

油气勘查中兼找钾矿是加速我国找钾工作的有效途径

林耀庭, 陈绍兰

(西南石油局第二地质大队, 四川 成都 611844)

摘要:在地质构造盆地中,石油、天然气和盐钾具有共存关系,而且两者勘查手段一致,因此在油气勘查中兼找钾矿,实施“油气盐钾兼探”。这不仅是国外找钾的普遍经验,也应是加速我国找钾工作重要而有效的途径,它必将收到事半功倍的效果。

关键词:钾矿资源;油钾共存;共存机理;共存方式;油钾兼探

中图分类号:P 618.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-858X(2007)03-0001-06

我国固态可溶性钾矿资源短缺,找钾工作40余年,但迄今仍未取得实质性的突破。我国人口众多,人均耕地少,要用仅有7%的世界耕地,养活占世界23%的人口,必须依靠科学种田,努力提高单位面积作物产量,调整N—P₂O₅—K₂O施肥比例,增加钾肥施用量,乃是一项重要举措^[1]。然而目前我国钾肥产需矛盾突出,其实质原因乃我国固态可溶性钾矿资源匮乏,尽快找到钾矿资源,乃是我国当务之急。

面对这一现实,笔者根据多年从事盐卤钾资源勘查开发的实践经验及研究,联系油气和盐钾的共存关系,以及两者勘查手段的一致性,认为在油气勘查中兼找钾矿,是有效推动我国找钾工作的重要途径,能收到事半功倍的效果。

1 世界上大型钾矿床多在油气勘查中发现

钾矿具易溶特点,地表难以保存,根本看不到直接露头,通常深埋地下数百至数千m,呈隐伏矿体。若不采用钻探和物探测井手段,是无法发现的。而油气勘查中往往要部署大量钻探

工作,且在布井之前需做大量物探、钻探、测井工作,这些也都是寻找钾矿必不可少的手段。可见在油气勘查中的大量钻探实施“油气盐钾兼探”,可为发现钾矿资源提供机遇,这在世界上许多国家的找钾实践中已有无数例证。据不完全统计,目前世界上已知42个可溶性钾矿分布在24个国家,其中就有18个国家的22个钾矿床是在油气勘查中发现和找到的,其钾矿储量占总储量的50%以上。尤其是从20世纪50年代以来,物探工作中自然伽玛测井方法的广泛应用,使油气探井兼找钾矿工作取得突破性的进展。一些国家不仅从油气探井中的岩屑、岩芯中发现钾矿层或钾矿物,而且依据物探测井资料(自然伽玛、能谱、声波、中子和井径等),辅以少量找钾探井,便可圈定钾矿体,评价其工业价值。如加拿大萨斯喀彻温钾矿床即是一例,它最早于1943年在石油探井的岩芯检测中发现,1950~1966年间对已有的200余个探油井又进行了自然伽玛测井,从而查明该钾矿是一个规模大、质量优、构造简单的巨型优质钾矿床,K₂O储量达 $665 \times 10^8 \text{ t}^{[2]}$,成为世界上油气勘查中发现和评价规模最大的钾矿床之一。

收稿日期:2007-04-04

作者简介:林耀庭(1933—),男,教授级高级工程师,享受国务院特殊津贴,长期从事盐卤钾资源勘查开发和科研,现退休。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

前苏联在东西伯利亚发现和找到的储量达 700×10^8 t 的下寒武统特大型钾矿床,也首先应归功于石油探井的自然伽玛测井。美国也利用油气探井中的放射性测井资料发现了犹他州东

