

太行山中南段临城地区长城纪沉积环境分析

赵常亮

成都理工大学, 四川 成都

收稿日期: 2022年2月25日; 录用日期: 2022年3月23日; 发布日期: 2022年3月30日

摘要

研究区地处河北省的西南部, 太行山中南段的东麓, 在大地构造位置上隶属于华北地台二级构造单元山西台隆的东部。中元古代长城系剖面连续完整, 沉积层序清晰, 沉积构造明显, 是分析沉积环境的极佳区域。通过对临城地区中元古代长城系沉积相进行详细研究, 得出其形成于受波浪和潮汐作用为主的沉积环境, 以波浪为主的结论。沉积特征以发育大量的浪成层理及波痕, 同时发育了潮汐作用的滨海浅滩相沉积特征为主。建立了滨海浅滩相的浪成斜层理与潮汐水流的砂岩沉积的发育特征的沉积模式。

关键词

长城系, 沉积相, 沉积环境, 沉积模式

Sedimentary Environment Analysis of Changcheng Period in Lincheng Area, Mid-Southern Taihang Mountains

Changliang Zhao

Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

Received: Feb. 25th, 2022; accepted: Mar. 23rd, 2022; published: Mar. 30th, 2022

Abstract

The study area is located in the southwest of Hebei Province, at the eastern foot of the mid-southern section of Taihang Mountain, and belongs to the east of Shanxi Tailong, the second tectonic unit of the North China Platform. The middle Proterozoic Changcheng system is an excellent area for analyzing the sedimentary environment because of its continuous and complete section, clear sedimentary sequence and obvious sedimentary structure. The sedimentary facies of Changcheng system in Mesoproterozoic in Lincheng area is studied in detail, and it is concluded that the Chang-

cheng system was formed in a sedimentary environment dominated by waves and tides. The sedimentary characteristics are mainly the development of a large number of wave-forming beddings and wave marks, as well as the coastal shoal facies sedimentary characteristics of tidal action. A sedimentary model is established for the development characteristics of wave-shaped oblique bedding and tidal flow sandstone deposits in coastal shoal facies.

Keywords

Changcheng System, Sedimentary Facies, Sedimentary Environment, Sedimentary Model

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

沉积环境分析是对地质历史时期中自然地理景观的再造, 相当于对古代沉积区域和当时的一些环境呈现。沉积环境分析是在综合各种地质资料的基础上, 通过现代沉积学、地层学、岩石学、岩相古地理学、构造地质学等分析方法, 再现当时的自然地理景观[1]。

英国地质学者 Sorby 第一个使用显微镜来进行沉积岩的研究, 标志着这门学科的诞生。上个世纪 50 年代, 多部国外沉积学家的著作在我国国内出版, 带动了我国这方面的研究发展。二十世纪二十、三十年代, 在对长城系的有关矿产进行研究的大背景下, 王恒升、田奇(1928)等对长城系常州沟组的一些层面构造现象进行了描述, 初步涉及了某些沉积学内容[2] [3]。有学者在研究区的矿产有了更进一步的研究之后, 高振西(1934)等人考虑了沉积成因的关系, 第一次认为长城系早期的沉积环境为陆相或者河流相[4]。解放后, 地质调查工作更加深入、全面, 积累了丰富的地质资料。研究区内较为系统的地质工作是从上世纪 90 年代初期开始的, 在 70~90 年代期间, 研究区内地质工作程度大大提高。二十一世纪初期, 大量研究者对长城系做出了更多的研究, 不仅从同位素测年等方面, 而且对沉积盆地的分析从构造和层序地层学方法进行了更深入的研究。在对燕辽地区尤为突出[5] [6] [7]。

目前对于本区的地质研究不在少数, 但对于中元古代长城系沉积环境的研究还存在欠缺, 本文通过研究区内中元古代长城系的沉积环境分析, 再现中元古代长城系的自然地理景观, 为华北地台的发展与演化研究提供区域资料。

2. 区域地质背景

2.1. 大地构造特征

研究区大地构造位置位于华北克拉通中部带中南缘的赞皇地块(如图 1 所示), 中部带为一条呈南北走向连接东、西部陆块的构造带, 赞皇地块位置独特, 位于太行山山脉东部, 中部带与东部陆块相接处的地带。

