

碳酸盐土与可燃有机矿藏

殷乾根

陈荣书*

(武汉市沼气建设领导小组办公室)

(武汉地质学院)

可燃有机矿藏附近, 往往覆盖着不同类型的碳酸盐土。研究和揭示其相关性, 既可为农业土壤改良服务, 又有可能预测地下可燃有机矿藏。

一、碳酸盐土与可燃有机矿藏并存

我国各类碳酸盐土(图1)与可燃有机矿藏的关系分述如下:

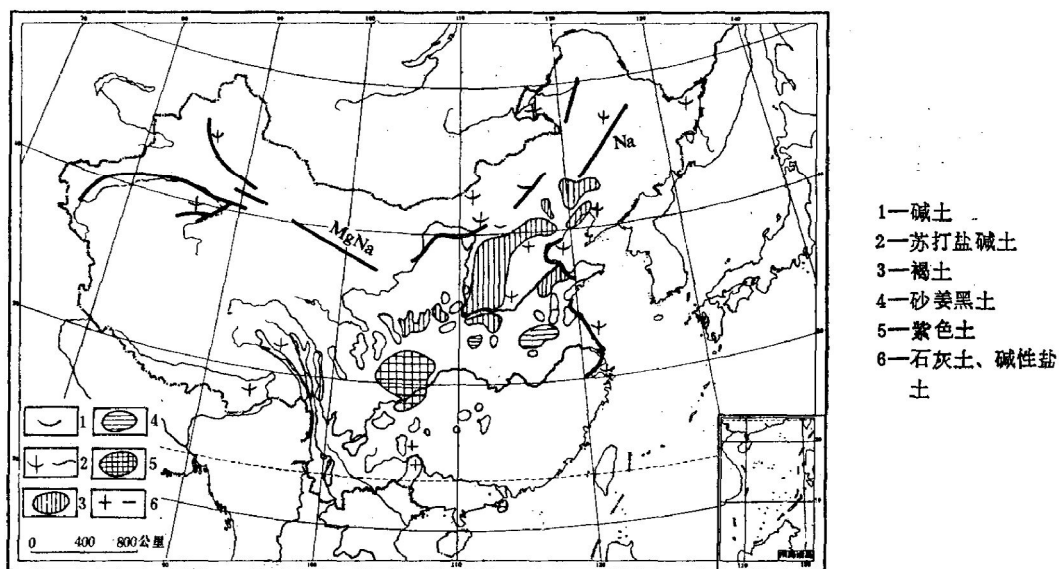


图1 我国几种类型碳酸盐土分布略图
(据国家土壤图, 1976, 简化)

(一) 苏打盐碱土往往与石油并存

我国大兴安岭东西, 长城内外, 祁连山、天山南北大小盆地中, 多有苏打盐碱土、镁质盐碱土分布^[1,2]。

松嫩苏打盐渍片有大庆油田、扶余油田。辽河苏打盐渍片有辽河油田。桑干河、大小黑河盐渍片有大同煤矿。鄂尔多斯盆地是我国又一个苏打盐碱土集中分布区, 银川东已发现油气矿藏, 还有准格尔煤田、贺兰山北煤田。祁连山北麓玉门至民勤一线均有镁质、钠质盐碱土分布, 这一带有玉门鸭儿峡、石油沟等油田。祁连山南柴达木盆地龟裂土西北角有冷湖油田。天山北麓玛纳斯河盐渍区, 苏打盐碱土附近有克拉玛依油田。奎屯河中游出现苏打^[1], 有乌苏油田。塔里木盆地西部、北部断层两侧是我国第三个苏打

