

doi: 10.12029/gc20160313

吕金波, 郑桂森, 李良景, 等. 北京平原区地质剖面的初步建立——太古宙结晶基底和元古宙地层[J]. 中国地质, 2016, 43(3): 879–889.

Lv Jinbo, Zheng Guisen, Li Liangjing, et al. Primary establishment of stratigraphic section in plain area of Beijing: Archean crystalline basement and Proterozoic strata[J]. *Geology in China*, 2016, 43(3): 879–889(in Chinese with English abstract).

北京平原区地质剖面的初步建立—— 太古宙结晶基底和元古宙地层

吕金波¹ 郑桂森² 李良景³ 王海波¹ 刘 凯⁴ 王纯君¹

(1.北京市地质调查研究院,北京 102206;2.北京市地质矿产勘查开发局,北京 100195;
3.北京市地质研究所,北京 100120;4.北京市水文地质工程地质大队,北京 100195)

摘要:北京平原目前尚未建立系统的地质剖面。1867年庞培莱将北京西山分为3大系,1871年李希霍芬提出震旦系、划分12层。1922年葛利普将震旦系限定在前寒武系,1923年田奇鏊将南口剖面划分为7个岩组,1934年高振西将震旦系3分(南口群、蓟县群、青白口群)。1976年乔秀夫3分青白口群(下马岭组、龙山组和景儿峪组),1980年汪长庆等将十三陵剖面分为4系12组,1991版《北京市区域地质志》将十三陵剖面分为3系12组。本文初步建立平原区地层表,详细描述太古宙结晶基底和元古宙地层剖面,在京南大兴区的榆堡(兴热-1井)和安定(兴热-2井)发现太古宙片麻岩,在京热-70井、京热-59井、京热-71井和京热-75井编录蓟县纪地层,利用亦庄小学钻孔厘定待建系下马岭组、青白口纪龙山组和景儿峪组。

关键词:地质剖面;太古宙片麻岩;中新元古代地层;北京平原区

中图分类号:P534.2~3 文献标志码:A 文章编号:1000-3657(2016)03-0879-11

Primary establishment of stratigraphic section in plain area of Beijing: Archean crystalline basement and Proterozoic strata

LV Jin-bo¹, ZHENG Gui-sen², LI Liang-jing³, WANG Hai-bo¹, LIU Kai⁴, WANG Chun-jun¹

(1. *Beijing Geological Survey, Beijing 102206, China*; 2. *Beijing Geological Prospecting and Developing Bureau, Beijing 100195, China*; 3. *Beijing Geological Institute, Beijing 100120, China*; 4. *Hydrogeological and Engineering Geological Party of Beijing, Beijing 100195, China*)

Abstract: Systematical geological section has not been established in Beijing plain area. Western Hills of Beijing were divided into 3 systems by R. Pumpelly in 1867 and 12 layers by F. V. Richthofen in 1871. The Sinian strata were limited to pre-Cambrian by A. W. Grabau in 1922. The Nankou geological section was divided into 7 formations by Tian Qi-juan in 1923. The Sinian strata were divided into 3 groups which were Nankou Group, Jixian Group and Qingbaikou Group by Gao Zhen-xi in 1934. The Qingbaikou Group was divided into 3 formations of Xiamaling Formation, Longshan Formation and Jingeryu Formation by Qiao Xiu-fu in 1976.

收稿日期:2016-02-04; 改回日期:2016-03-09

基金项目:中国地质调查局项目“北京市区域地质志修编”(12120113012900)资助。

作者简介:吕金波,男,1956年生,博士,教授级高级工程师,主要从事区域地质调查;E-mail: ljb5610@sohu.com。

The Ming Tombs geological section was divided into 4 systems and 12 formations by Wang Chang-qing in 1980. In 1991, 'Regional Geology of Beijing Municipality' divided Ming Tombs into 3 systems and 12 formations. This paper established a stratigraphic table in Beijing plain area and detailed Archean gneiss and Proterozoic strata. The Archean gneiss was discovered in Yufa "Xingre-1 Well" and Anding "Xingre-2 Well". The Jixian system from Jingre-70 Well, Jingre-59 Well, Jingre-71 Well and Jingre-75 Well was cataloged. The Xiamaling Formation to be established and Longshan Formation and Jingeryu Formation of Qingbaikou system were also cataloged at Yizhuang Primary School of South Beijing.

Key words: geological section; Archean gneiss; Proterozoic strata; plain area of Beijing

About the first author: LV Jin-bo, male, born in 1956, doctor and professor, majors in regional geology survey; E-mail: ljb5610@sohu.com.

Fund support: Supported by China Geological Survey Program (No. 12120113012900).

北京山区地层厘定清晰,平原区地层剖面尚未建立,影响了城市地质工作的开展,急需建立北京平原区地质剖面。因为内容较多,本文初步建立平原区地层表,详细描述太古宙结晶基底和元古宙地层剖面。往后依次系列发表古生代地层剖面,中生代地层剖面和新生代地层剖面。

北京地区的地质调查工作始于1863年9月,迄今已有153年的历史,北京西山被誉为中国地质工作的“摇篮”。1867年美国学者庞培莱(Pumpelly R.)将北京西山分为结晶基底、泥盆纪石灰岩和三叠纪含煤层3大系^[1],1869—1871年德国学者李希霍芬(Richthofen F. V.)划分为震旦系、震旦纪以后的花岗岩与闪长岩、琉璃河页岩、石炭纪石灰岩、石炭纪煤系、三叠纪大安层、庙安岭非含煤层、三叠纪末大槽层、侏罗纪福桃层、昌平州火山岩、黄土、洪积层与冲积层12层^[2]。1922年葛利普(Grabau A.W.)将震旦系限定在前寒武纪^[3],1923年田奇鏊将南口(关沟)剖面划分为7个岩组^[4],1934年高振西将震旦系3分(南口群、蓟县群、青白口群)^[5],1935年张文佑发现三叶虫并命名昌平组^[6]。1957年孙云铸将景儿峪组与昌平组之间不整合命名为蓟县运动^[7],1976年乔秀夫将铁岭组与下马岭组之间不整合命名为芹峪运动并将青白口群3分(下马岭组、龙山组和景儿峪组)^[8],1980年汪长庆将十三陵剖面分为4系(长城系、南口系、蓟县系、青白口系)12组(常州沟组、串岭沟组、团山子组、大红峪组、高于庄组、杨庄组、雾迷山组、洪水庄组、铁岭组、下马岭组、长龙山组、景儿峪组)^[9],1991版《北京市区域地质志》将十三陵剖面分为3系12组^[10]。2007年作者建立了石花洞第四纪钟乳石剖面^[11]。本文的意义在于初步建立北京平原(新生界覆盖)区地质剖面,对北京城市地质调查有重要意义。

