

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

酒西盆地青南凹陷柳沟庄—窟窿山地区 下白垩统震积岩的发现及意义

张琴¹⁾ 朱筱敏¹⁾ 张建军¹⁾ 宋刚²⁾ 阎伟鹏¹⁾ 张群伟²⁾

1) 石油大学, 北京, 102249; 2) CNPC 石油地球物理勘探局, 072751

内容提要 在甘肃省酒西盆地青南凹陷柳沟庄—窟窿山地区下白垩统下沟组及中沟组地层序列中, 首次发现发育一套地震事件沉积物, 是一套含微裂缝或同生变形构造及振动液化泄水构造等震积特征的泥质白云岩、白云质泥岩及泥质粉砂岩的组合。本区震积作用及震积岩的主要识别标志为振动液化卷曲变形及其伴生构造、重荷模及伴生构造、脆性和塑性两类沉积物相间的滑塌变形作用及滑塌岩、软沉积物的液化作用及泄水构造、层内阶梯状断层及地裂缝。柳沟庄—窟窿山地区下白垩统震积岩的发现, 填补了本区震积岩研究的空白, 反映了本区在早白垩世存在一个强烈的构造活动时期, 可以推测其影响范围可能还会波及青南凹陷的其他地区, 也有望在酒西盆地类似环境的其他凹陷发现震积岩, 开辟震积岩研究的新领域。区域构造背景的研究同样表明, 青南凹陷青西 I 号同生断裂带及 509 断阶带的强烈构造活动正是本区早白垩世震积作用的直接诱发因素, 为本区震积岩的存在提供了科学依据。

关键词 柳沟庄—窟窿山地区 下白垩统 震积岩

研究地震对沉积物的影响, 始于 Barrett(1966) 对阿拉斯加 1964 年大地震在该州威廉王子海峡浅水区沉积物的观察。1969 年, A. Seilacher 在地史时期和现代地震活动都极频繁的美国加州地区做了调查, 认为那里中新世具有递变断裂特征蒙特里页岩是由于著名的圣安德列斯断层活动发生地震引起的, 并首先提出了“震积岩”(seismites) 一词。此后, 地震活动作为沉积过程的一种动力, 逐渐引起人们的重视。1984 年, A. Seilacher 在对比了现代和古代震积成因的沉积物之后, 提出了微褶纹理、断裂递变层、均一层作为震积沉积物标志性的沉积构造, 为震积岩的研究奠定了理论基础。近十年来, 宋天锐、乔秀夫、吴贤涛等对不同地区不同时代地层中的震积岩进行了有意义的研究, 取得了一些研究成果。比如在震积岩与震积作用、地震-海啸序列、碳酸盐岩震动液化地震序列、震积岩与震积不整合序列、萨布哈震积岩序列(乔秀夫等, 2001) 等方面研究有很大进展。乔秀夫(1994) 认为震积岩是灾变事件岩, 是经历过地震作用的原地沉积岩。震积岩的研究, 可以提供古斜坡和示底构造的信息, 同时还可作为“古地震计”来了解古代地震的分布及强度, 因而在沉积相分析和盆地分析中具有一定的科学价值(乔秀夫等,

1994, 1999, 2001)。

笔者近来在柳沟庄—窟窿山地区下白垩统裂性储层研究的过程中, 发现了一些特殊的沉积构造, 并认为它们的成因可能与地震有关。此后, 随着资料的积累和认识的不断深化, 并与国内有关资料对比, 认为本区由于地震-断裂活动所引发的同生变形构造与海相震积岩相标志有某些相似性。

1 区域概况

酒西盆地位于祁连山褶皱走廊过渡带, 是经燕山期和喜马拉雅期两大构造运动, 在古生界褶皱基底上发展起来的中、新生代断拗叠置型复合盆地。以 509 及青西 I、II 号为代表的 Y 字型同生断层横切盆地, 构成了盆地燕山期北东、北北东向的张扭性断裂系统, 控制了下白垩统赤金堡组、下沟组和中沟组沉积, 构成了盆地东西分区、凸凹相间的复杂格局。一级构造单元自西向东分为青西拗陷、鸭北隆起、南部隆起等三隆两拗, 各拗陷内均发育东深西浅、东断西超的箕状生油断陷, 其中青西拗陷和南部隆起是盆地主要含油气单元, 青西拗陷又分为 3 个二级构造单元, 自西向东为红南凹陷、青西低凸起和青南凹陷, 柳沟庄—窟窿山油藏处于青西拗陷青南凹陷的