* 感谢武汉地质学院水文工程系主任沈照理、地球化学教研室副主任朱有元、华中农学院杨扑勤教授的指导。

盐碱土、镁质盐碱土集中分布段,这一带已发现库车等油气矿藏。

苏联中亚伏尔加河、乌拉尔河、南恩巴河、里海沿岸是苏打盐碱土集中分布区^[5],也是苏联煤、石油、天然气主要产区。

(二) 华北苏打盐碱化与石油

华北苏打盐碱化土壤很少象东北那样大面积分布,以斑块状与其它盐渍土组成复区^[3],与石油并存(表1)。

表1 华北主要盐渍区*与石油

地 区	地 形 特 点	盐渍情况	油 气
河北永清、霸县以北	文安洼以北永定河漫地	中	廊坊气田
河北河间、任丘、献县、肃宁	白洋淀以南的低洼地带	中、重	任丘油田
河北南皮县以南	冲积平原中洼地(千顷洼)	中	
河北冀县附近	冲积平原中洼地(千顷洼)	中	
河北巨鹿及平乡一带	大陆泽及其边缘(交接洼地)	中	峰峰煤矿附近
河南获嘉西、滏卫河南	山麓冲积扇与冲积平原间的相对洼地	中	焦作煤矿附近
河南原武、原阳、延津	黄河大堤以北的洼地	中	
河南濮阳、长垣、滑县间	北金堤与临黄堤之间的洼地	中	濮阳油田
山东聊城、阳谷间	冲积平原相对洼地(运河阻隔)	中	
山东平原德县一带	冲积平原相对洼地(受马颊河影响)	中	
山东黄河三角洲	河沿、河间洼地	中、重	胜利油田

* 摘自“华北平原土壤”(补充修改)

(三) 滨海盐土苏打异常分布与石油

滨海盐土受海水浸渍的影响,土壤的化学性质与海水一致,以氯化钠为主,并含有一定镁盐(表2)。

表2 滨海盐土与海水化学组成

地 点	采 样	深度 (厘米)	pH	全盐 (%)	离 子 组 成 (毫克当量/100克土)						
					CO ₃ ⁻	HCl ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺ +Na ⁺
辽宁锦县	滨海盐土	表 层	9.22	0.24	有	1.73	1.34	0.12	0.12	0.15	3.92
辽宁兴城	滨海盐土	0—15	7.8	1.60	0	0.28	22.08	4.41	1.42	3.62	21.73
渤海	海水*	—	7.6	328	0	0.46	89.76	9.77	3.71	16.9	79.38

* 海水,毫克当量/100克水

近年,辽宁锦县,天津东南及北部,山东昌邑、寿光、沾化,江苏赣榆、射阳、盐城、大丰、启东,上海崇明岛,杭州湾头蓬等地陆续发现苏打异常分布^[4]。锦县属辽河油田产区;黄河三角洲及滨海是胜利油田产区;天津东南大港油田已开发,并逐步向北部海区发展。

(四) 江南弱碳酸盐土——硝土与石油

热带、亚热带地区,降水量1500—2000毫米。在强淋溶条件下,南方也有少量碱性弱盐土——硝土存在,以四川分布最广。例如川南泸县、隆昌、富顺、高店、江安、南溪和宜宾等地的紫色重碳酸盐硝泥田,其化学特性:耕层全盐0.16%,阴离子HCO₃⁻83.5%、SO₄⁻12%、Cl⁻4.5%;阳离子Ca⁺⁺60%、Mg⁺⁺20.4%、Na⁺+K⁺19.6%,pH8.3—8.5^[6]。强淋溶条件下,纵使石灰岩发育的土壤,也大量向地带性酸性红黄壤发

展。硝土中碱金属、碱土金属碳酸盐能够保存下来,比较典型地显示了地下内营力的不断补充,这里正是川南油气田所在地。

镁钙质硫酸盐、碳酸盐硝土,在江汉油田附近也有零星分布。

(五) 褐土与煤田并存

褐土主要发育于富含石灰母质,以及片麻岩、石英砂岩、花岗岩母质的地区,以富含碳酸钙为其主要特征。我国褐土北起辽宁赤峰、阜新经河北、山西大部,穿陕中入川西、西藏,并与西藏羌塘高原东南苏打盐碱土接壤,构成弧形带^[1]。褐土带除有阜新、开滦、太原、阳泉、峰峰、焦作等大型煤田外,还有许多中、小型煤田。

