

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2023.12.009

大兴凸起北部 D1 钻孔岩心特征及第四纪地层划分

石光耀^{1,2}, 潘志龙³, 李庆喆³, 吕可欣⁴, 张金龙³, 张欢³, 张运强³, 张鹏程³, 闫浩⁵
SHI Guangyao^{1,2}, PAN Zhilong³, LI Qingzhe³, LYU Kexin⁴, ZHANG Jinlong³, ZHANG Huan³,
ZHANG Yunqiang³, ZHANG Pengcheng³, YAN Hao⁵

1. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000;

2. 中国地质大学(北京), 北京 100083;

3. 河北省区域地质调查院, 河北 廊坊 065000;

4. 河北省地球物理勘查院, 河北 廊坊 065000;

5. 四川省冶金地质勘查院, 四川 成都 610000

1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, Hebei, China;

2. China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China;

3. Regional Geological Survey Institute of Hebei Province, Langfang 065000, Hebei, China;

4. Geophysical Exploration Academy of Hebei Province, Langfang 065000, Hebei, China;

5. Sichuan Metallurgical Geological Exploration Institute, Chengdu 610000, Sichuan, China

摘要:为了建立大兴凸起第四纪地层格架,对大兴凸起北部 D1 钻孔开展了地层划分、沉积相划分和年代地层的研究。将 D1 钻孔岩心自下而上划分为 3 套岩性组合,依次代表洪积扇沉积(186.6~203 m)、扇上河道沉积(153.9~186.6 m)、河流相沉积(0~153.9 m)。古地磁实验结果表明,古地磁极性带的布容正极性时、松山反极性时和高斯正极性时对应的钻孔岩心深度分别为 0~89.5 m、89.5~132.25 m 和 132.25~143.5 m。结合岩性地层特征、¹⁴C 和 OSL 测年结果,得出 D1 钻孔下更新统(Qp₁)底界对应的深度为 137.9 m,中更新统(Qp₂)底界对应的深度为 91.4 m,上更新统(Qp₃)底界对应的深度为 34.4 m,无全新世沉积。研究成果为该区第四纪区域地层划分和对比研究提供了基础资料。

关键词:磁性地层;第四纪;大兴凸起北部;AMS ¹⁴C 测年;OSL 测年;地质调查工程

中图分类号:P534.63;P597⁺.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2023)12-2132-10

Shi G Y, Pan Z L, Li Q Z, Lyu K X, Zhang J L, Zhang H, Zhang Y Q, Zhang P C, Yan H. Core characteristics and stratigraphic classification of D1 borehole in the north of Daxing uplift. *Geological Bulletin of China*, 2023, 42(12): 2132-2141

Abstract: In order to establish the Quaternary stratigraphic framework of Daxing uplift, We have studied the stratigraphic division, sedimentary facies and chronostratigraphy of the D1 borehole core in the north of Daxing uplift. The loose sediments of D1 can be divided into three lithological sections in this paper. The lithological sections were sedimentary environment of diluvial fan, braided river, the flood plain and riverbed, respectively. The results of the paleomagnetic test show that the polarity boundaries of B/M and M/G in D1 borehole are 89.5 m and 132.25 m. According to the magnetostratigraphy, combined with the lithostratigraphic property and ¹⁴C dating data, we figured the boundaries of N/Q, Qp₁/Qp₂ and Qp₂/Qp₃ at the depth of 137.9 m, 91.4 m and 34.4 m, respectively. The research results provide basic data for the division and correlation study of Quaternary regional strata in this area.

Key words: magnetostratigraphy; Quaternary; northern Daxing uplift; AMS ¹⁴C dating; OSL dating; geological survey engineering

收稿日期:2021-03-15;修订日期:2022-08-12

资助项目:中国地质调查局项目《河北 1:5 万大厂回族自治县等三幅第四系覆盖区地质填图》(编号:DD20160060)、《河北 1:5 万沙流河等四幅区域地质调查》(编号:DD20160042)、国家自然科学基金联合基金《西部重点成矿带关键元素超常富集时空分布规律与战略资源效应》(批准号:U2244219)、中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(编号:41573044)

作者简介:石光耀(1988-),男,博士,助理研究员,从事第四纪地质与区域地质研究工作。E-mail:452581032@qq.com

第四纪地层划分对于第四纪地质研究具有重要意义。磁性地层学是第四纪地层划分的重要依据(安芷生等, 1979; 李龙吟等, 1994; 刘进峰等, 2005; 乔彦松等, 2006; 朱日祥等, 2007; 赵勇等, 2013; 张磊等, 2016; 陈宏强等, 2021), 前人通过北京凹陷新 5 孔(栾英波等, 2011; 郭高轩等, 2013)、廊固凹陷 G01 孔(代鹏等, 2019)、大厂凹陷 S9 孔(石光耀等, 2021)研究, 认为磁性地层学是第四纪年代地层划分的有效方法。大兴凸起位于河北平原北部, 前人对其第四纪地层划分研究较少, 赵勇等(2019)通过大兴凸起南部 PGZ05 钻孔磁性地层学研究, 建立了大兴凸起南部第四纪地层格架。目前, 大兴凸起内第四系钻孔数量较少, 对应的年代学研究薄弱, 导致该区的第四纪地层格架还未建立, 而且大兴凸起北部相对于南部, 受局部断裂影响, 该区域为大兴凸起上更凸起的地区, 因此北部第四纪地层相对于南部应该存在差异。为了建立大兴凸起第四纪地层格架, 并为大兴凸起和邻区的地层划分及对比提供基础数据, 本文以大兴凸起北部 D1 钻孔岩心为研究对象, 结合 ^{14}C 、光释光、磁性