近年来,北京平原地质调查,地下水开采和地热开发积累了大量的钻孔资料,这些钻孔钻遇山区(除长城纪地层,蓟县纪高于庄组和杨庄组,中生代杏石口组—九龙山组以及土城子组和东狼沟组之外)发现的所有地层^[12],使得深入研究北京平原基础地质成为可能。初步建立平原区地质剖面,对查明北京平原大地构造格局以及指导城市地质开展有重要意义。

北京平原区(埋深2050 m以浅)地层由太古宇、长城系、蓟县系、待建系、青白口系、寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系和第四系构成(表1)。

1 太古宇

北京平原区大兴隆起南部分布太古宙结晶基底,其顶面埋深1~6 km,岩性为角闪岩相—麻粒岩相变质岩。根据北京城南航磁 ΔT 平面等值线图(图1),呈现以固安为中心的北东向山岭状隆起,北坡陡,南坡缓,地热钻孔证实为太古宙结晶基底引起的高磁异常区^[13]。如兴热-1井(埋深1610 m)和兴热-2井(埋深2050 m)均钻遇太古宙变质岩。

1.1 兴热-1井(榆垓镇)

兴热-1井位于榆垓镇(39°24'01" N, 116°19'09" E)。钻孔埋深1610 m以下为太古宙变质岩,从上到下依次为浅灰色角闪斜长片麻岩、辉石角闪斜长片麻岩、二辉斜长片麻岩、含辉石黑云母角闪斜长片麻岩。这些类型的片麻岩与其上覆的红色花岗质片麻岩呈断层接触。下面详细描述辉石角闪斜长片麻岩和含辉石黑云母角闪斜长片麻岩。

辉石角闪斜长麻岩:浅灰色。矿物含量及晶体粒度:斜长石68%,0.1~1.5 mm;石英15%,0.1~0.5 mm;普通角闪石10%,0.1~1.0 mm;次透辉石5%,

表1 北京平原区太古宙—新生代岩石地层单位序列
Table 1 Lithostratigraphic unit sequences of Archean-Cenozoic in plain area of Beijing

宙	代	地质年代			岩石地层单位	
		纪	世	期		
显生宙	新生代	第四纪Q	全新世		Qh (按不同沉积类型划分)	
			更新世		马兰组Qp _m	
					周口店组Qp _z	
		新近纪N	上新世		三趾马红土N _s	天然组
						天坛组
			渐新世		前门组	
	古近纪E	始新世		长辛店组 Ec		
	中生代	白垩纪K	早白垩世		夏庄组K _x	
					垞里组K _t	
			晚侏罗世—早白垩世		九佛堂组JK _j	
					东狼沟组K _d 暂未发现	
		侏罗纪J	晚侏罗世		张家口组J _{kz}	
					十城子组J _{tc} 暂未发现	
					碧碧山组J _t	
			中侏罗世		九龙山组J _j 暂未发现	
					龙门组J _l 暂未发现	
					窑坡组J _y 暂未发现	
		早侏罗世		南大岭组J _n 暂未发现		
				杏石口组T _x 暂未发现		
	Mz	三叠纪T	晚三叠世			
			早—中三叠世		双泉组PT _s	
古生代	二叠纪P	晚二叠世		石盒子组P _s		
		早二叠世		山西组CP _s		
				太原组C _t		
	石炭纪C	晚石炭世				
	奥陶纪O	中奥陶世			马家沟组O _m	
		早奥陶世			亮甲山组O _l	
					冶里组O _y	
	Pz	晚寒武世	风山期		炒米店组ε _{cm}	
			长山期			
崮山期						
中寒武世		张夏期		张夏组ε _z		
		徐庄期		馒头组ε _m		
		毛庄期				
早寒武世	龙王庙期		昌平组ε _c			
	沧浪铺期					
元古宙	新元古代Pt ₃	青白口纪Qb		景儿峪组Qby		
		待建		龙山组Qbl		
	元古代	蓟县纪Jx			下马峪组Jx _y	
					铁岭组Jx _t	
					洪水庄组Jx _b	
		长城纪Ch			雾迷山组Jx _w	
					杨庄组Jx _y 暂未发现	
					高干庄组Jxg 暂未发现	
	Pt ₂			大红峪组Ch _d 暂未发现		
				团山子组Ch _t 暂未发现		
Pt ₁			串岭沟组Ch _{cl} 暂未发现			
			常州沟组Ch _c 暂未发现			
太古宙Ar	太古代Ar			大兴隆起南麓麻岩Ar		

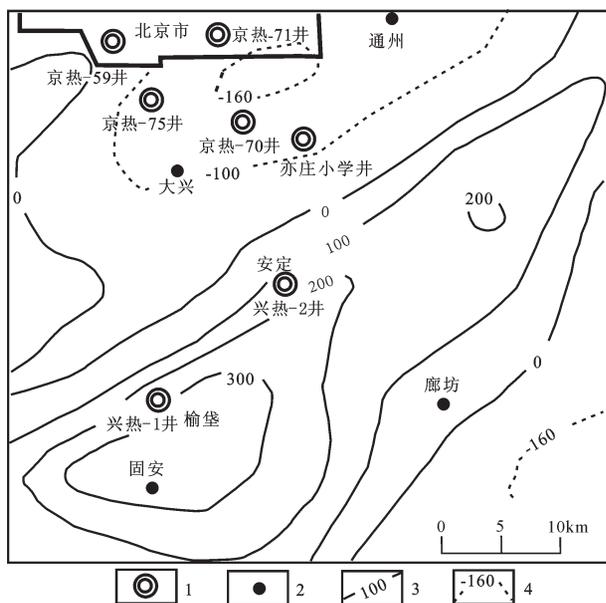


图1 北京城南航磁 ΔT 平面等值线图及钻孔位置
1—钻孔;2—市区县所在地;3—磁力高等值线(nT);
4—磁力低等值线(nT)

Fig.1 Planar contour map of airborne magnetic survey ΔT and locations of drill holes in southern Beijing

1—Drill hole;2—Location of urban area, district and county;
3—magnetic high(nT);4—magnetic low(nT)

0.1~1.0 mm, 磁铁矿 1%, 0.1~0.3 mm。斜长石局部绢云母化。普通角闪石为他形粒状, 绿色。次透辉石为他形粒状, 淡绿色, 见蠕英结构。岩石为中细粒他形粒状变晶结构。

