

地下流体的势和油气运移的判据

——与张厚福同志商榷

陶 川

(武汉地质学院)

张厚福同志的答辩文章^[2]对一系列基本概念的阐述给人一种似乎含混而且前后不一的感觉。他对渗流流体的势同时列举了下面两个表述式而未指出它们的区别:

$$\Phi = gH = gZ + \frac{P}{\rho}, \quad (1)$$

$$\Phi = \frac{k}{\mu} (P \pm \gamma Z). \quad (2)$$

更令人困惑的是, 张文在引入势的上述两个定义式之后, 居然又以如下形式来表示达西定律:

$$\omega = -\frac{k}{\mu} \nabla \Phi. \quad (3)$$

显然, 式(1)、(2)同式(3)并不协调, 如果以式(2)或式(1)规定的势代入式(3), 所得到的结果根本不是达西定律。

张文说, “‘势’是表示一个物理量, 这个量的梯度形成一个力场”。这个表述与式(2)也是矛盾的。式(2)所规定的势 Φ , 其(负)梯度无论从物理意义上还是量纲上都不能解释成力场向量。场论文献告诉我们, 如果一个向量场是某一个数性函数(标量场)的梯度, 那么这个向量场称为势量场(位矢场), 相应的数性函数称为这个向量场的势函数。向量场为势量场的充分必要条件是它的旋度为零。它可以是保守力场(如重力场), 也可以是速度场(如旋度为零条件下的流体流速), 还可以是其他物理场(如一定条件下的热流强度)。张文片面地从力场角度给“势”下定义, 不得不陷入自相矛盾、事与愿违的境地。

张文断言“通常把拉普拉斯方程的解称为势函数”, 这也是欠妥的。事实上, 不少势函数并不满足拉普拉斯方程。

人们常把其梯度构成力场的势函数称作力势。式(1)的 Φ 即为哈伯特^[8]所定义的力势 ϕ (单位质量流体所具有的势能)¹⁾。另外, 人们把其梯度构成速度场的势函数称为速度势, 式(2)的 Φ 在 k/μ 为常数时可看作是渗流速度势。在研究地下流体时, 所选用的势函数首先要能正确地表示达西定律。哈伯特的力势 ϕ 满足这一要求^[1, 8]。式(2)

1) 张文原稿为 ϕ , 本刊印刷时错印为 Φ ——编者

规定的渗流速度势 Φ 则有很大的缺陷, 它意味着如果 k/μ 不是常数, 那么即使在折算压力处处相等的条件下, 仍可发生流动——这自然是荒谬的^[4,5,8]。

式(3)的 Φ 应是折算地层压力 ($P + \rho gZ$)。折算压力也是势函数, 其梯度也构成一种力场。但是只有在密度 ρ 为常数或等密度面为水平面时, 折算压力才能看作势函数。

张文说: “如果研究的是均质可压缩液体弹性不稳定渗流问题 (满足热传导方程) 时, 由于相对于面积力, 质量力可以忽略不计, 这时不再引入 ‘势’ 的概念, 而直接用压力来表示达西定律”。这样笼统地下断言未免过于草率。事实上, 不难从许多渗流动力学专著^[4,5,6]中找到用考虑了重力的物理量表示的可压缩液体流动方程。

张文写道: “常说石油从高压区流向低压区, 都是指从折算压力大区流向折算压力小区 (也就是从高测压水头流向低测压水头)。为口述简便起见, 大家习惯说从高压区流向低压区”。教材^[3]图 4-3 和图 6-5 “都画有测压面, 表明都是用折算压力概念来阐述的……”。人们要问: 既然图示背斜的储油部分并不居于你们所画测压面的最低部分, 为什么石油不向测压水头更低的方向流走呢? 为什么 “在进入背斜范围后, 水流上升, 需要克服水柱本身重量所造成的阻力, 水的流速渐慢” 呢? 人们还要问, 为什么 “针对静水压力条件而言”, “背斜圈闭最高部位确实是地层折算压力最低的地方”^[2]?

我们认为, 用折算地层压力作为油气运移聚集的判据是不称职的。我们主张用哈伯特力势 Φ (包括油势、气势) 作为判据^[1]。

由于个人水平不高, 且行文匆匆, 不当之处在所难免, 敬请读者指正。

(收稿日期 1984年11月2日)

参 考 文 献

- [1] 陶一川, 1983, 油气运移聚集的流体动力学机理问题, 石油与天然气地质, 第4卷, 第3期。
- [2] 张厚福, 1984, 关于油气运移聚集的流体动力学机理若干问题的讨论, 石油与天然气地质, 第5卷, 第4期。
- [3] 张万选、张厚福等, 1981, 石油地质学, 石油工业出版社。
- [4] A. E. 薛定谔, 1974, 多孔介质中的渗流物理, 王鸿勋等译, 1982, 石油工业出版社。
- [5] J. 贝尔, 1972, 多孔介质流体动力学, 李竞生等译, 1983, 中国建筑工业出版社。
- [6] Collins, R. E., 1961, Flow of fluids through porous materials, Reinbold Pub. Co.
- [7] H. A. 恰尔内, 1963, 地下水-气动力学, 陈钟祥等译, 1982, 石油工业出版社。
- [8] Hubbert, M. K., 1940, The theory of ground-water motion, Jour. of Geology, Vol. 48, P. 785—944.