年代学测试结果, 对 D1 钻孔开展地层学和年代学研究, 建立了 D1 钻孔第四纪地层格架, 以期为该区域第四纪区域地层划分和对比研究提供参考资料。

1 钻孔岩心特征及沉积相划分

钻孔 D1 在构造上位于大兴凸起北部, 夏垫断裂上盘(图 1), 潮白河冲洪积扇及河流多期冲洪积作用的叠加是该区域第四纪沉积物的主要成因。钻孔坐标为北纬 $39^{\circ}54'40''$ 、东经 $116^{\circ}52'02''$ (河北省三河市燕郊镇小石各庄村南), 孔口高程 19.07 m, 孔深 203 m。D1 钻孔取心率大于 90%, 岩心直径 110 mm, 取心率和岩心状况满足磁性地层的研究。

D1 钻孔沉积物岩性主要由粘土、粉砂、细砂、中砂、粗砂、含砾砂等组成, 钻孔编录将 D1 孔岩心划分为 176 个层位, 以沉积物的颜色、沉积构造、沉积旋回等特征为主要依据, 同时参考钻孔综合测井结果(图 2), 将 D1 钻孔岩心划分为 3 套沉积物组合。

186.6~203 m: 该段沉积物为一套浅棕色、棕黄色、橘黄色, 粉砂、粘土质粉砂组合。沉积物中普遍

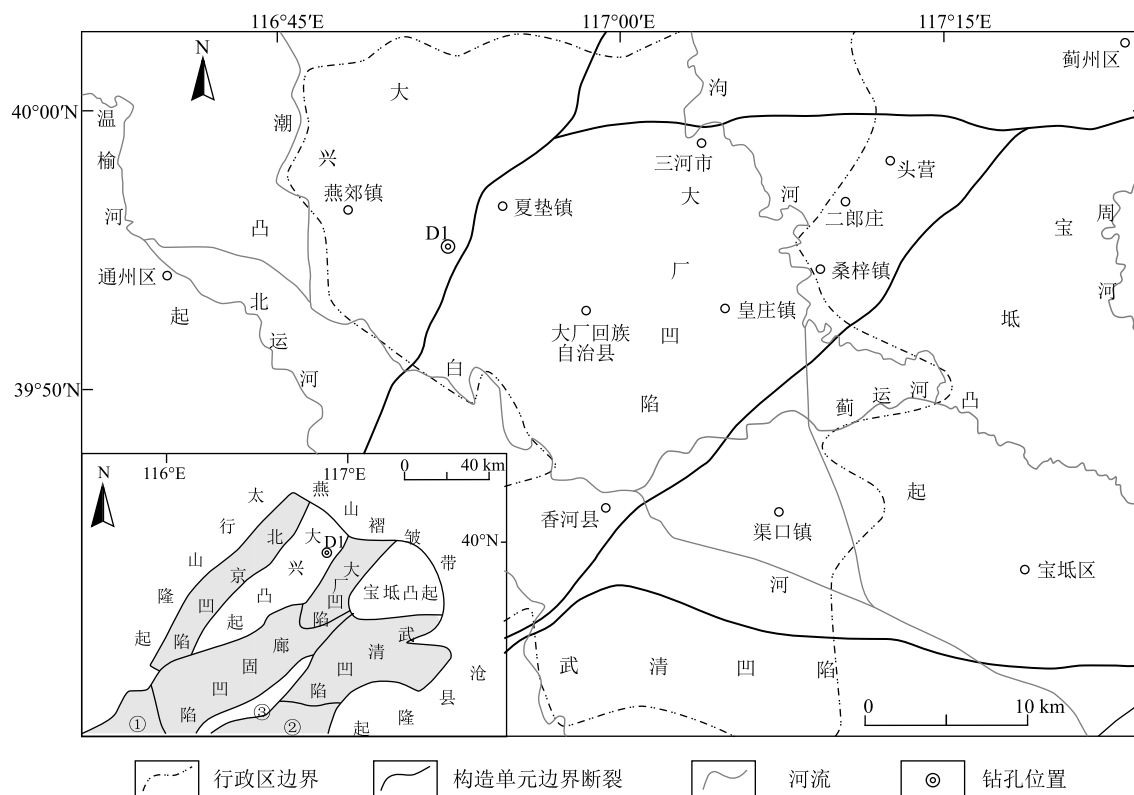


图 1 D1 钻孔位置及构造简图

Fig. 1 The location of borehole D1 and tectonic sketch map

