

安宁系的时代、成因类型和环境

李孝泽 闫满存 周利平 王贵勇

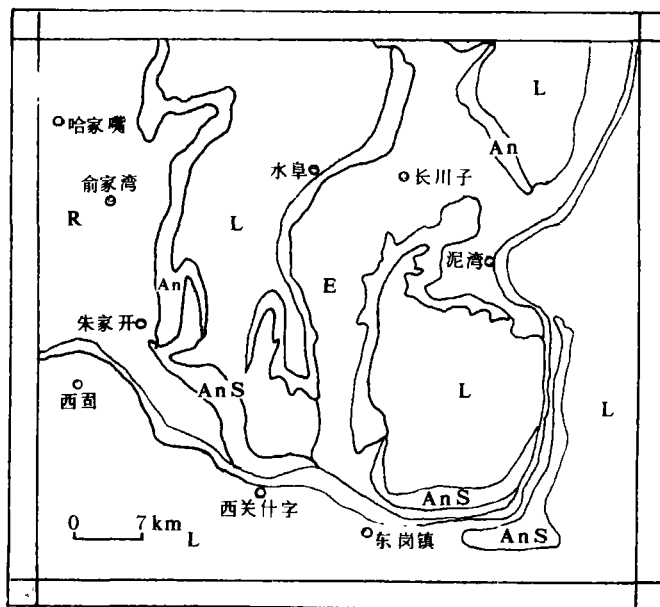
(中国科学院兰州沙漠研究所)

摘要 本文对我国新生代地层中颇具争议的安宁系进行了综合对比分析, 确认安宁系位于中新统咸水河底砾岩之上, 早更新世初黄河阶地砾石层之下, 为中新世中期至上新世沉积。沉积构造、粒度和石英砂表面特征等一致表明, 安宁系是与干热气候相应的风砂活动的产物。安宁系及与之同时并存的中国东部风成红土说明, 第三纪晚期中国大陆已存在沙漠—风成红土的分异格局。推测第三纪晚期, 兰州附近地区处于副热带北侧, 西风带南缘, 半干旱草原至干旱荒漠草原环境。

主题词 安宁系 时代 成因 环境

作者简介 李孝泽 男 26 岁 硕士 地貌与第四纪

出露于兰州黄河以北的棕红色砂层 (图 1), 自著名地质学家杨钟健、卞美年于 1936 年创名为安宁系以来, 许多中外学者相继做过研究, 但迄今对其成因和时代的看法仍很分歧。



Ans:前加里东期变质岩; R:第三系河湖相地层; E:老第三系河湖相地层; An:安宁系砂层; L:第四纪黄土

图 1 兰州地区安宁系分布略图

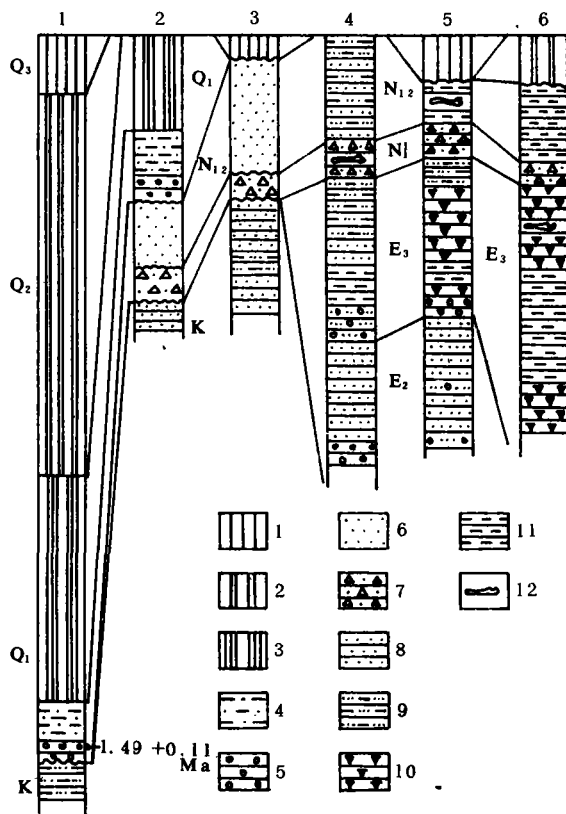
Fig.1 Sketch of distribution of Anning System in Lanzhou area

