邛火井的发掘，在技术上已有较大进步，井深已达 140m 以上，而且在利用油气方面(煮盐、照明等)也已迈进了一步。至于临邛火井究竟是天然气井或油井，学者论述颇多，若以《华阳国志》、《十道要记》等古籍的记载，似以石油井较为合理。但从四川油气层的赋存情况看，油气并存的现象是较为普遍的。

在五代、隋唐时,除临邛外,也有其他的“火井”文献,如《太平寰宇记》中记载“陵上有井、名陵井……若以火坠井中,即雷吼沸涌,烟气上冲溅泥漂石,甚石畏。”又清丁宝楨著《四川盐法志》卷四,曾引后蜀(公元934~965年)李昊的《筑成都羊马城记》中记载了在成都可以“宵瞻火井之光”,又如伟大诗人杜甫在《西山》的诗中的“烟尘侵火井,雷雨闭松州”之句,松州系今四川的松潘县境。这又证实四川古代油气井存在的真实性。

### 三、宋代发明小口径深井(卓筒井)钻凿工艺

宋代是中国古代科技发展的鼎盛时期,四大发明:指南针、火药、印刷术、造纸的前三大发明都发源于宋,而且在数、理、化、天、地、医等方面都有很多建树。

北宋庆历年间(1041~1048)出现小口径卓筒井深井凿井工艺,使我国井盐钻凿技术从大口径浅井转入小口径深井的新阶段。它是我国钻凿工艺的一项重要发明。英国著名科学家李约瑟(Joseph Needham)在其所著《中国科学技术史》一书中写道:“今天在勘探油田时所用的这种钻探井或凿洞的技术,肯定是中国人的发明……”,又说:“这种技术大约在11世纪以前传到西方各国。”卓筒井一名的由来,据考证“卓”字可解释为“植立”或“正立”,“卓筒”是直立筒井。北宋文学家文同在其调查报告《丹渊集》中介绍说:“始因土人凿地植竹,为之卓筒井,以取咸泉鬻炼盐色。”所以卓筒井实质上是一种用巨竹作套管的小口径深井。苏轼(东坡)在其《蜀盐说》中作了详细记述,概括起来为以下几点:

1. 北宋庆历年间(1041~1048),在今四川南部的井研县最早出现小口径深井——卓筒井,是绳式冲击钻探设备与钻井工艺的最早发明地。

2. 发明了人类历史上第一种锻铁制钻头——圜刃凿,直径如碗口大,可凿井深数十丈(至少300m以深)。

3. 首创了以竹套管保护井壁法,防止井壁坍塌,隔绝淡水侵入。用巨大形楠竹为料,去节,首尾以牝牡相衔接,逐节植入井内,形成套管柱。可用小于竹套管内径的钻头,换径钻凿加深井筒。

4. 用小于竹套管内径的竹筒作成撮泥筒(今捞砂筒)捞取岩屑、岩泥,或作成汲卤筒(图1-4)。

5. 小口径卓筒井用的碓架(冲击机构)是利用杠杆原理制成,配以竹制立式或卧式绞车,起下钻时大大减轻了人力劳动,并可用畜力(水牛)代替部分人力。

小口径深井——卓筒井钻凿工艺在当时已成为古代钻凿工艺向纵深发展的里程碑。占地小,施工期短,成本低,而且个人即可经营,引起当时广泛注意与推广。1068~1077年(宋熙宁年间),在今仁寿、乐山、荣县境内已凿小口径盐井约1000口,“连溪接谷,灶居鳞次”。至1132年(宋绍兴二年),据不完全统计,四川20个州已凿井4900多口,年产盐89万多吨,大大促进了宋代井盐生产,井数增加7倍,盐产量提高2.7倍。

自1041~1253年的宋王朝200多年间,小口径卓筒井工艺虽广为应用,但停滞不前,没有出现大的突破。

### 四、明清两代钻凿工艺的完善与提高

明清两代(1254~1911),持续达657年。在此期间井盐开采、制盐技术与生产得到兴盛与发展,钻凿工艺也相应地在四川自贡地区日趋完善,表现在以下几个方面:

1. 钻凿小口径深井的大型绳式冲击钻探设备基本定型,并实现规范化。这套设备的结构原

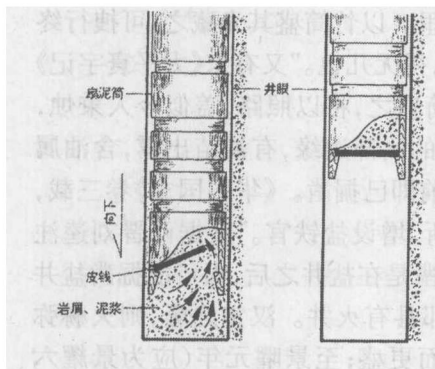


图 1-4 撮泥筒(今捞砂筒)

理与近代绳式冲击凿井设备的结构与功能都极为相似。近代设备的钻凿工艺无疑是借鉴了明清两代设备的原理和功能演进而来的(图 1-5、图 1-6)。在此时期还有其它重要改进:

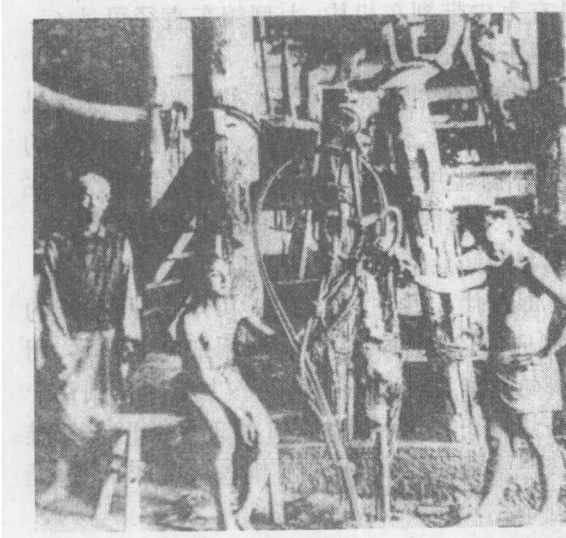


图 1-5 明代定型大型凿井机至今还有少量在用  
(摄于 20 世纪初)

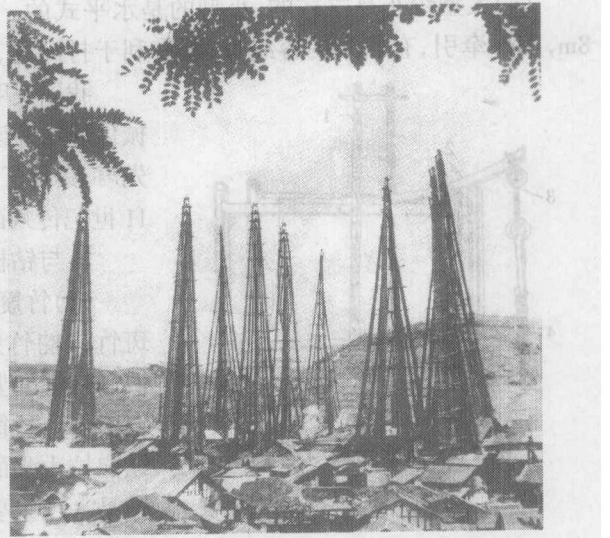


图 1-6 自贡盐场遗留下来的井架林立成为历史见证  
(摄于 50 年代)

(1)井架的大腿是用杉木杆与青杠木杆集束后用拉力十分强的篾绳或麻绳捆绑结扎而成(图 1-7 和图 1-8),高达 80~83m,最高的一台达 100m,是世界历史上最高的一台井架。这种井架弹性好、重量轻、避震性能优越,特别有利于冲击钻凿井时吸收钻具震动与反弹力。一部高 80m 的井架竟由 1364 根杉木构成,约合 500m<sup>3</sup> 木材。如此高的井架大大缩短了起下钻具的时间。