(六) 砂姜黑土与可燃性有机矿藏

砂姜黑土以具有“黑土层”和“砂姜层”为其主要特征^[6,7,11]。我国砂姜黑土主要分布在淮河以北,北纬33°—35°间,总面积0.3—0.4亿亩。东起海滨,西至南阳盆地,经湖北鄖阳、当阳、秭归零星碳酸盐土与四川紫色土,亦呈不整合带状分布。砂姜黑土带有淮南、淮北、枣庄、兖州、平顶山五大煤田,以及南阳油田。

我国砂姜黑土在国际土壤分类中与美国变性土同属一类^[6]。美国变性土分布于北纬30°—32°间,总面积1.2—1.8亿亩。墨西哥湾滨海平原仅得克萨斯州就有0.15亿亩。而得克萨斯州正是美国重要石油基地。沿变性土带,集中分布着美国的大型油田。

二、地下可燃矿藏与土壤的关系

(一) 地下可燃矿藏对土壤的影响

自然界中,可燃地下矿藏与岩石、土壤有机质比较,是相对集中的巨大碳源。在成煤作用过程中,每吨有机质(泥炭)可产生40—68立方米CO₂和烃气。在成油过程中,有机质在演化的早期阶段转化为CO₂和CH₄,随着埋深增加,地温上升,有机质热降解生成大量的液态和气态烃类。其产率视有机质类型而变化,一般在10—50%之间。

可燃有机矿藏形成过程中,生成的气体有如下几种分布方式:(1)保留在煤层和油气藏中;(2)聚集成气藏;(3)积存于围岩中;(4)积存于地下水中;(5)排放到大气中。后三种分布形式,直接对土壤产生影响,而贮存在油气藏中的天然气,则可通过扩散—渗透—水动力方式,持续不断地为油气藏上方或附近地区的土壤提供有机碳源(图2)。烃类气体向地壳表面运移、氧化过程的最终产物——CO₂,以及可燃气体本身所含有的CO₂,与其它烃类组分比较,易溶于地下水、岩石水、土壤水,因而也是渗透能力最强的气体之一。大量CO₂溶于水所形成的CO₃²⁻,对围岩的侵蚀性更大,淋滤速度也随水的矿化度增高而迅速加快,进而又影响到地下水中阳离子组成。在不同类型地下水和土壤水作用下,形成不同类型碳酸盐土。

(二) 气成土壤景观证实土壤中苏打来自天然气

松嫩平原苏打盐碱土自然景观保存比较完整。总的来说均分布于中部的河谷冲积平原,但并非遍及整个平原的所有部位,而只是在一些低洼地带和局部的小丘上才有分布^[8](图3)。