主要有两种观点: 一种认为是第四纪内陆湖泊三角洲相沉积; 另一种认为是上新世风成堆积。本文在前人工作基础上, 根据新近的野外调查和室内资料分析对上述问题作进一步讨论。

一、安宁系的时代

安宁系广布于兰州黄河以北李麻沙沟以东的广大新生代盆地内, 其上普遍发育黄土盖层(图 2)。以九洲台—高山梁一带, 构造抬升剧烈, 流水切割强, 安宁系出露最好。

安宁系的最新下伏地层是一套厚度 5m 左右的白色砂砾岩(即杨钟健先生命名的湟水期侵蚀面)。砾石主要是棱角状、次棱角状石英, 泥钙质胶结, 杂基支撑, 成熟度很低, 硬度大, 抗侵蚀, 形成兰州丹霞地貌顶界, 产状近水平, 是一套山前冲洪积相沉积。



1.九洲台; 2.罗锅沟; 3.深沟; 4.韩家井子; 5.咸水河; 6.皋兰山;

(1) 马兰黄土; (2) 离石黄土; (3) 午城黄土; (4) 次生黄土; (5) 砾石; (6) 安宁系;
(7) 白色砂砾岩; (8) 砂岩; (9) 砂质粘土; (10) 石膏粘土; (11) 泥岩; (12) 化石层位;

图 2 兰州地区安宁系层位对比图

Fig.2 Correlation of columnar sections of position of Anning System in Lanzhou area

据地质资料,在沙井驿以北的韩家井子(图2剖面4)、张家坪等地白色砂砾岩中发现哺乳类 *Paraceratherium*, sp. *Allacerapus* sp(?), *Phinocerotidae* indet. 由周明镇教授鉴定认为形成于中新世早期。后来,在皋兰山北坡(图2剖面6)白色砂砾岩下伏地层含石膏红色粘土岩中发现小哺乳动物群化石,时代也是中新世早期(21百万年前)。看来,白色砂砾岩为中新统地层无疑。

安宁系的最老上覆地层是黄河Ⅱ级阶地砾石层(陈梦熊先生命名为甘肃期侵蚀面)。该砾石层厚2—5m,砾石未胶结,基质为成熟度高的灰色石英砂,砾石支撑,砾石层成熟度高,产状近水平。采自砾石层顶部的次生石膏裂变径迹测年值是 $1.488 \pm 0.11\text{Ma}$ (陈发虎,1989)。

永登咸水河龙骨湾发现的咸水河动物群产于白色砂砾岩之上的棕红色砂质粘土中(图2剖面5),其层位相当于安宁系。咸水河动物群所代表的确切时代还有争议,有的认为是晚中新世或早上新世(甘肃区调队,1965),也有认为是中中新世(袁复礼,杜恒俭,1984)。

综上所述,安宁系时代厘定在中中新世至早更新世初之间。考虑第四纪和第三纪气候环境具有显著差异,以及安宁系及其相当层位是红色沉积,和下伏第三系红层有岩性上的一致性和连续性,与上覆第四系砾石层或黄土沉积差别甚大,所以,安宁系应属第三系。这样,可以认为安宁系形成于中中新世至上新世。

二、安宁系的成因类型

安宁系的成因类型可从以下方面进行分析。

(1) 沉积构造

大型板状前积纹层层厚数厘米至十几厘米,层面延伸可长达十几米,产状在不同地点或不同方向有变化,但主要在 $60^\circ - 120^\circ < 0 - 34^\circ$ 范围内。安宁系与下伏白色砂砾岩呈角度不整合接触,表明它与后者不是连续沉积系列。因此,不能把二者统一成河湖相的二元结构。另外,产状的分布特点满足风成论观点,因为沙丘前移形成的前积纹层的倾向正是随风向轴左右变化分布的,而角度不大于沙丘休止角 34° 。与此不同,内陆湖泊三角洲相前积层,由于水流方向取决于地形因素,比风向要稳定得多,相应的产状也应比较稳定。