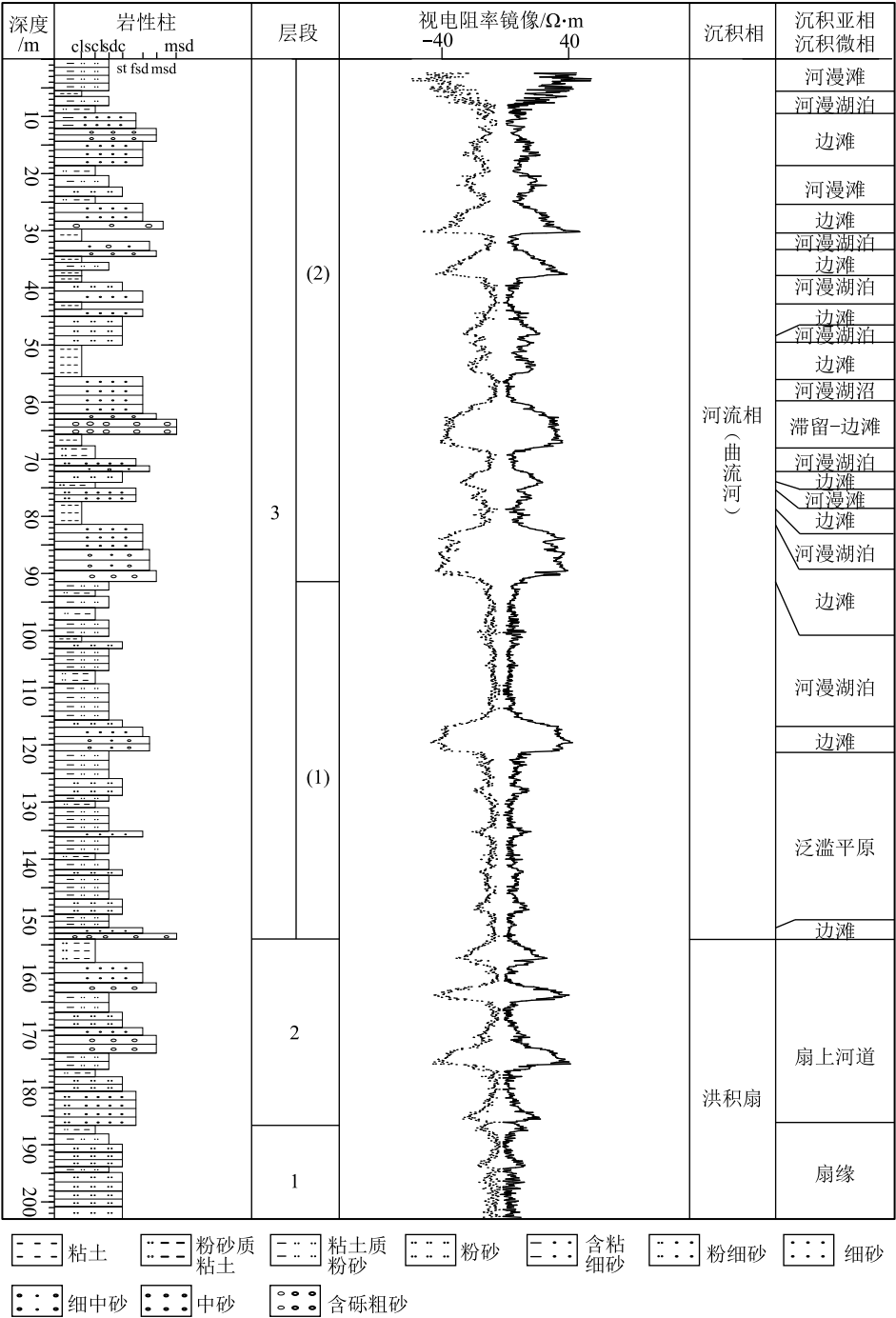


图 2 D1 钻孔岩性柱、电阻率测井曲线及沉积环境解释

Fig. 2 The lithological column,step resistivity logging curves and sedimentary environment interpretation in the borehole D1

含有姜结石颗粒,整体具有“硬、脆”特征,轻微弱固结,底部粉砂及粘土质粉砂中可见 2 层钙质固结层,厚 5~8 cm。视电阻率曲线呈低幅锯齿状。沉积物整体上反映一种干燥、暴露的氧化沉积环境,该段应属洪积扇扇缘沉积。

186.6~153.9 m;该段沉积物为一套棕黄色、棕

灰色中细砂、细粉砂、粉砂、粘土质粉砂组合。以砂为主,粘土较少,不具备河流二元结构特征。该段共发育 3 个沉积旋回。视电阻率曲线反映单个旋回下部呈箱型、钟形,上部呈低幅锯齿状,下部沉积物厚度大于上部,沉积物以砂为主,推测此处应为洪积扇向曲流河过渡的扇上河道沉积。

0~153.9 m;该段沉积物主要由灰色、浅灰色、棕灰色、棕黄色粗砂、中砂、细砂、粉砂夹灰色、棕灰色、棕黄色粘土质粉砂、粘土组成。局部可见水平层理、平行层理及粒序层理,该段整体表现为多个沉积旋回(砂-粉砂-粘土),曲流河二元沉积结构特征明显,属河流相沉积。根据沉积物特性及测井曲线特征,将该阶段沉积物组合进一步划分为两部分。