小丘由粘性土组成,平均高出四周约0.5—1米,为洼地所环绕,面积甚小,由数平

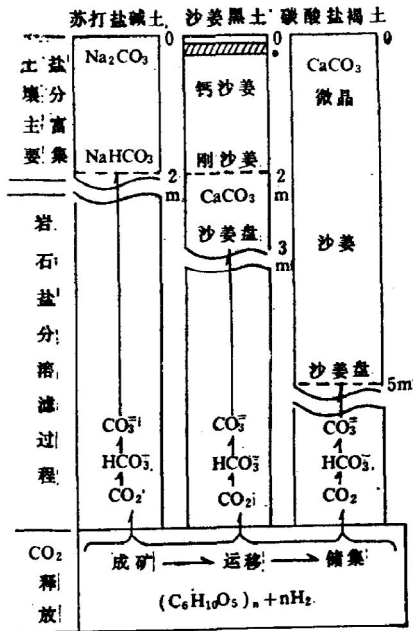


图2 可燃有机矿藏与碳酸盐土集盐模式

* 黑粘土层; CO_3^{2-} , HCO_3^- 水流经不同岩石决定阳离子组成

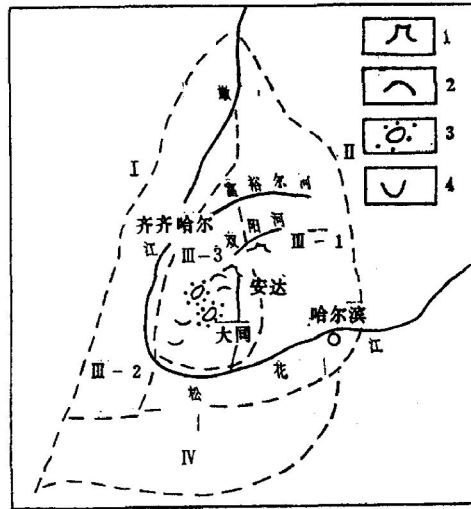


图3 气成土壤景观在盆地中的分布

- I 大兴安岭隆起带
 - II 小兴安岭、张广才岭隆起带
 - III 松嫩平原凹陷带
 - III-1 东部隆起带
 - III-2 西部缓慢沉降带
 - III-3 中央拗陷带(苏打聚集区)
 - IV 松花江分水岭隆起带
- 1—重苏打盐土与礼帽状小丘, 2—苏打盐土与馒头状小丘, 3—苏打湖与卫星式小洼地, 4—重苏打盐土与小洼地、环形沙丘

方米至二、三十平方米。按外形分礼帽状(图4)、馒头状(图5)。礼帽状小丘以林甸以北和以东的双阳河两岸最为明显, 且盐碱化程度较重, 馒头状小丘, 多发育在林甸以南及安达以北地区。

小洼地有卵圆形和马蹄形。卵圆形者四周均为沙丘环绕(图6), 地下水位低时, 沙丘受风蚀迁移。重苏打盐碱土发育于小洼地中央部分, 以大同镇以东的他拉哈、多耐站、九扇门等地最为明显; 安达以南及以西地区, 小洼地与水泡子(含苏打)、沼泽地伴生, 常环绕湖泊、沼泽分布(图7), 构成湖阶地。还有安达以南古河道槽形洼地, 林甸和安达以西的富裕尔河及双阳河下游的封闭型洼地, 苏打盐碱土普遍都较发育。

这些小洼地、小土丘皆为气成喷出景观, 尤以小洼地环形沙丘最典型。地下高压天然气、浅层苏打水喷流将细沙冲到地表, 小洼地四周因有苏打为主的盐分胶结而固定下来形成环形沙丘(图6)。这些喷出型景观与较重的苏打盐碱土并存, 证实松嫩平原土壤中苏打来自天然气。

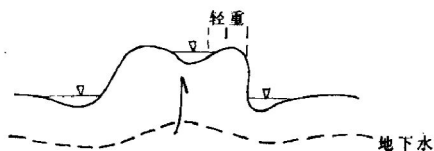


图4 礼帽状小丘与苏打盐碱土

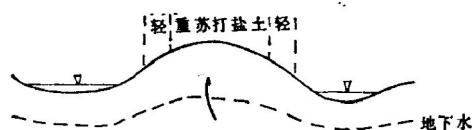


图5 馒头状小丘与苏打盐碱土

(三) 区域调查证实松嫩平原土壤中苏打来自天然气

松嫩平原苏打盐渍区地形平坦,四周略高于中部10—60米,岩石风化过程和成土过程产物的堆积作用是由黑龙江和松花江分水线向安达方向逐渐增强,沿山区和山前区成带状分布的冲积-坡积平原,以及古代的河流阶地(第Ⅰ、Ⅱ级)都没有任何碳酸钙的积聚特征(图8)。所有土壤和成土母质直至很深的底层都无碳酸盐。地下水中仅含有少量的钙^[9]。但在呼伦贝尔和安达以南的宽广盆地内,盐分聚积却以碱金属和碱土金属碳酸盐为主,也含有氯化物和硫酸盐,有时并出现碱金属硝酸盐^[9]。经过区域调查证实安达、呼伦贝尔土壤中苏打属原生盐分聚积,即土壤中苏打来自于母质——岩石和地下水。