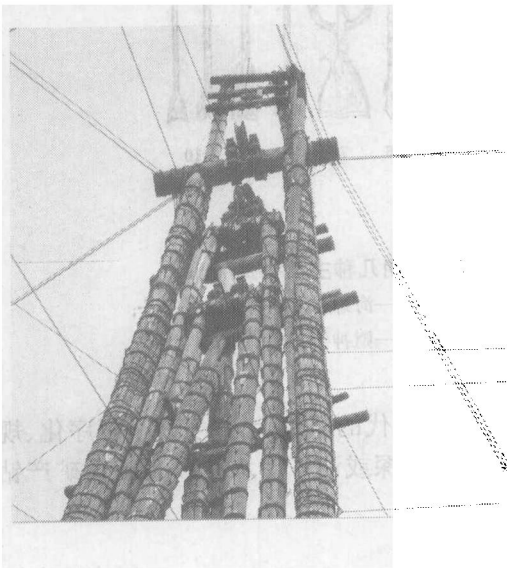


图 1-7 井架及大腿

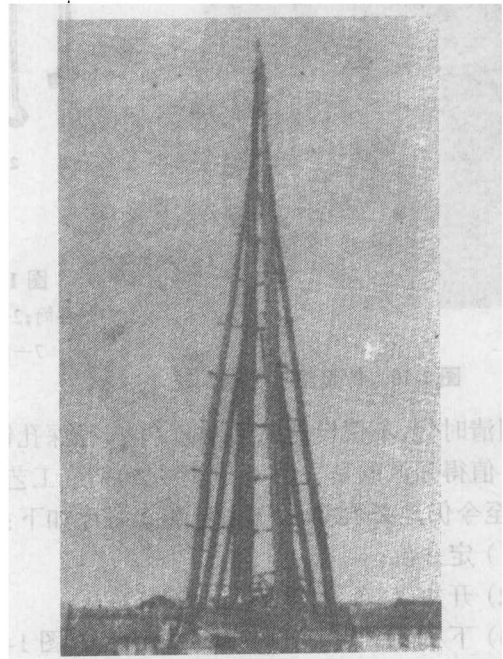


图 1-8 50 年代自贡大山铺坡顶高耸云霄的国四井井架

(2)天车直径大约为 1~1.5m,有利于延长卷绕凿井篾索(竹篾条)的寿命。

(3) 碓架(冲击机构)(图 1-9)是根据杠杆原理制成,提升钻头离开孔底的距离可达 0.75 ~ 1.5m。

(4) 大型绞车是立式的,小型的是水平式的。具有牛皮带刹车机构,大型绞车直径可达 6 ~ 8m,用牛牵引,有较大的容绳量,既有利于打深井,又便于延长蔑索寿命。

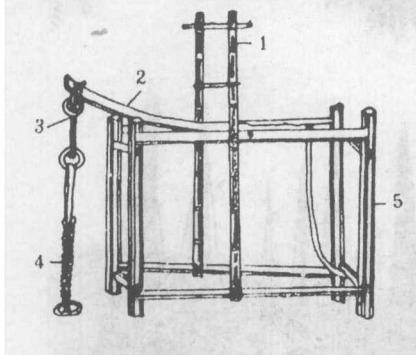


图 1-9 川北乐至场碓架图

(据中国井盐科技史)

1—扶手 2—踩板 3—吊环  
4—鞭棒 5—碓架

我国发明的这套绳索冲击钻探设备,实质上是一套半机械化的钻井设备,是钻井技术的重大突破,开创了机械凿井的先声,具备了现代钻凿盐井、气井、油井、水井设备的雏形。在 11 世纪传入西方,有力地推动了世界钻探技术的发展。

2. 与钻机配套的钻具结构精致、齐全。

(1) 竹蔑索(即古代柔性钻杆)(图 1-10)用节距较长的斑竹或楠竹条制成,首尾樵头牝牡扣合,用细麻绳扎紧,用锻制铁箍套紧。竹蔑索宽约 25mm 多,可按井深接长到几十至千米。竹蔑条纵向纤维特别发达,有如现代链形长纤维纵向拉力强的聚合塑料绳,在当时没有钢丝绳的年代,这无疑是一项重要创举。

