

不同速率下前陆褶皱冲断带的发育特征 ——基于砂箱物理模拟实验研究

赵高平, 刘树根, 邓宾, 李智武, 万元博, 李金玺

成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 成都, 610059

构造物理模拟实验可以直观地再现前陆褶皱冲断带的发生发展、继承与改造, 因而被国内外众多地质学者采用(周建勋, 2009; 魏春光, 2004; McClay, 2004)。根据研究对象的不同和研究思路的差异, 砂箱模拟实验可分为机制模型实验和目标模型实验两类(童亨茂, 2003)。机制模型实验是指针对抽象地质模型的实验模拟, 即采用正演的方式, 研究影响变形要素(构造作用方式、边界几何条件、应变速率等)对变形机制的控制和影响(Ellis, 2004; Bonini, 2007)。在机制模型实验中, 针对构造作用方式和边界几何条件的研究已经非常广泛, 而针对应变速率对变形机制影响的研究较少, 且前人采用的实验速度变化范围很大, 从 0.0001~0.5mm/s 均有。因此, 本文从不同量级上设计了 8 组不同单向挤压速率下的构造模拟实验, 来研究差异挤压速率下前陆褶皱冲断带的发育特征的异同点, 以探讨速度与变形样式之间的相关性。

1 实验结果

1.1 高速挤压模型实验结果

较高单向挤压速度量级下(0.5~0.1mm/s), 砂箱砂体后缘加积强烈, 砂箱物质变形方式较为简单, 表现为典型的有序冲断作用, 构造样式以前展式叠瓦状冲断构造为主。形成的砂箱楔形体窄而厚, 楔顶角稳定范围为 5°~14°, 楔长为 410mm 左右。5 组速度下剖面上均发育 7 条断层(表 1, 图 1), 并且随着缩短量增加, 楔形体逆冲断层倾角逐渐减小, 稳定范围为 33°~43°, 最终的产状近乎平行。在整个挤压过程中, 楔形体并没有持续向前缘扩展发育新的逆冲断层, 而是出现后缘发育的反冲断层

错切先存逆冲断层的现象, 导致楔形体及其内部断层活呈现多期性。

1.2 中速挤压模型实验结果

中速范围下(0.05~0.005mm/s), 砂体后缘加积较弱, 砂箱剖面变形过程较为复杂, 为典型的无序冲断作用, 构造样式主要为前展式叠瓦构造和冲起构造的叠加。形成的楔形体宽而薄, 楔顶角稳定范围较小为 6°~12°, 砂箱楔形体均发育 8 条断层, 断层产状变化大为 30°~50°, 且反冲断层数目明显增多, 楔长也明显增大, 断层活动同样呈现多期性。

1.3 低速挤压模型实验结果

低速挤压作用下(0.002mm/s), 楔形体的构造样式与其余各组区别较大, 砂箱剖面上呈现箱状褶皱, 楔形体具有较大的楔长和较小的楔顶角, 共发育 7 条断层, 断层倾角范围稳定在 36°~43°, 形成的临界楔顶角较小, 稳定范围为 8°~11°该组实验揭示出低速均一物质下(无滑脱层)地层也可以形成典型的侏罗式或箱状褶皱。

2 结论

由于砂箱模型模拟过程的时间性, 即如何在最短时间内揭示最大可能性、最复杂的砂箱模型与地质过程变形特征, 因而低速、合理的有效挤压速度的选择对于机制砂箱模型模拟至关重要。通过本次系列实验, 我们建议将此有效挤压速度设定为 0.05~0.005mm/s 范围内, 可以先后清晰而全面的获得高速和低速挤压下砂体的变形过程和构造样式。

值得注意的是, 由于造山带在缓慢的变形过程

注: 本文由中国国家自然科学基金项目(编号: 41402119, 2014JQ00057, 41472107)及中国国家重点基金项目(编号: 2012CB214805)联合资助。
收稿日期: 2015-02-20; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 黄敏
作者简介: 赵高平, 男, 1989 年生, 硕士研究生, 矿产普查与勘探专业. Email: regneva77@163.com.