2.2. 区域构造单元划分

华北克拉通构造演化复杂叠加, 发育了不同的构造单元。本区可分为太古代变质基底, 古元古代陆增生沉积, 中元古代裂谷和古生代-新生代沉积盆地等 4 个构造单元。

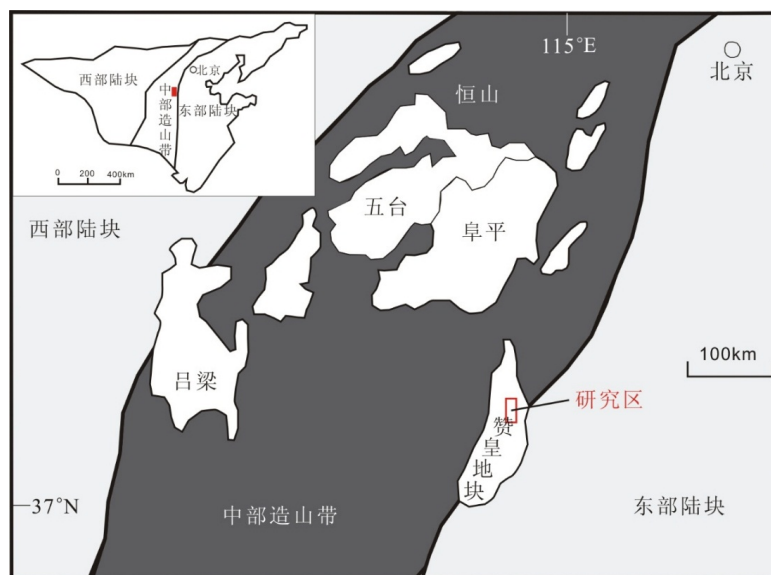


Figure 1. Tectonic location map of the study area
图 1. 研究区大地构造位置图

2.3. 区域地层

研究区地层出露良好，层序的保存相对齐全和完整，从老到新依次分为：太古界、元古界和古生界的寒武 - 奥陶系，古生界的石炭 - 二叠系及中生界地层缺失，新生界第四系沿河谷分布，受构造和地形控制明显。

3. 长城系地层特征分析

3.1. 地层分布

研究区内中元古界长城系常州沟组在瓮城东山发育并不齐全，在临城天台山地区常州沟组发育齐全。长城系为太古界和古元古界变质岩系基底之上的第一个未变质的沉积盖层，环绕基底隆起展布，在临城地区东北部广泛分布以及西南部和东北部零星分布。

3.2. 地层特征

研究区内的中元古代的长城系主要由常州沟组组成，在本区发育齐全。本文根据地层分布和岩性组合类型及特征将临城地区长城系常州沟组分为三个岩性段：

一段：下部以含砾石英砂岩为主，与下伏古元古界花岗岩呈角度不整合接触。向上逐渐变为薄层状的石英砂岩与页岩互层。上部主要以中层状的灰白色、浅紫红色夹薄层含砾砂岩的中细粒石英砂岩为主。此段中层面上的波痕、泥裂构造明显。可根据含砾砂岩和石英砂岩与页岩的互层的划分沉积旋回。粒度在垂向上表现由粗到细的粒序。

二段：下部主要以薄层紫红色石英砂岩夹有海绿石石英砂岩为主，海绿石砂岩中海绿石含量可达到甚至超过 20%。上部以中层灰白色的复成分细砾岩为主，向上逐渐变为单成分细砾岩，且向上砾石含量减少。顶部发育厚层状的含砾长石石英砂岩。根据此段中的岩层从下向上依次变化，从颜色上可以划分简单的韵律。

三段：此段岩性主要是以石英砂岩为主，韵律结构明显。下部主要是以中厚层产出，可根据浪成与水流斜层理可划分为三个沉积旋回。上部主要是以巨厚层产出，可从岩层的颜色上划分紫红色与浅黄色