(2) 各种冲击钻头(锉)(图 1-11)。

3. 钻凿井工艺程序化、规范化。

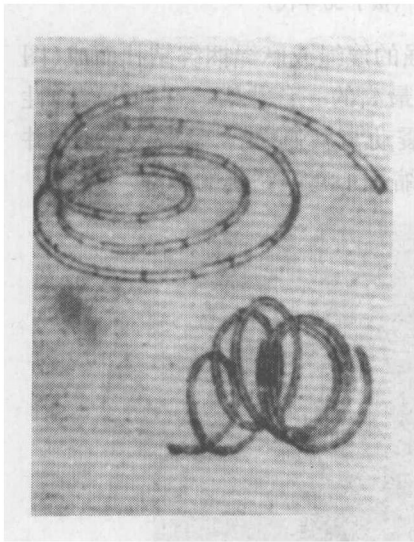


图 1-10 竹蔑索

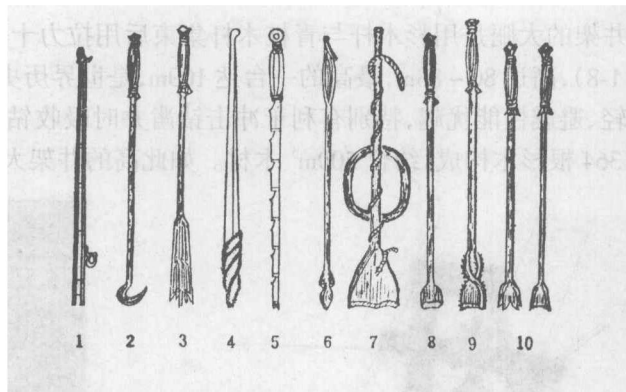


图 1-11 小口径深井用几种主要钻头(锉)

1—吞筒;2—扫镰;3—五股须;4—海螺;5—刮筒;6—转槽子;  
7—鱼尾锉;8—银锭锉;9—财神锉;10—马蹄锉

明清时代,不仅设备工具配套,小口径深孔钻凿工艺在前几代的基础上,也实现了程序化、规范化。值得强调的是,这一套程序化的钻进工艺在绳索冲击钻探或油、气、水井以及固体矿产钻探中,至今仍是必须遵循的规律,施工程序如下:

- (1) 定井位;
- (2) 开井口(今称挖圆井)(图 1-12);
- (3) 下石圈(今称砌圆井或下导向管)(图 1-13);
- (4) 凿大口(今称大口径钻头开孔或称开钻)(图 1-14);
- (5) 制木竹(制作井下表层木、竹套管)穿过地下淡水层(图 1-15);

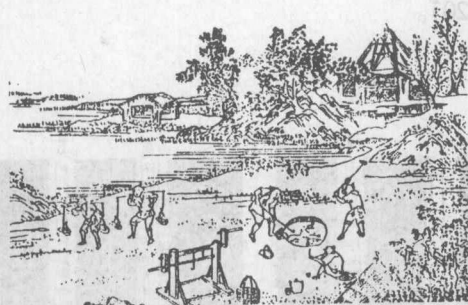


图 1-12 开井口(挖园井)

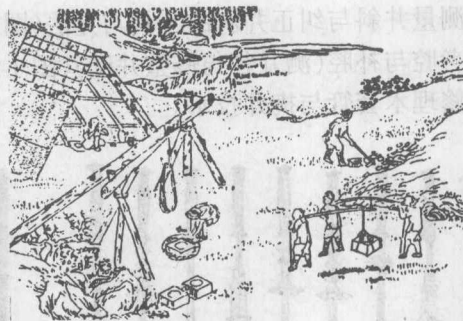


图 1-13 下石圈(小导管)

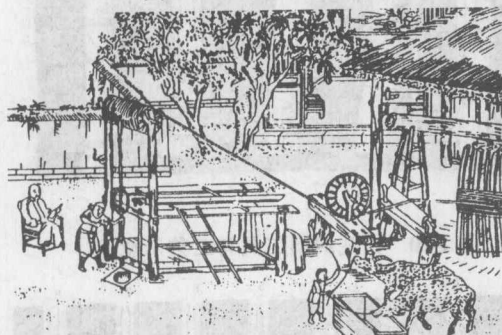


图 1-14 凿大口(开钻)



图 1-15 制木、竹套管(下表层套管)