方解石胶结砂岩夹层 一般数厘米厚,与砂体的层理产状一致,其上、下均是疏松砂层。砂岩夹层可能不连续,甚至是由较小的团块连接起来构成。砂岩为颗粒支撑,纯粹的方解石胶结。前人对此已有注意(杨礼显,1984),但成因至今不清。然而可以肯定,方解石是含 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 的水溶液在蒸发浓缩过程中析出 CaCO_3 沉淀转变而成的。如果形成后长期经受地下水作用, CaCO_3 又会因溶解而消失。另外,如果 CaCO_3 胶结是在水下环境发生,结果应是沉积物整体被较均匀地胶结起来。因此,疏松砂层中夹有方解石胶结砂岩预示其不是在水下形成以及形成以后长期脱离地下水的的作用。

笔者对一些比较发育的胶结砂岩层观察发现,砂岩层下层面较平缓,与下伏砂层有渐变性,而上层面凹凸不平,有流水冲蚀现象,与上覆砂层界线突变。据此,方解石胶结砂岩层面很可能是雨水作用面,本身只有在风成环境才能形成。

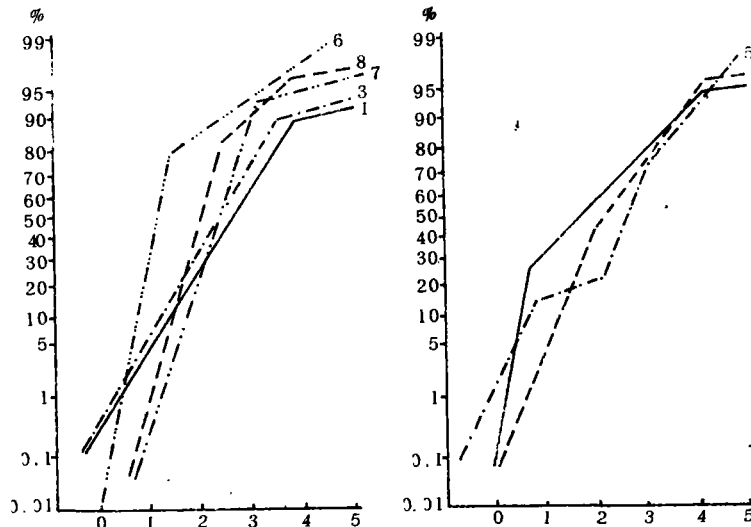
钙质结核(图版2) 形态呈豆状,棒柱状,球状,直径2—5cm, CaCO_3 胶结。与钙质胶结砂岩不同,钙质结核没有层状构造,而是分散于疏松砂层的局部部位。据研究,钙

质结核是在古土壤发育过程中淋滤沉淀形成的, 本身可以作为风成成因的一种指示。

(2) 粒度

朱家井剖面的粒度分析(图3)表明, 平均粒径为 2.27Φ , 为细砂; 峰态 1.51, 单峰为主; 偏度 0.17, 正偏; 标准偏差 1.032, 分选中等至差。按照库卡尔标准(吴正, 1987), 除了标准偏差偏大外, 其他参数都符合风成砂; 鄂尔多斯现代流动沙丘和固定半固定沙丘的标准偏差变化范围分别达 0.62—1.03, 0.53—2.17(李保生等, 1988)。可见, 安宁系砂粒度特征与现代风成砂有一致性。

粒度概率累积曲线主要呈二段式, 由跃移组分(85%左右)和悬移组分构成; 跃移段倾角较大($65\text{—}80^\circ$); 是典型风成砂曲线类型。



样品 1,3,6,7,8 为典型风成砂类型, 样品 2,4,5 为次生风成砂类型。

图 3 朱家井安宁砂粒度概率累积曲线图

Fig.3 Curves of probability accumulation of sand grain size distribution of Anning System sand

