

应用指示菌株测定鑽井时泥 浆渗入岩心的深度*

王修垣 毛桂震

(中国科学院微生物研究所, 北京)

現在已經积累的大量資料表明,在原油、地层水和岩心中存在着各种各样的微生物羣,这些微生物积极参加各种地球化学的变化过程,对于地下水成分的变化,以及有机与无机矿藏的形成和破坏都产生很大的影响^[5]。

岩心是研究地質微生物的基本材料之一,也是获得油田参数的主要分析材料。在选取分析样品时,避免鑽井泥浆的污染,对于获得可靠的微生物分布資料以及油田参数,都是須要考虑的重要問題之一。

在微生物学方面,为了避免岩心受外界污染,通常在岩心鑽出后立即涂一层石蜡,在分析前,以无菌手續除去岩心外层后再取分析样品。也可以用手搖鑽鑽入岩心内部取样^[8]。Doig 和 Wachter (据 ZoBell^[11]) 及 Sneddon^[9] 曾經报导,在 California 的 Ventura 油田采用过 pH 高达 11.5 的碱性泥浆和加入杀菌剂的方法防止污染。結果表明,在泥浆中无硫酸盐还原菌和兼性的好气菌,而在所鑽出的深度 4,337 至 4,412 呎的岩心中却发现了硫酸盐还原菌。Андреевский^[2,3] 及 Schwartz 和 Müller^[8] 曾直接从坑道中取样,也发现了生活的細菌。

但是,仍然有人在评价微生物学的研究結果时认为,在岩心分析时所查明的微生物是由于鑽井时随着泥浆带入的^[2,4]。

在确定鑽井时泥浆污染岩心深度的方法方面,一般采用化学方法(如螢光素和碘化鉀等)。近来,3. C. Смирнова^[6,7] 拟定了利用 *Bact. prodigiosum* 和 *Bacillus mycoides* 作为指示菌加入到泥浆中的方法确定細菌污染岩心的深度,得到了滿意的結果。关于注入指示微生物的方法,在她的报告中只提到:在提出岩心前 20—30 分钟,把很浓的对照微生物的悬浮液(約 150 万/毫升)加入到注入鑽井的泥浆中,但沒有作更詳細的叙述。

由于确定泥浆渗入岩心的深度具有一定的实践意义,而微生物指示法比化学指示法經濟、易行,所以我們对注入指示菌的方法作了一些初步的探討。

一、材料和方法

(一) 指示菌株

我們采用的菌株为 *Serratia marcescens* (即 *Bact. prodigiosum*, 菌号 AS1.203)。該菌在岩心中通常不存在^[7]。我們在研究地区的 9 块岩心的微生物分离中也未发现。

Serratia marcescens 菌体很小,0.5—1×0.5 微米,易于透过岩心的微小孔隙。在肉汁蛋白胨上生

* 此工作承玉門石油管理局地質室所屬单位大力支持,特致謝忱。技术助理:謝树华。

本文 1964 年 1 月 20 日收到。

长迅速,并形成特殊的紅色菌落,易于識別。

(二) 加入指示微生物的方法

1. 参加循环法: 考虑到把钻井时的全部泥浆均混入指示菌,常常需要大量設備和藥品,而在現場条件下往往不易解决。因此,我們把在克氏瓶中肉汁蛋白胨培养基上和在細口玻璃瓶中的肉汁蛋白胨培养基中生长 3—15 天的培养物,加入到 2—4 立方米的泥浆中强烈混合,使泥浆中的指示菌含量达到 1.0×10^5 — 2.0×10^8 /毫升。在开钻后让这一部分泥浆参加循环,并按照泥浆循环的速度,記下带菌泥浆下达井底后钻入的深度。待岩心提出以后,取下該段岩心,或在該段岩心的上下均取样,以克服計算的誤差。所得岩心在 24—48 小时内进行指示菌的分析。分析时用解剖刀自外向內逐层刮下。将刮下的岩心以适量的无菌水稀释后倒入培养皿內,然后加入肉汁蛋白胨培养基,置 30°C 的温度下培养 7 天,检查指示微生物渗入岩心的深度。