的沉积韵律。顶部发育薄层的石英砂岩。与上覆地层早古生界寒武系馒头组呈角度不整合接触。

4. 沉积相标志

沉积相标志是沉积过程中反映当时沉积环境，沉积物质类型的一种标志，识别这种标志是研究古地理与古沉积环境与类型的基础[8]。

4.1. 岩石学标志

研究区内长城系常州沟组的岩石类型主要为陆源碎屑岩，有砾岩、含砾砂岩、砂岩、粉砂岩、页岩。

4.2. 沉积构造

沉积构造是沉积物中最常见的宏观特征之一，是由沉积物的成分、结构、颜色的不均一性而形成的岩石宏观特征[9]。原生沉积构造是沉积相和沉积环境的重要标志，在判别沉积环境、划分沉积相时对于沉积物的原生沉积构造的研究尤为重要[10]。

1) 层理构造

临城地区长城系沉积岩发育多种类型的沉积层理，如平行层理、羽状交错层理、浪成斜层理等(见如图 2~4 所示)，其中主要是以牵引流为搬运条件的沉积作用产生的不同层理。



Figure 2. Parallel to the bedding
图 2. 平行层理



Figure 3. Pinnate cross-bedding
图 3. 羽状交错层理



Figure 4. Oblique bedding of waves

图 4. 浪成斜层理

2) 层面构造

层面构造是指在沉积岩层面上保留的由自然作用所产生的一些痕迹，它常常标志着岩层的特性，反映岩石所形成时的环境[11] [12] [13]。研究区内层面构造发育，波痕、泥裂、泥砾、冲刷面构造等都有出现。

4.3. 化学构造特征

结核是指与周围沉积物成分、结构、颜色等具有明显差异的且与围岩有明显界面的自生矿物所形成的矿物结合体，大都以不规则团块状产出，在沉积岩中最为常见，其大小有所不同，大则几米，小到几毫米都是存在的[14]。在野外踏勘过程中发现，在局部地区发育有铁质结核(如图 5 所示)，且多形成于升浪带高能环境。



Figure 5. The iron TB

图 5. 铁质结核

5. 沉积相分析

沉积相通常被认为是在一个沉积单位中的全部原生沉积特征的综合，不仅包括岩石特征、还应该有沉积构造、古生物以及地球化学特征等[15] [16] [17]。通过观察其岩石颜色、岩石类型、各种沉积构造等，再结合区域地质背景进行沉积相研究，将长城系常州沟组划分为滨海浅滩相。

5.1. 滨海浅滩相沉积特征

滨海浅滩相主要为褐色薄层铁质石英砂岩、灰白色中厚层石英砂岩组成。层理和波痕发育，层序清楚，可分为后滨亚相、前滨亚相、近滨亚相。

1) 后滨亚相

该相主要分布在常州沟组底部，该相位于海滩的上部，沉积物主要以紫红色和灰白色的含砾长石砂岩、砂质砾岩为主。碎屑成分几乎全由石英组成。碎屑形状为次圆状，分选中等。部分石英被溶蚀成港湾状，波状消光。胶结物为硅质，并形成碎屑石英的次生加大边，使石英颗粒呈紧密相嵌接触。顶部具有干涉波痕、直线形不对称波痕、泥裂。底部具有浪成波痕。

2) 前滨亚相

前滨亚相与近滨亚相构成了常州沟组主体，其环境为平坦、开阔的地带，地形起伏不大，处于海滩下部、平均高潮线和低潮线之间。沉积物主要由紫红色和灰白色石英岩状砂岩、长石石英砂岩为主，层理具有具低角度斜层理，纹层一般为 $18^{\circ}\sim 31^{\circ}$ 的倾角，层纹平行。层系低角度相交，各别层系的倾角跟粒度有关，粒度越粗倾角略陡。局部层位交错层理。

3) 近滨亚相

该相与前滨亚相组成常州沟组的主体，是海水平均低潮面一下到正常浪基面与海底相交的地区。主要以褐色铁质硅质砂岩、灰白色石英砂岩、砂岩具有中粒，局部为粗粒，分选性好。具有楔状斜层理、槽状斜层理、不对称波痕、局部有砾石。板状斜层理与浪成斜层理互层出现。偶见出现大型波痕，波长1.2 m，波高10 cm。