多段(三段、四段)式曲线是由二段式变异而来, 为不同二段式曲线跃移组分相混合的结果。因而总体跃移段的粒度范围变化大, 斜率变小, 相应的砂物质分选变差。究其原因, 可能是先前风力搬运、沉积的风成砂后来又被流水改造的结果。

从砾石和粉粘组分含量极少看, 安宁系也不象是水成的。

(3) 石英砂表面结构

石英砂表面结构(图版 3—6)是判别沉积物形成历史的重要手段之一。安宁系砂粒表面普遍发育碟形坑、新月形坑、蛇脊、麻坑以及 SiO_2 沉淀等, 是十分典型的风成砂。当然局部地段可以见到流水改造现象, 如在风成砂表面形态之上叠加了“V”形坑、贝壳状断口和磨光面等。

以上分析表明, 安宁系主要是在大气介质下, 由风力搬运、沉积的古风成砂堆积以及部

分流水再搬运沉积。

三、安宁系的形成环境

棕红色是由于砂粒表面普遍发育 Fe_2O_3 涂层所致。 Fe_2O_3 指示利于氧化作用进行的温暖至炎热气候环境。例如, 现在具有显著红色沉积的撒哈拉沙漠位于副热带环境, 地带性红壤、砖红壤分布在热带、亚热带地区。

钙质结核对降水量有一定指示意义。它主要形成并保存在具有一定降水、干湿季明显的半干旱草原和荒漠草原环境。降水充足均匀的湿润森林地区或降水不足的干旱荒漠地区均不利于其形成或保存。

方解石胶结砂岩夹层代表气候处于湿季, 而疏松风成砂层则代表相对干季。二者的交替反映气候具有干湿季交替。可见当时季风气候是显著的。另一方面, 方解石胶结砂岩反映出气温高、蒸发速度快和降水不足。

从地层记录看, 兰州地区第三系发育齐全, 老第三系主要是红色砂、泥岩建造, 其中渐新统以出现含石膏粘土为特征, 说明气候已趋干旱化, 直到早中新世后形成了沙漠沉积。

据古气候研究 (L.A. 费雷克斯, 1984), 第三纪晚期全球处于新生代以来最干旱时期。古植被研究表明第三纪晚期中国中西部已出现干草原、半荒漠乃至荒漠环境。区域岩相古地理研究表明, 第三纪晚期兰州地区位于干旱暖温带南沿 (李云通等, 1984)。

可见, 安宁系确实形成于干旱气候环境。

据前积纹层产状推测, 安宁系是在西南、西和西北方向地面风作用下沉积的。新近研究认为, 分布于西安、山西保德等地的第三纪晚期的红土主要是风成的 (赵景波, 1989)。因此, 如同现代沙漠—黄土的孪生关系一样, 安宁系与风成红土属风力分异产生的同期异相堆积。分异的方向也有自西向东的趋势。由此, 考虑北半球反气旋是顺时针方向, 可进一步推测当时在兰州以西可能存在着较大的高压中心, 对中国大陆产生着重要影响。

新构造运动的影响主要有三方面: 一是由于印度次大陆向北挺进, 使欧亚大陆在第四纪向北推进了 4—6 个纬度 (董光荣等, 1988)。这样, 安宁系形成时的纬度不是现在的北纬 36° 附近, 而是在北纬 30° — 32° 附近。正处于副热带北侧, 西风带南缘。另一方面, 燕山运动造就的高低悬殊的地形经早第三纪漫长时期的剥蚀、夷平作用, 使地势趋于准平原化。同时产生了大量的河湖相碎屑堆积, 为后来气候变干, 沙漠形成准备了物质条件。第三, 青藏高原的抬升是分幕进行的 (中国自然地理, 1984; 李吉均等, 1979); 第一幕轻微抬升, 发生在始新世; 第二幕抬升较强烈, 发生在中新世; 第三幕为大规模、大幅度强烈抬升期, 发生在上新世末。安宁系下伏早中新世白色砂、砾岩属山前冲积相, 代表地壳处于明显的抬升期, 时代上接近于喜山运动第二幕。构造抬升必然引起河流下切、地下水位下降, 这与气候变干共同促进了安宁系在盆地中的形成。