2. 套入取心筒法: 用上述方法时带菌泥浆参加循环的时间一般只有 6 分鐘左右,这样是否能够反映泥浆污染岩心的真实情况? 为此,我們采用了在开钻前把井內的残余泥浆提出,然后把带菌泥浆注入井底并提钻数次,试图把带菌泥浆套入取心筒內,以延长带菌泥浆浸泡岩心的时间。岩心取出后的分析方法与上同。

二、实验結果

(一) 指示菌株对原油的适应

原油中虽然存在着各种細菌,但是对于某些細菌(尤其是外源菌),它还是具有杀菌的或抑菌的作用。縱令从原油中分离出的菌株,也往往会失去繼續在原油中生存的能力^[10]。在采用 *Serratia marcescens* 作为指示菌前,需要确定它对于原油的适应。

为此,把幼龄培养物加入到原油中,在附加或未附加蛋白胨的情况下定期測定它們的繁殖情况。

实验結果表明, *Serratia marcescens* 在工作地区老君庙不同层位的原油中,无论加不加蛋白胨都能生存。如从图 1 看到,在未加蛋白胨的井油中繁殖較弱,其中在井油甲₁、乙₁中,菌量至 90 天仍高于原始接种量,而在井油丙₁和乙₂中,于 1.5—2 个月,菌量即开始下降,至 90 天已低于原始接种量。在加有蛋白胨的井油中菌量增加更为明显。在絕大多数情况下,至 90 天仍保持着相当高的繁殖能力。

(二) 指示菌株对泥浆的反应

Serratia marcescens 能否作为指示菌株,不仅仅取决于它对原油的反应,而且也取决于它在泥浆中的生命活动。我們曾把該菌的悬浮液加入到試井 1 的泥浆中定期測定菌量。当泥浆中加有 0.001% 蛋白胨时,大約 30 小时时,菌量由 3.3×10^4 下降到 1.5×10^3 /毫升,在大約 100 小时时,下降到 3.5×10^2 /毫升。当泥浆中未加蛋白胨时,相应时间的菌量为 3.0×10^4 , 4.1×10^3 , 1.0×10^2 /毫升。这种菌量的降低,显然是泥浆中物理化学因子综合作用的結果。虽然在 Смирнова^[7] 的报告中提到,該菌由泥浆中渗入到岩心中以后,可以保持其生命活动的的能力达 1—1.5 个月,但我們还是认为,在 48 小时以內分析指示菌的存在是适宜的。岩心取出后放置的时间愈长,指示的意义就愈会降低。