收稿日期: 2002-03-29; 改回日期: 2002-08-15; 责任编辑: 王思恩。

作者简介: 张琴, 女, 1973 年生, 石油大学(北京)在读博士生。主要从事储层沉积学及层序地层学研究。通讯地址: 102249, 北京昌平, 石油大学地科系; 电话: 010-89740084; Email: zqlw@sina.com。

中西部(图1)(阎伟鹏等,2002)。

研究区下白垩统自下而上,分为赤金堡组、下沟组以及中沟组。青南凹陷下白垩统总体呈湖相沉积特征,在其平面上可追踪湖相的各种亚相沉积,包括滨浅湖、浅湖、半深湖至深湖沉积,岩石类型为砂质岩、碳酸盐岩类、泥岩类三种主要组合,局部发育陡岸带砾岩类。赤金堡组在青南凹陷内部未钻遇。中沟组为灰绿色页岩、泥岩、紫红色砾岩、砂岩沉积,实钻资料表明目前未获好的油气显示。下沟组岩性为灰绿、灰黑色泥页岩、砂岩、白云岩、灰岩等,其厚度大,有机质丰富。根据地化资料,平均有机质为1.4%,氯仿沥青“A”为0.0914%,总烃含量为0.0603%。该组地层是目前柳沟庄地区的产油层位。

2 震积岩识别标志

柳沟庄—窟窿山地区的震积岩在下白垩统的下沟组广泛发育,部分地区中沟组的部分层段也见有震积岩的存在,是一套含微裂缝或同生变形构造等震积特征的泥质白云岩、白云质泥岩及泥质粉砂岩的组合。

地震-断裂活动所引起的同生变形构造自沉积后至固结成岩以后,在处于软沉积物阶段时,由于物理作用的影响发生变形形成的一系列沉积构造。这

些物理作用主要是差异载荷、重力滑动和滑塌、沉积物的液化和泄水作用等。由于地震-断裂活动所引起的同生变形构造有别于沉积物固结成岩后由于构造运动(褶皱或断裂)而形成的构造,其主要鉴别标志是:同生变形构造是处于软沉积物阶段所发生的变化;夹于未受扰动的正常沉积岩之间;遭受变形作用后还可以重新被生物所扰动;与大规模区域构造体系相比,分布较局限;与古构造(如同沉积断裂系)有一定关系,与现构造格局的关系不大;缺少与岩浆期后活动有关的高温脉石矿物(赵澄林,2001)。

2.1 振动液化卷曲变形及其伴生构造

振动液化卷曲变形系指由于地震时液化作用引起的层内卷曲变形,主要指在垂向重力作用下,可塑性的泥或粉砂沉积物发生以卷曲、弯曲、扭曲为主的变形作用,通称为包卷纹理。这类变形构造在柳沟庄—窟窿山地区下白垩统下沟组及中沟组泥质粉砂岩、粉砂质泥岩中普遍可见(图版I-1)。其主要特征是:形态虽然多样,但多限制在一个较薄的、较单一的层内变化;泥层连续弯曲很少错断;薄层和纹层泥晶脉发生明显褶曲,纹层层理及泥晶脉在某一特定层内塑性变形,形成一系列形态各异的小型紧闭式褶曲,乔秀夫等(1994)称之为震褶岩,其以褶皱轴面及枢纽方向不定,附近岩层无明显变形而区别于重