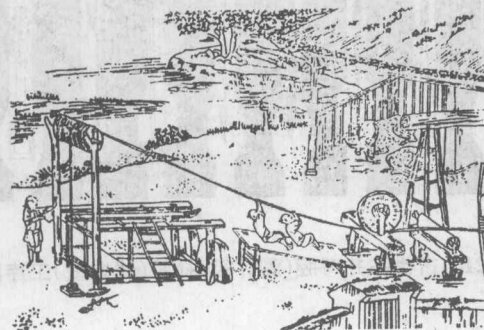


图 1-16 每钻进一定深度就要人力捞砂,古称淘泥

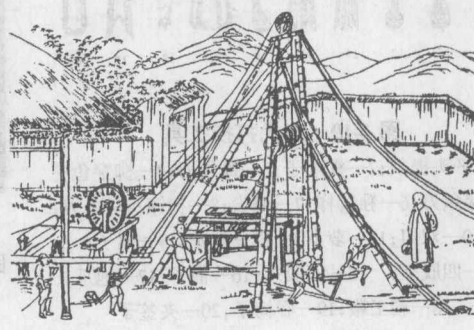


图 1-17 锉小孔、见功(钻深部小井眼)

(6) 淘泥(今称捞岩屑)(图 1-16)。

(7) 锉小孔、见功(今称换径钻小眼与完井)钻到矿(盐)层见天然气层止(图 1-17)。

明代钻进工艺的重要突破之一是用木套管代替了竹套管(图 1-18)。可以根据盐井口径、深浅和产量的需要选择表层套管的直径,大大改革了竹套管口径小的局限性,便于钻进加深井身结构。

4. 与钻进工艺配套的几项重要方法与技术。

深井的钻成还要有一系列与之配套的重要方法与技术,明清时代已相当完善与发达,达到了相当高的水平。现代钻探配套技术所应用的工作原理,仍有许多是沿用当时的。这些技术包括:

(1) 打捞工具(图 1-19)与打捞技术。

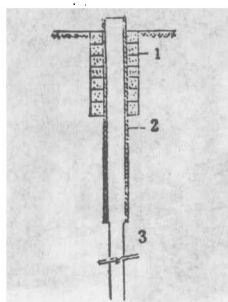


图 1-18 明清盐井井身结构  
1. 石圈; 2. 木、竹套管; 3. 裸眼



(2)测量井斜与纠正井斜的工具与方法(图 1-20)。

(3)考腔与补腔(测井径与修整井壁)(图 1-21)。

(4)修理木套管与掏井技术。

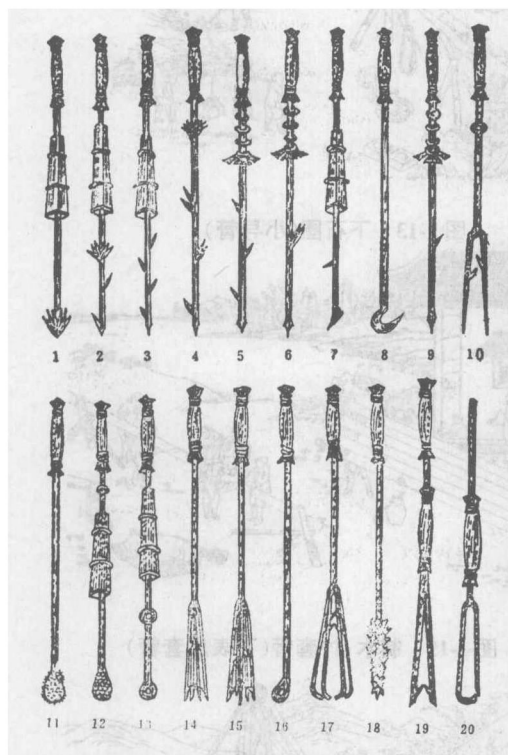


图 1-19 清代打捞工具

- 1—平头提须;2—提须子;3—提须刀;4—柳穿鱼;  
5—穿鱼刀;6—独脚棒;7—偏尖;8—扫镰;9—单刀;  
10—双刀;11—萝卜头;12—木龙;13—累子;  
14—四股须; 15—五股须;16—催子;17—抱爪;  
18—霸王鞭;19—吞筒子;20—夹签子

