

中国地质科学院

地质研究所刊

第 22 号

地质出版社

中国地质科学院

地质研究所刊

第 22 号

地质出版社

目 录

北京西山寒武系层序地层.....	乔秀夫	高林志	(1)
北京西山昌平组 (<i>G_{1ch}</i>) 成因地层学研究	王宗起	丁孝忠	(8)
北京西山下寒武统馒头组角砾岩成因.....	范开强	尹占国	王成述 (23)
北京西山中寒武统张夏组鲕粒特征及其环境意义.....	王成述	范开强	尹占国 (39)
北京西山竹叶状灰岩的成因.....	章雨旭	万渝生	(56)
西藏南部中生代的沉积-构造演化	刘 训	傅德荣	姚培毅 (65)
初论青藏高原第四纪大陆冰盖——一个早更新世中期统一的海洋性大陆冰盖		韩同林	(82)
河北平泉上寒武统凤山组及下奥陶统冶里组底部的三叶虫化石.....	孙红兵		(98)
广东乐昌大赛坝剖面牙形刺生物地层.....	季 强	秦国荣	赵汝璇 (111)
西藏南部古错侏罗系和白垩系双壳类化石.....	姚培毅		(128)
冀东迁安黄柏峪地区 3650—3720Ma 锆石年龄.....	刘敦一	王炳熙	(151)
八目鳗类鱼牙齿与牙形刺生长发育和形态的比较——无颚类祖先得以确认	R. J. 克赖伊萨、H. C. 斯拉夫金、P. J. 布林格斯和 M. 纳卡姆拉		(152)

中国地质科学院
地质研究所所刊
第 22 号

责任编辑：李汉声
地质出版社出版发行
(北京和平里)
地质出版社印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)
新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：9.625 铜版插页：13页 字数：229000
1990年8月北京第一版·1990年8月北京第一次印刷
印数：1—1150 册 国内定价：6.75元
ISBN 7-116-00714-8/P. 611

北京西山寒武系层序地层

ON STUDY OF THE SEQUENCE STRATIGRAPHY OF CAMBRIAN, WESTERN HILLS, BEIJING

乔秀夫 高林志

(中国地质科学院地质研究所)



内容提要 从层序地层学观点系统研究了北京西山寒武系碳酸盐岩剖面; 区别了沉积序列间不同性质的界面; 确定了下寒武统昌平组、中寒武统及上寒武统的三个碳酸盐岩角砾岩层的成因及鲕粒灰岩的障壁滩环境; 再造了寒武纪古地理图并指出找寻石膏矿层的有利地区。

关键词 层序地层 Sequence Stratigraphy
北京西山 Western Hills, Beijing

北京西山是中国地质学发源地之一, 西山又被称为中国地质学家的摇篮。我国许多著名地质学家都曾在这里进行过研究工作。1861年旧中国农商部地质调查所就设在当时的北平。原北京大学、清华大学地质系和以后的北京地质学院各专业、北京石油学院、北京矿业学院等地质系也均长年以西山为野外教学实习基地。从1958年开始, 北京地质局又系统进行了1:5万比例尺地质填图, 于70年代又出版1:10万北京市地质图。但是, 限于当时整个地质学的发展水平, 西山的许多地质问题远未完全解决; 许多地质现象需用新的观点重新研究与解释。

西山寒武系发育极好, 受永定河深切河曲的切割, 露头十分完整, 尤其沿公路两侧, 剖面可以逐层测量。过去的工作多侧重于层序及古生物方面的研究(崩派来 Pumpelly, Raphael, 1867; 李希霍芬 Richthofen F. Von, 1871; 叶良辅、谢家荣, 1920; 黄汲清, 1927; 郝貽纯, 1960—1962), 而成因地层学方面研究甚少。作者之一乔秀夫与孟祥化等(1986), 曾对这里上寒武统泥晶条带灰岩、生物丘灰岩及板片状砾屑灰岩用事件地层学观点重新解释了其成因。1987年以来, 中国地质科学院地质研究所青年学术小组组织一些青年地质学家侧重对寒武系下统及中统的层序从成因地层学的角度进行了初步研究, 取得某些突破性进展, 得出一些很有意义的结论。

一、相序及模式

研究剖面位于下苇店东南方向, 沿北京一斋堂公路分布(图1)。

寒武系剖面由昌平组与馒头组之间的平行不整合面分隔为两个成因上相关的相对整合

的沉积序列。剖面中最明显的特点是有三个碳酸盐角砾岩层,分别发育在昌平组下段(ϵ_1c)、馒头组(ϵ_1m)—毛庄组(ϵ_1m_2)及上寒武统。这些碳酸盐角砾岩留给地质学家极深刻的印象,使之久久难以忘怀。

图2所示剖面概括了西山整个寒武系的不同环境单元及其在时间上的变化。剖面中给出了不同角砾岩的成因环境及其在相序中的位置,自下而上分析于后。

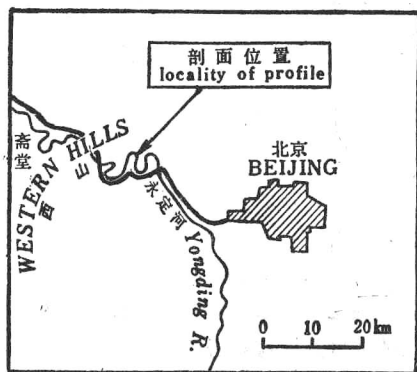


图1 研究剖面位置图
Fig. 1 Locality of profile

昌平组沉积的基底是蓟县运动造成的古大陆剥蚀面。昌平组由大陆风化壳顶部改造层、碳酸盐岩缓坡、盆地的退积序列组成。其中碳酸盐角砾岩为发育在板块内部缓坡上的重力流砾岩,作为陆表海底扇的源头,而盆地相具粒序层的灰岩则为扇的末梢堆积。重力流与碳酸盐浊积岩触发的动力是地震抑或飓风尚须进一步研究。地震及飓风均是地方性事件。地震引起碳酸盐重力流形成一系列孤立的海底扇,因而并非在许多剖面中都能出现。风暴流袭击海岸形成的风暴粗颗粒灰岩与风暴浊流岩往往呈带状分布,在一个区域里不同地点的剖面中均可追踪。从上述情况考虑,昌平组的重力流角砾岩很可能