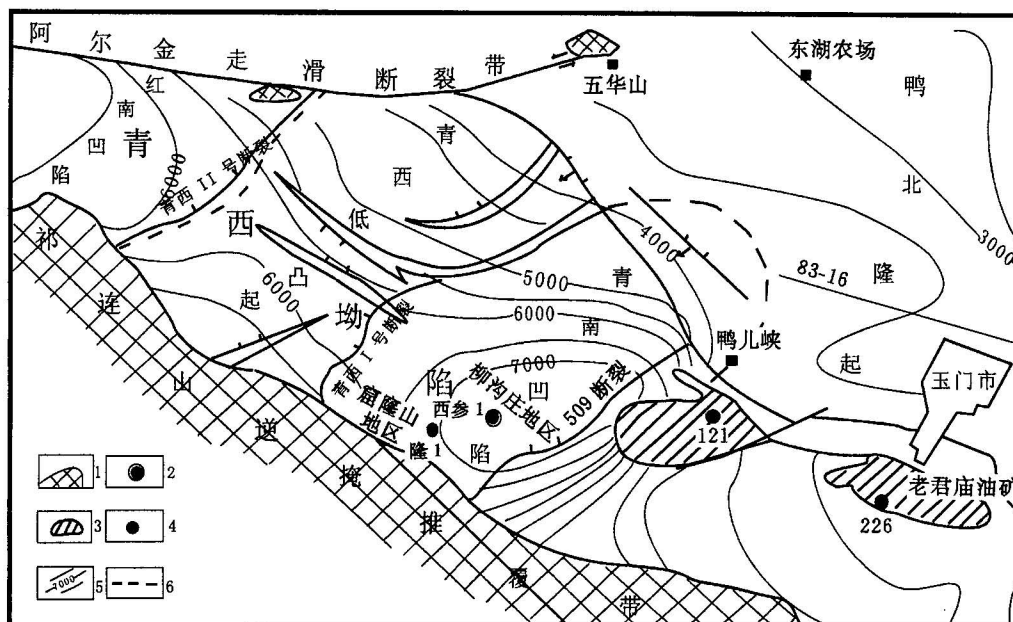


图1 柳沟庄—窟窿山地区位置图(据玉门油田,1999)

Fig.1 The location of Liugouzhuan and Kulongshan region (from Yumen Oilfield, 1999)

1—P2 出露区;2—参数井;3—油田;4—工业油流井;5—基底埋深线;6—构造区划

1—The outcrop areas of Middle Permian;2—parameter well;3—oilfield;4—well with industry value;

5—the contour of bottom;6—the division line of tecnic region

力流中的滑塌构造及构造顺层剪切褶曲。厚度一般为几厘米至十几厘米,最小只有 1~2 cm。许多学者曾对其“进行过描述,一致认为系地震产物,并在实验室成功地进行了模拟”(乔秀夫等,1994)。

2.2 重荷模及伴生构造

重荷模构造是由于上、下相邻沉积物存在较大的密度差,在震动和重力作用下,上覆脆性的砂、粉砂沉积局部解体后形成大小不一的砂块,向包含水的塑性泥质沉积物中沉陷而形成的。柳沟庄—窟窿山地区下白垩统下沟组下部发育及中沟组的中部地层发育白云质泥岩与泥质粉砂岩,其中发育了震积重荷模构造(图版 I-2)。砂块大小有几毫米至几厘米,形状呈球形、椭球形、枕状、瘤状及各种变形形状。薄纹层粉砂、泥质粉砂岩及泥质白云岩在沉陷过程中强烈弯曲,可以形成“假结核”(图版 I-3)。

2.3 脆性和塑性两类沉积物相间的滑塌变形作用

这类变形构造在柳沟庄—窟窿山地区主要发育在粉砂岩、白云质粉砂岩、泥质粉砂岩及粉砂质泥岩间互的剖面中,形成于较陡斜坡上的两类沉积物。由于同沉积断裂的诱发,经滑塌作用产生一系列复杂的“褶皱和断裂”后,形成一种各类岩性混杂的堆积体,通称为滑塌岩。

柳沟庄—窟窿山地区下白垩统下沟组重力流沉积剖面中有较发育的滑塌岩,又称震塌岩(图版 I-4),其特征是塑性纹层状泥岩强烈变形弯曲,呈镶嵌状,脆性粉砂质白云岩呈大小不一的碎块,强烈地破裂,甚至角裂,还可见到植物炭屑块不规则的排列,呈层性较差,厚度在本区变化较大,3~20 cm 不等。

