

# 四川盆地自流井構造 天然氣開採的研究

胡 礪 善著

石油工業出版社

# 四川盆地自流井構造 天然氣開採的研究

胡 礪 善著

江苏工业学院图书馆  
藏 书 章

石油工業出版社

## 四川盆地自流井构造气田开采研究 内 容 提 要

这是一部专门研究我国四川天然气矿藏的著作。作者根据历史资料，考证了我国四川盆地自流井构造气田开始开发的年代以及利用天然气作为制盐燃料的沿革；并根据所得产量数据估计该气田裂隙性岩层单位体积的储气量，从而推算其他类似构造的气田的储量。书里引有许多古籍中的记载，其中包括关于我们祖先在油气开采上惊人创造的资料。

本书可供从事天然气开采及研究工作的工程技术人员参考。

统一书号：15037·241

四川盆地自流井构造

天然气开采的研究

胡藕善著

\*

石油工业出版社出版(社址：北京六铺炕石油工业部十号楼)

北京市书刊出版业营业登记证出字第083号

北京市印刷一厂排印 新华书店发行

\*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本 \* 印张4 $\frac{2}{3}$  \* 97千字 \* 印1—2,100册

1957年5月北京第1版第1次印刷

定价(11)1.00元

## 出版者的話

我国四川是世界著名产气地区之一，根据史料也証明是世界上海上开采天然气最早的地区；而自流井構造的天然氣，則是四川盆地各气田中最先大規模被采出煎煮食鹽的。

但是，四川盆地自流井構造的天然氣，究竟是什么时候开始被開發利用的，当时的情况怎样，历年所經過的变迁如何，以及在鑽井采气方面曾采取过哪些技术措施等等，我們都只能在史籍中偶尔見到一些片断的記載，而从来沒有人作过系統的整理研究工作。因此，我們所知道的，也只是一些籠統模糊的概念。

本書作者根据他所掌握的資料，考証了自流井構造的开发历史，認為該地开始鑽井是在晋朝，大量利用天然氣則始于宋。这种說法，在沒有获得更可靠的考証以前，應該認為是可以成立的。至于作者在鑽井技术方面所作的引証，則不仅為我們提供了很寶貴的史料，而且肯定了我們祖先在世界鑽井技术方面的偉大貢獻。

对于油气田的開發和开采，最重要的是儲量估計問題。四川盆地自流井構造已証明是一个裂縫性气田，这种气田的儲量計算，是一个复杂的、至今还没有完全解决的問題。作者在分析历史产气資料之后，求出了自流井構造石灰岩裂縫性气層儲气体积佔岩層总体积的百分比，这种計算方法恰和苏联 A. A. 特拉菲姆克院士所提出的不謀而合。同时，作者还根据这个数字，对比和估計了类似气田的儲量，作为今后開發这些新气田的参考——这無疑也是一个大胆的、有价值的嘗試。

但是，作者所搜集的資料是否可靠、全面，考証方法是否合理，都还有待广大讀者提出意見。同时，关于自流井構造气藏的驅動类型，裂縫性儲气層的有效厚度和分佈范围，以及計算裂縫容积时是否应当考虑水所佔的容积等問題，目前各学者还存在一些不同的看法。另外，在应用自流井構造的資料去对比其他类似气田的儲量這個問題上，也有人抱持不同的見解。所有这些，都是關鍵問題，还需要我們繼續研究的。

# 目 录

## 出版者的話

## 序 言

|     |                                         |    |
|-----|-----------------------------------------|----|
| 第一节 | 自流井構造天然气开采的历史演变·····                    | 6  |
| 第二节 | 自流井構造天然气累計产量的研究·····                    | 26 |
| 第三节 | 自流井構造嘉陵江石灰岩裂縫地層單位<br>体积儲气量的研究·····      | 48 |
| 第四节 | 自流井構造 79 口現存重要气井天然气<br>生产情况的研究·····     | 53 |
| 第五节 | 自流井構造天然气井及天然气灶, 炭灶<br>的演变情况·····        | 59 |
| 第六节 | 自流井構造現在天然气的生产情况·····                    | 62 |
| 第七节 | 苏联 A. A. 特拉菲姆克院士关于裂縫性<br>油瀝儲量估計的学說····· | 65 |
| 第八节 | 应用自流井構造裂縫性單位地層儲气量<br>对比試算同类气田的儲量·····   | 71 |
| 第九节 | 自流井構造研究結果对裂縫性气田开發<br>的啓示和討論·····        | 77 |
| 第十节 | 結語·····                                 | 81 |