部的帕腊多克斯大型钾矿床。英国约克群钾矿床也是在英伦三岛企图寻找石油而施工的探井中发现的。在国外利用油气探井发现和找到钾矿床的实例不胜枚举,可参见表 1。

表 1 国外油气勘查中发现的钾矿床一览表

Table 1 List of the potash deposits found in the oil and gas exploration abroad		
国 家	矿床(盆地)名称	发 现 概 况
加拿大	萨斯喀彻温	1943 年石油探井岩芯化验时发现,50 年代对已有石油探井进行自然伽玛测井,查明了矿床规模及工业价值
美 国	密执安盆地	50 年代在油气探井的岩芯发现钾矿物,1966 年在石盐矿芯中找到厚 30 m 的钾石盐矿层
	帕拉多克斯	1924 年石油探井中发现钾矿物,1950 年通过石油和钾矿勘查井的物探测井资料,弄清了该钾矿床的赋存特征
	新墨西哥州	1912 年于石油普查井冲洗液中发现含钾量高(5.4%),1921 年石油探井中发现杂卤石,1935 年又发现钾石盐
巴西	塞尔培希	由 Pterobras 公司勘查石油时发现,1965 年开始钾矿钻探
前 苏 联	伊尔库茨克涅帕	1930 年在石盐岩芯中见兰石盐,1936 年发现盐泉含钾卤水,50 年代通过区域地质、古地理、水化学等研究,预测了找钾远景区。1976 年在涅帕钻井发现伽玛测井异常,补打斜井时发现厚 38 m 的钾矿层
	斯塔罗宾	1949 年在构造钻井中偶然发现钾矿层,1951 年在数十口石油探井中得到证实
	滨里海盆地	1912 年石油探井发现钾矿物浸染,1932 年石油井岩芯中发现钾石盐,随后在石油探井中兼找钾矿,至今已发现工业钾矿床 20 余个
罗马尼亚	东喀尔巴阡	1950~1952 年石油普查时发现钾矿层
墨西哥	塞那达尔一弗特尔	勘查石油时发现
波 兰	捷斯特	1946 年找石油时发现
法 国	阿尔萨斯(上莱因)	1904 年勘查石油时发现,后利用找油、找煤探井对钾矿作出综合评价
英 国	北约克郡	1939 年钻探天然气时发现
丹 麦	苏得拉	1949 年勘查石油时发现
埃 及	红海沿岸	1964 年普查石油时发现
安哥拉	宽札盆地	50 年代普查石油时发现钾矿
刚 果	霍利-圣保罗	1960 年石油钻井中发现钾矿
加 蓬	南加蓬	1948 年在盐丘底辟构造钻探石油时发现
巴勒斯坦	达里亚拉	1952~1953 年勘探石油时发现含钾卤水矿床

注:据国外矿床丛书——钾盐矿床(北京:地质出版社,1994)等资料综合而成

我国虽然迄今尚未找到大型固态可溶性钾矿床,但在各地油气探井中发现了不少盐卤矿床和含钾线索。例如我国东部第二沉降带及其以东的中、新生代盆地中已发现的 30 个石盐矿床,其中 17 个便是油气勘查的探井中发现的,

占 56.7%,诸如山东的东营、河南的东濮、江苏的丰县、淮安、洪泽以及湖北江汉盆地的盐矿床都是在油气探井中发现和找到的。在黄骅、济阳、开封、沧东、晋县和霸县等拗陷也见有盐类沉积。位于四川盆地的世界上最古老的震旦纪

盐矿和我国首例在四川盆地发现的寒武纪盐矿以及四川盆地三叠纪众多的盐盆(体)几乎多为油气勘查探井新发现。江汉盆地的钾芒硝矿床,鄂尔多斯盆地奥陶纪的薄层钾石盐和光卤石矿物,山东东营盆地的杂卤石和四川盆地中、中三叠统众多的杂卤石层和硫镁矾、无水钾镁矾矿物以及近年来在四川盆地东北部和西部新发现品质优异、含钾量、含硼量异常高的富钾、富硼富钾卤水,都是油气勘查钻井发现的^[4-5](表 2)。可见在油气勘查中发现石盐矿和钾盐矿是普遍存在的客观规律。

反之,国内外不少地区在勘查石盐和钾矿时也屡屡发现油气田的线索。迄今为止,全球发现 153 个盐盆地,其中许多是含油气的。诸如乌拉尔盆地、第聂伯—顿茨盐盆地、中陆盐盆地、加拿大盐盆地,我国的江汉盐盆地、大汶口盐盆地、东营盐盆地、东濮盐盆地以及四川盆地中三叠纪众多的盐盆地都是盐钾和油气共存