上述結果表明,該菌适用于野外实验。

(三) 不同注入方法的有效率

我們利用 *Serratia marcescens* 作为指示菌,在酒泉西部 6 口試驗井的钻进过程中,共

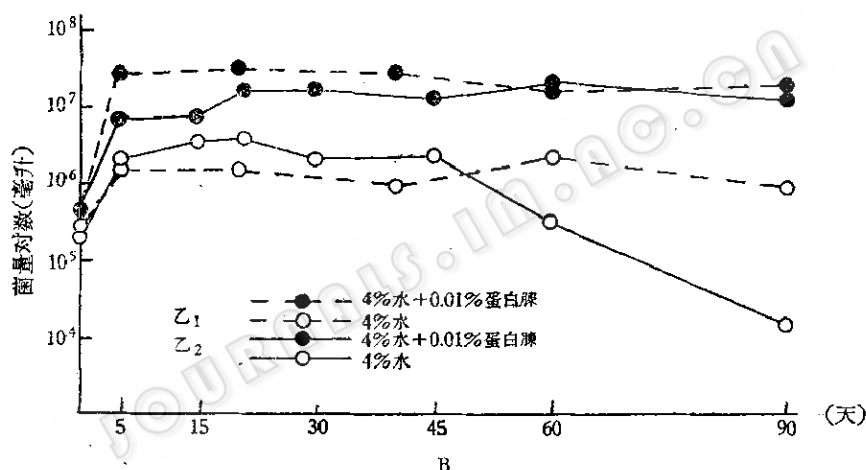
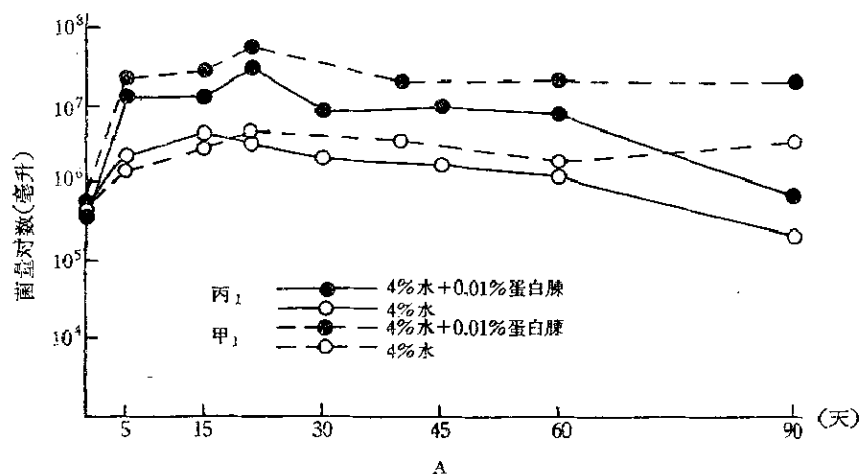


图1 *Serratia marcescens* 在不同井油中的生长曲线

作了 25 次实验。其中用循环法注入 18 次,仅一次失败,成功率达 94%。用套入法注入 7 次,有三次失败,成功率仅有 57% (如图 2)。

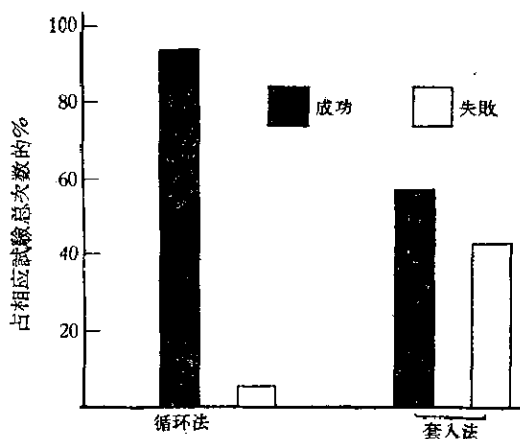


图2 两种不同注入方法成效的比较

(四) 指示菌渗入岩心的深度及其与某些因子的关系

表 1 表明了细菌渗入岩心的深度。由表 1 看到,两种不同的注入方法所测得的结果基本上是一致的。所获得的 46 块岩心取自深度 418.22 到 856.23 米。随着泥浆柱流体静压力的增加,细菌渗入的深度并无明显的变化。在不同胶结度的完整岩心中,指示菌污染岩心的最大可能深度在 0.2 到 2.5 厘米之间。有裂隙以及松散、破碎的岩心,当岩心直