## 附 录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 1. 中心試驗室气体分析綜合报告表(摘要)·····      | 84  |
| 2. 自流井气田天然气产量的研究。儲量的初步討論摘要····· | 90  |
| 3. 自流井火灶瓦斯流量的測定·····            | 114 |

## 序 言

石油和天然氣工業，對於現代任何一個國家，都有極大的國民經濟意義。雖然這個工業的蓬勃興起，只是近 100 年以來的事情，但如追溯既往，尤其是在天然氣的開發和利用上，我們勤勞而聰明的祖先，却有着極其光輝的成就。古書有云：“…西蜀去海遠，而鑿井求鹽。人無淡食之憂。自秦以來，代有盛衰，迄今二千余年。雖曰地利使然，然造物之生成，人工之奇巧，真有令人不可思議者。…”（川鹽紀要）“川鹽載籍可征者，斷自秦始，秦孝文王以李冰為蜀守，冰察地脈，知有鹹泉，于廣都縣穿鑿鹽井……遂擅大利。”（川鹽概略）這就是說，兩千二百年前，中國人已經發明了與近代油氣田鑽探上頓鑽原理相同的沖擊鑽法，在深井中採取滴水。

由於這一偉大發明，我們祖先僅在四川一地便鑽鑿了十萬口左右 100—1000 公尺的深井。據 1915 年的記載，當時全川井數共有 64,987 口（川鹽紀要）。通過這些井的鑽探，開發了人類歷史上最早最大的天然氣田——自流井背斜構造。但是歷代統治階級，只知道利用這裡的天然氣煎鹽，從而剝削致富，而對天然氣開采情況，沒有留下任何記載，致使中國人在油氣開采歷史上極其偉大的貢獻，未能發出應有的光輝。

解放以來，在中國共產黨和人民政府的正確領導下，在好些新的構造上進行了大規模的近代化鑽探工作，發現不止一層的新的天然氣層位。這便更有力地證明了四川盆地天然氣儲藏的豐富。

我國發展國民經濟的第一個五年計劃（1953—1957）中說道：“在甘肅、新疆、四川和青海等地區大力地進行地質工作和鑽探工作，尽可能地獲得更多的天然石油的儲量……。”

“注意天然煤氣資源的勘察和利用。”

因此，四川天然气田的开发，已成为我国发展国民经济的一个重大任务。近年来某些新构造的鑽探虽然证明了那里天然气蕴藏量的丰富，但“丰富”的含义仅仅是一个概念，要想正规开发和大量利用天然气，必须先提出接近事实的储量。

一般常见的具有典型粒间孔隙的层状油气田，根据鑽井所取得的各项录井、岩心分析和试油、试气资料，不难提出比较可靠的储量。

对于气田，常用下列两种方法从事储量计算(Ⅱ3)。

### 1. 容积法:

$$V = F h \Phi f (P a - P_0 a_0) K$$

$V$ ——计算时气田的天然气储量，公尺<sup>3</sup>(标准状态下的体积);

$P$ ——计算时平均气层绝对压力，大气压;

$a$ ——计算时的天然气偏差系数， $a = \frac{1}{Z}$ ， $Z$ —— $P$ 时天然气的压缩系数;

$P_0$ ——气田的剩余气层绝对压力，大气压;

$a_0$ —— $P_0$ 时的偏差系数， $a_0 = \frac{1}{Z_0}$ ， $Z_0$ —— $P_0$ 时天然气的压缩系数;

$f$ ——气层温度系数;

$F$ ——气层储气面积，平方公尺;

$h$ ——气层储气有效厚度，公尺;

$\Phi$ ——气层储气有效孔隙率百分数;

$K$ ——天然气开采效率，在0.9—1之间。

在这个方法中，面积  $F$  可从探边井来确定，有效厚度  $h$  是孔隙部分的厚度，可从电测和岩心分析来确定。苏联 И. О. 勃罗得教授所著“石油及天然气地质学原理”一书中说道：“层状天然气(气)滞是在相当大的面积上，頂上和底下均为渗透性坏的岩层所限制的储油(气)层，这种油(气)的特性是在相当大的面积内，岩层厚度和岩性成分保持不变。”也就是说，正常的油气田有显