含辉石黑云母角闪斜长片麻岩: 浅灰色。矿物含量及晶体粒度: 斜长石 60%, 0.1~1.0 mm, 石英 20%~30%, 0.1~1.0 mm; 普通角闪石 10%, 0.1~0.5 mm; 普通辉石 2%, 0.2~0.8 mm; 黑云母 3%, 0.1~0.5 mm; 磁铁矿 0.2%, 0.1~0.3 mm。斜长石发育聚片双晶。角闪石交代普通辉石。黑云母为棕色。岩石为中细粒状变晶结构。

1.2 兴热-2井(安定镇)

兴热-2井位于安定镇(39°36'49" N, 116°28'29" E)。钻孔埋深 2050 m 之下为太古宙变质岩。太古宙变质岩结晶基底与上覆盖层蓟县系洪水庄组呈断层接触。太古宙变质岩主要岩性有黑云石榴透辉斜长片麻岩, 出现二辉斜长片麻岩(浅色麻粒岩), 底部见黑云斜长辉石岩(透镜体)。变质岩中有后期红色花岗质片麻岩脉状体穿插其中。

黑云石榴透辉斜长片麻岩: 浅灰色, 主要由斜

长石、石英组成。暗色矿物为黑云母、石榴石、透辉石。黑云母为棕色片状; 石榴石呈他形粒状, 0.1 mm±; 透辉石为淡绿色, 0.2~0.4 mm。斜长石有聚片双晶, 反条纹构造。岩石为细粒他形粒状变晶结构。

二辉斜长片麻岩: 浅灰色, 主要由斜长石、石英组成。斜长石有聚片双晶和反条纹构造。暗色矿物总量 10%, 为紫苏辉石和透辉石, 呈它形粒状和短柱状, 紫苏辉石显淡红-淡绿色多色性。各种矿物晶体粒度均 < 1 mm。岩石为细粒他形粒状变晶结构。

黑云斜长辉石岩: 黑色。矿物含量及晶体粒度: 斜长石 20%, 0.1~1.0 mm; 普通辉石 40%, 0.1~0.5 mm; 黑云母 30%, 1.0 mm; 普通角闪石 10%, 0.1~0.5 mm。黑云母为褐色, 交代辉石生长, 解理弯曲现象普遍。普通辉石呈他形短柱状, 被黑云母、角闪石交代。普通角闪石为绿色。斜长石聚片双晶发育, 见格子双晶。岩石为中细粒状粒状变晶结构, 片麻状构造。

花岗质片麻岩: 红色。主要由条纹长石和石英组成, 含极少量黑云母、透辉石。岩石为他形粒状变晶结构。

1.3 地球化学特征

取兴热-2井中二辉斜长片麻岩进行等离子光谱分析, 获得太古宙变质岩地球化学特征:

主量元素(%): SiO₂(估计值)66.16, Ti₂O 0.30, Al₂O₃ 12.39, MnO 0.06, FeO 3.87, MgO 4.40, CaO 6.28, K₂O 3.60, Na₂O 2.79, P₂O₅ 0.15。

微量元素(10⁻⁶): Ti 789.00, Co 10.33, Ni 37.94, Zn 86.33, Mn 508.60, Cr 14.10, Pb 48.71, La 26.09, Ba 804.20, Cu 36.01, Sr 358.60, Ce 51.79, Be 1.42, Ga 6.81, Th 4.32, Sm <2.50, Sc 7.55, Li 31.47, V 46.49, Y 9.10, Zr 26.75。

从分析数据来看, 此二辉斜长片麻岩与北京北山密云地区麻粒岩相变质地球化学特征有相似之处, 地球化学特征显示英云闪长岩和奥长花岗岩的过渡类型。

2 蓟县系

蓟县系由地热钻孔揭露, 最大视厚度 933 m。其中, 雾迷山组最大视厚度 505 m, 洪水庄组最大视厚度 84 m, 铁岭组最大视厚度 344 m。

京热-70井(39°48'00" N, 116°25'15" E)、京热-59井(39°49'52" N, 116°17'15" E)、京热-71井(39°50'03" N, 116°23'01" E)和京热-75井(39°49'04" N, 116°19'27"E)(表2)。

3 待建系和青白口系

待建系和青白口系(Qb)分布于京南黄村向斜周边(图2)^[4]。待建系下马岭组原为青白口系,根据

表2 北京平原区蓟县系地层岩性及视厚度

Table 2 Formation lithology and apparent thickness of Jixian system in plain area of Beijing

井号	井位	雾迷山组(未见底)	洪水庄组	铁岭组
京热-70井	航天一院	硅质条带白云岩, 505.18 m	黑色页岩夹少量白云岩, 78.00 m	以浅灰色白云岩为主夹少量页岩, 344.00 m
京热-59井	宝隆温泉公寓	硅质条带白云岩, 462 m	黑色页岩, 84.00 m	白云岩、局部含泥质, 336.00 m
京热-71井	首钢带钢厂	硅质条带白云岩, 318.50 m	黑色页岩, 底部有泥质白云岩, 78.00 m	硅质条带白云岩, 下部夹页岩, 328.50 m
京热-75井	丰台区黄土岗	含燧石白云岩, 229.46 m	砂页岩夹白云岩, 67.00 m	灰白、灰色白云岩, 322.00 m