图6 小洼地、环形沙丘与苏打盐碱土

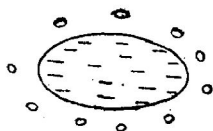


图7 小洼地环绕苏打湖分布

松辽平原岩石含盐量为0.1—0.3%,碳酸钠和重碳酸钠占全部盐分的40—90%。1—2.2米深的地下水总碱度($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$)含量高达10—50毫克当量/升。土壤实际碱度pH值在10以上^[10]。这样高的碱度显然也不是花岗岩、玄武岩、沉积岩和地下水的固有特性,即岩石、地下水仍受着深部碳源的影响。这种来自土壤深层的苏打,预兆着地下有可燃性矿藏。

三、土壤中有有机碳源的相对估价

土壤总碳源中只有有机碳源部分对预测地下可燃有机矿藏有指示意义。为便于比较,必须首先测试出盆地土壤的碳酸盐一般含量水平,即来自母岩的无机碳背景值。

(一) 土壤的无机碳酸盐背景值

地球风化壳的不同类型、不同气候带、不同水文地质条件,决定着土壤的无机碳酸盐背景值。以华北平原为例,将71个土壤阴离子化学组成分析数据^[3],按盐土分级制图(图9),可看出, SO_4^{2-} 、 Cl^- 与土壤含盐量呈正相关,而 HCO_3^- 含量相对稳定,一般每100克土 HCO_3^- 含量0.5—0.7毫克当量。由山麓至滨海绝大多数土壤,每100克土 HCO_3^- 含量仅相差0.2毫克当量,几乎接近于“坪”。这一“坪”线即为华北平原土壤水溶性无机碳源为主的自然背景值。高出“坪”线一倍至十余倍的大面积(万亩)苏打盐碱土值得引起注意,其异常多的苏打富集,有可能来自附近地下可燃矿藏。

(二) 碳酸盐土与可燃矿藏相关性实例

1. 全面型 土壤盐分地球化学分异,以漠境地区保存完整。以酒泉盆地为例(图10),阳离子迁移速率 $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Ca}$,阴离子 $\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{CO}_3$,碳酸盐在土壤中移动

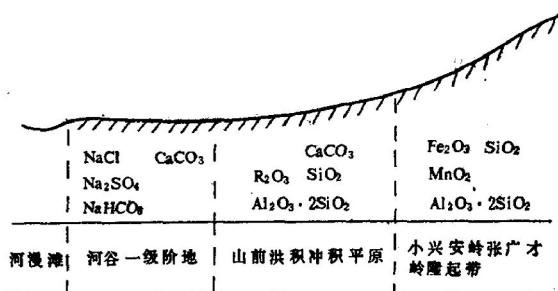


图8 松嫩盆地土壤地球化学概图

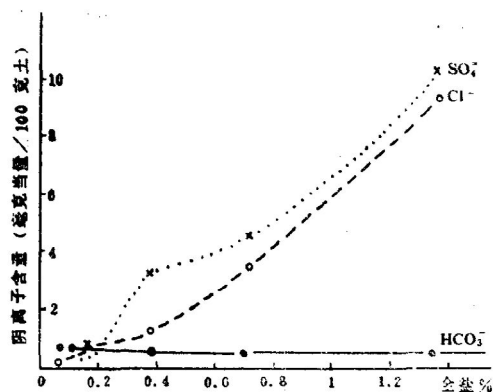
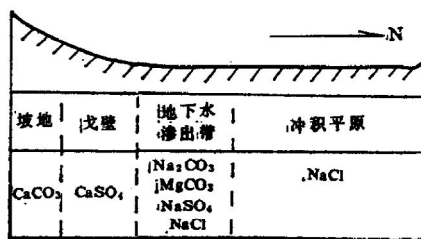


图9 华北平原土壤阴离子化学组成

图10 酒泉盆地含盐风化壳的地球化学分异
(据文献[10]立体图简绘)

缓慢或相对稳定。酒泉盆地中玉门等油田，就出现在碳酸盐土带。

2. 苏打型 苏打盐碱土与可燃性矿藏相关性，以廊坊气田为例（图11）。

由廊坊至黄村京津铁路以西，距廊坊气田18公里，安定公社杜庄屯出现碱土，杜庄屯至魏善庄分布万亩瓦碱，魏善庄至黄村为盐土并含苏打，其苏打盐碱土分异亦长达18公里。安定南即为廊坊气田。