2.4 软沉积物的液化作用及泄水构造

柳沟庄—窟窿山地区下白垩统下沟组还发育有最突出、最明显的震积岩特征即液化泄水构造,本区可明显见到泥晶云岩中的液化泄水岩脉及泥质白云岩中强地震振动形成的液化泄水泥晶碳酸盐脉(图版 I-5、图版 I-6)。这些泄水构造与乔秀夫建立的碳酸盐震积岩序列中的 A 单元匹配(周晓东等,1998)。

本区液化泥晶碳酸盐脉(以下简称泥晶脉)(图版 I-6)是一种在泥质白云岩中密集发育的碳酸盐细脉,成分均为碳酸盐泥晶微粒,不含陆源碎屑(周晓东等,1998)。泥晶脉规模大小不等,差别较大。露头上观察一般 2~8 mm 宽,长度一至几十厘米。显微镜下可见有一些宽度小于 1 mm、甚至更小的细脉。其次在三度空间上呈弯曲的板状而有别于虫迹(管状体),其剖面形态呈不规则弯曲,中部膨大,向

两端变细、尖灭,且分叉现象较普遍,平面上无统一走向。泥晶脉分布大多与岩层斜交或垂直,局部可见与层面近于平行。泥晶脉在穿切围岩时可见围岩纹层发生弯曲(图版 I-7)。

本区泥晶脉云岩中常见有不同期次泥晶脉之间互相穿切,局部尚可见较宽的泥晶脉具有两次充填的现象,反映了地震多期活动的特点(图版 I-5)。

关于泥晶脉的成因,系由碳酸盐砂屑、泥屑和水组成的尚未固结的碳酸盐岩层,由于强地震(6 级以上)发生时的振动引起松软沉积物液化,除部分碳酸盐岩碎屑喷出沉积物表面,之后遭受侵蚀并被新的沉积物覆盖外,而更多的液化发生在层内,形成层内穿刺的泥晶脉及扰动碳酸盐岩纹层(赵澄林,2001;乔秀夫等,1997;周晓东等,1998)。

2.5 层内阶梯状断层

层内阶梯状断层为一系列小型近平行排列断层,一般仅分布在岩层中较薄的范围内,剖面长度一般 1~2 cm,断距 2~5 mm,倾角较陡,呈上盘下降的正断层,剖面平行排列呈阶梯状,在柳沟庄—窟窿山地区下白垩统下沟组局部可见到明显的层内阶梯状断层发育(图版 I-8)。其成因为地震引起液化作用停止后,沉积物重新压实使体积变小,导致沉积物表面差异性下沉而形成的。

3 下白垩统震积岩的成因分析及其研究意义

地震事件是地壳运动的一种特殊且直观的表现形式,其表现为地壳快速而剧烈的颤动。它主要是由于断裂构造活动、火山活动、崩塌陷落及一些诱发因素影响引起的(赵澄林,2001;杜远生等,2000)。柳沟庄—窟窿山地区下白垩统震积岩的存在,反映了本地区断裂带在早白垩世存在一个强烈的构造活动时期。这一结论也可以从该区下白垩统下沟组及中沟组发生了强烈的变形,而上覆第三系却未发生变形的构造特征得到验证。

在早白垩世酒西盆地北祁连地区,由南西向北东的主应力和阿拉善地区由北向南主应力作用,以及阿尔金断裂的影响,形成了控制青南等凹陷边界的一系列北北东向同生正断层,如青南凹陷 509 断阶带、青西 I 号断裂带。经本区三维地震资料解释,柳沟庄—窟窿山地区存在三期五组断层,即燕山期青西 I 号断裂带、北西西向三组逆断层和喜马拉雅期近南北向平移断层,这三期五组断层构成了柳沟庄—窟窿山地区复杂的断层系统。而青西 I 号断裂

带属燕山期围绕青西 I 号同生正断层而形成, 为分割青西低凸起和青南凹陷的边界断裂, 贯穿了整个工区, 主要控制了青南凹陷内赤金堡组地层的沉积, 同时也控制了青南凹陷下白垩统下沟组岩相的分布, 靠近青西 I 号断层主要为砂泥岩沉积, 远离 I 号断层主要为泥质白云岩及泥岩沉积, 该断层消失于中沟组沉积时期, 为其他两期断层所切割。青西 I 号断裂带及 509 断阶带的强烈构造活动正是本区早白垩世震积作用的直接诱发因素。而北西西向逆断层及喜马拉雅期的平移断层对本区早白垩世震积事件的发生没有直接的影响。