的。如 1806~1850 年间,美国西弗吉尼亚州、宾夕法尼亚州在勘探盐矿床时发现了石油;1930 年德国在图林根钻探进入晚二叠世蔡希斯坦含钾岩系底板白云岩层时,发生了井喷而导致一场大火,从而发现了一个大油田;前苏联在乌拉尔上楚索夫城勘查钾矿的钻井发现了油气田,且很快便找到了伊申拜等大油田。我国 70 年代初在四川勘查评价威西盐矿时,在探井钻进中也发现浅油层,1972 年在南充盐盆(体)进行钾矿普查探井时,发生猛烈井喷,从而发现了气田。由此可见,油气与盐钾往往紧密共存,因而在油气勘查中兼找盐钾,实施“油气盐钾兼探”,实际上已是重要的找钾经验。

2 油气和钾矿共存关系及机理

地壳上长期稳定的沉降区是油气和盐钾形成的基本条件。因而两者常共存于一个封闭或

表 2 四川盆地三叠系含钾矿物和线索发现情况一览表

Table 2 List of postssium-bearing minerals and their discovery clues in the Triassic System of Sichuan Basin			
盐盆名称	层 位	含钾矿物和线索	发 现 概 况
南 充	T _{1j} ⁵ —T _{2L} ¹	杂卤石、无水钾镁矾、硫镁矾、钾盐镁矾	1962 年油气探井发现测井异常,1965 年油气探井岩屑泵井发现杂卤石,1973 年找钾探井取芯见杂卤石层及含盐杂卤石进而鉴定分析发现硫镁矾、无水钾镁矾及微量钾盐镁矾
	T _{1j} ⁴	杂卤石、无水钾镁矾	
成 都	T _{2L} ⁴	杂卤石、无水钾镁矾、硫镁矾、富钾卤水	1976 年油气探井岩屑录井时发现大量杂卤石岩屑,1981 年油气井取芯发现杂卤石层及硫镁矾、无水钾镁矾矿物,1991 年油气探井发现含钾量异常高的富钾卤水
自 贡	T _{1j} ⁴	杂卤石、硫镁矾	1961 年探盐井在岩屑录井时发现杂卤石矿物,1966 年在探盐岩芯中发现含杂卤石钙芒硝及少量硫镁矾矿物
垫 江	T _{1j} ⁵ —T _{2L} ¹	杂卤石、含钾卤水	1964 年检查油气井岩屑时发现杂卤石矿物,1976 年“油盐兼探井”取芯发现层状杂卤石,80 年代油气井又发现含钾卤水
宣汉—达县	T _{1j} ⁴ —T _{1j} ⁵	杂卤石、无水钾镁矾、硫镁矾富钾卤水	1979 年油气探井发现富钾卤水,同年在油气探井自然伽玛测井解释及岩屑泵井发现杂卤石,1985 年进而在油气探井取芯段发现硫镁矾和无水钾镁矾富集层
渠 县	T _{1j} ⁵ —T _{2L} ¹	杂卤石、硫锶钾石、多钙钾石膏	1982 年在石膏矿详查评价中发现杂卤石,1983~1984 年在进行杂卤石钻井的岩芯中发现多钙钾石膏和硫锶钾石
万 县	T _{1j} ⁵ —T _{2L} ¹	杂卤石	1979 年油气探井发现伽玛测井异常,解释为杂卤石,1981 年探钾井取芯时,证实为杂卤石层,进而对油气探井测井资料解释,发现一批杂卤石
江北—邻水	T _{1j} ⁵ —T _{2L} ¹	杂卤石	1983 年在江北八字崖勘查石膏的钻井岩芯中发现杂卤石,继而在区域油气探井测井解释发现杂卤石

注:1. 此表系根据笔者多年从事四川盆地三叠系探盐找钾资料汇集而成。
2. 层位中代号 T_{1j} 为下三叠统嘉陵江组代号,T_{2L} 为中三叠统雷口坡组代号,T_{1j}⁴ 为嘉陵江组四段代号,以此类推。