后滨亚相只在底部发育，前滨亚相和近滨亚相以及潮汐作用的沉积可以因海平面的相对升降或者亚相环境侧向迁移，在地层垂向剖面中反复出现。

5.2. 沉积相组合及水动力条件分析

研究区长城系常州沟组滨海浅滩相的沉积，同时受到波浪及潮汐作用的影响，所以沉积构造表现多样性。所以分析沉积水动力条件时，要考虑潮汐作用的影响。

后滨亚相沉积，位于海滩的上部、平均高潮线以下，此时为加积作用为主的低能环境，下部是具水平层理的含砾砂岩，由于小股水流的作用，形成小型的沙纹层理。上部在较浅的洼地里，由于填充的原因，形成低角度的斜层理，前积层层产状为 $7^{\circ}\angle 5^{\circ}$ 。底部长石为风搬运沉积，顶部见有水流波痕。在后滨沉积时，基本未受到潮汐作用影响。

前滨亚相沉积，属于潮间带，形成于前滨带冲浪作用及潮汐回流水道沉积，且以冲浪为主。沉积介质的周期性变化和沉积表面的间歇暴露，呈紫红色铁质石英砂岩与灰白色硅质石英砂岩在垂向上呈互层状态，在局部地层表面可见有泥裂，这些特征表面海平面不断的变化。砂质沉积的粒度分布非常具有特征性，跳跃总体和悬移总体都有很陡的斜率，表明分选好，滚动总体不发育。可以得出结论：在高潮条件下，涨潮时的铁质石英砂岩悬移，粒径较大的颗粒在底部沉积，所以就有形式不同的沉积特征，当水动力条件减弱时，随后沉积表面暴露，表面沉积物形成泥浆收缩，形成泥裂等层面构造，下一次的高潮负荷物又填充到收缩后的空间中。在低潮线附近，属于高能沉积环境，由于经常受到波浪的筛选作用，主要砂砾沉积，故形成了砂坪。中薄层海绿石石英砂岩具有小型流水砂纹层理、浪成层理及冲洗层理。当流水速度较高时，可以出现平行层理。多次涨潮和退潮的作用在潮道形成人字形交错层理。在此环境形成了垂向组合的低潮坪沉积。在前滨的中部也就是中潮坪，属中能沉积环境。是潮汐流床砂载荷与悬移载荷交替带的搬运沉积带，特征的层理类型是有泥质和砂质韵律沉积组成的脉状层和波状层理。在涨潮-退潮期，流水速度较高，形成了砂质砂纹，而泥保持悬浮状态，在憩水期，悬浮泥质沉积覆盖在砂

纹上, 当下一个潮汐流的活动期开始时, 波脊上的泥被剥去, 而波谷中的泥被新的砂纹覆盖得以保存, 形成脉状层理。随环境水能量降低, 水体浑浊度增高, 床沙载荷的砂供应不足, 悬浮载荷泥质增高, 形成了波状复合层理。这是垂向组合顶部微相的沉积环境特征。

近滨亚相沉积, 属于浅潮下带涌浪, 破浪, 升浪为主的沉积。在近滨亚相中水动力条较强沉积介质由褐色硅质粗砂岩为主, 经过波浪的冲刷搬运, 磨圆度较好, 呈圆状-次圆状。分选好。此时形成楔状斜层理、低角度斜层理。水动力减弱时, 沉积介质以褐色、灰白色长石砂岩主要以潮汐回流为主沉积。形成槽状斜层理、人字形斜层理具有代表的沉积构造。此时两种水动力条件下的沉积形成于以波浪作用和潮汐作用的低潮线之下, 浪基面之上浅滩近滨高能沉积环境。

综上所述, 临城地区长城系是受波浪和潮汐作用为主的沉积环境。在海侵的初期沉积环境主要以波浪为主, 沉积特征表现了大量的浪成层理及波痕, 同时发育了潮汐作用的沉积特征。海侵进一步扩大后, 在常州沟组顶部滨海浅滩近滨的沙坝发育厚层的石英岩状砂岩, 石英含量高达 95%以上, 结构成熟度, 磨圆好, 说明常州沟期由远岸向近岸迁移, 受波浪作用逐渐减小, 潮汐作用逐渐增大。从整体上是滨海浅滩环境的沉积。