(1)91.4~153.9 m;该部分主要由灰色、浅灰色中砂、细砂及浅灰色、棕灰色、棕黄色粉砂、粘土质粉砂、粉砂质粘土组成。粉砂、粘土质粉砂及粉砂质粘土中普遍含有小颗粒姜结石,具有“干、硬、脆”特征。该段可划分为 2 个沉积旋回,每个旋回上部以发育粉砂、粘土质粉砂、粉砂质粘土的泛滥平原沉积为主,下部以发育细砂、中细砂的河床沉积为主,二元结构上部沉积厚度远大于下部。单个旋回视电阻率曲线下部呈钟形,上部呈低幅锯齿状,上部厚度远大于下部,整体表明该段岩性相对单一,以细颗粒沉积物为主,推断此处应为缺水的河间地带,总体上属于暴露的氧化沉积环境。

(2)0~91.4 m;该部分主要由灰色、浅灰色、浅棕黄色中砂—细砂及浅灰色、棕灰色、棕黄色粉砂、粘土质粉砂及粘土组成。其中,粉砂、粘土质粉砂及粘土不具有“干、硬、脆”特征,粉砂及粘土质粉砂相对松散,粘土具有软塑性,常见炭质斑点、锈染等,部分粘土中潜育化作用强烈。视电阻率曲线反映河流二元结构显著,下部呈箱形、钟形,上部呈低幅锯齿状。该段可划分为 9 个沉积旋回,每个旋回上部以发育粉砂、粘土质粉砂、粉砂质粘土的河漫滩、河漫湖泊沉积为主,下部以发育细砂、中细砂的边滩沉积为主,呈现上细下粗的正粒序沉积。二元结构上部沉积厚度小于下部沉积,整体显示曲流河沉积特征。

2 测试方法

本次研究分别在 D1 钻孔埋深 6.2 m、9.4 m 处取得 2 件¹⁴C 样品;埋深 10.3~32.3 m 处取得 4 件光释光样品。¹⁴C 样品测试在北京大学考古文博学院¹⁴C 加速实验室完成,实验采用加速器质谱法(AMS),所用¹⁴C 半衰期为 5568 a,树轮校正所用曲线为 IntCal13 atmospheric curve,数据处理所用程序为 OxCal v4.2.4。光释光测年在北京光释光科技有限公司完成,实验仪器为 Daybreak 2200 光释光仪,所有样品采用细颗粒简单多片再生法获得等效剂

量值,采用饱和指数方法进行拟合。

古地磁样品的野外采集质量是高质量古地磁极性柱建立的重要保障(Deng et al., 2006; 范友良等, 2017; 刘运明, 2017)。古地磁样品采集的沉积物可分为 2 类:细碎屑沉积物(粘土、粉砂质粘土、粘土质粉砂、粉砂)和粗碎屑沉积物(细、中砂和粗砂)。古地磁样品采样时,粗碎屑沉积物采样间隔约为 1 m,细碎屑沉积物采样间隔约为 0.5 m。在野外现场将 D1 钻孔岩心对半劈开,标定顶底方向,然后采集样品,采用 2 cm×2 cm×2 cm 的无磁塑料盒对砂类松散样品进行采集,粘土类样品在标定方向后加工成 2 cm×2 cm×2 cm 的土块。D1 钻孔共采集古地磁样品 211 件(塑料盒 77 件,土块 134 件)。样品测试在中国科学院地质与地球物理研究所古地磁实验室完成。对砂类沉积物(塑料盒样品)采用交变退磁处理,粘土类沉积物(土块样品)采用交变、热退混合退磁处理。实验仪器为 2G-760R 低温超导磁力仪,粘土类样品先进行热退磁(室温约 120℃),仪器为 TD-48 热退磁炉,然后进行交变退磁处理,再进行热退磁(200~690℃);砂类样品直接进行交变退磁处理。使用 PaleoMag 软件对测试数据进行筛选,最终选出 174 个数据(82%)(图 3)。详细的野外取样过程及试验流程见石光耀等(2021)。

3 测试结果

¹⁴C 样品测试结果为 16875±40 a B.P.、22400±70 a B.P.(表 1),光释光样品测试结果分别为 30.2±2.4 ka、45.8±2.6 ka、73.2±5.1 ka、109.6±5.5 ka(表 2)。

利用古地磁测试数据建立 D1 钻孔的古地磁极性柱,并且与标准古地磁极性柱对比(Cande et al., 1995)。由图 4 可见,D1 钻孔 0~89.50 m 段以正极性为主,其间夹有几个较薄的负极性漂移,该段为布容(Brunhes)正极性带;89.50~132.25 m 段以负极性为主,该段为松山(Matuyama)负极性带,其中 96.45~108.50 m 段为正极性亚带,沉积物厚度约为 12.05 m,沉积速率远大于 Jaramillo(0.99~1.07 Ma)极性亚时沉积速率,因此判断为 Olduvai(1.77~1.95 Ma)正极性亚时沉积;132.25~143.5 m 段以正极性为主,为高斯(Gauss)正极性带。由于 D1 钻孔构造位置位于大兴凸起,且为凸起上相对凸起的位置