表1 *Serratia marcescens* 渗入岩心的深度

样号	井号	注入方法	深度(米)	岩性描述	胶结度	细菌渗入的最大可能深度(厘米)	备注
11	試2	循环	418.22	上段为浅褐色粉砂岩 下段为深棕色泥岩	松散破碎	5.0	泥浆
12	"	"	474.45	深褐色砂岩	中等	1.5	"
13	"	"	475.99	褐色砂砾粉砂岩	"	1.5	"
1	試1	"	506.42	棕红色泥质细砂岩	致密	0.2	"
2	"	"	506.52	"	次致密	1.5	"
3	"	"	506.60	"	中等	0.4	"
4	"	"	533.00	棕褐色中砂岩	疏松有裂隙	5.0	"
5	"	"	533.04	"	疏松	0.3	"
6	"	"	533.28	"	"	0.6	"
7	"	"	586.82	棕褐色细砂岩	中等	1.0	"
8	"	"	586.98	"	"	1.0	"
9	"	"	635.62	深棕红色砂砾岩	"	0.4	"
10	"	"	635.75	"	破碎	5.0	"
33	試5	"	690.09	棕褐色细砂岩	中等	0.6	"
34	"	"	690.14	"	疏松	1.1	"
36	"	"	690.22	棕褐色细砂岩	"	1.3	"
37	"	"	701.34	黑褐色粉砂细砂岩	"	1.0	"
38	"	"	701.41	"	"	1.0	"
39	"	"	701.47	"	"	1.0	"
40	"	"	701.57	"	"	1.0	"
48	"	"	710.84	浅褐色中砂细砂岩	"	0.3	"
49	"	"	710.92	浅褐色细砂中砂岩	"	1.0	"
50	"	"	711.01	浅褐色中砂粗砂岩	"	0.7	"
51	"	"	711.10	褐色粗砂中砂岩	中等	1.0	"
52	"	"	711.19	"	疏松	1.5	"
53	"	"	711.30	"	"	1.6	"
54	"	"	713.63	浅褐色粗砂中砂岩	"	1.3	"
55	"	"	713.66	"	"	1.3	"
56	"	"	713.69	"	"	1.0	"
57	"	"	714.23	灰绿色粗砂中砂岩	中等	1.1	"
58	"	"	714.36	"	"	0.8	"
59	"	"	714.52	灰褐色与灰绿色砾状粗砂 中砂岩	"	0.9	"
60	"	"	714.58	褐色含砾石粗砂中砂岩	"	1.0	"
61	"	"	715.21	褐色砾状粗砂岩	"	1.0	"
62	"	"	715.29	"	"	1.0	"
14	試3	"	778.46	深棕色砂岩	次致密	1.0	"
35	試4	"	842.56	浅棕褐色细砂岩	中等	0.9	"
15	試5	套入	678.44	棕褐色粉砂岩	中等	1.5	"
21	試6	"	705.13	黑色粗砂中砂岩	疏松	0.5	油浆
23	"	"	705.33	"	"	1.0	"
27	試4	"	838.56	灰褐色粉砂岩	"	2.5	泥浆
29	"	"	838.69	"	中等	0.5	"
30	"	"	838.73	"	"	1.0	"
45	"	"	856.11	黑灰色细砂中砂岩	疏松	1.7	"
46	"	"	856.16	"	"	1.1	"
47	"	"	856.23	"	"	1.2	"

径为 10 厘米时, *Serratia marcescens* 一直渗入到岩心的中部(5.0 厘米)。

比較胶結度与細菌渗入深度之間的关系(图 3) 可以看出, 它們对于細菌渗入岩心的深度有一定的影响。在胶結度疏松的 22 块岩心中, 細菌渗入的深度在 1.0 厘米以下者占样品的 54.5%; 在 1.1 厘米以上者为 45.5%, 其中渗入深度在 1.6—2.5 厘米者为 13.6%。在胶結度中等的 18 块样品中, 絕大部分样品(77.7%), 細菌渗入的深度在 1.0 厘米以下; 而有 22.2% 的样品, 渗入深度在 1.1—1.5 厘米。胶結度坚硬致密的样品, 我們只得到了 3 块, 难以作出评价。