柳沟庄—窟窿山地区下白垩统震积岩的发现, 填补了本区震积岩研究的空白, 对恢复本区早白垩世断裂的强烈活动性具有重要的科学意义。

4 结论

(1) 青南凹陷柳沟庄—窟窿山地区下白垩统震积岩是一套含微裂缝或同生变形构造及液化泄水构造等震积特征的泥质白云岩、白云质泥岩及泥质粉砂岩的组合。是水下未成岩状态下碳酸盐软泥及泥质中保留下来的地震事件的原始记录。本区震积岩主要识别标志为振动液化卷曲变形及其伴生构造、重荷模及伴生构造、脆性和塑性两类沉积物相间的滑塌变形作用及滑塌岩、软沉积物的液化作用及泄水构造、层内阶梯状断层及地裂缝。

(2) 柳沟庄—窟窿山地区下白垩统震积岩的发现, 填补了本区震积岩研究的空白, 反映了本区在早白垩世存在一个强烈的构造活动时期。区域构造背景的研究表明, 燕山运动早期在酒西盆地的西南部产生断陷, 沉积了侏罗纪河流相地层; 在燕山运动中期, 在侏罗纪断陷的基础上, 盆地再次拉张, 产生以 509、青西 I、II 号为代表的北东、北北东向的张扭性断裂带, 构成盆地东西分块、凸凹相间的复杂格局, 在断陷内接受了下白垩统的湖相泥岩、砂岩及碳酸岩沉积。青西 I 号断裂带及 509 断阶带在燕山中期发生强烈的构造活动正是柳沟庄—窟窿山地区早白垩世震积作用的直接诱发因素, 为本区震积岩的存在提供了科学依据。

致谢: 本文在编写过程中得到了赵澄林教授的热心指导, 在此表示衷心谢意。同时, 由于笔者水平有限, 文中错误和纰漏在所难免, 望批评指正。

参 考 文 献

杜远生, 韩欣. 2000. 论震积作用和震积岩. 地球科学进展, 15(4): 389

~394.

- 乔秀夫, 等. 1994. 碳酸盐振动液化地震序列. 地质学报, 68(1): 16~32.
- 乔秀夫, 高林志. 1999. 华北中新元古代及早古生代地震灾变事件及与 Rodinia 的关系. 科学通报, 44(16): 1753~1758.
- 乔秀夫, 高林志, 彭阳, 李海兵. 2001. 古郑庐带沧浪铺阶地震事件、层序及构造意义. 中国科学(D 辑), 31(11): 911~918.
- 乔秀夫, 李海兵, 高林志. 1997. 华北地台震旦纪—早古生代地震节律. 地学前缘, 4(3~4): 155~160.
- 阎伟鹏, 朱筱敏, 张琴, 等. 2002. 柳沟庄—窟窿山油藏储集层裂缝类型及特征. 石油勘探与开发, 29(1): 80~83.
- 赵澄林. 2001. 沉积学原理. 北京: 石油工业出版社, 185~194.
- 周晓东, 陈跃军. 1998. 吉南地区晚震旦世震积岩特征. 吉林地质, 17(4): 24~29.