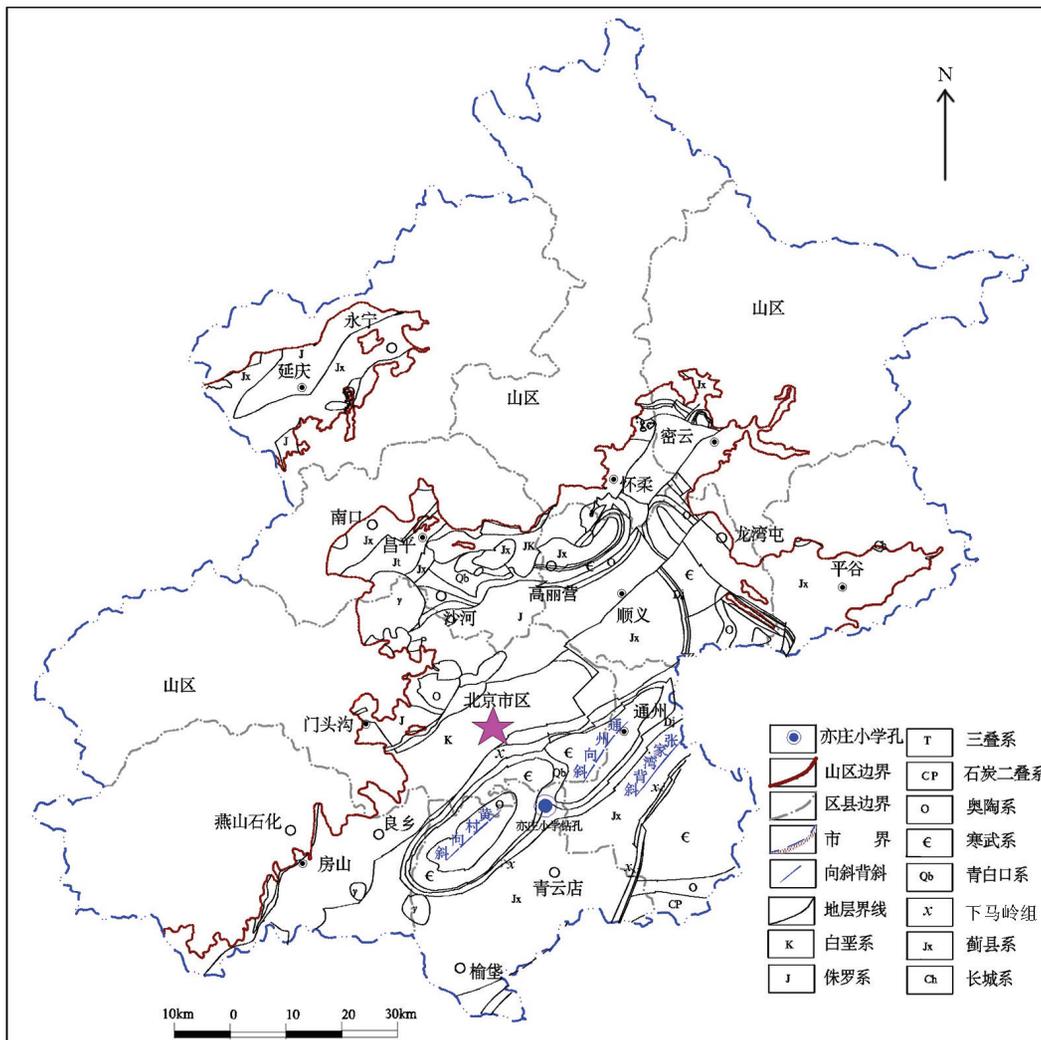


图2 北京市平原区基岩地质图

Fig.2 Geological map of bed rocks in plain area of Beijing

下马岭组创名地斑脱岩锆石 SHRIMP 年龄为(1368±12) Ma, 放置待建系^[15]。原来青白口系中的龙山组和景儿峪组在没有新年龄数据佐证下, 继续留在青白口系。

3.1 亦庄小学钻孔剖面

大兴区亦庄小学水井钻孔位置 (39°47'42" N, 116°28'26" E) (图 1, 图 2), 钻遇待建系地层和青白

口系(图 3)。

上覆地层: 第四系 砂砾石

景儿峪组(厚度 47 m)

