维普资讯 http://www.cqvip.com

Vol. 39 No. 5 September , 2003

基底仰冲—俯冲碰撞对盖层构造的 影响物理模拟实验

王子煜1,2

(1.石油大学油气成藏机理教育部重点实验室,北京 102249;2.北京大学地球与空间科学学院,北京 100871)

[摘 要]根据相似性原理,选择橡皮泥和松散的细沙为实验材料分别模拟盆地的基底和盖层,在挤压应力条件下,模拟基底的仰冲-俯冲碰撞对盖层构造的影响。实验表明:①盆地基底在碰撞接触初期因接触面积较小而拼接不稳固,可以导致仰冲—俯冲碰撞,盆地基底碰撞部位的产状可能是决定该侧基底是俯冲抑或仰冲的重要因素。②盆地基底的微弱变形即可引起盖层较大形变;③基底的仰冲-俯冲使盖层的主要构造倾向仰冲基底一侧。

[关键词]基底俯冲 基底仰冲 盖层变形 物理模拟

[中图分类号]P631 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2003)05-0081-03

0 引言

相似性模拟实验是一种对岩石性质进行简化的 实验方法,只要其限制因素搞清楚了,实验结果是有 相当价值的。在岩石的形成机制方面,真正的岩石应 变时间超过人类活动的时间尺度。由于岩石的许多 特性是与时间因素密不可分的,实验的结果并不能直 接外推到地质时间尺度上,然而实验者可以通过仔细 选择相似材料来尽量减少时间和空间上的限制。

中国石油天然气总公司在石油大学(北京)设立 构造物理模拟实验室,开展了大量的沙箱模拟实验, 本文以该实验台为工作平台,以橡皮泥和细沙为实验 材料,开展了基底仰冲—俯冲碰撞对盖层构造影响的 物理模拟实验并取得了有启发意义的认识和结论。

1 构造物理模拟实验的基础——相似性原理

脆性材料是模拟上地壳或脆性岩石变形的理想 材料。在地质体中脆性岩石颇为常见,在外力作用 下脆性岩石变形的几何学和动力学分析是构造地质 学和石油地质学研究的重点问题之一。许多实验工 作者运用粒状的物质来作岩石的相似实验材料(松 散的沙子或沙子和石油的混合物)(Hubbert,1951; Cloos,1955;Parker 和 McDowell,1955; Oertel,1962; Wilcox 等,1973; Horsfield, 1977; 1980; Soula 等, 1979; Withjack 和 Scheiner, 1982; Lemon, 1985; Ma-Clay 和 Ellis, 1987; Mulugeta 和 Koyi, 1987; Vendeville 等, 1987; Wood, 1988; Cobbold 等, 1989^[1-15])。

构造物理模拟一般要满足五项基本原则:①相 似原则:模型与原型必须符合相似原理这一基本原 则;②选择原则:力求主要因素相似而不苛求所有因 素都相似;③分离原则:单个实验将一个因素作为变 量而固定其它因素;④逐步逼近原则:随着认识发展 和实验条件改善而逼近相似;⑤统计原则:从统计的 角度而不是单个实验的角度评价实验的可信度与准 确度。

单个实验的相似条件要满足: $C_{\eta} = C_{\rho}C_{l}C_{i}; C_{p}$ = $C_{\rho}C_{l}; C_{\varepsilon} = C_{p}$ 其中, C_{η} 为粘度相似因子; C_{ρ} 为密 度相似因子; C_{l} 为长度相似因子; C_{i} 为时间相似因 子; C_{p} 为强度相似因子; C_{ε} 为杨氏弹性模量。相似因 子—般满足下列条件: ; $C_{l} \approx 10^{-4} \sim 10^{-5}; C_{\epsilon} \approx 10^{-11}$ ~ $10^{-13}; C_{\eta} \approx 10^{-15} \sim 10^{-19}; C_{p} \approx 10^{-4} \sim 10^{-5}; C_{\varepsilon} \approx 10^{-4} \sim 10^{-5}$ 。