5.3. 沉积模式

在对一定环境中的现代沉积物的物理、化学、生物特征综合研究的基础上概括出的沉积环境及其沉积物的物化模型为沉积模式[18][19]。是对沉积环境的发展特征、发展演化及其空间组合形式的全面概括, 以图形或文字方式表现的一种理想的、概括的沉积相格局, 并能有助于了解复杂的自然现象及其作用过程[20]。在对临城地区的长城系常州沟组的沉积相进行详细的对比研究, 长城系常州沟组底部以砾岩和含砾砂岩为主, 中部多为以长石砂岩、含海绿石石英砂岩为主, 上部以石英岩状砂岩为主。整体为滨海浅滩相的浪成斜层理与潮汐水流的砂岩沉积的发育特征。

6. 结论

- 1) 研究区中元古代的长城系主要由常州沟组组成, 本文将长城系常州沟组分为三个岩性段。
- 2) 长城系常州沟组的岩石类型主要为陆源碎屑岩, 沉积构造是受波浪和潮汐作用而形成的各种类型的层理、波痕、泥裂和其他沉积构造。
- 3) 本文将长城系常州沟组划分为滨海浅滩相, 其可划分为后滨亚相、前滨亚相、近滨亚相, 其中前滨亚相及近滨亚相构成了常州沟组的主体, 而后滨亚相则主要分布在常州沟组底部。
- 4) 通过沉积相组合及水动力条件分析, 长城系形成于受波浪和潮汐作用为主的沉积环境, 整体为滨海浅滩相的浪成斜层理与潮汐水流的砂岩沉积的发育特征。

参考文献

- [1] 姜在兴. 沉积学[M]. 石油工业出版社, 2003: 270-320.
- [2] Wang, H.S. (1928) The Rectangular Graphs as Applied to the Proximate Analyses of Chinese Coals. *Bulletin of the Geological Society of China*, 2, 184-193.
- [3] 乔秀夫. 中朝陆台震旦纪岩相古地理及其与寒武纪地层的界线[J]. 北京地质学院学报, 1957(1): 38-56.
- [4] 叶连俊. 对沉积相和沉积建造分类原则及划分方法的意见[J]. 地质科学, 1960, 3(6): 286-300.
- [5] 汪校锋. 华北南缘中—新元古代地层年代学研究及其地质意义[D]: [博士学位论文]. 武汉: 中国地质大学, 2015.
- [6] 郭科. 鄂尔多斯地块西缘中晚元古代沉积特征研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2015.
- [7] 朱士兴, 黄学光, 孙淑芬. 华北燕山中元古界长城系研究的新进展[J]. 地层学杂志, 2005, 29(S1): 437-449.
- [8] 何幼斌, 王文广. 沉积岩与沉积相[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007: 93-154.

-
- [9] 潘建国, 曲永强, 马瑞, 潘中奎, 王海龙. 华北地块北缘中新元古界沉积构造演化[J]. 高校地质学报, 2013(1): 109-122.
- [10] 姜在兴. 沉积体系及层序地层学研究现状及发展趋势[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(5): 535-541.
- [11] 梅冥相. 五台山南缘中元古界的层序地层特征及其古地理意义: 以山西五台陈家庄剖面为例[J]. 现代地质, 2010, 24(5): 888-899.
- [12] 王成善, 李祥辉. 沉积盆地分析原理与方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [13] 杨旭, 白志强, 陈建强, 等. 廊坊地区中晚更新世以来沉积地层与环境演化[J]. 地质科技情报, 2017, 36(4): 60-64, 81.
- [14] 赵澄林, 朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006: 234-262.
- [15] 宋天锐. 北京十三陵地区中元古界长城系沉积相标志及沉积环境模式[J]. 古地理学报, 2007, 9(5): 461-472.
- [16] 李富强, 高红山, 张连科, 等. 基于粒度参数特征对黄河后套平原段岩芯沉积环境的分析[J]. 沉积学报, 2019, 37(6): 1234-1243.
- [17] 宋天锐, 刘燕学. 古地震记录与岩相古地理[J]. 沉积学报, 2009, 27(5): 872-879.
- [18] 黄秀. 豫西地区中元古代蓟县纪地层沉积特征及沉积古地理研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2009.
- [19] 汤冬杰, 史晓颖, 张文浩, 等. 华北中元古代鱼骨状方解石: 成因机制和古环境意义[J]. 古地理学报, 2017, 19(2): 227-240.
- [20] 和政军. 燕山地区长城纪沉积盆地分析及沉积建造学研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 1991.