3. 钙积型 钙积型碳酸盐在土壤中富集以南阳油田为例（图12），南阳官庄油田附近为砂姜黑土。油田南部，红渠公社北部土壤中出现大量砂姜，大型砂姜盘（1平方米），厚8米以上，并有黑土层，向南至唐河方向逐渐减少。

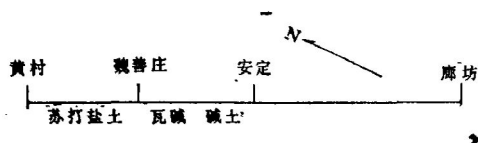


图11 廊坊气田与苏打盐碱土

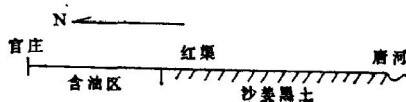
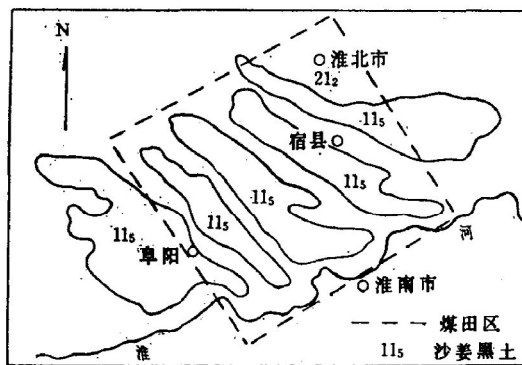


图12 官庄油田与砂姜黑土

4. 淮北砂姜黑土与两淮煤田^[1,11]

煤田覆盖层厚仅100—400米，瓦斯气直接影响矿区土壤化学组成。淮北砂姜黑土分布，除西北部为近代黄河南泛掩盖一部分外，砂姜黑土分布图，酷似煤田向地表的散射投影（图13）。砂姜黑土分布与产煤区俯视正重叠，可以看出两淮矿区土壤所特有的，区别于淮北一般土壤的砂姜层和黑土层，系成煤过程所逸散瓦斯气长期作用的结果。华北北部埋藏泥炭层上部土壤亦有黑土层，俗称泥炭帽子，并发现上部有泥炭帽子下部便有泥炭层，可见其与有机质氧化脱硫过程有关。白垩层及砂姜异常富集则系大量有机CO₂参与二次石灰化反应的结果。

图13 淮北砂姜黑土与两淮煤田分布
(据四百万分之一土壤图复制)

华北平原、淮北平原、南阳盆地土壤均富含石灰，并有少量砂姜，而当部分地段二次石灰化在土壤中大量出现，碳酸钙、白垩成层分布，有的砂姜竟占土体1/5—1/4时，

此种碳酸盐在土壤中异常富集，以及可能与有机质氧化脱硫过程有关的黑土层同时出现，便应考虑附近可燃矿藏的影响。

相对比较法估价土壤有机碳源虽然粗略，但可借鉴土壤学科现有成果，再结合其它找油、找煤方法，以期加速我国可燃性矿藏勘查。

四、碳酸盐土预测我国可燃性矿藏的尝试

(一) 我国大型沉积盆地中碳酸盐土的类型与分布^[1,3,4,10,12] (表3)