References

- Du Yuansheng, Han Xin. 2000. Seismo-deposition and seismites. Advance in Earth Sciences, 15(4): 389~394 (in Chinese with English abstract).
- Qiao Xiufu, et al. 1994. Seismic sequence in carbonate rocks by vibrational liquefaction. Acta Geologica Sinica, 68(1): 16~32 (in Chinese with English abstract).
- Qiao Xiufu, Li Haibing, Gao Linzhi. 1997. Sinian—Early Paleozoic seismic rhythms on the North China Platform. Earth Science Frontiers, 4(3~4): 155~160 (in Chinese with English abstract).
- Qiao Xiufu, Gao Linzhi. 1999. The relationship between Middle—Upper Proterozoic and Early Paleozoic seismic events and Rodinia in North China. Chinese Science Bulletin, 44(16): 1753~1758 (in Chinese).
- Qiao Xiufu, Gao Linzhi, Peng Yang, Li Haibing. 2001. Seismic event, sequence and tectonic significance of Canglangpu ancient Tanlu Zone. Science in China (Series D), 31(11): 911~918 (in Chinese).
- Seilacher A. 1969. Fault-graded bed interpreted as seismites. Sedimentology, 13(1~2): 155~159.
- Seilacher A. 1984. Sedimentary structures tentatively attributed to seismic events. Mar. Geol., 55(1): 1~12.
- Yan Weipeng, Zhu Xiaomin, Zhang Qin, et al. 2002. The fissure type and characteristics of Liugouzhuan—Kulongshan reservoir in Qinxu depression. Petroleum Exploration and Development (in Chinese with English abstract), 29(1): 80~83.
- Zhao Chenglin. 2001. Sedimentology Theory. Petroleum Industry Press, 185~194 (in Chinese).
- Zhou Xiaodong, Chen Yuejun. 1998. The Late Sinian seismic depositional rock characteristics in the southern part of Jilin Province. Jilin Geology, 17(4): 24~29 (in Chinese).

图 版 说 明

1. 泥质粉砂岩中的振动液化卷曲变形构造(柳102井, 下白垩统中沟组)。
2. 泥质粉砂岩中的震积重荷模构造(柳102井, 下白垩统中沟组)。
3. 泥质白云岩中的“假结核”(柳4井, 下白垩统中沟组)。
4. 泥质、粉砂质白云岩形成的震塌岩(隆101井, 下白垩统下沟组)。
5. 泥岩中的液化泄水岩脉(柳3井, 下白垩统下沟组, 单偏光×20)。
6. 泥质白云岩中的液化泥晶碳酸盐脉(隆101井, 下白垩统下沟组)。

7. 白云质泥岩中的泥晶脉在穿切围岩时, 围岩纹层发生弯曲(隆101井, 下白垩统下沟组)。
8. 泥质白云岩层内阶梯状断层(柳4井, 下白垩统下沟组)。

The Discovery of Seismite and Its Significance in Lower Cretaceous in Liugouzhuang and Kulongshan Region, Qingnan Sag, Jiuxi Basin

ZHANG Qin¹⁾, ZHU Xiaomin¹⁾, ZHANG Jianjun¹⁾, SONG Gang²⁾, YAN Weipeng¹⁾, ZHANG Qunwei²⁾

1) *University of Petroleum, Beijing, 102249*

2) *Petroleum Geophysical Prospecting Bureau, CNPC, Hebei, 072751*

Abstract

A set of seismo-deposition and seismites are discovered for the first time in the Lower Cretaceous Xiagou Formations and Zhonggou Formations in the Liugouzhuang and Kulongshan region, Qingnan Sag, Jiuxi Basin. They are combined sediments of argillaceous dolomite, dolomite-mudstone and argillaceous siltstone, with seismo-deposition characteristics such as fissure, synsedimentary deformation structure, vibratory-liquefied water-escape structure. In this area, the main recognized marks of seismo-deposition and seismites include vibratory-liquefied curl deformation, load cast and their associated structures, slump deformation between brittle and plastic sediments and slump turbidites, liquefaction of soft sediments and water-escape structure, and step intrabed faults and geofractures. The discovery of seismo-deposition and seismites in the Lower Cretaceous in the Liugouzhuang and Kulongshan region filled up the blank of the seismites study in this area and indicates that intense earthquake activity once occurred during the Lower Cretaceous period, based on which it could be presumed that the earthquake could affect other areas in the Qingnan Sag. In addition, seismite is expected to be discovered in other sags with resemble tectonic settings in the Jiuxi Basin and thus opening a new study field of seismite. The study of regional tectonic settings also shows that the intense tectonic activities of the Qingxi No. 1 and 509 synsedimentary faulted zones are the direct inducing factors of the seismo-deposition in the Lower Cretaceous in this area, which presents a scientific proof for the existence of seismites.

Key words: Liugouzhuang and Kulongshan region; Lower Cretaceous; seismites

~~~~~