实验用松散沙抗压强度 60 × 10² ~ 300 × 10² Pa,密度 1.4 g/cm³,根据测定的岩石力学参数(表 1),松散沙模拟碎屑岩符合相似条件。

2 构造物理模拟实验

沙箱模型尺寸长度为60 cm,宽度为20 cm,高

[[]**收稿日期**]2001~10-29;[修订日期]2003-05-27;[责任编辑]余大良

[[]基金項目]中国石油天然气集团公司石油科技中青年创新基金、国家"973"重大科技攻关项目(编号:G1999043305)联合资助。

[[]作者简介]王子煜(1970年-),男,1995年毕业于石油大学,获硕士学位,在读博士研究生,讲师,主要从事油气构造定量解析、构造物理 模拟、遥感与地理信息系统方面的科研工作。

2003年

表 1	库车坳陷部分岩石物理、力学参数实测数据表
-----	----------------------

岩石名称	<u>密度ρ</u> g/cm ³	<u>单轴抗压强</u> 度 sc/MPa	<u>弹性模量 E</u> GPa	<u>泊松比</u>
N _{1j} 砂岩	2, 167	33.94	6.69	0.307
E ₃ ,泥岩	2.215	29.54	14.00	0.102
K _{1b} 砂岩	2.241	91.85	28.96	0.285
J _{2K} ,砂岩	2.412	85.19	53.16	0.396

度为10 cm。橡皮泥模拟基底(图1),双侧橡皮泥加 工成"Y"字型,单侧橡皮泥直角边长 31 cm,高 4 cm,两侧的橡皮泥采用相同的材料制成而且形状相 同。采用优质海滩沙为原料并经过筛洗,在橡皮泥 上铺设黄色松散细沙 14 层模拟盖层,细沙单层厚度 1 cm。实验在构造物理模拟实验台上进行,沙箱两 侧同时缓慢挤压,速率为0.4 mm/min。

收缩率 5% 时, 左侧基底变形较强, ①号断层出 现在两侧橡皮泥基底的接触部位,随后②号断层出 现在橡皮泥基底弧形边的切线方向,两者构成不对 称的背冲构造,两断层之间的区域上覆沙层的产状 变化较大(图2)。



缩短率为5%时的实验结果(数字表示断层形成的先后顺序) 图 2

收缩率15%时,左侧基底继续变形,左侧橡皮 泥基底发生仰冲,两侧橡皮泥基底由"Y"字型碰撞 转化为仰冲—俯冲碰撞,右侧橡皮泥上覆沙层出现 ③号逆冲断层,与先期的①号、②号逆冲断层构成 "花式逆冲构造"(图3)。与左侧橡皮泥基底发生 的变形相比,右侧橡皮泥基底构造变形微弱。



图 3 缩短率为 15% 时的实验结果(数字表示断层形成的先后顺序)

收缩率 25% 时, 左侧橡皮泥基底发生局部变 形,④号断层形成并与①号断层构成叠瓦状构造,② 号、③号逆冲断层之间的上覆细沙盖层厚度明显增 厚,右侧橡皮泥基底变形微弱。整体构造样式为复 杂的、不对称的背冲构造(图4)。

3 讨论与结论

盆地基底在碰撞初期的接触呈"Y"字型,随着 两侧基底的不断会聚而发生仰冲---俯冲,基底接触 82

面积较小而拼接不稳固是导致基底发生仰冲——俯冲 碰撞的重要原因。实验模型左侧基底发生仰冲而变 形较强烈,而右侧橡皮泥基底处于逆冲构造的下盘。 究其原因,基底碰撞部位的产状可能是决定该侧基 底是俯冲抑或仰冲的重要因素,左侧橡皮泥基底的 产状使其处于有利于发生仰冲的位置。左侧橡皮泥 发生仰冲后,盖层变形主要集中在左侧基底上覆的 细沙盖层中,而右侧橡皮泥基底的变形则相对微弱。 实验表明,盆地基底的微弱变形即可引起盖层较大