表3 我国大型沉积盆地与碳酸盐土

盆 地	面 积 (万平方公里)	碳酸盐土类型	分 布 部 位	碳 酸 盐 土 集 中 分 布 位 置
塔 里 木	61	苏打盐碱土 镁质盐碱土	西部、北部断层	叶城、喀什阿图什、乌什柯坪、阿克苏、库车、轮台、铁干里克、焉耆、库尔勒、罗布泊
鄂尔多斯	29	苏打盐碱土 镁质盐碱土 褐土	除南北沙漠 外遍及盆地	磴口至银川、中部硬梁、大小黑河为苏打盐碱土、准格尔至榆林分布为褐土
松 辽	27	苏打盐碱土	遍及盆地中心	1.安达片；2.齐齐哈尔西及南片；3.白城市、洮儿河南片；4.扎鲁特奇东片；5.西辽河、通辽市南片
四 川	21	紫色硝土 褐土	断层及中心	下川东、川中、川南、川西北、川西南
黔 桂	20	碱性紫色土 石灰土	零星土斑	都匀、毕节、东川、六枝南、遵义东、百色等
藏 北	>20	苏打盐碱土 褐土	东南断层	昌都、羌塘高原东南、藏南雅鲁藏布江朗县至林芝及阿里地区
准 噶 尔	16	苏打盐碱土	西部及南部断层	玛拉斯至乌苏、乌苏—米泉—木垒县
柴 达 木	12	龟裂碱土	中 心	冷湖油田东南
二 连	>10	苏打盐碱土	中 心	锡拉木伦河下游，二连西南替丁呼拉尔
华北—渤海	38	苏打盐碱土	三线一片	1.新乡东—任丘、黑龙港—黄骅—渤海；2.原阳—封丘—濮阳—黄河三角洲—渤海；3.天津北—三角洲沿海；4.永定河漫地片
苏北—南黄海	>10	苏打盐碱土 砂姜黑土	二线一片	1.开封—于城—永城—铜山—阜宁—射阳—南黄海；2.山东半岛南—上海崇明岛沿海；3.淮北平原片

(二) 碳酸盐土预判我国可燃性有机矿藏的尝试

在国家土壤图的基础上，以碳酸盐为主要标准进行归类，初步编绘了我国碳酸盐土分布草图（四百万分之一）。从略图一可看出其主要分布构成三个弧形带，涉及九大盆地及褐土带。

1. 苏打盐碱土带

准噶尔盆地 → 酒泉盆地 → 鄂尔多斯盆地 → 大同、阳高 → 海拉尔盆地。
塔里木盆地 → 柴达木盆地 → 等盆地

2. 苏打盐土-褐土-苏打盐碱土带

藏南雅鲁藏布 → 藏北盆地 → 川西北 → 晋、陕、冀、豫、辽宁 → 松辽盆地。
江朗县—林芝 → 地东南 → 隆起带 → 黄土高原隆起带

3. 硝土-砂姜黑土-苏打盐渍土不整合带

四川盆地→江汉盆地→郧阳盆地→南阳盆地→
 华北-渤海盆地
 苏北-南黄海盆地

由以上大小沉积盆地的一部分及褐土隆起带(图1),构成的三大碳酸盐土带,是我国煤、石油、天然气的主要产区。三大碳酸盐土带还可以找出众多的可燃性有机矿藏。

黔、桂盆地,碳酸盐岩占73%,但其上发育的土壤,多数向地带性酸性红黄壤发展,目前四百万分之一土壤图上,仅呈现东川市、镇雄、都匀市、六枝一北盘江、遵义东、百色等少数碳酸盐紫色土、石灰土图斑。百色盆地已发现工业油流^[9],开发中的六枝大型煤矿,在五十年代土壤图上已有特异性标志^[4]。

台湾一珠江口盆地,从崖门碱性盐土分布;以及基于同一原理,珊瑚岛上发育的碱性磷质石灰土显示我国的海南岛南部莺歌海盆地、曾母盆地、礼乐-太平盆地等亦是不可忽视的含油前景区。

五、问题与建议

美国达拉斯化探公司达什谢尔等,在1941年首创“土壤碳酸盐(ΔC)法”预判石油,国外评价较高^[6]。直接根据几种碳酸盐土预判地下可燃性有机矿藏还是我们的一次尝试。可燃性有机矿藏对土壤影响的具体规律,特别是褐土带煤田的具体规律,以及适用范围还不甚清楚,建议加强现有矿区土壤化学的研究。

(收稿日期 1983年1月24日)