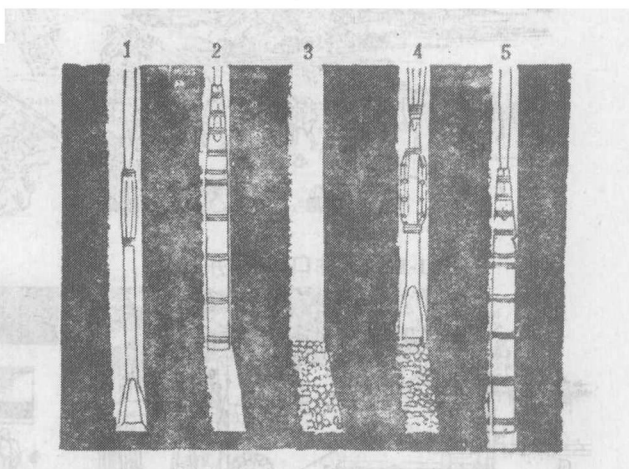


图 1-20 钻孔纠斜工具与工艺示意图

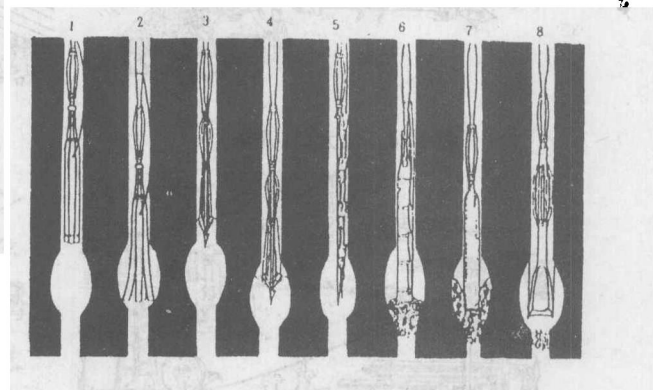


图 1-21 古代钻井考腔(测井径)补腔(修井壁)工序图



图 1-22 桑海井井碑

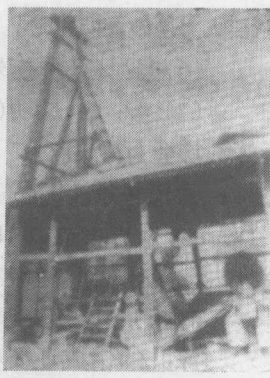


图 1-23 桑海井侧面



图 1-24 桑海井正面

### 五、世界钻井史上的第一口超千米井——燊海井

1835年(道光六年),我国钻成世界第一口超千米深井——燊海井(图1-22、图1-23、图1-24)。位于四川自贡大安堰塘,井深1001.42m,是中国古代钻井工艺成熟的标志,也是世界钻井史上的里程碑。下入木套管64m。64~125m深时井径为114mm;125~1001.42m的井径为106.7mm。初期,日产天然气8500m<sup>3</sup>,黑卤14m<sup>3</sup>,日产盐15t。直至1944年仍日产气3200m<sup>3</sup>;1955年日产量降到1200m<sup>3</sup>;1988年日产量1500m<sup>3</sup>;1989年停产。此井生产持续达154年,实为世界罕见。该井于1988年经国务院批准为全国重点文物保护单位,供文物考古与参观。

## 第二节 中国古代勘探史话记

(按编年非连续记录)

公元前254~前251年,秦昭王任命李冰为蜀郡太守,他“识齐水脉”,即能考察卤水、淡水的水文地质条件。“穿广都盐井诸陂池”就是说在现今成都、双流一带钻凿盐井,并修筑了堰塘。

公元前53~前18年(西汉)杨雄著《蜀都赋》,把火井列为蜀都的一大名胜。这是关于我国天然气井的最早文字记载。

公元100~200年,东汉画像砖上有一幅“煮盐像”,生动地描写了当时用天然气熬盐的情景。

公元490年,南北朝齐明帝时,为感念李冰的贡献,四川人民在灌县玉壶山腰为李冰建崇德庙,为他和他的得力助手李二郎塑像,供奉在殿堂中。至元代敕封为王,故延续至今又称二王庙。