图 4 缩短率为 25% 时的实验结果(数字表示断层形成的先后顺序)

形变,图2、图4中左侧橡皮泥基底发生的局部的微 弱变形均引起了盖层中的明显变形。图3、图4中显 示的实验结果表明基底的仰冲—俯冲使盖层的主要 构造倾向仰冲基底一侧,而且①号、③号和④号断层 的形成次序表明盖层断层的形成可能无明显的规律。

石油大学(北京)汤良杰、石油大学(华东)陈书 平在实验的设计方面,石油大学(北京)周建勋在实 验方法方面给予作者有益的启发,向他们表示谢意。 [参考文献]

- [1] **曹**代勇. 地质构造三维可视化模型探讨[J]. 地质与勘探, 2001,37(2).
- [2] 汤良杰,塔里木盆地多层次滑脱构造与含油气远景探讨[J]. 地质学报,1992,66(2).
- [3] 张文佑,钟嘉猷,单家增,等.构造物理模拟实验图册[M].北 京:科学出版社,1985.
- [4] 曾佐勋,刘立林.构造模拟[M].武汉:中国地质大学出版社, 1992.
- [5] 周 冰,陈延生,宋水生,断层构造研究在生产实践中的应用[J].地质与勘探,2001,37(2).
- [6] Belousov V V (Beloussov). Tectonophysical investigations
 [J]. Geol Soc Am, B. 1960,71(8):1255 ~ 1269.

- [7] Emily A. Neil and Gregory A. Houseman. Geodynamics of the Tarim basin and the Tian Shan in central Asia[J]. Tectonics. 1997, 16(4):571 ~ 584.
- [8] Hemin Koyi and Kenneth Petersen. Influence of basement faults on the development of salt structures in the Danish basin[J]. Marine and petroleum geology. 1993, 10:82 ~94.
- [9] Hemin Koyi. Model of internal deformation in sand wedges [J].
 Journal of structural geology. 1995,17(2): 293 ~ 300.
- [10] H Koyi, C J Talbot, B O Torudbakken. Analogue models of salt diapirs and seismic interpretation in the Nordapp basin, Norway
 [J]. Petroleum geoscience. 1995, 1:185 ~ 192.
- [11] H. Koyi. Salt flow by aggrading and prograding overburdens[J]. Salt tectonics. 1996,100:243 ~258.
- [12] Hongxing Ge, Martin P A Jackson, and Bruno C. Vendeville. Kinematics and dynamics of salt tectonics driven by progradation [J]. AAPG bulletin. 1997, 81(3):398 ~ 423.
- [13] 周建勋, 漆家福, 童亨茂. 盆地构造研究中的砂箱模拟实验方法[M]. 北京: 地震出版社, 1999.
- [14] 单家增.构造模拟实验石油地质学中的应用[M].北京:石油 工业出版社,1996.
- [15] 方世明,刘 刚,赵温霞,等. 地质图切剖面中褶皱构造的计 算机辅助编绘[J]. 地质与勘探,2002,(3).

PHYSICAL MODELING ON THE OVERBURDEN DEFORMATION INFLUENCED BY THE OBDUCTION – SUBDUCTION OF THE BASEMENTS

WANG Zi - yu^{1.2}

Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism, Ministry of Education, Beijing 102249;
 School of the Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871)

Abstract: According to the analogy theory, rubber and sands were selected as model materials in the experiments on overburden deformation influenced by the basement obduction – subduction. Firstly, experiments have shown that splice of two basements was unstable in the initial stage of collision because of their small interfacing area, which led to obducting or subducting collision of two basements. The attitude of the basement was possibly one of the key factors which determined whether the basement was subducting or obducting basement. For another, the deformation of overburdens could be resulted from small deformation of basements. In addition, the dip direction of overburden deformation faced to the overriding basement.

Key words : basement subduction, basement obduction, overburden deformation, physical modeling