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所编制, 1978, 中华人民共和国土壤图。地图出版社。
- [2] Прасолов, Л. И. 1949 Поверхенная карта СССР. ТУГКСМ СССР, Москва.
- [3] 熊 毅、席承藩等, 1965, 华北平原土壤, 科学出版社。
- [4] 胡思敏, 1979, 我国沿海地区苏打盐碱土异常与苏打来源问题。《中国土壤学会论文集》3集。
- [5] 王廷棟, 1981, 紫色重碳酸盐硝泥田的性质、形成和改良。《土壤通报》, 第2期。
- [6] 张俊民, 1979, 砂姜黑土的形成和分类。《中国土壤学会论文集》2集。
- [7] 黄瑞采, 1979, 淮北老黑土与美国腐殖质黑粘土的比较。《中国土壤学会论文集》3集。
- [8] 熊绍澧, 1962, 松嫩平原盐碱土的形成与地质、地貌及水文地质关系。《土壤》, 第2期。
- [9] 科夫达, 1960, 中国之土壤与自然条件概论。陈恩健等译, 科学出版社。
- [10] 中国科学院南京土壤研究所主编, 1980, 中国土壤。科学出版社。
- [11] 刘夔阳, 1983, 记两淮煤炭建设基地。《人民日报》4月6日。
- [12] 安作相, 1981, 关于我国石油资源的几个问题。《能源》, 第2期。

CARBONATE-SOIL RELATED TO COMBUSTIBLE ORGANIC DEPOSITS

Yin Qiangen

(Section of Marsh Gas Utilization, Wuhan City)

Chen Rongshu

(Wuhan College of Geology)

Abstract

1) Combustible organic deposits often coexist with soda saline-alkali soil, drab soil and sajong black soil. All these kind of carbonate-rich soils are called carbonate-soils in this paper.

2) Large amount of CO_2 is emitted during the formation of the combustible organic deposits. As confirmed by regional mapping, the landscape of gas-bearing soils in Song-Nen Basin, as well as the concentration of soda there in soils are related in some extent to the gas of Daqing Oilfield.

3) Having determined the background value of carbonates in soils of a sedimentary basin and contoured its abnormal zones, can one roughly point out the organic carbon-rich areas beneath the soils.

There are three carbonate-soil zones in China, which involved partially the nine big oil-bearing sedimentary basins and drab soil zones. Numerous combustible organic deposits could be found in these three large carbonate-soil zones.

第十一届世界石油大会综述

第 11 届世界石油大会于 1983 年 8 月 28 日至 9 月 2 日在英国伦敦举行,会议的主题是“为下个世纪的石油工业。”

世界石油大会是非官方的国际性学术组织,其宗旨是在全世界范围内推动和促进石油科学技术的发展,会议常设机构设置在伦敦。大会成立于 1933 年,今年是它成立 50 周年纪念。中国是于 1979 年在罗马尼亚举行的第 10 届大会上被接纳为正式会员国的,并且是它的常任理事国。

这次历时 6 天的盛会,有来自 65 个国家和地区的 3523 名代表出席。以中国石油学会理事长侯祥麟为团长、中国科学院学部委员叶连俊为副团长的中国代表团一行 28 人出席了会议。

会上宣读论文 135 篇,对世界油气资源的储量及供求前景进行了探讨,同时交流了油气田勘探开发等方面的最新成就。我国代表向大会提交的 4 篇论文是:关于中国南海北部的地质特点、中国大陆边缘演化与油气远景、华北及渤海湾地区的油气分布、湖盆砂岩储层沉积模式,受到国外同行的重视与欢迎。

大会突出地讨论了世界石油资源及其供需问题。美国地质调查所的 C.D. 马斯特认为,全球石油的最大可采资源量为 2460 亿吨,其中已发现 1670 亿吨,未发现的 790 亿吨(预测数);已采出 640 亿吨,剩余可采储量为 1030 亿吨(其中中东占 630 亿吨)。过去 10 年中,新发现的可采储量已低于同期的累计采出量,因此,所谓“石油过剩”只是暂时的,到本世纪末将会出现严重供不应求的局面。