综上所述, 根据安宁系及其他证据, 中国沙漠的形成可以上溯到中新世中期, 或者第三纪晚期。

本文承蒙董光荣导师指导; 西北师院杨礼显先生、兰州煤矿设计研究院李森工程师, 甘肃区调队翟毓沛先生给以热情帮助; 丁同虎、戴枫年分别完成粒度和电镜分析, 在此一并深表谢意。

收稿日期 1990年4月10日

参 考 文 献

- (1) 杨礼显, 1984, 西北师范学院学报, 第2期, 55—64页。
- (2) 陈发虎等, 1987, 兰州大学学报 (自然科学版), 第4期, 137—144页。
- (3) 张林源, 1962, 兰州大学学报, 第2期, 89—101页。
- (4) 翟毓沛, 1976, 甘肃地质科技情报, 第2期, 3—10页。
- (5) 甘肃区调队编, 1965, J-48-XXXVII (兰州幅) 地质图说明书, 15—16页。
- (6) 邱占祥、谷祖纲, 1988, 古脊椎动物学报, 第26卷, 第3期, 198—209页。
- (7) 陈梦熊, 1937, 地质论评, 第12卷, 545—556页。
- (8) 陈发虎, 1989, 沉积学报, 第7卷, 第3期, 105—111页。
- (9) 袁复礼、杜恒俭, 1984, 中国新生代生物地层学, 地质出版社, 第100页。
- (10) 吴正, 1987, 风沙地貌学, 科学出版社, 第175页。
- (11) 李保生等, 1988, 地理学报, 第43卷, 第2期, 127—133页。
- (12) [澳]L.A.费雷克斯著,赵希涛等译, 1984, 地质时代的气候, 海洋出版社, 第320页。
- (13) 董光荣等, 1988, 中国科学, 第6期, 633—642页。
- (14) 中国科学《中国自然地理》编辑委员会, 1984, 中国自然地理, 古地理 (上册), 科学出版社, 第1—43页。
- (15) 李云通等, 1984, 中国的第三系, 地质出版社, 附图: 中国晚第三纪岩相古地理、古气候略图。
- (16) 李吉均等, 1979, 中国科学, 第6期, 608—617页。
- (17) 赵景波, 1989, 沉积学报, 第7卷, 第3期, 113—120页。
- (18) C.C.Young and M.N.Bien, 1936, Bulletin of the Geological Society of China, Vol. , p. 121—260

THE AGE, GENETIC TYPE AND ENVIRONMENT OF ANNING SYSTEM

Li Xiaoze Yan Mancun Zhou Liping Wang Guiyong

(Lanzhou institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences)