表 1 D1 钻孔¹⁴C 样品信息及测年数据

Table 1 Statistics of information and dating data of the ¹⁴C specimens in the borehole D1

样品编号	样品 深度/m	样品 岩性	¹⁴ C 年龄/a B.P.	树轮校正后年龄/a B.P.	
				1σ(68.2%)	2σ(95.4%)
D1 ¹⁴ C-1	6.2	粘土	16875±40	20458(68.2%) 20270	20528(95.4%) 20161
D1 ¹⁴ C-2	9.4	粉砂质粘土	22400±70	26863(68.2%) 26512	27053(95.4%) 26406

注:树轮校正后年龄分别为 2 个误差范围,以概率的形式给出;B.P.为距 1950 年的年代

表 2 D1 钻孔光释光样品信息及测年数据

Table 2 Statistics of information and dating data of the OSL specimens in the borehole D1

样品编号	样品 深度/ m	U/10 ⁻⁶	Th/10 ⁻⁶	K/%	含水量/%	等效剂量/Gy	年龄/ka
D1OSL-1	10.3	1.69	9.53	2.17	16.9	105.59±7.32	30.2±2.4
D1OSL-2	18.5	1.62	5.00	2.82	15.0	167.72±6.84	45.8±2.6
D1OSL-3	26.35	0.64	3.38	2.93	9.0	249.50±14.23	73.2±5.1
D1OSL-4	32.3	0.86	3.89	2.59	12.3	343.93±10.58	109.6±5.5

置,推测在高斯极性时和松山极性时剥蚀作用较强烈,导致这 2 个时期的沉积物厚度较薄。

4 讨 论

本次研究以钻孔岩性为基础,同时使用古地磁确定第四纪更新世早期地层和更新世中期地层底界;采用光释光法测年确定更新世晚期地层底界;采用¹⁴C 法结合光释光法测年确定全新世地层底界。据此,笔者对 D1 钻孔进行了年代地层划分。

4.1 第四系底界

根据 D1 钻孔古地磁数据,M/G 界线位于 132.25 m 左右。根据钻孔沉积物特征,在 137.9 m 处沉积物物理性质发生显著改变,颜色由棕灰色向棕黄色、橘黄色转变,固结程度增加,硬度增强。因此,笔者将早更新统底界定在 137.9 m。受地层岩性、磁性、电性等多种属性的影响,古地磁界线与岩性界线并不完全一致(胡云壮等;2014)。对比 PGZ05 孔(图 5),PGZ05 孔在构造上位于大兴凸起南部,第四纪沉积物主要来源于永定河冲积、冲洪积扇(陈望和,1987;石光耀等,2021),第四系底界 181.35 m;D1 钻孔与 PGZ05 孔在沉积物颜色、组成和成因上相似,但是在第四系划分上存在差异。2 个钻孔虽然都处于大兴凸起,但 D1 钻孔构造位置位于大兴凸起上相对凸起的位置,在高斯极性时和松山极性时剥蚀作用较强烈,导致这 2 个时期沉积

物厚度较薄。另外,在 PGZ05 钻孔第四系之下深度 185~248 m 处存在一套杂色泥质砾石层,D1 钻孔与 PGZ05 孔在沉积物组成和沉积相上相似,推测 D1 钻孔中也存在该套杂色泥质砾石层。同时北京新 5 孔(栾英波等,2011;郭高轩等,2013)、固安 G01 孔(代鹏等,2019)及三河 S9 孔(石光耀等,2021)在第四系以下发育一套厚 20~80 m 的泥砾和砂砾层,在横向上具有对比性,该套泥砾、砂砾层可作为区域对比的一个标志层,对第四系底界的确定起到重要作用。

4.2 中更新统底界

古地磁数据的 B/M 界线对应中更新统底界。根据古地磁数据,D1 钻孔在 89.5 m 处发生大极性时转换,因此将 B/M 界线划在 89.5 m 左右。同时根据钻孔沉积物特征,91.4 m 为一个重要的岩性界面,上下沉积物组合具有明显差别,界线以上为河流相沉积,发育多个沉积旋回,河流二元结构清晰,而界线以下沉积环境发生改变,主要为一套粘土质粉砂、粉砂质粘土组合,普遍含有姜结石,具有“硬、脆”特征,处于一种暴露环境,应属曲流河河间地带。由此认为中更新统底界为 91.4 m。

4.3 上更新统底界

根据深海氧同位素曲线与区域地层的响应关系可知,上更新统底界对应深海氧同位素 MISS5 阶段(高秀林等,1986;王强,1999,卢海峰等,2014;Toker et al.,2015),之后沉积的地层以发育潜育化、