是由地震引起的。

昌平组沉积盆地曾整体上升,形成与馒头组之间相的中断。

馒头组—毛庄组是在新的大陆剥蚀面上发展起来的。馒头组的紫红色角砾岩与一般碳酸盐角砾岩特点不同,杂乱而不遵循沉积学规律。

紫红色角砾岩中的白云岩角砾、胶结物及覆盖角砾岩的泥晶白云岩中可找到石膏溶孔,薄片研究中发现大量残留板状与纤维状石膏。根据野外宏观地质现象和矿物学的研究,作者将其解释为层状石膏层被溶解形成的溶解-坍塌角砾岩,它在相序中处于潮上萨布哈位置。毛庄组、徐庄组为泻湖环境产物。

张夏组以鲕粒灰岩为特征,鲕粒可分为四种类型:纯放射鲕形成于临滨带下部低能环境;放射同心鲕及复鲕是在临滨低能和主滩高能环境间多次交替生长的结果;富有机鲕形成于滩后富藻的潮汐环境。张夏组主体形成于鲕粒滩(混有石英砂),作为泻湖的障壁。障壁滩的外侧为开阔海,遭受周期性风暴袭击。

上寒武统条带泥晶灰岩被飓风击碎,经机械磨蚀和更为重要的化学溶蚀而形成扁平状砾石。这些砾石原地或半原地堆积形成半定向竹叶状灰岩(原地型);若被风暴浊流带至斜坡则形成杂乱状竹叶状灰岩(近源);更远处则为风暴浊积岩(远源)。

图3所示模式包括昌平组的风化壳改造层→缓坡碳酸盐角砾岩→盆地碳酸盐浊积岩;馒头组、毛庄组、徐庄组的萨布哈→泻湖;张夏组鲕滩砂坝及上寒武统开阔海风暴沉积。

二、讨 论

(1) 层序地层学(Sequence Stratigraphy)是将层序分析、相序分析、过程分析

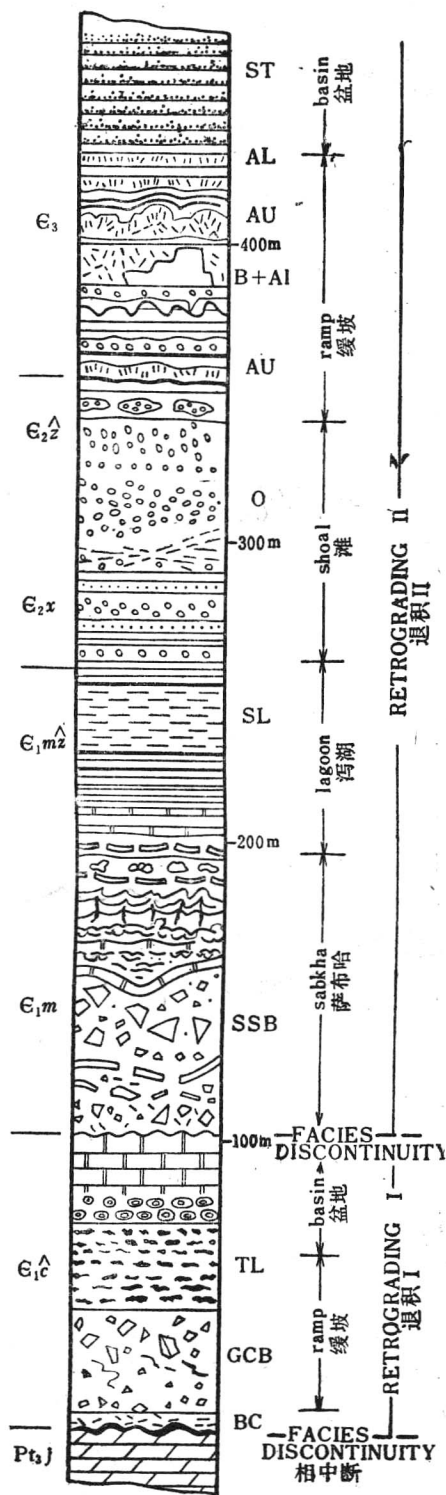


图 2 西山下苇店寒武系相序

BC—底砾岩; GCB—重力流角砾岩; TL—浊积灰岩; SSB—盐溶坍塌角砾岩; SL—季节纹层; O—鲕粒灰岩; AU—原地风暴粗粒灰岩; AL+B—异地风暴粗粒灰岩(近源)及切割生物丘; ST—风暴浊积岩; Ptj—晚元古代青白口群景儿峪组; E_{1c} —下寒武统昌平组; E_{1m} —下寒武统馒头组; E_{1mz} —下寒武统毛庄组; E_{2x} —中寒武统徐庄组; E_{2z} —中寒武统张夏组; E_3 —上寒武统