14. 浅紫灰色中层泥晶灰岩。最大单层厚 30 cm, 层面粗糙不平, 并有绿色泥质薄膜 20.00 m

13. 紫红色纹层状含硅质纹层泥晶灰岩, 平行层理, 层面平直。岩石易拨开成纸片状。

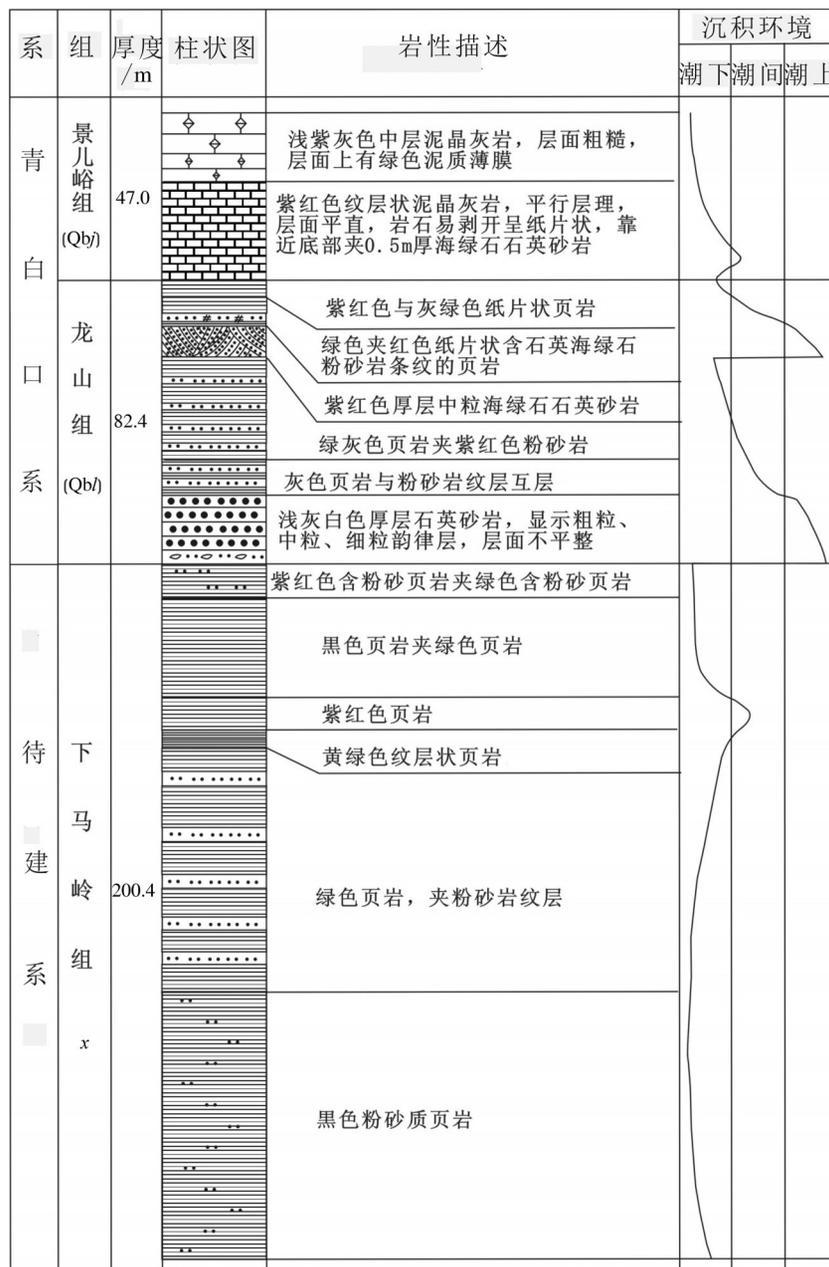


图 3 待建系和青白口系柱状图

Fig.3 Stratigraphic column in the system to be established and Qingbaikou system

靠近底部夹0.5 m厚绿色海绿石石英砂岩	27.00 m
————— 整合 —————	
龙山组(厚度 82.40 m)	
12.紫红色与绿灰色相间纸片状页岩。红色层与绿色层厚各约1 m,平行层理,层面平直	5.00 m
11.绿色夹红色纸片状含石英海绿石粉砂岩条纹的页岩,平行层理,层面平直,近底部夹一层0.5 m厚绿色海绿石石英砂岩,砂岩发育交错层理	9.00 m
10.紫红色厚层中粒海绿石石英砂岩,发育斜层理,交错层理	9.00 m
9.绿灰色页岩夹紫红色粉砂岩,平行层理,层面平直	30.00 m
8.灰色页岩与粉砂岩纹层互层,平行层理,层面平直	10.00 m
7.浅灰白色厚层石英砂岩,显示粗→中→细粒变化,底部含砾层面不平整	19.40 m
————— 平行不整合 —————	
下马岭组(厚度 180.40 m)	
6.紫红色含粉砂页岩夹绿色含粉砂页岩	9.70 m
5.黑色页岩夹绿色页岩	29.00 m
4.紫红色页岩	9.70 m
3.黄绿色纹层状页岩	4.80 m
2.绿色页岩,夹粉砂岩纹层	70.00 m
1.黑色粉砂质页岩(未见底)	77.20 m

3.2 下马岭组(x)

原称“下马岭层”,是叶良辅等(1920)在北京西山创立的地层名称。1959年全国地层会议后改称下马岭组。2010—2011年,高林志、陆松年^[15-17]根据下马岭组创名地的斑脱岩锆石 SHRIMP 年龄为(1368±12)Ma,将其放置待建系(表1)。

下马岭组位于孔深220~470 m处,厚度180.40 m,与青白口剖面的下马岭组三段相当。环境为湖下带。但出现2层紫色页岩,表明有2次海平面下降的事件或沉积物暴露出海平面。

岩石主量元素(表3)显示:除3号样品异常外,其他样品氧化物含量与黏土矿物化学成分吻合。在碱金属中K含量较高,平均约为4%,岩石中矿物以伊利石为主。1号样中有少量白云石。3号样含较多绿泥石。

岩石微量元素(表3)显示: Sr/Ba=0.1~0.2, 比值较低; Ba 含量明显偏高, $291.40 \times 10^{-6} \sim 514.90 \times 10^{-6}$; 岩石中 P、Mn 含量偏低, 分别为 $185.30 \times 10^{-6} \sim 443.60 \times 10^{-6}$ 、 $118.20 \times 10^{-6} \sim 927.00 \times 10^{-6}$; 因为陆源碎

表3 下马岭组岩石主量元素(%)和微量元素(10^{-6})分析结果
Table 3 Major (%) and trace elements (10^{-6}) compositions of Xiamaling Formation

分析项目	1	2	3	4	5
SiO ₂	56.72	63.83	35.44	62.77	57.29
TiO ₂	0.61	0.74	0.92	0.84	0.74
Al ₂ O ₃	13.61	18.71	16.41	20.42	18.98
Fe ₂ O ₃	4.45	1.48	21.68	2.03	1.58
FeO	4.51	3.04	11.48	2.17	7.81
MnO	0.14	0.02	0.06	0.02	0.12
MgO	3.59	1.90	1.20	1.02	1.07
CaO	2.84	0.26	0.17	0.11	0.16
Na ₂ O	0.21	0.29	0.14	0.24	0.17
K ₂ O	4.39	4.93	2.37	4.57	3.86
P ₂ O ₅	0.14	0.03	0.10	0.04	0.04
CO ₂	4.45	0.09	1.09	0.09	2.45
H ₂ O	5.06	4.90	8.36	5.46	5.44
P	443.60	207.40	336.40	241.40	185.30
Ba	352.50	514.90	291.40	393.60	364.90
Sr	51.90	68.17	58.76	61.47	55.19
Li	25.08	50.06	70.29	43.98	55.99
Be	<1.00	1.86	8.28	3.07	4.22
Cu	12.00	16.00	60.34	8.56	31.73
Pb	<13.00	21.75	<13.00	34.92	29.76
Zn	45.94	37.23	75.37	36.67	78.32
Sc	9.70	8.85	13.56	9.42	9.85
V	62.24	82.27	190	104.60	98.88
Cr	34.77	50.89	54.41	66.38	62.14
Mn	927	128.3	478.7	118.2	817
Co	10.40	7.32	5.48	3.06	12.82
Ni	14.30	11.23	12.22	10.02	17.51
Th	6.40	15.65	12.51	17.31	20.12
Zr	119.20	141.80	145.70	155.60	144.20

注:1—YZXX-H22,紫色页岩;2—YZXX-H23,黑色页岩;3—YZXX-H24,黄绿色页岩;4—YZXX-H25,绿色页岩;5—YZXX-H26,黑色页岩。

屑较细,携带的重矿物磷灰石较少,而海水中P的含量当时也较低,即使黏土矿物较多的页岩也没有吸附到更多的P。

由于岩石中K含量较高,加上黏土对于海水的吸附作用,岩石中Li含量也比较高,为 $25.08 \times 10^{-6} \sim 70.29 \times 10^{-6}$,比普通岩石高出近10倍;岩石中Cu、Zn的含量也比较高,而Pb含量却不算高,这仍然是吸附作用机理及海水中各种元素的含量综合作用的结果。目前还不清楚海水吸附过程中各种元素的分配系数,不能反演当时海水中各种元素的浓度,但此数据为研究古海水成分,海相沉积作用提供了资料。

3.3 龙山组(Qb)

名称源自郝诒纯(1954)的“龙山砂岩”,乔秀夫1956年介绍。即以十三陵龙山命名,为避免与南方龙山系重名,1976年由北京市地质局建议,改名为

长龙山组。由于南方龙山系早已解体,1996年出版的《北京市岩石地层》恢复龙山组原名^[12]。2015年出版的《中国地层表》(2014)没有标明龙山组^[18],本文继续将其放入青白口系。