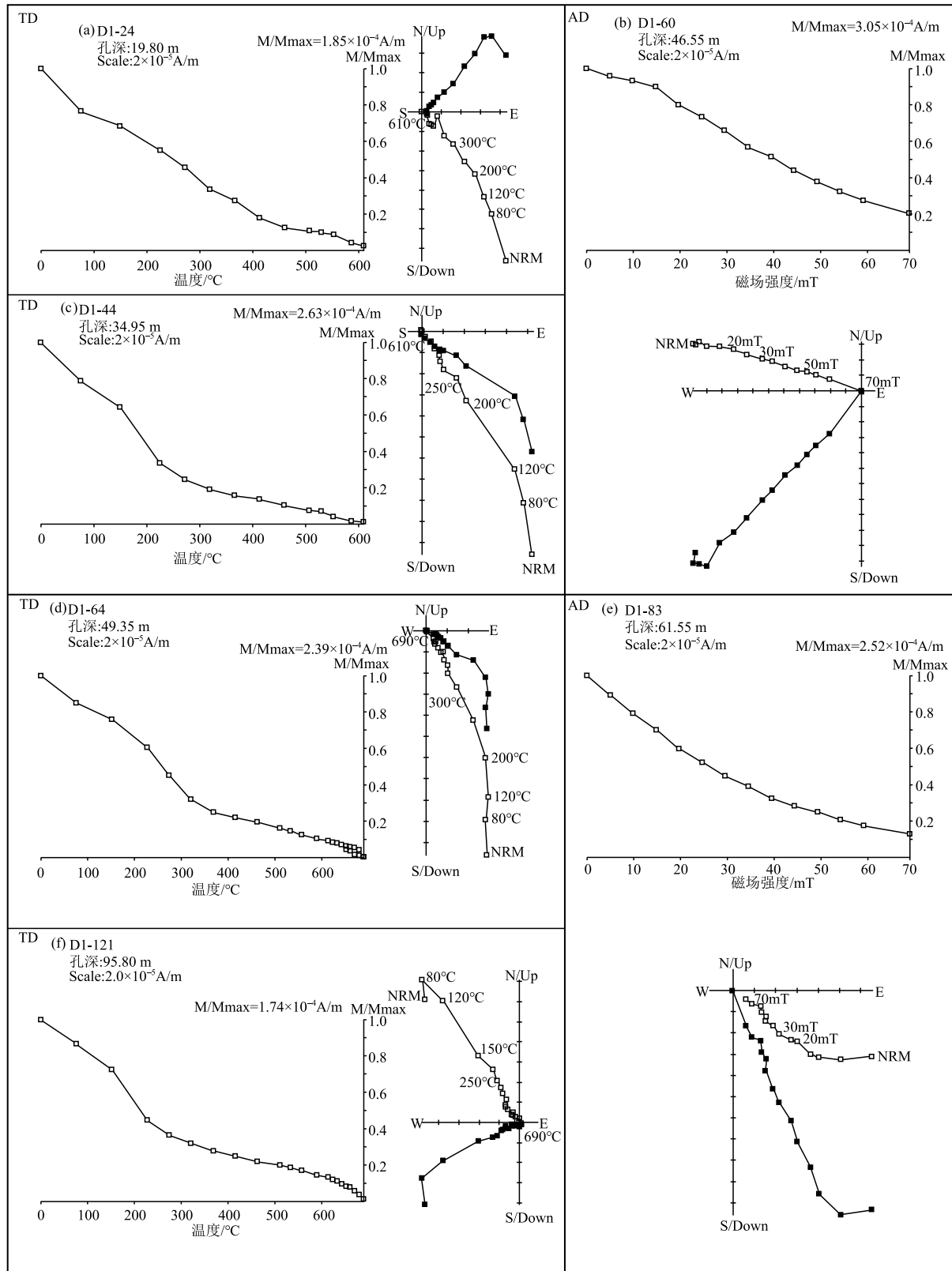


图 3 D1 钻孔代表性样品正交矢量投影图

Fig. 3 Orthogonal vector plots showing the results of representative specimens from the borehole D1