著而穩定的有效厚度，即使厚度有所變化或變化很大，也可用等厚圖求出厚度的平均值或可採用剖面圖解積分法求出。至於孔隙率 $\phi$ ，也可根據多次岩心分析的結果，求出合用的平均值。

但是在石灰岩構成的油氣田中，正如蘇聯“油田開采”[Ⅳ, 5]中所說，“石灰岩(和白云岩)的特徵是其孔隙分佈極不均勻，實際上沒有孔隙度；大塊致密的岩石，常常具有因溶解、白云化而造成之空洞及密聚的裂縫。在這種情況下，從任何岩石體積關係定出孔隙度，換言之，即根據某一井所取出的岩樣來確定孔隙度而引用到其他不管什麼面積上都是不對的。由於石灰岩的構造在很短的距離中都可能有很大的變化……說到石灰岩的平均孔隙度，只是假定性的……而且用普通方法估計含油之總容積，也是不可能的。”

四川某一構造的鑽探結果證明，在三疊紀嘉陵江石灰岩氣層中，情況基本上與上述的符合，而且還要複雜。

試取該構造嘉陵江石灰岩中  $TC_{1-2}$  天然氣的情況來說明這個問題[Ⅲ, 4]“ $TC_{1-2}$ ”。

#### 一、証實該層為新的具有工業價值的氣層。

甲井測試本層結果，氣層壓力 97.15 大氣壓，無阻流量每日 60,500 立方公尺。

乙井測試本層結果，氣層壓力 71 大氣壓，無阻流量每日 17,000 立方公尺。

丙井  $TC_1$  (嘉 25—25 層) 單獨測試結果，氣層壓力 122.5 大氣壓，無阻流量每日 3454 立方公尺。

#### 二、該氣層特徵。

(1) 岩心錄井：岩心放於水中，見氣泡自層理間隙中冒出，當岩性變化和具有碎屑狀組織時，層理裂縫則較發育。在鑽進中漏失泥漿(甲井)，而岩性一致沒有層理時，即無氣顯示。

(2) 岩層物理性質：孔隙率一般為 1—2%，個別砂岩高達 13%，層理發育處達 7—9%，滲透率均小於 1 千分達西。雖然孔隙率、滲透率均低微，但卻產有大量天然氣。



(3) 各井压力产量極不一致，根据上述数字，該構造各井在本層的压力相差达 50 个大气压（乙、丙兩井），产量相差最大达 50,000 多立方公尺（甲、丙兩井）。同时，还有其他一些气井，有的鑽达气層仅含微量气体，有的則是干層。

(4) 气層与構造的关系不大：这可以从各井中  $TC_1$  頂部的海拔高度不同以及各井产气量不一致得到証明。

(5) 軸心部分的井产量甚大，該層試气結果証明有工業价值的三口井甲、乙、丙都在長軸上。

(6) 天然气和水的性質，本層天然气中  $CO_2 + H_2S$  均小于 1%，一般在 0.5% 左右，比重 0.61—0.62，水性屬第三类水，水中溶解的  $H_2S$  亦少，水矿化度大氯离子含量 17,000 PPM。

(7) 本層頂底有不滲透的地層：如  $TC_2$  底部的嘉 21—22 層，为致密頁岩，这个層可能把  $TC_1$  和  $TC_2$  分开。

另在  $TC_3$  底部有厚石膏層，可以隔絕  $TC_2$ 、 $TC_3$  層。

嘉 26 層以下为致密泥灰岩，可作为底層。

### 三、对 $TC_1$ 、 $TC_2$ 的看法：

$TC_1$  層为含泥質的碳酸鹽地層，实际上是滲透性微弱的。但由于層理間隙和喀斯特作用的裂縫而造成不規則的滲透率，并由頂底有不滲透層而使上下地層互不連通，因此，初步認為它是帶狀裂縫性气層。 $TC_2$  因为資料尚少，本身是否可以独立成为气層，还待新資料方能肯定。