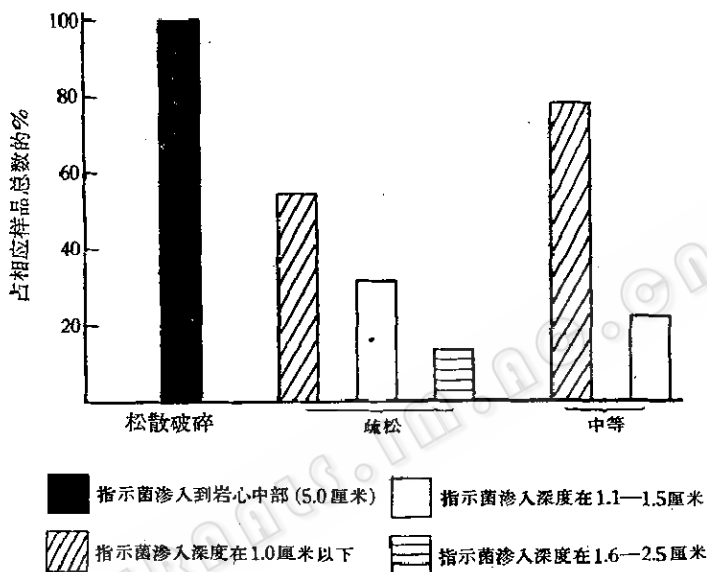


图 3 胶結度对指示菌渗入岩心深度的影响

三、討 論

綜上所述, 我們利用一株能够在原油中生存的菌株 *Serratia marcescens* 作为指示菌測定泥浆污染岩心的深度取得了滿意的結果。細菌渗入岩心的深度决定于岩石的岩性、胶結度、裂隙度以及其受到机械破坏的程度, 証明了 З. С. Смирнова^[6,7] 的結論。除了破碎, 有裂隙及极为松散的岩心不适于微生物分析和取得岩心参数的某些項目的分析以外, 仔細剝去岩心外周 2.5—3.0 厘米以后, 即可得到合乎要求的岩样。

我們采用少量带菌泥浆分段注入的方法所得到的結果与 Смирнова 的結果基本上是一致的。这表明, 分段注菌法并不因泥浆量少而影响結果的正确性, 从而提供了在缺乏設備的現場条件下, 根据需要而有目的地进行注菌測定的实际可能性。

比較两种不同的注入方法可以看出, 循环法比套入法成功率高。可以理解, 循环注入时細菌渗入岩心的过程可能有二, 即随着鑽井时的机械破碎侵入和在浸泡过程中侵入。当我們在一次注入而取多块岩心分析时发现, 不仅在注菌段的岩心中有指示菌, 在非注菌段的岩心中也有指示菌的存在。这就表明, 泥浆到达井底后, 在超过 100 个大气压的压力下, 不仅发生着通过套管向地面排出的过程, 而且也发生着随着鑽进而挤入取心筒内的过程。采用循环法在現場只須增加一个泥浆池, 对鑽井工艺过程不論在時間上或操作上都

无大影响。在采用套入法时，泥浆只起浸泡作用，而对工艺过程影响较大，即令带指示菌的泥浆准确无误地被套入取心筒中，也往往由于取心筒中的泥浆在超过 100 个大气压的連續循环的泥浆的影响下，容易由取心筒顶部的活門外溢，这可能就是套入法失败率高的原因。因此，我們建議今后以采用循环法为宜。

前面已經提到，确定泥浆渗入岩心的深度具有一定的实践意义。3. С. Смирнова^[6,7]曾經指出，細菌渗入岩心的深度与岩心的渗透率有关，但是，她未列出具体的資料作为自己結論的証明。本文初步确定了泥浆污染岩心的深度与岩石胶結度之間的关系，以及指示菌渗入岩心的深度。确定了在岩心的微生物研究和某些地質項目分析时，剝除了污染的外层，就可以保証分析資料的可靠性。今后，还将对有关問題作进一步的探討。