 M/M_{max} —剩磁强度/最大剩磁强度比值; NRM—天然剩磁; TD—热退磁; AD—交变退磁

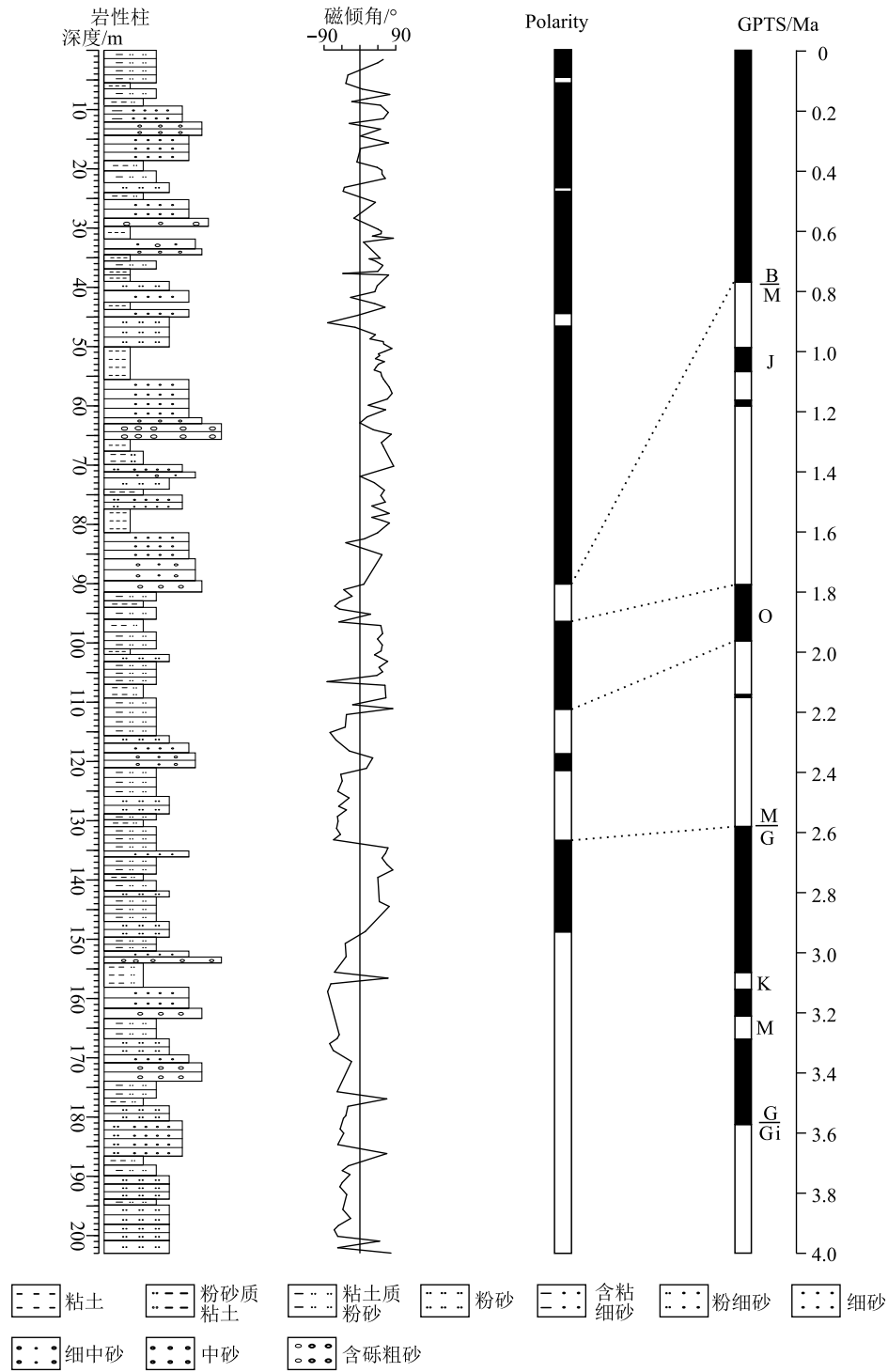


图4 D1 钻孔磁性地层与标准极性柱对比图

Fig. 4 The contrast diagram of magnetostratigraphy of the borehole D1 with standard polarity zones

潜育化作用的“杂色”粘土,或地层中含钙质结核为特征(刘运明,2017;赵勇等;2018)。本次在 D1 钻孔采集了 4 件光释光测年样品,取样深度为 10.3~

32.3 m,年龄为30.2~109.6 ka。该孔 10.1~18.65 m 为一套以棕灰色、浅灰色中细砂为主的河流相沉积,在 10.30 m 处取得的光释光测年样品年龄为