如果要計算儲量的話，立即遇到下面几个困难：

(1) 生产井只在長軸上，兩翼是干井或水井，找不出 A、B 面积 F。

(2) 有些井  $TC_1$ 、 $TC_2$  均产气，有些井只  $TC_1$  嘉 25—26 产气，而有些井根本不产气，也就找不到有效厚度 h。

(3) 孔隙率一般为 1—2%，个别高达 13%，層面發育处 7—9%，平均孔隙率是多少？不知道。

(4) 气層压力相差悬殊，不可能求出合理的平均气層压力。因此，某構造虽共鑽完二十余口井，并証明有工業价值的天然气

产量，但却始終無法应用正常的容积法算出近乎实际的儲量。

## 2. 压力降法[Ⅳ, 3]:

除了容积法外，对于不知道面积、厚度、孔隙率的气田，可根据天然气产量和压力降落的关系来计算儲量。

$$\text{公式} \quad V = \frac{(Q_2 - Q_1)(P_2 a_2 - P_1 a_1)}{P_1 a_1 - P_2 a_2},$$

式中  $Q_2$ ——气田或气井开始生产到第 2 时期的累积产量； $P_2$ 、 $a_2$ ——相应的气層压力和偏差系数；

$Q_1$ ——气田或气井开始生产到第 1 时期的累积产量； $P_1$ 、 $a_1$ ——相应的气層压力和偏差系数。

由上式观察，可見应用本式时須有長期的压力和产量的統計資料。上述構造上仅有一口井可以采用这种方法，同时，这种方法不适于有水驅的气田，而該井气層是否受有水驅，尙待研究。

对于不規則的气田，把各口井用压力降方法求出的儲量相加，虽也能求出全部气田的儲量，但計算时应先确切知道动力驅動範圍。

由此可見，用压力降落法目前只能求出該構造一口井气層动力場範圍內的近似儲量。

而該構造甲、乙、丙各井，既缺乏長期产气的資料，动力場亦不清楚，所以無法用压力降法进行計算。

总之，像这种由石灰岩組成的裂縫性气田，用容积法和压力降法来计算儲量，是不可能的或是有困难的。

鑽了很多井有大量进尺而提不出儲量，当然会大大地阻碍勘探开发工作的进展。所以解决裂縫性气田儲量問題，是目前四川石油工作者的一个迫切的問題。同时，四川还有許多其他構造，都是以嘉陵江石灰岩地層为主要鑽探对象，它們很可能一样也是裂縫性气田，所以，这类構造儲量的解决，正是給查明四川盆地天然气資源打下基础的正确道路。

除了容积法和压力降法以外，还没有見到过适用于石灰岩裂縫性气田儲量計算的方法。

作者根据已發現的史料，并在四川石油勘探局自流井專題研究队(110 队)三年来在自流井現場取得的地質成果的基础上，提出根据自流井構造的天然气开采情况，解决嘉陵江石灰岩裂縫性气田的計算方法。下面就是关于研究的几項成果。

总的說来，作者从事此項研究工作，主要具有下列两个目的：

一、研究自流井構造的天然气开发历史、演变和累积产气量……以証明我国在油气鑽探工程上的光輝成就。

二、利用上述研究成果，解决四川盆地三疊紀嘉陵江石灰岩裂縫性气田的儲量問題。

## 第一节 自流井構造天然气开采的历史演变

### 1. 四川盆地發現及利用天然气的时代

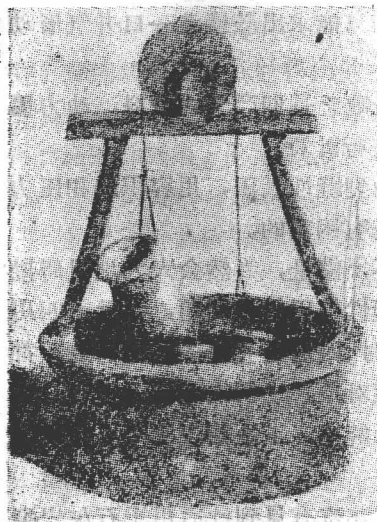


圖 1 陶井，从汉墓出土的冥器，表示当时用滑車汲水的井

晋朝人常璩所著的“华陽国志”是現在保存的描写公元 347 年(晋穆帝永和 3 年)以前四川情况可信的史籍。

光緒戊寅二酉山房版本卷 36 頁写道：“周灭后，秦孝文王(公元前 250 年左右)以李冰为蜀守，冰能知天文地理……乃壅江作棚，穿郫江檢江……又灌溉三郡，开稻田，于是蜀沃野千里，号为陆海，旱則引水浸潤，雨則杜塞水門。故記曰，水旱从人，不知飢饉，时无荒年，天下謂之天府也……又識齐水脈，穿广都鹽井