龙山组见于孔深137.00~220.00 m,厚82.40 m,略小于昌平龙山正层型剖面(104.0 m)。

本钻孔揭示的龙山组与昌平龙山剖面岩石组成有明显区别。前者以页岩为主,后者以砂岩为主。本钻孔龙山组呈现两大砂岩→页岩的旋回,为潮上带→潮下带演变系列。

龙山组岩石主量元素(表4)中许多数据是根据等离子光谱分析资料整理而成的,只有2个样品为岩石化学全分析数据,因此这里提供的数据仅供参考。

岩石主量元素: Al₂O₃ 14.79%~16.72%, FeO 3.25%~6.75%, Na₂O 0.53%~0.73%, K₂O 3.56%~5.44%, SiO₂ 60.99%~67.95%, CaO<1.02%, MgO<1.90%。岩石化学成分与黏土矿物化学成分接近,说明岩石基本由黏土矿物组成,这与岩石薄片观察

是吻合的。由K含量推测主要矿物成分为伊利石。对于砂岩,仅分析了含海绿石者。由化学成分可见,砂岩矿物成分以石英为主,海绿石含量并不高(表4)。

岩石中页岩的微量元素含量明显高于砂岩数倍甚至数十倍,但在样品YZXX-GP10中,由于海绿石的存在使其微量元素含量显著增加。在页岩中, Ba含量明显较高, Sr/Ba≈0.1, 这表明黏土矿物在海水中的吸附作用非常强烈。另外, Fe族过渡元素和亲S元素Cu、Pb、Zn及重金属Th、Zr的高含量也与黏土吸附作用有关。

3.4 景儿峪组(Qbj)

原称“景儿峪灰岩”,由高振西、熊永先、高平(1934)在蓟县建立,1959年全国地层会议后改称景儿峪组。2015年出版的《中国地层表》(2014)没有标明景儿峪组^[18],本文继续将其放入青白口系。

景儿峪组见于孔深90.00~137.00 m,上覆第四纪砂砾石层。显然景儿峪组遭受了强烈的剥蚀作

表4 龙山组岩石主量元素(%)和微量元素(10⁻⁶)分析结果
Table 4 Major (%) and trace elements (10⁻⁶) compositions of Longshan Formation

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	65.09	64.06	67.53	79.27	92.27	89.34	60.99	67.95
TiO ₂	0.61	0.66	0.70	0.14	0.05	0.04	0.92	0.78
Al ₂ O ₃	15.05	16.45	14.79	4.87	1.53	2.99	16.72	16.45
Fe ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	1.42	0.00
FeO	6.75	5.92	3.25	10.23	2.60	2.35	6.23	4.37
MnO	0.03	0.02	0.02	0.03	0.07	0.06	0.09	0.02
MgO	1.72	1.71	1.72	1.72	0.51	0.82	1.90	1.46
CaO	0.52	0.41	1.02	0.83	0.81	0.6	0.28	0.15
Na ₂ O	0.65	0.53	0.70	0.07	0.07	0.06	0.73	0.70
K ₂ O	4.70	5.44	5.10	1.29	0.57	0.90	4.67	3.56
P ₂ O ₅	0.16	0.08	0.45	0.05	0.02	0.04	0.08	0.06
CO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.55	0.00
H ₂ O	4.72	4.72	4.72	1.50	1.50	1.50	4.72	4.50
Sr	85.60	92.64	86.50	21.16	10.51	15.29	97.84	82.53
Ba	894.50	833.40	684.00	2266.00	77.61	119.00	830.70	707.90
Li	21.62	25.24	22.78	27.38	6.68	15.54	59.62	55.62
Be	1.47	2.70	1.87	2.07	<1.00	1.12	1.91	<1.00
Cu	9.34	7.93	12.33	14.44	10.17	8.60	8.77	23.46
Pb	27.02	32.47	32.65	<13.00	<13.00	<13.00	20.48	36.74
Zn	59.61	61.13	55.09	69.52	17.89	25.85	64.13	54.25
Sc	8.56	8.56	9.14	5.57	2.14	2.85	9.28	8.85
V	46.14	69.95	56.6	19.57	3.82	8.39	79.78	79.75
Cr	37.04	58.10	49.84	54.63	13.12	13.00	77.65	67.55
Mn	199.10	166.60	160.10	243.90	507.50	485.50	638.70	188.70
Co	10.14	8.36	36.72	18.58	3.38	7.90	10.62	22.30
Ni	15.97	16.66	27.22	10.73	<4.00	5.85	26.40	25.34
Zr	104.30	114.50	128.20	38.90	19.52	19.17	193.60	174.60
Th	20.44	21.69	23.74	<3.00	<3.00	<3.00	20.81	19.07
P	709.00	368.00	1944.00	200.70	88.33	95.37	291.20	258.30

注:1—YZXX-GP7,紫色页岩;2—YZXX-GP8,绿灰色页岩;3—YZXX-GP9,红色与绿色相间页岩;4—YZXX-GP10,浅绿色含海绿石石英砂岩;5—YZXX-GP11,紫红色石英砂岩;6—YZXX-GP12,绿色海绿石石英砂岩;7—YZXX-GP13,绿色页岩;8—YZXX-GP14,黑色页岩;*—根据等离子光谱分析结果换算,其中页岩含水量按7号样给定,砂岩含水量按6号样给定,铁按二价计算,二氧化硅按百分之百补足。

用,致使地层不全。

据《北京市岩石地层》^[12],景儿峪期为浅海潮下低能环境,是继龙山期的继续海侵,沉积环境稳定,形成以化学沉积作用为主的富Ca贫Mg碳酸盐岩,主要有浅灰、紫红、蛋青、黄绿等杂色薄层—中薄层泥晶灰岩、泥灰岩,向上硅泥质增加,局部地区夹有硅质页岩,发育水平层理,水体能量较低。亦庄小学钻孔揭示的景儿峪组下部岩石地层与上述环境描述是基本一致的。在青白口剖面,景儿峪组厚76.6 m,本钻孔景儿峪组厚47.00 m,与青白口剖面

表5 景儿峪组岩石主量元素(%)和微量元素(10^{-6})分析结果
Table 5 Major (%) and trace elements (10^{-6}) compositions of Jingeryu Formation