Fig. 2 The facies sequence in Cambrian at Xiaweidian in the Western Hills

BC—Basal conglomerate; GCB—gravity current breccia; TL—turbidity limestone; SSB—salt-solution breccia; SL—seasonal lamination; O—oolitic limestone; AU—autochthonous storm coarse grainstone; AL+B—allochthonous storm coarse grainstone (proximal) and cutting bioherm; ST—storm turbidity; Ptj—Jingeryu Fm.; E_{1c} —Changping Fm.; E_{1m} —Mantou Fm.; E_{1mz} —Maozhuang Fm.; E_{2x} —Xuzhuang Fm.; E_{2z} —Zhangxia Fm.; E_3 —Upper Cambrian

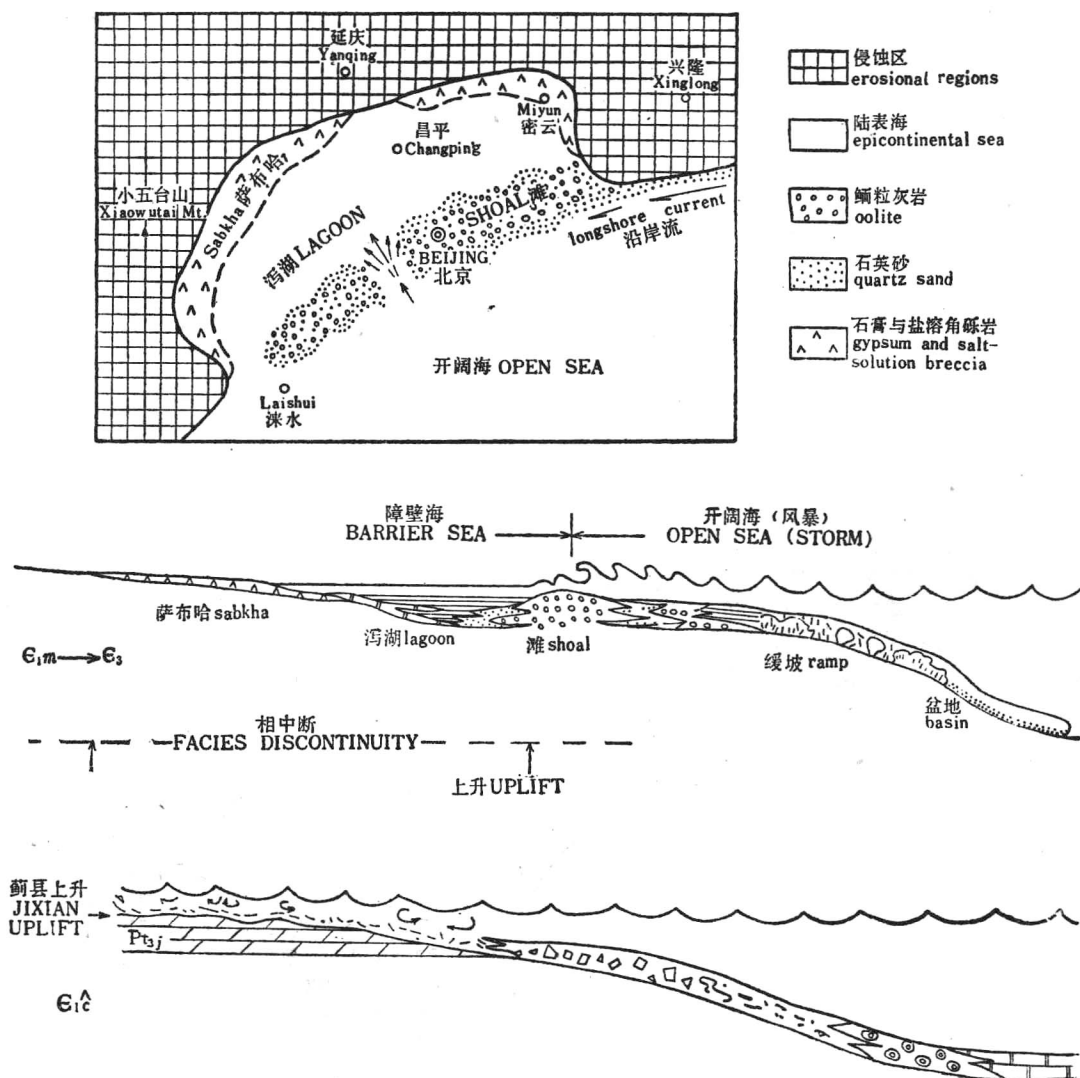


图3 北京西山寒武系沉积模式

上部：中—晚寒武世古地理图；中部：中—晚寒武世相模式；下部：早寒武世相模式

Fig. 3 Depositional model for the Cambrian System in the Western Hills of Beijing

Upper part: Paleogeographic map of the Middle-Late Cambrian; Middle part: Facies model of the Middle-Late Cambrian; Lower part: Facies model of the Early Cambrian

和事件地层分析综合起来，对沉积岩层的成因进行解释。序列间界面、相单元及相序的研究则是层序地层学研究的基础。因此，沉积体的野外相序的确定应是第一位的，它将能确定室内进一步研究的目标和样品测试项目，以求最有效的使用经费与缩短研究时间。

(2) 整个寒武系剖面由两个退积相序组成(图2)，表示寒武纪期间两次连续海进引起沉积物的连续向岸迁移。图3模式剖面中，构成早、中寒武世泻湖的障壁鲕粒滩必然是一个穿时体。