半封闭的构造拗陷盆地, 构成一个统一的综合地质体, 在含盐含钾的蒸发岩系上下常赋存油气层。例如荷兰格罗宁格大气田产于下二叠统(赤底统)砂、砾岩中, 上覆上二叠统(蔡希斯坦统)则发育了1 000余米的石盐和硬石膏层, 是一个典型的含油及含盐复合盆地; 胡果顿潘汉德尔大气田产于上二叠统狼营组白云岩层位, 其上威奇塔组为数百米的硬石膏及致密的含膏白云岩。四川盆地下、中三叠统嘉陵江组和雷口坡组沉积期由于发生区域性海退, 海水闭塞, 加之四川盆地齐岳山、方斗山、华蓥山等水下隆脊和鼻状隆起阻隔、形成川中、自贡、垫江、宣达、渝南、万县、成都等众多的含盐盆地, 膏盐层总厚达 500~600 m 之多, 构成良好盖层, 膏盐层之下和其间发育了渗透条件较好的碳酸盐岩, 目前已在垫江、自贡、宣达盐盆中分别找到卧龙河、自流井、普光较大气田。据资料, 世界上 187 个大油田和 76 个大气田中, 油气层与含盐含钾蒸发岩系紧密共存的大气田 36 个, 大油田 99 个, 各占一半左右, 且控制了已探明石油储量的 89% 和天然气储量的 80%^[3]。素有“天生盐盆中必有石油”的说法, 生动的表明了两者共存的紧密关系。盐盆中的蒸发岩系则又为油气运移和聚集创造有利条件。

2.1 油气和盐钾形成的地质构造环境的某种一致性

油气和盐钾形成的古气候条件虽有明显的差异, 但两者形成的地质构造环境却有某种一致性, 它们都需要一个持续发展的封闭或半封闭的沉降盆地, 必然经历着相当长的地质发展历程, 期间古气候和古地理条件可以演化, 既可产生有利于盐矿和钾矿形成的干旱条件, 也可产生有利于油气生成的静海还原环境(该环境有利于有机物转化成石油), 因而常可见到油气和钾矿赋存在同一沉积盆地的不同时期或不同部位, 形成沉积剖面上的叠置共存。在一些沉积盆地内, 碳酸盐岩层可造成成盐盆地封闭的堤礁和堡礁, 也往往可成为油气聚集的场所, 赋存油气藏。

2.2 含盐含钾蒸发岩系对油气藏保存起到良好的封闭保护作用

油气藏的保存取决于其盖层的好坏, 如果以泥页岩作盖层, 厚度至少需 50 m 以上才能对油气层起到封闭保护作用。而以蒸发岩的石膏、硬石膏作盖层时, 只需几米就足够了。在一些盆地中, 蒸发岩系不但是油气层的良好盖层, 而且还由于油气层(常为渗透性良好的储集层)横向常可侧变为蒸发岩, 形成区域性的岩性封闭圈, 使油气在运移时不致外溢散失。诸如加拿大西部地区和美国帕拉多斯盆地以及我国东营、文留、东濮、江汉、四川盆地等油气田都是蒸发岩系地层作为油气田的区域盖层, 对油气起着良好的封闭保护作用。

2.3 含盐含钾蒸发岩系的变形对油气运移聚集提供有利条件

由于含盐含钾蒸发岩系可塑性很大, 常可发生盐类位移, 形成很陡的各种形态的岩体, 如盐丘、盐背斜构造, 易使油气向上运移聚集, 为油气提供了有利的聚集场所。如前苏联滨里海盆地, 面积在 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上, 分布有 1 000 多个盐丘构造, 其中 300 余个可能含油气, 近年来已查明有钾矿的盐丘构造至少有 20 余个^[2]。

3 油气与盐钾共存方式的时空分布特点

3.1 空间上油气和钾矿同属一个沉积盆地

通常在一个大的沉积盆地内, 以油气分布的面积最大, 石盐次之, 钾矿分布面积最小。而且钾矿总是分布在沉积盆地最深的拗陷内。如前苏联的第聂伯一顿涅茨盆地, 该盆地 NW—SE 长 900 km, 宽 150 km, 已发现较多的油气田。而著名的斯塔罗宾钾矿床仅位于该盆地北西的延伸部分, 而且是在该盆地拗陷最深的普里安亚特地堑凹陷内。加拿大、英国等钾矿和油气的分布也均有类似特征, 乃是普遍规律。