公元前255~公元1040年,大口径浅井,前后持续达1300年,是凿井技术发展的第一阶段。

1023~1063年,宋仁宗时期大口径浅井已走向衰落。

1041~1048年,于北宋庆历年间,在四川南部井研县出现小口径深井凿井工艺——卓筒井,是凿井技术发展的第二阶段的初期。这一工艺的出现,标志着从大口径浅井向小口径深井的过渡。卓筒井凿井工艺的普遍推广,大大促进了宋代井盐生产。

1132年,据不完全统计,南宋绍兴二年,小口径井在当时四川20个州中已有4900余眼,年产盐89万多吨,井数比宋初增加7倍,年盐产量增加2.7倍。

1516~1520年(明正德末年)发明与推广小口径卓筒凿井工艺400多年之后,四川各地已普遍用这一技术探采盐卤资源,并在乐山发现了石油。中国第一口油井应当在此期间钻成<sup>①</sup>,但具体年份无可考证。明代凿井深度已达300m。

1686年(清康熙25年)四川产盐区达26个州、县,共有盐井1182口。

1730年(清雍正8年)四川产盐区达40个州、县,有井6116口,年产盐46.139t,达到过历史最高水平。1731年(雍正9年)射洪县拥有盐井2319口<sup>②</sup>,蓬溪县有盐井1251口,比1686年(康熙25年)井数增加7~9倍,为全川盐井最多之县。当时乐山、犍为井数亦达1286口,比1686年增加2倍多,富顺也有井298口。

① I. 1848年俄国人谢苗诺夫钻出第一口深为60m的油井;

II. 1859年美国人德拉克(Edwin L. Drake)钻出第一口深21.19m的油井(位于宾夕法尼亚州)。

② I. 据美国Z. G. Deutsch报导“1838年卡诺瓦(Kanowha)河谷区已打井120口,平均井深116m。1845年该区最深纪录也只有518m”。转引《井盐史》1983年1期。

II. 据美国FMC公司《The Salt Industry in the Kanowha Valley》。

III. 1808年鲁弗奈尔兄弟(Ruffner)在美国宾州阿利根尼斯(Alleghenies)西部凿成第一口盐井,深12.19m。

IV. 1831年美国人Billy Morris创造了冲击钻的活环(Jars)完善了西方近代冲击钻钻具。

1730~1758年(清雍正8年至乾隆23年)在这28年间,四川盐井增加2000多口。新钻凿的深井开始向深部三叠纪嘉陵江组地层钻进,资源丰富的黑卤和天然气层被开发出来。有的井深达400多米。

据M.W.Pullen“*The History of Solution Mining 1973*”记载,1700年以前,中国已钻凿卤井约10000口,井深超过457.3m。

1700年左右(乾隆中叶)富荣地区志双盛井钻至513m。

1815年(嘉庆20年)凿成桂成井,深达799m,比清初凿井深度增加了1倍多,已能开采深部黑卤与天然气。

1835年(道光6年)凿成世界第一口深井——燊海井,井深1001.42m。它的凿成标志着中国古代钻井工艺的成熟,是世界钻井史上的第一个里程碑。联合国教科文组织《博物馆》杂志1980年4期介绍说:“1835年燊海井凿成,深达1001.42m,是中国当时深井最高记录,也是18世纪中叶以前的世界井记录”。

中国历代钻凿井深记录(表1-1):

表1-1 历代钻凿最深井记录

朝 代	年 份	井 深(m)
汉	公元前206~公元220	138.24
唐	公元618~800	298.80
宋	1041~1253	215.04
明	1368~1644	311.00
清	1644~1910	
乾隆年间	1736~1795	513.00
道光年间	1835	1001.42
咸丰年间	1851~1861	1045.00
光绪年间	1875~1892	1119.00
民国初年	1911	1250.00
解放后	1949以后	3800.00