(3) 图3上部的古地理图,从区域上探讨了馒头组沉积时期萨布哈与泻湖分布的范围。现已正式出版的早寒武世古地理图(王鸿祯主编,《中国古地理图集》,1984),考虑了早寒武世最大的海进范围,因而侵蚀区距北京较远。早寒武世馒头组沉积时期海进由东南向西北方向,馒头组本身应是一个穿时体,即由北京向西、向北,馒头组的底界时间界线逐渐提高。馒头组的盐溶角砾岩范围,西达小五台山以东,在小五台山以南尖灭;最北分布于怀柔县城之北。根据这一范围,当时泻湖的南界应在涑水、易县以北,北界至延庆以南、居庸关—怀柔以北之汤河口,东界在密云。障壁滩的范围由密云往西南方向延伸,现在的北京市城区大体位于当时鲕滩附近。鲕滩中混入的石英砂可用沿岸流的搬运来合理解释。这个泻湖与其近陆边缘的萨布哈带延长甚远,其边界只能是推测的。在图上所标的萨布哈带中,馒头组作为寻找膏盐目标层是值得注意的。从穿时体这一概念出发,在距北京更远的地区,往北及往西方向应注意有无毛庄组石膏层位。

三、结 语

应兄弟单位要求,乔秀夫等人曾多次陪同北京地区许多地质工作者到北京西山考察讨论寒武系剖面;并曾多次到现场向国外地质学家(美国 J. Rohn Rodgers, 1986; Dag Nummedal ph. D, 1988以及民主德国的地质学家, 1988)予以介绍。他们对剖面相序的多变及成因环境解释均表示了极大的兴趣,希望我们能系统研究并写出论文。

本期所刊登青年地质学家的四篇论文,按时代顺序讨论了西山寒武系沉积环境,作为对关心西山寒武系研究的国内外地质学家的一个答复。关于昌平组成因地层学研究一文侧重于碳酸盐重力流研究,解决了昌平组底砾岩与下段角砾岩的成因环境。关于馒头组角砾岩成因研究在北京地区首次提出盐溶角砾岩成因观点。关于张夏组鲕粒特征及其环境意义一文则从鲕粒类型、粒径及其相互关系探讨了成因环境,侧重于微相研究。关于西山竹叶状灰岩的成因一文,在前人研究基础上提出了溶解的新观点。这些论文都是初步研究成果,我们热诚希望得到在北京地区工作的地质学家的指正;也希望通过实践的检验能使青年同志有机会继续深入研究。我们更希望目前的研究成果,能有助于提高目前北京地区1:50000比例尺地质制图中对寒武系地层的研究程度。

西山距北京城区很近,交通十分方便,公路质量优良;山清水秀、风光秀丽,春、夏、秋、冬景观各有特色;寒武系露头极好,又经初步研究,建议可做为北京附近供国内外地质学家旅行参观的一条碳酸盐岩剖面。

地质所有关领导、职能机构,北京地质学会地质所分会,地质所共青团支部大力支持此项研究。各有关项目负责人项礼文、马丽芳、刘兰笙、闵隆瑞、王永勤等在经费上给予资助,才使这些纯属计划外,但又很有意义的业余科学研究方得以完成。谨此深表谢意。

ON STUDY OF THE SEQUENCE STRATIGRAPHY OF CAMBRIAN, WESTERN HILLS, BEIJING

Qiao Xiufu Gao Linzhi

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Abstract

This paper is a discussion on the sequence stratigraphy in the Cambrian in the valley of the Yongding River in Beijing. The studied section situated in the southeast of Xiaweidian is exposed along the highway from Beijing to Zhaitang (Fig. 1).

In this section, the most outstanding characteristic is that the whole Cambrian strata contain three layers of carbonate breccia which are distributed in the lower members of the Changping Formation, Mantou Formation and Upper Cambrian respectively (Fig. 2). The breccia has made an indelible impression on geologists who visited it.

The Changping Formation is seen to be deposited on an eroded surface of the paleocontinent resulted from denudation by the Jixian Movement. It occurs in a retrograding sequence ranging from transformed layer at top of continental weathering crust, through ramp and to basin facies. The carbonate breccia, which is well developed on the ramp of the intraplatform, is defined as a gravity current breccia, namely, a source of submarine fan of the epicontinental sea. However, the basin facies limestone with graded bedding is defined as the distal deposits of the submarine fan.

The depositional basin of the Changping Formation was wholly uplifted, resulting in a break. Then the Mantou-Maozhuang Formations were deposited on the surface of denudation of the new continent. The purplish-red breccia of the Mantou Formation differs from the common carbonate breccia. Arranging disorderly and irregularly, it looks very much like cave breccia and is not in accordance with the law of sedimentation. A lot of dissolved-gypsum holes can be found in dolomitic breccia, its cement and in the calcisiltite dolomite, while a series of microwater-escape structure can be observed in the thin sections of the thin layers of dolomite. Many relicts of band or fibre gypsum have been recognized in thin sections. Through the investigation in the field and mineralogical study in the microscope, it is thought that the breccia is interpreted as dissolved collapse breccia e. g. the salt

solution one that is dissolved from gypsum beds deposited on the sabkha. The present section shows an upward deepening sequence. If the Maozhuang and Xuzhuang formations were laid down in a lagoon environment, then, the oolitic shoal (with quartz sand) is considered to be the lagoon barrier. The band calcisiltite limestone is distributed in an open sea which was just beyond the barrier of the oolitic shoal. Therefore, it was reformed by periodic storms into various coarse-grain limestone (autochthonous, proximal) and storm turbidites (distal).

The depositional models (Fig. 3) are the summary of sequence mentioned above.