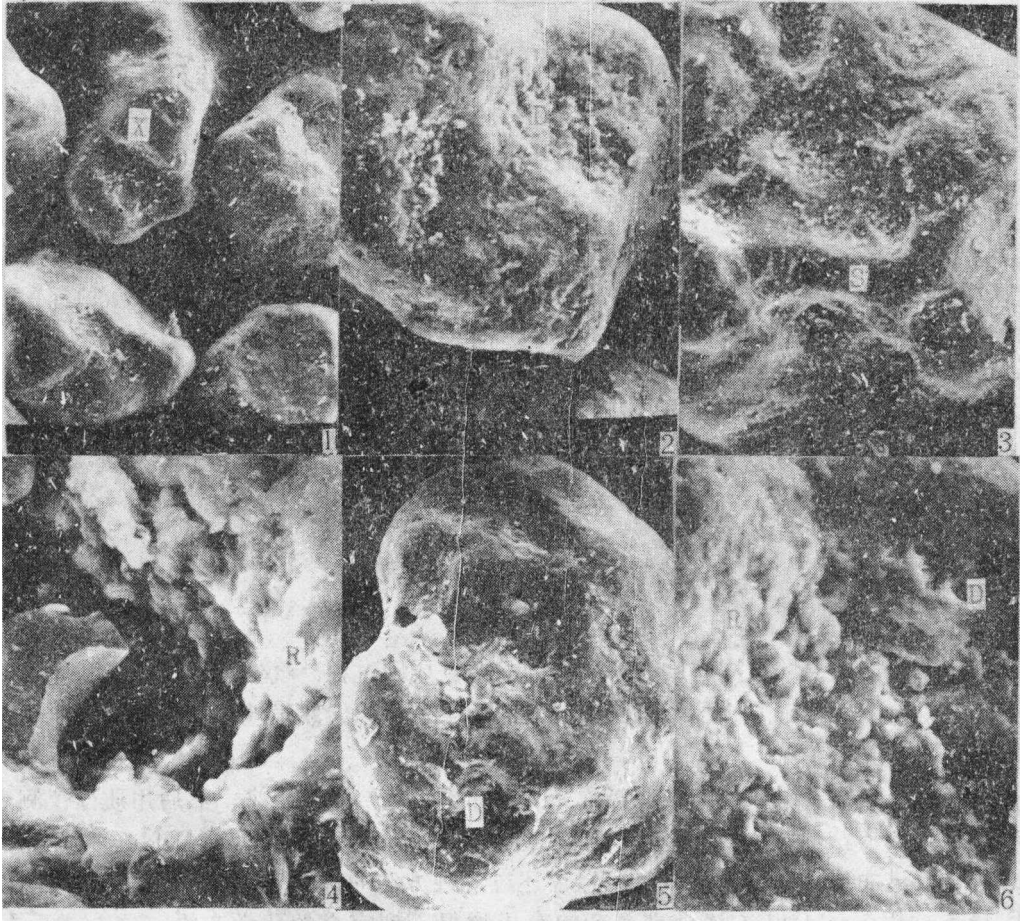
Abstract

On the basis of analysis and correlation of strata in Lanzhou area, it is regarded in this article that the youngest stratum under the Anning System named by C. C. Young and M. N. Bian in 1936 is a layer of gray-white sandy conglomerate formed in the early Miocene Epoch, basis on the evidences of vertebrate paleontology found at some places such as the north slope of Gaolan Mountain, Hanjinzi, Xianshuihe etc., while the oldest stratum above the Anning System is the sixth terrace gravel layer of Huanghe River (Yellow River) under the Wucheng loess layer at Jiuzhoutai, formed 1.488 ± 0.11 Ma (B.P.) dated by the method of gypsum fission trace. Anning System, therefore, was formed in the period of Middle Miocene-Pliocene.

Anning System is fossil eolian sand face of desert in light of many features such as large laminae, sandstone with calcareous cement, sand grainsize compared with desert sand, micro-texture of quartz sand granule including dish-shaped concavity, curved groove, curved edge and silica deposit, etc.

The type of physial environment for the formation of Anning System may be from semiarid steppe to arid desert steppe, and it mainly formed by the arid climate of Late Tertiary, according to the parameters of environment e.g. redish sand colour, calcareous cemented sandstone, calcareous nodule, and relating to other conclusions of paleogeography and paleoceanography.

There must be a paleo-anticyclone centre in the west of Lanzhou controlling whole north China in Late Tertiary according to: (1) the occurrence of foreset laminae in Anning System are mainly from west to east; (2) the wide spreading of eolian red earth of Late Tertiary in the east of Lanzhou such as Baode and Jinle formations.



1. 九洲台样, $\times 100$ 2. 九洲台产, $\times 250$ 3. 大沙沟样, $\times 150$ 4. 九洲台样, $\times 1600$ 5. 九洲台样, $\times 170$ 6. 九洲台样, $\times 600$ D: 碟形坑 X: 新月形坑 R: SiO_2 沉淀 S: 蛇脊