諸陂池，蜀于是盛有養生之饒焉……。”

這便是人類歷史上最偉大的水利工程家興修都江堰，化水災為水利，變四川為天府之國的生動記載。

更值得注意的是，李冰已經有“識齊水脈”的地質知識，而且創造了深井鑽鑿法，在廣都（據明曹學佺“蜀中廣記”“廣都今双流”）鑿穿鹽井（今人考證：廣都為今成都、華陽、双流一帶）。

自從鑿井采鹵方法發明以後，我們的祖先即在四川大規模進行此項工作。據“川鹽紀要”歷代產鹽的州縣（古名）1915年已湮滅者為：

秦：成都、華陽、双流、峨眉、  
洪雅；

成遠、安岳、蒲江、資陽、  
內江、羅江、太平；

漢：什邡、瀘州、隆昌、長寧、  
邛州、石泉、松潘；

宋：榮昌、涪州、儀隴、大竹、  
南溪、達縣；

晉：巫山、江安、梓潼；

明：定遠、雅州、城口；

唐：巴縣、璧山、宜賓、蘆山，

清：合州、銅梁。

而 1915 年尚存的產鹽地有：

犍為：始於秦，清同治、光緒  
時（公元 1870 年左右）盛產於五  
通橋；

樂山：始於秦；

雲陽：在宋代以前便已產鹽；

開縣：始於唐；

樂至：始於唐；

大寧：始於唐；

彭水：始於唐；

綿陽：始於唐；

井仁：始於漢；

奉節：始於隋；

西鹽：（西充、鹽亭）始於唐；

鹽源：始於漢；

邛關：（富順屬）始於漢；

資中：始於唐；

大足：始於清；

簡陽：始於漢；

忠縣：始於漢；

萬縣：始於清；

射蓬：蓬中、蓬遂、射洪，

始於唐；

南閬：（南部、閬中）始於唐；

三台：始於漢；

中江：始於秦。

當然，在上述地區，鑽井時遇到了怎樣的狀況，已難作詳細考證，但根據目前四川地質構造淺鑽，在許多構造鑽進白堊紀地

層時，都發現有相當數量的天然氣造成井噴。如某一淺井在1955年9月噴氣時，曾進行簡單試氣，證明每日能產1500立方公尺。地質學上常採用以今論古的方法，因此可以想見，上述各地鑿井時必然遇到了天然氣。

大量史料証實了這種推斷，同時還發現了我們祖先創立“石油”“油井”諸名辭的年代，更令我們引以自豪的，是中國人民不但在深井鑽鑿上開世界之首，而且遠在兩千年之前便科學地利用了天然氣，一千年前第一次用石油做成了炭黑。

詩人往往是最熱愛人民、熱愛祖國的，一千六百年前，晉朝人左思所作的蜀都賦有“火井沉熒于幽泉，高焰飛煽于天垂”之句，公元656年唐人李善註解這句話（見“文選註”）“蜀都有火井，在臨邛縣，欲出其火，先以家火投之，須臾隆隆如雷聲，焰出通天，光輝十里，以筒盛接，有光無灰”。

最近，從“華陽國志”卷三12頁看到“……臨邛縣郡西南二百里本有邛民……有火井，夜時，光映上昭，民欲其火先以家火投之，頃許如雷聲，火焰出，通燦數十里以竹筒盛其光藏之，可拽行終日不滅也（按即利用天然氣盛于筒中，作照明用）。井有二（原書加註“疑有誤”）水取井火煮之，一斛水得五斗鹽，家火煮之，得無幾也。”