作者简介

乔秀夫, 1953年大学毕业, 长期从事历史大地构造、区域古地理、沉积地质及前寒武纪地质研究。现任中国地质科学院地质研究所研究员、区域地质与区域成矿研究室主任, 北京地质学会理事、区域地质委员会主任。通讯地址: 北京百万庄26号, 邮政编码100037。

北京西山昌平组(ϵ_1ch)成因地层学研究

ORIGIN STRATIGRAPHY OF THE LOWER CAMBRIAN CHANGPING FORMATION IN THE WESTERN HILLS, BEIJING

王宗起 丁孝忠

(中国地质科学院地质研究所)



内容提要 通过成因地层学的研究表明,北京西山晚元古代青白口群顶部风化壳为粘土型与红土型之间的过渡类型,而其顶部被早寒武世海进破坏,形成昌平组的底砾岩——杂基砂砾岩。底砾岩之下的冲刷面即为昌平组底界。往上,下部为底砾岩之上的碳酸盐角砾岩,为具泥石流、颗粒流和滑动流特征的碎屑流沉积,并非冰川成因,也非底砾岩;中部豹斑状灰岩和核形石灰岩,为浅水浊流沉积的粒序灰岩;重力流沉积发生在华北板块内部风化准平原面的斜坡之上,呈扇状;上部微晶白云质灰岩,为盆内静水环境的沉积物。整个昌平组为陆表海环境下从斜坡至盆地,向上变深的碳酸盐退积序列。

关键词 昌平组 风化壳 改造层 重力流

北京西山下苇店下寒武统昌平组是一套岩性特殊的碳酸盐地层。底部和下部为杂基砂砾岩和白云、石灰角砾岩,中部为豹斑状灰岩、核形石(藻灰结核)灰岩,上部为微晶白云质灰岩。昌平组微角度不整合于上元古界青白口群景儿峪组之上,与上覆地层下寒武统馒头组—毛庄组之间有沉积间断。张文佑(1935)^[4]最早于北京昌平县昌平组地层中采到 *Redlichia nobilis* 及 *Corynexochus* 之后,项礼文等(1964)^[6]又发现了 *Palaeolenus fengyangensis* 和 *Redlichia* sp.。笔者于西山下苇店剖面中见到三叶虫等化石碎片(图版 I-5)。昌平组分布于北京西山、北山及燕山地区(府君山组),向东可追踪至辽西及辽东半岛(碱厂组),它们的岩性序列大致相同,其中的某些岩性段,在区域上具有普遍意义,可以作为标志层。昌平组下部的石灰、白云角砾岩是很特征的一个岩性段,曾引起众多地质学家的重视。王曰伦(1963)^[1]认为其为冰碛层,系冰水沉积成因。许多地质工作者则笼统地称之为底砾岩。对中部豹斑状灰岩的形成环境,翟淳(1961)^[8]做过分析研究,张俊明等(1981)^[5]也做了比较详细的讨论。

北京西山门头沟区丁家滩—下苇店一带永定河沿岸,昌平组地层出露十分完整,是昌平组典型剖面之一。笔者从成因地层学观点重新研究了昌平组沉积序列,认为它是一个从斜坡至盆地的向上变深的碳酸盐退积序列,华北板块内部元古代末古大陆准平原面构成斜坡及碳酸盐盆地的基底。

一、青白口群顶部古风化壳

晚元古代末期青白口群景儿峪组顶部风化壳的剖面结构及元素组合特征表示于图1和表1。

基岩层为浅灰色、鸭蛋青色板状泥晶灰岩、微晶灰岩互层，并夹有黑色薄层硅质岩（层厚约2cm）；具微波状及压扁层理和水平层理，岩层中具少量石英砂。半风化层颜色已变为深褐色，板状泥晶灰岩已发生破碎，可见微细裂隙，黑色硅质层则局部断开。残留残积层为深褐色至褐红色疏松砂糖状含铁、含石英砂的土状层，是泥晶灰岩等风化比较彻底的产物，薄层黑色硅质层则在原地断续分布，显示了不同岩性岩层的差异风化特点。改造层系指残积层及土壤层遭受早寒武世海进时被扰动而成，应属寒武系底部砾岩层（图版I-2）。

风化壳因受到昌平组沉积时期海进的破坏与扰动，其顶部的古土壤层及大部分残积层已被破坏消失，只保留了残积层下部，可称为残留残积层，其厚度变化极大。图1表示了现在剖面中保存的风化壳与原始风化壳之间的关系。

风化壳各层之间为渐变过渡，仅改造层与下伏地层间为明显的起伏界面所分隔。

某些主要化学元素在风化壳剖面结构中呈有规律的变化。易迁移元素Ca、Mg、Mn、Sr等在剖面中自下而上逐渐减少，如在残留残积层中含量分别达到3.47%，1.12%和148.20ppm，28.81ppm；相反，Fe、Al及Ba、Cu、Ti、Ni、P等难迁移元素和石英砂（实际上不迁移）在风化壳残积层中相对富集。

整个风化壳为粘土型与红土型风化壳之间的过渡类型^[7]。代表经历相当长时期的温暖潮湿型准平原化的产物。蓟县运动（孙云铸，1957）^[2]形成的准平原遍及整个华北板块，从而构成了昌平组及其相应层位地层在板块内部斜坡—盆地沉积的基底。

二、昌平组相序

（一）地层层序（图2）

下苇店昌平组地层可分为7层，自上而下为：

上覆地层：下寒武统馒头组—毛庄组 (G_{1m-mzh}) 角砾状泥晶白云岩

-----平行不整合-----

下寒武统昌平组 (G_{1ch}):