3.2 在时间上蒸发岩系的上下常赋存油气层

从既有油气层又有蒸发岩系的资料表明: 46%的油气层产在蒸发岩系地层之下, 41%的油气层则产在蒸发岩系地层之上, 另有 13%的油气层是产在蒸发岩系地层之内^[6]。以四川盆地中、下三叠统蒸发盐类和油气层在剖面上来看, 嘉陵江组(T_{1j})和雷口坡组(T_{2L})的 9 个岩性段便有 7 个含油气, 而其间所间隔的正是蒸发盐岩类沉积, 两者在剖面上明显呈间互平行叠置的分布特点(图 1)。

油气和钾矿往往共存于同一沉积盆地, 这已为人们普遍认识。油气勘查所部署的钻井数量要比找钾探井的多, 所以油气勘察钻井和测井提供的找钾资料比专门为找钾而获得的钻井资料更为丰富, 这就为寻找钾矿提供了有利条件, 充分利用这些有利条件, 必然可加速和促进我国找钾速度。

4.1 可直接发现钾矿层或含钾矿物

利用油气探井取得的岩芯和岩屑, 通过显微镜下的薄片鉴定和电子探针等测试手段, 可直接发现钾矿层或含钾矿物。如美国新墨西哥州钾矿床就是从石油探井中的岩芯和岩屑发现的。

4.2 可利用油气探井的循环液发现含钾标志线索

利用油气探井中的循环液、通过 K⁺、Br⁻ 和总盐量等的分析, 综合研究水化学标志(如 $m_K \cdot 10^3 / m_{Cl}$ 、 $m_{Br} \cdot 10^3 / m_{Cl}$ 、 m_K / m_{Br} 等标志), 可发现含钾异常和线索。如泰国呵叻高原的钾矿即是根据钻井循环液水化学 Br⁻ 含量变化资料分析预测钾矿而部署的钻井得到证实而找到的^[7]。

4.3 利用油气探井的物探测井资料, 可有效发现钾矿层

利用油气探井的物探测井资料, 尤其是自然伽玛和能谱测井资料, 可有效解释石盐矿和钾矿层, 确定它的厚度及品质。如加拿大萨斯喀彻温钾矿床就是通过已有石油探井的自然伽玛测井资料并作出工业评价的。

4.4 利用油气勘查中的区域地质资料有助于预测找钾远景

利用油气勘查中获得的区域地质资料, 如蒸发岩系、岩相古地理、古气候、古纬度、古构造及水化学等分析研究资料, 有助于综合研究区域成盐条件和找钾远景的预测。如前苏联东西伯利亚下寒武统涅帕钾矿床的成功预测便是一例。