這就是說，在漢末晉初，四川盆地發現了天然氣，並且合理地利用了天然氣。

隋唐間，這兒曾建置過“火井縣”（見“方輿紀要”）。

明、曹學佺“蜀中廣記”（欽定四庫全書卷25）說道：“……蜀郡臨邛縣，有火井，漢室之隆則炎赫彌熾，暨桓靈之際（按漢桓帝、漢靈帝起于公元147止于公元189）火勢漸微，諸葛亮一瞰而更盛矣（按劉備稱漢中王為公元219年，諸葛亮卒于公元234年）”。如此說來，臨邛火井確在漢末發現，而且前後延燒了100年光景。

在唐朝，我們沒有找到四川盆地天然氣的線索。

近人楊寬在“古代四川的井鹽生產”（科學大眾1955年8月號）曾說：“四川井鹽……可以分為兩個階段，第一階段是從戰

国时代起，直到北宋庆历年間(公元1041—1048年)，这个阶段的鹽井是口径比較大的淺井。从北宋庆历以后，进入第二个阶段，这阶段鹽井是口径小的深井”。不知楊寬的原始根据是甚么？楊寬說：“庆历年間所發明的深井鑽鑿器，鋒刃是圓狀的，所鑿的井口只有碗那麼大，井穴可以鑽鑿几十丈深。”這句話和“蜀中广記”所說：“志林云，庆历皇祐以來，蜀始開筒井，用圓刃鑿，如盤大，深者數十丈……”相同。但，這書并未提到庆历以前井很淺的事。

宋沈括正是皇祐年代的人(沈括公元1031—1095年)，这位精通数学、天文，由化石創立地層沉积的偉大科学家，曾留給我們一部丰富淵博的著作——“夢溪筆談”。为了考証庆历年代四川鹽井的深淺及天然气的情况，曾仔細閱讀了这部令中国人引以为荣的古代科学名著。

首先，从沈括对于“陵州鹽井”的記載，知道宋初陵州(今仁寿、井研一帶)鹽井已深五百余尺。这样說来，当时的井早已很深。果然，在“元和郡县志”(唐宪宗——公元806—820年时的著作)，已有“隋富世县……有富世鹽井，井深250尺以达鹽泉”，發現隋唐时四川的井已深数十丈。

“夢溪筆談”上并没有找到天然气的旁証，仅在“陵州鹽井”中見到“……岁久井干摧敗，屢欲新之，而井中陰气襲人，入者輒死……”陰气是指的什么呢？

虽然，天然气的証据，沒有从“夢溪筆談”中找到，但見到極生动的一段：“鄜延境内有石油，旧說高奴县出脂水，即此也，生于水际，沙石与泉水相杂，惘惘而出。……但烟甚濃，所覆幄幕皆黑，予疑其烟可用，試扫其煤以为墨，黑光如漆，松墨不及也，遂大为之……此物后必大行于世，自予始为之，盖石油至多，生于地中無穷……”。从此，“石油”二字在我国古書上出現。而沈括制造碳黑的情形，預見碳黑的未来，和对中国地下石油蘊藏丰富的信心，永远令今天从事石油的工作者，感念不置。

曹学佺是明万历进士，天啓間官广西參議(万历始于1573年，

天啓終於1627年)，故他所著的“蜀中廣記”大約是公元1600年左右的著作。這本書里公然有“火井、油井”一章，請看他對“油井”的描述：

“通志云，國朝正德末年（公元1521年）嘉州開鹽井，偶得油，可以照夜，其光加倍，沃之以水，則焰彌甚，扑之以灰則滅，作雄硫氣，土人呼為雄黃油，亦曰硫黃油，近復開出數井，官司主之，此是石油，但出于井爾，蓋由與產雄硫樹脂諸處源脈相通故有此物，益部談資油井嘉眉、青神、井研、洪雅、犍為諸縣有之，居人皆用以燃燈，官長夜行，則以竹筒貯而當炬，一筒可行數里，價減常油之半，而光明無異。予以辛亥齋捧過犍為，得井油少許，令人試之，信然，但其性暴烈，……傳火之時，稍不及避，則焚其手……。”

至於天然氣，“蜀中廣記”“火井油井”中記着：

“王逸少與周益州（年代待考）書：彼鹽井火井皆有否？足下目見不為欲廣異聞……。”

又說：“方輿云，長江縣火井在客館鎮之北二里伏龍山下……”“蓬池火井在縣西南三十里，水涸時投火其中，焰從地出……。”