四、摘 要

1. 采用一株能够在原油及泥浆中存活的 *Serratia marcescens* 作为指示菌，測定泥浆污染岩心的深度。在钻井过程中加入带指示菌的泥浆法，比把它套入取心筒中的方法有效。

2. 細菌渗入岩心的深度决定于岩心的岩性、胶結度、裂隙度以及机械破坏的程度，而与取心深度无关。

3. 有裂隙、破碎和松散的岩石不适于微生物学的分析和某些地質項目的分析。

4. 对于完整的岩心而言，指示菌侵入岩心的深度波动在 0.2—2.5 厘米的范围内，除去岩心外层 2.5—3.0 厘米即可得到合乎要求的岩样。

5. 敘述了钻井时采用少量带指示菌的泥浆測定泥浆污染岩心深度的方法。

参 考 文 献

- [1] Андреев, П. Ф.: *Тр. Всесоюзн. нефт. геол.-развед. ин-та*, **83**, 140, 1955.
- [2] Андреевский И. Л.: *Природа*, **10**, 90—91, 1958.
- [3] Андреевский И. Л.: *Тр. ин-та микрод.*, **9**, 75—80, 1961.
- [4] Жижченко Б. П.: *Геология нефти и газа*, № 1, 41—48, 1960.
- [5] Кузнецов С. И., Иванов М. В., Ляликова, Н. Н.: *Введение в геологическую микробиологию*, Москва 1962.
- [6] Смирнова, З. С.: *Микробиология* **26**(6), 745—749, 1957.
- [7] Смирнова З. С.: *Геология нефти и газа*, № 2, 49—52, 1961.
- [8] Schwartz, W., Müller, A.: *Methoden der Geomikrobiologie*, Berlin, 1958.
- [9] Sneddon, R.: *Petroleum Eng.*, **23**(9), 37—12, 1951.
- [10] Wang Hsiu-yüan u. Schwartz, W.: *Zeitschrift f. allg. Mikrobiologie*, **1**(3), 234—244, 1961.
- [11] ZoBell, C. E.: *P. M.* **27**(7), 12—29, 1958.

DIE VERWENDUNG EINES INDIKATORSTAMMES ZUR FESTSTELLUNG DER EINDRINGENDEN TIEFGRENZE DER SPÜLFLÜSSIGKEIT IN DIE BOHRKERNE BEI DEM BOHRUNGSPROZESS

WANG HSIU-YÜAN MAO KUEI-CHEN

(Institut für Mikrobiologie der chinesischen Akademie der Wissenschaften, Peking)

Die Versuche wurden mit dem in Öl lebensfähigen Bakterienstamm *Serratia marcescens* als Indikator nach zwei verschiedenen Injektionsverfahren durchgeführt. Es ergab sich, dass die zyklische Injektionsmethode meistens befriedigende Ergebnisse zeigte.

Insgesamt wurden 46 Bohrkern-proben aus verschiedener Tiefe (von 418,22 bis 856,23 m) in Bezug auf die eindringende Tiefgrenze des Indikatorstammes in die Bohrkern-e untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die eindringende Tiefgrenze bei den heilen Bohrkernen zwischen 0.2—2.5 cm lagen. Bei den zersplitterten, rissigen oder sehr lockeren Bohrkernen ist der Indikatorstamm noch in Zentrum des Kernes nachweisbar. Die eindringende Tiefgrenze des Indikatorstammes ist von den lithologischen Charaktern und Strukturen der Kerne, sowie von der mechanischen Zerstörung des Kernes bei dem Bohrungsprozess abhängig, aber unabhängig von der Tiefe, woraus die Kernproben gewonnen sind.

Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse sind die zersplitterten, rissigen und sehr lockeren Bohrkern-e für die mikrobiologischen und manche geologischen Analysen nicht geeignet. Zur Sicherung der Ergebnisse muss die obere Schicht des Bohrkernes von ca. 2.5—3.0 cm abgekratzt werden.