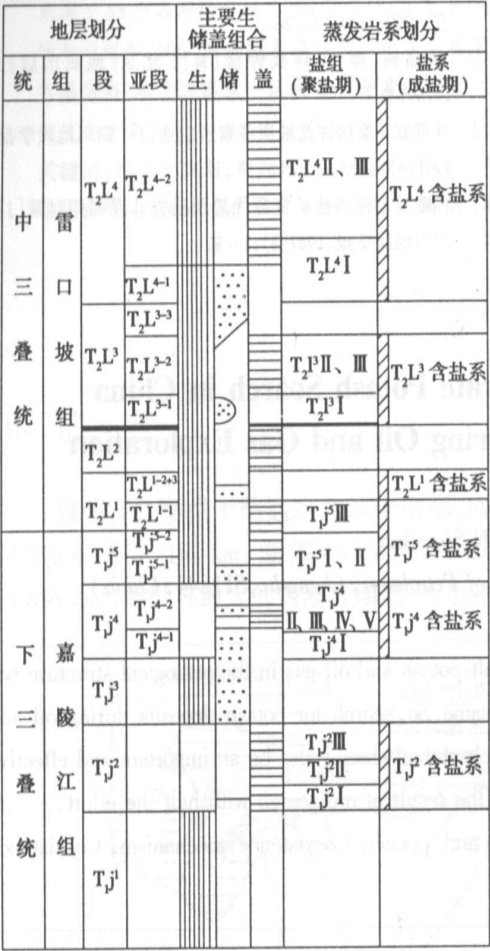


图 1 四川盆地三叠系生储盖组合与含盐系层位对比图

Fig. 1 Comparison diagram of source-reservoir-cap rock combinations and salt-bearing horizons in the Triassic System of Sichuan Basin

4 油气勘查为兼找钾矿提供的有利条件

5 尾 语

本文对油气和盐钾的共存关系论述虽很粗略,远未揭露两者关系的全部事实,但人们利用油气勘查兼找钾矿的客观事实,这已成为世界上找钾矿的普遍经验,值得我国借鉴,应是加速我国找钾工作的有效途径。当前我国正在进行新一轮油气勘查工作,其规模之大,钻探量之多,手段之全,精度之高,这在客观上实施“油气盐钾兼探”提供了前所未有的有利条件。如在油气勘查中,在油气探井中增加能谱测井、水化学采样检测以及进行必要和少量的取芯测试,加强钻井岩屑录井工作,即可收到良好的兼探钾矿的效果。由此可避免大量的重复工作,节省人力、物力和财力。大力贯彻综合找矿方针,实施“油气盐钾兼探”工作,完全适合我国国情,两者手段和方法基本一致,并不影响油气勘查工作进度,而且方法简单可行,易于掌握,能取

得事半功倍的找矿效果^[8],应是加速我国找钾工作的重要途径,值得有关方面重视和采用。

参考文献:

[1] 林耀庭,等. 解决我国钾矿资源对策的新思路[J]. 地质地球化学,1998(1):81—82.
[2] 钱自强,等. 国外地质丛书——钾盐矿床[M]. 北京:地质出版社,1994.
[3] 李仲模. 油盐兼探是找钾工作的上策[J]. 化工矿业通讯,1997(5):7—8.
[4] 杨立中. 论四川盆地地下卤水资源开发利用的现状及对策[J]. 四川地质学报,1992(3):227—228.
[5] 林耀庭,等. 四川盆地气田水开发利用展望[J]. 盐湖研究,1999,7(4):31—36.
[6] 张嘉树,等. 怎样找钾盐[M]. 北京:地质出版社,1978.142
[7] 林耀庭. 泰国钾盐地质考察及启迪[J]. 四川地质学报,1991(4):302.
[8] 林耀庭. 四川盐矿资源优势及勘查开发利用对策[J]. 四川地质学报,1987(2):1—8.

An Effective Approach to Accelerate Potash Search in China
——Search for Potash Deposits during Oil and Gas Exploration

LIN Yao-ting, CHEN Shao-lan
(The No.2 Geological Team of Southwest Bureau of Petroleum, Chengdu, 611844, China)

Abstract: There exists a coexistence relationship between salt-potash and oil-gas in the geological structure basins. Moreover, the exploration means of them are also the same. So, search for potash deposits during oil and gas exploration which is a general experience of potash search abroad should also be an important and effective approach to accelerate potash search in China. It will twice the result of ore-search with half the effort.
Key words: Potash mineral resources; Coexistence of oil and potash; Coexistence mechanism; Coexistence mode; Co-exploration of oil and potash

《盐湖研究》合订本征订启事

《盐湖研究》是原国家科委批准的学术为自然科学期刊,由中国科学院青海盐湖研究所主办,科学出版社出版,1993 年创刊并在国内外公开发行。《盐湖研究》自公开发行以来,深受广大读者的厚爱,为了便于我刊读者和文献情报服务单位系统收藏,编辑部已完成 2000 年—2005 年《盐湖研究》的合订本装订工作。合订本共计 4 册,每册仅收取工本费 90 元。数量有限,欲购者请与《盐湖研究》编辑部联系,联系电话:0971—6301683。