序号	1	2	3	4	5/5*
SiO ₂	0.84	15.90	13.29	45.96	80.64
TiO ₂	0.06	0.09	0.13	0.52	0.18
Al ₂ O ₃	1.31	1.71	2.31	10.22	5.14
Fe ₂ O ₃	0.09	0.43	0.97	3.51	0.00
FeO	0.34	0.38	0.20	0.84	9.03
MnO	0.04	0.05	0.08	0.05	0.03
MgO	0.71	0.62	0.75	1.60	1.39
CaO	49.78	44.10	44.81	17.25	0.41
Na ₂ O	0.07	0.05	0.12	0.54	0.09
K ₂ O	0.33	0.48	0.65	3.44	3.01
P ₂ O ₅	0.06	0.04	0.03	0.08	0.08
CO ₂	38.61	34.87	35.05	12.98	0.00
H ₂ O ⁺	0.82	0.82	1.14	3.18	0.00
Sr	214.60	142.50	183.10	182.70	221.20
Ba	752.30	2252.00	4236.00	661.10	2897.00
Li	5.18	7.33	5.35	20.13	10.13
Be	<1.00	<1.00	<1.00	1.43	5.42
Cu	3.66	3.64	2.88	9.47	25.96
Pb	<13.00	<13.00	<13.00	25.32	<5.00
Zn	13.99	16.54	22.21	56.18	48.47
Sc	2.71	2.43	2.85	7.56	4.71
V	11.27	8.30	13.20	54.44	23.50
Cr	8.74	9.81	19.03	36.18	137.6
Mn	269.20	318.20	544.90	375.70	240.50
Co	3.02	3.22	6.99	10.51	15.91
Ni	<4.00	<4.00	6.45	16.02	11.26
Zr	8.47	10.90	19.20	82.95	40.05
Th	<3.00	<3.00	<3.00	5.74	<3.00
P	269.20	100.90	<60.00	345.20	342.60

注:1—YZXX-H1,浅紫灰色泥晶灰岩;2—YZXX-H2,紫红色纹层状硅质纹层泥晶灰岩;3—YZXX-H3,紫灰色泥晶灰岩;4—YZXX-H4,紫红色泥灰岩;5—YZXX-H5,绿色海绿石石英砂岩; *—5号样数据是根据等离子光谱分析资料整理而成。

的下部层位相当。

岩石主量元素(表5)显示:化学成分比较贫Mg富Ca, CaO 44.10%~49.78%, SiO₂ 8.42%~15.90%, MgO < 0.71%, Na₂O < 0.07%, K₂O < 0.48%, Al₂O₃ < 2.31%, P₂O₅ < 0.06%, TiO₂ < 0.09%, MnO < 0.08%, Fe₂O₃ < 0.08%, FeO < 0.38%。由化学成分可知灰岩主要由方解石组成,还有少量燧石。在4号样中,由于泥质的混入, SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、K₂O、H₂O⁺的含量明显增加。

岩石微量元素(表5)显示:灰岩中除Sr、Ba较高外,其他元素均较低。灰岩中Sr/Ba=0.1~0.3,比值较低。海绿石石英砂岩中微量元素含量较高。

3.5 其他钻孔的待建系和青白口系

京热-70地热井和京热-71地热井编录了青白口系各组地层的视厚度(表6)。

从以上资料可知,平原区下马岭组地层厚度均小于300 m,比山区要薄。平原区龙山组也略薄于山区龙山组。平原区景儿峪组厚度与十三陵地区景儿峪组厚度相当。

4 地质发展史

北京平原区地质发展史与山区大致相同,由于被新生代地层深覆盖,目前平原区的地层、构造调查精度较低,总结地质发展史有一定困难,尤以太古宙为甚,元古宙长城纪资料也缺乏。因此,现就掌握的资料对北京平原区太古宙—元古宙地质发展史作一概述。

4.1 太古宙—早元古代(基底形成阶段)

太古宙变质基底深埋于平原区南部千米之下,从兴热-1井(榆堡)和兴热-2井(安定)两个钻孔样品讨论太古宙地质发展史。兴热-2井终孔(2232.70 m)处采出的角闪岩成分大致与密云地区出露的表壳岩相当。表壳岩的形成环境在《北京市区域地质志》^[10]中有描述,现在看来,这一论断也基本合理,结合近年来新的年龄数据进行讨论。

表6 其他钻孔待建系和青白口系的视厚度
Table 6 Apparent thickness of system to be established and Qingbaikou system in other drill holes

井号	井位	下马岭组/m	龙山组/m	景儿峪组/m
京热-70井	航天一院	295.0	96.0	127.5
京热-71井	首钢带钢厂	293.0	97.5	105.5

新太古代早期(2650~2800 Ma B.P.)^[19],本区处于原始陆核形成阶段的早期,在火山活动的间歇期间形成了硅铁沉积建造。在2650 Ma B.P.左右或稍晚发生的大规模岩浆侵入作用,使得这些表壳岩散落于岩浆体中,并与其一起遭受后期的塑性流变,遭受麻粒岩相变质作用。

阜平运动使得太古宙岩石强烈变形,在原已经历麻粒岩相变质作用的岩石中留下角闪岩相退变质作用的印记,变质基底开始固化,陆壳整体抬升,遭受长期的剥蚀作用。

吕梁运动使得本区基底最终固化。

4.2 元古宙—古生代(盖层发育阶段)

由于古元古代末吕梁运动造成的燕山裂陷槽发育于本区外,在常州沟期、串岭沟期、团山子期,直至大红峪期,都没有接受沉积。当然,不排除将来发现这一时期沉积地层的可能。本区残存有少量高于庄期滨海—浅海相沉积物——含叠层石白云岩。笔者推测,平原区很可能存在高于庄组地层,在杨庄期应该处于海盆之中。

蓟县纪雾迷山期是中、新元古代最大的一次海侵期,地壳整体沉降,形成一个广阔的陆表海。这次海侵在本区沉积了以滨海相叠层石白云岩为主的藻礁碳酸盐岩建造。当时,区内气候温暖、潮湿,海水深度不大,光合作用条件良好,藻类植物繁茂。

蓟县纪洪水庄期海域收缩,形成相对北深南浅的海盆地古地理特征。

蓟县纪铁岭期西南部为河北省涞易浅滩。平原区大部应在海盆中,因为北京市南部河北省牛驼镇凸起已钻遇200多米厚的铁岭组地层。因此,盆海边界线应向南推至市区之外。

待建系下马岭期,黑色页岩沉积由南往北推进。某些钻孔中的页岩中含有较多的黄铁矿,说明潟湖曾广泛分布。

青白口纪龙山期,本区沉积了一套河流—滨海相石英砂岩,局部层位砂岩含海绿石。与山区基本一致,说明本区地貌比较平坦。

青白口纪景儿峪期,本区沉积一套海相灰岩,说明海水成分发生了显著变化。这一时期水体环境较宁静。景儿峪期末,地壳抬升,本区和整个华北地区一起上升为陆地,直到显生宙古生代昌平期才开始海相沉积,沉积间断达2亿多年,缺失了南华