這樣看來，公元1600年以前，四川盆地的天然氣已很普遍，並且與井鹽一樣，馳名遠近了。

“蜀中廣記”還引載了一次公元1202年（宋寧宗、嘉泰壬戌年）四川發現天然氣的記載“陸游跋火池碑云<sup>①</sup>：予昔在征西帳府，嘗得小校言，火山軍池枯燥，不可鉏犁，及地不及尺，烈火隨出……夜讀蜀彭君火井碑，乃知天地間何所不有……。”

榮縣志：物產篇“陸游曰：蜀食井鹽，僊井大寧，猶是大穴，若榮州則井絕小，僅容一筒……又詩：煮井人茫下麥遲（註：榮多鹽井<sup>②</sup>）秋冬收薪茅甚急。知小井茅火煎之。”

① 根據宋陸游“渭南文集”題為“跋火井碑”而非“跋火池碑”因知“蜀中廣記”在此錯一字。

② 榮縣的鹽井自古即在今天自流井構造頁井一帶。



可見，在公元 1200 年左右，四川虽又發現了天然氣，但主要產鹽地却还是以茅柴作燃料。

公元 1200 年，足跡廣布川西的陸放翁對於“火井”，還在感嘆“天地間何所不有！”但在公元 1600 年前已很普遍，足証四川開始大規模用天然氣煎鹽是十一世紀到十五世紀之間的宋末或元初。榮縣志：“食貨篇：元初，州治荒廢（同書沿革篇：宋志稱：端平三年……元兵破成都，川南蕩析矣……元趙漫稱三卯錄云：蜀民就死，五十人爲一聚，以刃一一刺之，積其尸，至暮，疑不死，復一一刺之，成都城中得尸一百四十萬，城外猶不計，元興，蜀州縣降廢幾半……蜀禍奇慘矣）。至元（公元 1300 年左右）間，襄漢流民，移羣聚居，私鑿鹽井。此則全县皆井，不限貢井一區……。洪武間（公元 1368—1398 年明太祖）……歲辦鹽七十二萬五千五百斤。宏治間（公元 1488—1505 年明孝宗）歲辦鹽九十九萬五千八百七十八斤，井多少不詳。……”是不是這一批因戰亂流亡的勞動者——“襄漢流民”大規模“私鑿鹽井”，而把天然氣大量開發利用了呢？我們說這是非常可能的。

公元 1600 我國天然氣制鹽已很發達，除了明著“蜀中廣記”外，更可靠的証據是公元 1637 年（明崇禎丁丑）江西人宋應星所作的“天工開物”。他不但留下了文字，還留下了圖畫，使 300 年後的二十世紀，無可置疑的承認了偉大的中國人大量利用天然氣的历史事實。

以下各節再作專門敘述。



圖 2 四川鹽井及火井(公元1637年)



圖 2a 中国古代鑽井取鹽情况

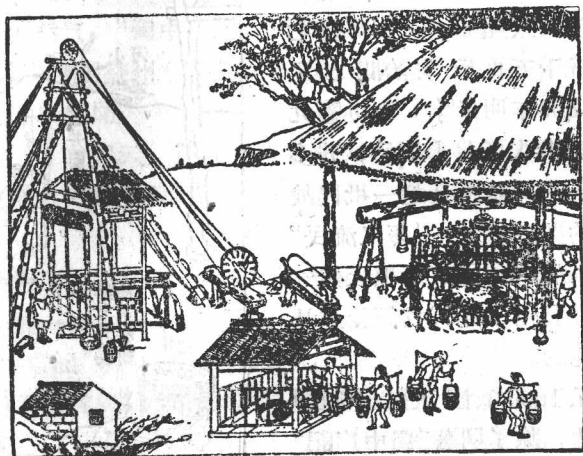


圖 3 畜力汲鹽圖(天工開物)

## 2. 自流井構造开始鑿井的时代及其沿革

华陽国志載“江陽郡(郡治在今瀘州)江陽縣……有富義鹽井”。

富順縣志和榮縣縣志对上述史料有过考証。

富順縣志指出汉朝江陽縣，就是今天瀘州、富順、榮縣、隆昌等境。这个地区的一部分“隋富世县，貞觀二十三年(唐太宗年