- | | |
|-------------------------|----------|
| 7. 灰黑色厚层状微晶白云质灰岩 | 28.76 m |
| 6. 暗灰色薄层状核形石（藻灰结核）微晶灰岩 | 3.96 m |
| 5. 灰色薄层状团块、豆屑、粉屑豹斑状微晶灰岩 | 16.98 m |
| 4. 灰色厚层状、块状条带石灰质角砾岩 | 23.69 m |
| 3. 灰色块状、厚层状泥晶石灰角砾岩 | 13.93 m |
| 2. 黄色、灰褐色杂基白云角砾岩 | 0.81 m |
| 1. 褐红色砂砾岩（改造层） | 0—0.50 m |

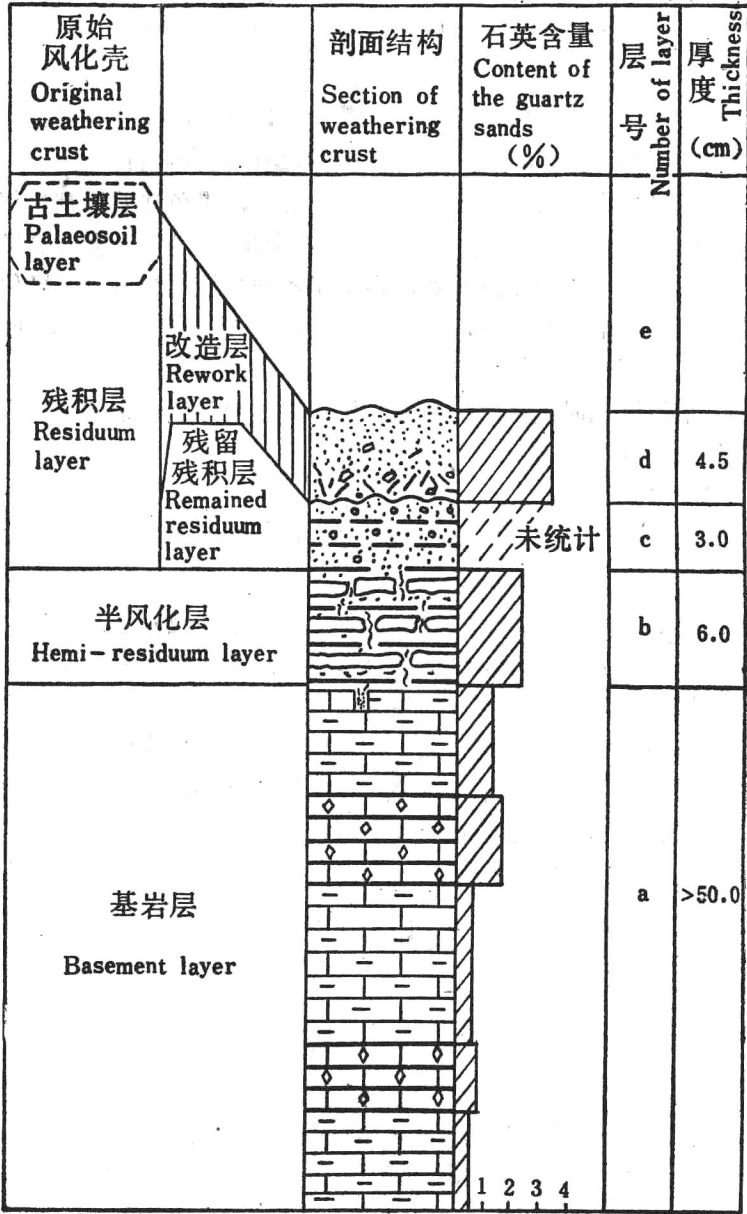


图 1 北京西山景儿峪组 (Pt_{3j}) 风化壳特征

Fig.1 The section of the weathering crust of the Jingeryu Formation in the Western Hills, Beijing

表 1 北京西山景儿峪组 (Pt_{3f}) 风化壳地球化学特征
Table 1 The geochemical characteristics of the weathering crust of the Jingeryu Formation in the Western Hills, Beijing

层号	易转元素 Easy migrating elements			难迁移元素 Difficult migrating elements			微 量 元 素 Trace elements													
	（ % ）						（ ppm ）													
	K	Na	Ca	Mg	Fe	Al	P	Ga	Ba	Mn	Cu	Ni	V	Sr	Cr	Zn	Li	Ce	Zr	Ti
c	1.44	<0.05	18.27	2.06	2.13	2.94	1144	8.10	179.2	344.6	21.02	12.35	29.67	32.30	36.07	29.68	18.53	29.44	45.28	1521
d	3.11	<0.05	6.50	1.44	1.51	6.68	2738	15.24	375.0	229.2	41.57	14.09	61.25	26.29	50.17	42.70	34.99	51.31	104.80	3153
c	3.65	0.06	3.47	1.12	2.93	8.31	3416	17.66	467.4	148.2	52.57	20.13	100.90	28.81	71.78	91.16	43.92	72.28	133.60	4628
b	1.85	<0.05	2.18	0.53	4.14	4.00	1367	9.54	270.9	149.9	36.23	11.01	37.80	20.11	33.03	26.46	19.67	30.63	47.45	1488
a	0.51	<0.05	21.14	0.23	1.33	1.05	676.3	<5.00	117.1	646.5	29.02	5.07	23.20	137.50	18.03	21.80	5.36	20.93	10.90	4736
	0.54	<0.05	23.54	0.23	1.24	1.30	901.4	6.64	158.4	554.0	12.89	7.45	15.40	134.30	24.04	20.56	5.97	19.40	16.58	644