中通过产生逆冲断层达到稳态，而在达到稳态之前的变形，必然引起大量应力的释放。发生在 2008 年的汶川 M_s8.0 地震，震源深度为 18km 左右，大

致处于龙门山中段深层叠加构造楔的位置，汶川地震的产生极有可能与构造楔的活动和调节有关。

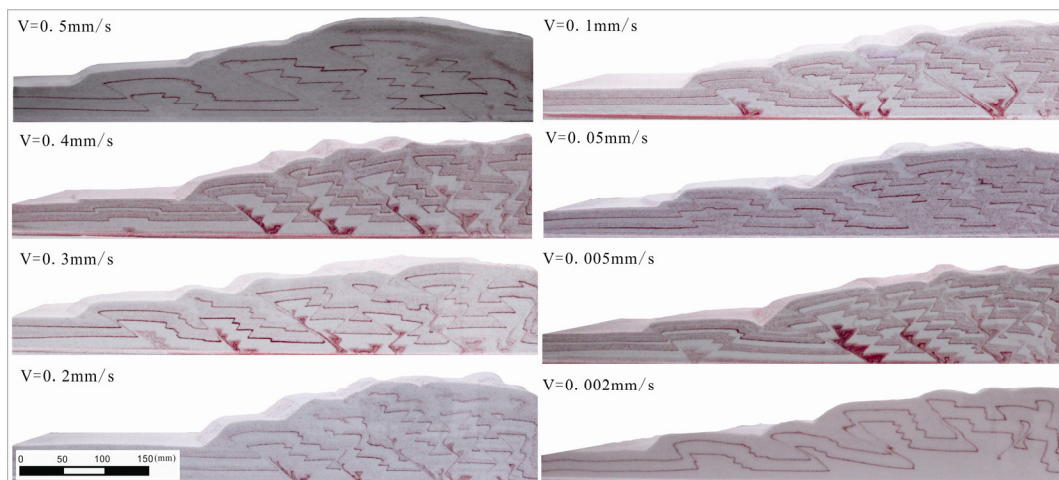


图 1 8 组不同挤压速率下楔形体的最终构造样式

表 1 不同速率下构造砂箱模型基本参数特征

实验	速度 (mm.s ⁻¹)	楔顶角 (°)	断层倾角 (°)	楔高(mm)	断层数 (n)	楔长(mm)	断距(mm)
1	0.5	5~14	33~43	107.098	7	410.779	14.364~54.634
2	0.4	5~14	33~42	114.432	7	410.779	15.345~51.844
3	0.3	5~14	33~43	104.563	7	411.534	15.677~54.958
4	0.2	5~14	32~41	112.977	7	350.063	14.643~50.685
5	0.1	5~14	33~42	112.943	7	413.089	15.783~51.591
6	0.05	6~12	30~50	104.631	8	447.338	11.307~70.709
7	0.005	6~12	30~50	113.746	8	476.251	11.234~73.715
8	0.002	8~11	36~43	111.864	7	461.021	11.571~52.574

参 考 文 献 / References

- 周建勋,郎建,刘重庆.2009.韧性基底黏度对褶皱-冲断带变形特征的影响—来自物理模拟的启示.西北大学学报(自然科学版),39(3):392~398.
- 童亨茂.2003.渤海湾盆地张巨河复杂断块区平面砂箱模拟实验及其启示.地质论评,49(3):305~310.
- 魏春光,周建勋,何雨丹.2004.岩石强度对冲断层形成特征影响的砂箱实验研究.地质前缘,11(4):559~565.
- 刘玉萍,尹宏伟,张洁,徐士进,解国爱.2008.褶皱-冲断体系双层滑脱构造变形物理模拟实验.石油实验地质,30(4):424~428.

- Ellis S, Schreurs G and Marion Panien.2004. Comparisons between analogue and numerical models of thrust wedge development. Journal of Structural Geology, 26:1659~1675.
- McClay K R and Whitehouse.2004.Analog modeling of doubly vergent thrust wedges. Thrust tectonics and hydrocarbon systems:AAPG Memoir ,82:184~206.
- Bonini, M. 2007.Deformation patterns and structural vergence in brittle-ductile thrust wedges: An additional analogue modelling perspective. Journal of Structural Geology ,29:141~158.