注:《中国石油工业发展史》1984,《卷二》。

### 第三节 中国古代钻凿科技对世界钻探工业的影响

#### 一、钻凿设备与工艺

1. 在世界上最早创造了小口径盐井和天然气深井钻凿设备、工具和工艺,为开发地下矿藏提供了重要方法,揭开了钻探历史序幕(图1-25)。

2. 这套钻探设备和绳式冲击钻的原理,导致近代钻探设备的诞生,其钻探工艺程序至今还在沿用(图1-26)。

3. 盐井、石油与天然气固体矿藏的发现与开发掀起了世界性的大规模勘探以及世界能源结构的大变革。从柴薪而煤炭,到20世纪中叶,石油天然气跃居首位。

小口径盐井深井(卓筒井)钻凿技术堪称中国的第五大发明。



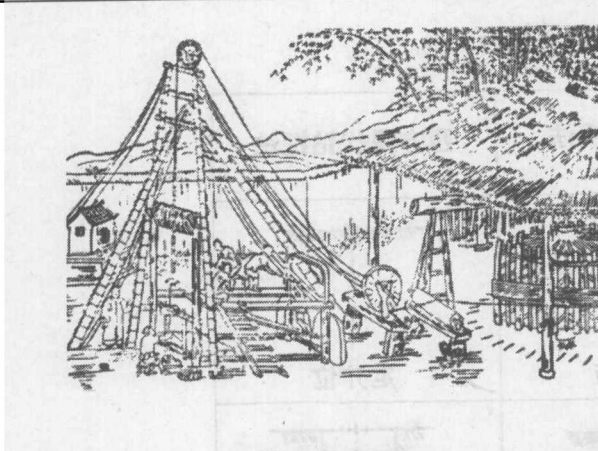


图 1-25 古代深井钻凿设备

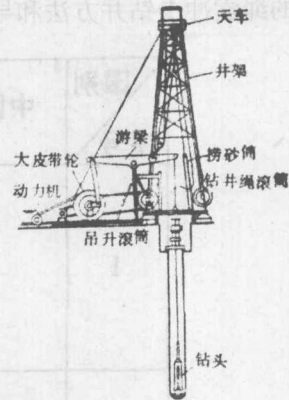


图 1-26 西方早期冲击钻机

表 1-2 中国与西方早期绳式冲击钻设备与工艺对比表

	中国卓筒井 (小口径冲击钻机)	西方早期 (绳式冲击钻机)
发明时期	1041 ~ 1048	1808 ~ 1831
钻进方式	冲击	冲击
绳索材质	蔑索	钢绳
动力	人工踩蹬	人工踩蹬
井身结构	石圈、木、竹套管	木、钢套管
钻具缓冲机构	转槽(约 1130 年左右)	活环(1831 年)
钻头结构	横刃配刃	一字形凿形
排泥器	竹搨泥器带牛皮阀	捞砂筒带球阀
开采物	卤水	卤水
发明地点	中国四川	美国宾夕法尼亚

注:据《中国井盐科技史》,1987,四川科技出版社。

## 二、各类现代勘探、开发井(孔)的钻凿工艺

西方至今仍沿用的中国古代(明以后)工艺程序图(见图 1-27)。

这是一幅中国古代(明以后)和现代油气井钻井工艺程序的对比图。该图说明自古至今(1836~1644 年明代以后)的钻井程序仍然基本相似,只是名称叫法不同。参阅图 1-11~1-17 所示,可能更加深理解:中国古代钻凿井工艺流程与现代工艺流程仍很相似,只是叫法不同。

## 三、钻探工艺技术是中国古代的第五大发明

中西科学技术交流高峰期在宋代(11、12 世纪)。

中国的火药、造纸、印刷术、指南针号称中国古代四大发明可谓尽人皆知,于 11、12 世纪传入西方。其中“印刷术的西传,对于希腊古典文化的传播,对于文艺复兴这一思想解放运动和科学的革命,都起了重要的作用。尤其是对宗教改革运动(恩格斯把它称之为第一资产阶级革命)的推动,对欧洲现代文明社会的推进,其作用尤为称道。”

指南针的西传,“给当时已在欧洲兴起的航海业提供了崭新的技术武装,它对于新大陆的发现,加速资本主义资本的原始积累,都起了重要的作用。”

钻凿井方法的西传,激发了欧洲主要国家,进行了一系列实地试验,启迪了西方创造以蒸气