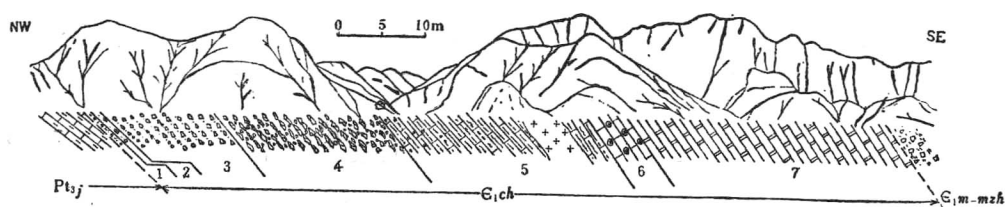


图 2 北京西山下苇店昌平组地层剖面

Fig. 2 The stratigraphic section of the Changping Formation from Xiaweidian, the Western Hills, Beijing

-----微角度不整合-----

下伏地层：青白口群景儿峪组 (Pt₃f) 薄层粉砂质泥晶灰岩

(二) 相序及沉积环境

昌平组层序可归纳为4部分，从下到上分别为底砾岩层，重力流角砾岩层，粒序灰岩层和微晶白云质灰岩层。其特征反映了4个沉积环境单元。

1. 底砾岩层

剖面中第1层位于昌平组的底部，为褐红色砂砾岩。其砾石成分多为下伏景儿峪组粉砂质泥晶灰岩、黑色硅质岩。砾石呈板状，边缘参差不齐，棱角明显，大小不一，最大者粒径长15cm，分选极差；略有定向，部分长轴垂直于底面。基质为碳酸盐泥及砂质，砂粒多为磨圆较差的石英颗粒，零散分布、局部富集，含量达15%；泥质为黄褐色、褐红色铁、铝质风化壳粘土，呈不均匀团块状出现，泥晶灰质充填在角砾、团块的空隙中。砾石杂基支撑。整个岩层底面凹凸不平，常见风化粘土层被剥蚀，部分底砾岩层直接与半风化层接触（图3）。

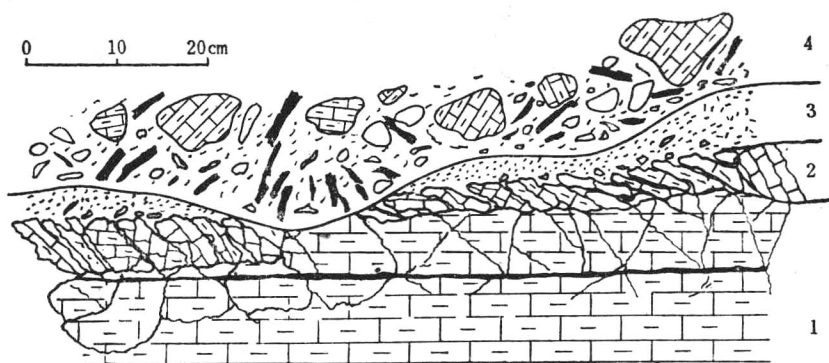


图 3 风化壳特征素描图

1—基岩层；2—半风化层；3—残积层；4—改造层

Fig. 3 The sketch for the characteristics of weathering crust

1—Basement layer; 2—hemi-residuum layer; 3—residuum layer; 4—reworked layer

如前所述，此层杂基砂砾岩，是昌平组沉积时期海进时破坏了风化壳顶部的古土壤层及残积层并卷入寒武纪的沉积，重新在原地沉积成岩，位于昌平组底部，因此是早寒武世于

此地最早的沉积产物,属昌平组真正的底砾岩层。

2. 重力流角砾岩层

该层位于昌平组下部,包括第2、3、4层。

第2层为黄色、灰黑色杂基白云角砾岩。其角砾具三种成分:一是微晶白云岩,二是来自景儿峪组的薄层硅质岩及泥晶灰岩,三是底砾岩。白云岩角砾,主要为泥质微晶白云岩,砾径较大,最大者近60cm,棱角状,大小混杂。来自景儿峪组的硅质岩及泥晶灰岩角砾,多呈板状,具棱角;砾径较小,最大者3cm;分选差,边界清楚,定向不明显。底砾岩的角砾为底砾岩层的破碎块体,砾径较大,边界不清,内有柔性变形。基质为泥质白云质,含少量石英砂,泥质为黄色、褐色风化粘土,白云石微晶、泥晶充填于角砾空隙中,常见呈流动波纹。在此层基质中,白云质向上逐渐增多,泥砂质相对减少。角砾略呈逆序,最大者多在顶部,且多为白云岩角砾,而下伏地层及底砾岩的角砾逐渐减少。角砾为杂基支撑,边界附近出现流纹塑性变形构造。此层底界不清,与底砾岩过渡;与上覆层界限清楚,接触面呈不规则波状。

上述特征表明,此层主要为碎屑流沉积。碎屑流是一种层状流,内部的剪切应力较小,碎屑之间错动、磨蚀较弱,但有足够能量搬运大块体。此层角砾岩是在底砾岩和其上覆白云岩半固结状态下,由于重力作用,使之流动、破碎并混合。景儿峪组顶面的风化粘土,海进后,局部起到润滑面作用,使风化粘土和底砾岩加入到碎屑流之中,成为碎屑流角砾岩的一部分,使其具有泥石流的性质。粗略的反粒序特征和流动构造,反映主运动流在上方。