纪地层和震旦纪地层,称为“蓟县运动”。

5 结 论

(1)发现京南平原区存在太古宙变质岩结晶基底,结晶基底的顶面埋深最浅为1000余m,结晶基底的变质岩岩性相同,可与京北山区密云—怀柔一带出露的太古宙变质岩对比。

(2)建立北京平原区元古宙地层剖面。元古宙蓟县系在平原区广泛分布,待建系下马岭组以及青白口纪龙山组、景儿峪组地层层序由亦庄小学钻孔得到详细揭示。

(3)2014年全国地层表将下马岭组归入待建系,本文已经使用。为了系统叙述尚未放入新地层表的龙山组和景儿峪组,继续将其放入青白口纪进行讨论。

致谢:感谢审稿专家和责任编辑李亚萍提出的宝贵修改意见。

参考文献(References):

- [1] Raphael Pumpelly. Geological Survey of China, Mongolia and Japan[M]. 1867.
- [2] Richthofen Ferdinand.von.China[M]. Berlin:Verlag von Dietrich Reimer, 1882.
- [3] Grabau A W. The Sinian system[J]. Bull. Geol. Soc. China, 1922, 1: 44-48.
- [4] 田奇鏞. 南口震旦纪地层和古生物[M]. 中国地质学会志, 1923, 2: 105-110.
Tian Qijuan. Nankou Sinian Stratigraphy and Paleontology[M]. Bull. Geol. Soc. China, 1923, 2: 105-110(in Chinese).
- [5] 高振西, 高平, 熊永先. 中国北部震旦纪地层的初步研究[M]. 中国地质学会志, 1934, 13: 243-276.
Gao Zhenxi, Gao Ping, Xiong Yongxian. Preliminary Study on Sinian Strata in Northern China[M]. Bull. Geol. Soc. China, 1934, 13: 243-276(in Chinese).
- [6] 张文佑. 中国北部震旦纪与寒武纪地层之分界问题[M]. 前国立北平研究院院务汇报, 1935, 6(2): 39-50.
Zhang Wenyu. Demarcation Problem of Strata between Sinian and Cambrian in Northern China[M]. The Report of the National Institute of Peking, 1935, 6(2):39-50(in Chinese).
- [7] 孙云铸. 寒武纪下界问题[J]. 地质学报, 1957, 37(3): 231-239.
Sun Yunzhu. Cambrian lower bound problems[J]. Acta Geologica Sinica, 1957, 37(3): 231-239(in Chinese).
- [8] 乔秀夫. 青白口群地层学研究[J]. 地质科学, 1957, (3): 246-265.
Qiao Xiufu. Stratigraphy study of Qingbaikou group [J]. Scientia Geologica Sinica, 1957, (3): 246-265(in Chinese).
- [9] 汪长庆, 萧宗正, 施福美, 等. 北京十三陵地区的震旦亚界[C]//中

- 国震旦亚界. 天津: 天津科学技术出版社, 1980: 332-340.
- Wang Changqing, Xiao Zongzheng, Shi Fumei, et al. Sinian suberathem in the Ming Tombs, Beijing[C]//Sinian Subrathem in China. Tianjin: Tianjing Science and Technology Press, 1980: 332-340(in Chinese with English abstract).
- [10] 北京市地质矿产局.北京市区域地质[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Beijing Municipality. Reginal Geology of Beijing Municipality[M]. Beijing: Geological Publishing House,1991(in Chinese with English abstract).
- [11] 吕金波, 赵树森, 李铁英, 等. 北京石花洞第四纪钟乳石剖面的年代学研究[J]. 中国地质, 2007, 34(6): 993-1002.
- Lv Jinbo, Zhao Shusen, Li Tieying, et al. Chronology of a section of Quaternary speleothems in the Shihua cave, Beijing[J]. Geology in China, 2007, 34(6): 993- 1002(in Chinese with English abstract).
- [12] 北京市地质矿产局. 北京市岩石地层[M] 北京: 中国地质大学出版社, 1996.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Beijing Municipality. Stratigraphy (lithostratic) of the Municipality of Beijing[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996(in Chinese).
- [13] 高文学, 马瑾. 首都圈地震地质环境与地震灾害(附图册)[M]. 北京:地震出版社, 1994.
- Gao Wenxue, Ma Jin. Seismo- Geological Background and Earthquake Hazard in Beijing Area(Atlas) [M]. Beijing: Seismological Press, 1994(in Chinese).
- [14] 吕金波, 等. 北京市幅(J50C001002)1:25万区域地质调查[J]. 中国科技成果, 2012, (19): 40-42.
- Lv Jinbo, et al. Beiijing municipality sheet (J50C001002) 1:250000 reginal geology survey[J].China Scence and Technology Achievements, 2012, 19: 40-42(in Chinese).
- [15] 高林志, 丁孝忠, 庞维华, 等. 中国中-新元古代年表的修正 [J]. 地层学杂志, 2011, 35(1): 1-7.
- Gao Linzhi, Ding Xiaozhong, Pang Weihua, et al. New geologic time scale of Meso- and Neoproterozoic of China and geochronologic constraint by shrimp zircon U- Pb dating [J]. Journal of Stratigraphy, 2011, 35(1):1-7 (in Chinese with English abstract).
- [16] 陆松年, 李怀坤, 相振群. 中国中元古代同位素地质年代学研究进展述评[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 1002-1013.
- Lu Songnian, Li Huaikun, Xiang Zhenqun. Advances in the study of Mesoproterozoic geochronology in China: A review[J]. Geology in China, 2010, 37(4): 1002- 1013(in Chinese with English abstract).
- [17] 高林志, 丁孝忠, 曹茜, 等. 中国晚前寒武纪年表和年代地层序列[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 1014-1020.
- Gao Linzhi, Ding Xiaozhong, Cao Qian, et al. New Geological time scale of Late Precambrian in China and geochronology[J]. Geology in China, 2010, 37(4): 1014- 1020(in Chinese with English abstract).
- [18] 全国地层委员会.中国地层指南及中国地层指南说明书 [M].北京:地质出版社,2015.
- Nationsl Commission on Stratigraphy of China. China Stratigraphy Guide and Instructions of China Stratigraphy Guide[M].Beijing:Geological Publishing House, 2015(in Chinese).
- [19] 金文山, 管爱莲. 北京地区太古宙岩石同位素年龄及其意义[J]. 前寒武纪研究进展, 1999, 22(3): 1-13.
- Jin Wenshan, Guan Ailian. Isotopic age of the Archean rocks in Beijing area and their geological implications[J]. Progress in Precambrian Research, 1999, 22(3):1- 13 (in Chinese with English abstract).