第3层为灰色块状、厚层状泥晶石灰角砾岩,与第2层的沉积特征相似,不同之处在于砾石成分单一,均为微晶灰岩。角砾较下伏层的大,最大者约65cm,无定向性,角砾含量约为85%,大角砾普遍破碎,角砾裂隙中多为亮晶方解石充填。基质为砾屑、砂屑、粉屑等多粒级碎屑的灰岩及灰泥质。基质中的小碎屑(0—3 Φ)磨圆较好,在大角砾的缝隙中呈定向排列,有的与灰泥组成流纹构造,表明角砾发生过滚动。基质由角砾磨蚀形成,基质支撑。砾径—4—7 Φ (16—128mm)居多,分选差,角砾粒度分布如图4。

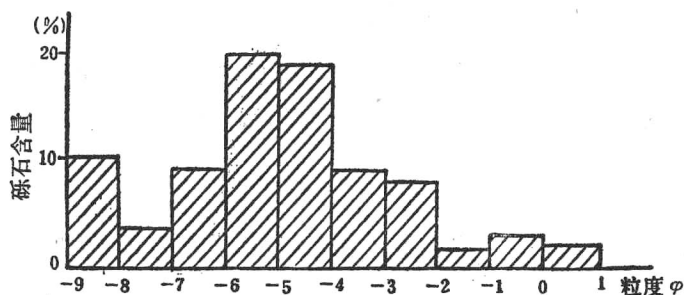


图4 重力流角砾岩粒度分布直方图

Fig. 4 The distributive histogram of the grain-size of massflow breccia

此层角砾岩的特征,也是碎屑流沉积的表征。在其形成过程中,岩层自身破碎、错动,很少有外来物质混入。小角砾磨圆稍好,颗粒支撑,反映碎屑流动时保持固体形态与颗粒之间相互碰撞和磨蚀,流体粘度和分散压力抵消了颗粒重量,使其充分混合于角砾之

中。这种流动机制和沉积特征,只为颗粒流所有。因此,此层角砾岩是颗粒流和碎屑流混合沉积。

第4层为灰色、暗灰色条带状的石灰角砾岩。角砾均为条带状白云岩和灰岩,条带是含有机质的灰色、暗灰色白云岩,由细小的菱形白云石组成,宽度约2—4cm。角砾大多发生过塑性变形,角砾间藕断丝连或相互连接,有的经过扭曲,且角砾中的条带发生过褶曲(图版I-3)。角砾呈块状、板状,棱角清楚,具定向性,长轴多平行于岩层面。此层角砾砾径偏大,多为40—60cm,最大者约2m,大小混杂。基质为砾屑状泥晶灰岩,与角砾成分相同,其中砾屑略具定向性。多为碎屑支撑,角砾含量高达90%。

上述角砾岩,厚度较大,角砾大且含量高,定向性排列及角砾之间的连接、扭曲等特征是碎屑滑动流沉积物的最显著标志。原是岩层在浅处破裂并顺坡向下的块体滑动,但强度较弱,未使块体充分地破碎、相互磨蚀和混合。

碳酸盐角砾岩往往给野外地质工作者以很深的印象,是碳酸盐层序地层中重要的研究课题之一。

对于碳酸盐角砾岩的成因研究,近年来已有很大发展,国内外许多学者对其进行了多方面研究。一种普遍的认识是:沉积物顺坡而下的重力运动——滑动、滑塌和沉积物重力流的结果^{[3][10][12][14]}。在沉积物沿斜坡向下滑动和滑塌运动过程中,碎屑或颗粒之间的混合、磨蚀是比较弱的,而滑动有助于触发块体运动,使其转化为某种类型的重力流。在重力流中,碎屑和颗粒的运动是杂乱的,相互错动,磨蚀强烈,并可充分地混合。碳酸盐角砾岩主要为重力流沉积。

从昌平组角砾岩的沉积特点看,为多种沉积物重力流的混合沉积产物。在一定层位及对应沉积阶段以某种重力流为主,并有其它类型的混入。在横向和纵向上,表现为各种重力流相的连续过渡。

3. 粒序灰岩层

主要是昌平组的中部,包括第5、6两层。它们的碎屑成分不同,但都具粒序层理。

第5层名为豹斑状灰岩,是对岩石形象化的描述。豹斑是由0.01—0.05mm菱形白云石组成的不规则团块,含有机质。它实质上是白云岩条带破碎而成的角砾,边界清楚,属内碎屑。斑块、团块向上逐渐减少、变小,由团块状变为细豆、串珠状,最上部变为细层的条纹状。三叶虫碎片、藻团块、豆粒骨屑、骨屑团粒及粉屑泥晶灰岩构成正粒序层理,每一粒序层厚约14cm。此层由多个小粒序层组成,但总体也有从下到上,由粗变细的趋势(图5)。

第6层为核形石灰岩。核形石又称藻灰结核,是生物叠层石的一种。在此层中呈椭球形的同心层状,层纹宽窄不一,暗色层纹厚约0.01mm,浅色层纹为0.02mm左右。最大者直径达3cm。核壁为隐晶文石,层中为亮晶方解石。核形石在本层中占50%以上,由下到上,由大变小,构成明显的粒序层理,每层厚度约为25cm(图6,图版I-6)。

豹斑状灰岩原岩形成于潮间和潮下低能环境^[5]。据H. Blatt^[9]等人研究,核形石一般也形成于潮间带的下部,具可移动质点性质,在波浪和动荡浅水中,出现同心环状的球状体。但这两层中粒序层的出现表明它们并非原地沉积,而是经过浊流搬运,异地沉积下来。在此过程中,豹斑状灰岩的原岩在弱固结状态下被机械扰动。