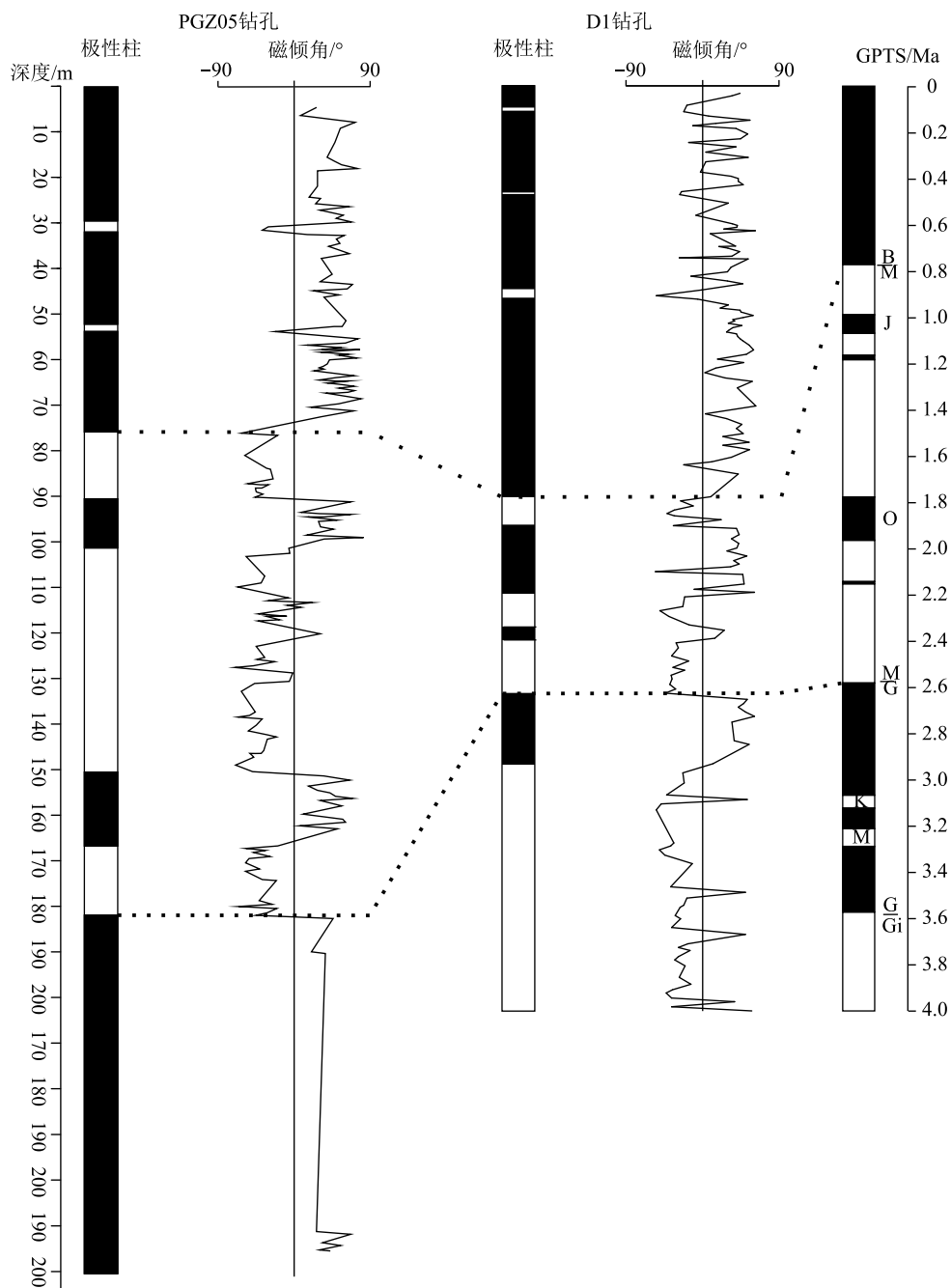


图 5 D1 钻孔与北京 PGZ05 钻孔古地磁极性柱对比

Fig. 5 Geomagnetic polarity timescale comparison of the borehole D1 with Beijing PGZ05 borehole

30.2±2.4 ka,对应深海氧同位素 MISS3 阶段晚期,此时气候温暖湿润。在 18.50 m 处的光释光测年样品年龄为 45.8±2.6 ka,相当于深海氧同位素第 4 阶段和第 3 阶段早期,此时气候较寒冷。25.2~34.4 m 为一套棕黄色、棕灰色河流相中细砂,在 26.35 m 处取得的光释光测年样品年龄为 73.2±5.1 ka,32.3 m

处光释光年龄为 109.6±5.5 ka,对应深海氧同位素 MISS5 阶段,该套黄色、棕灰色河流相中细砂组合在周边钻孔中普遍发育,可作为区域性洪泛事件的指示。因此,笔者认为晚更新统底界为 34.4 m。

4.4 全新世底界

王强(1995)认为,含有机质层位的出现为北方

地区全新世的开始。通过河北 1:5 万大厂回族自治县等三幅第四系覆盖区地质填图项目,笔者对大厂、三河一带进行了综合研究,全新世沉积物主要分布在潮白河和沟河河道带附近及其古河道。D1 钻孔位于潮白河和沟河河间地带,地势较高,同时在三河翟各庄村附近剖面 1.8 m 处获得的光释光年龄为 23.8 ± 1.1 ka,在潘各庄村附近剖面 3.0 m 处获得的光释光年龄为 18.7 ± 0.9 ka,为晚更新世沉积。因此,笔者认为该区域无全新世沉积物。

在 D1 钻孔中 5.5~9.45 m 的沉积物为浅灰色、浅灰棕色粘土、粉砂质粘土,为明显的含有机质层位,在 6.2 m、9.4 m 处获得的¹⁴C 测年结果分别为 16875 ± 40 a B.P.、 22400 ± 70 a B.P.,表明该套含有机质层位的沉积时代为晚更新世。该层之上 0.4~4.6 m 为棕黄色、土黄色氧化粘土质粉砂和粉砂质粘土,含有明显的铁锰质结核、钙质结核,根据¹⁴C 测年结果,并结合前人研究,可将其视为末次盛冰期末的硬土层(王强等,2008,2009)。因此,笔者认为 D1 钻孔中没有全新世沉积物。

综合岩石地层和年代地层研究,最终建立了 D1 钻孔第四纪地层年代格架。D1 钻孔早更新世地层为 91.4~137.9 m、中更新世地层为 34.4~91.4 m、晚更新世地层为 0~34.4 m,钻孔无全新世地层。

5 结 论

(1)将大兴凸起北部 D1 钻孔岩心划分为 3 套岩性组合:186.6~203 m 沉积物为一套浅棕色、棕黄色、橘黄色,粉砂、粘土质粉砂组合,代表了洪积扇沉积;186.6~153.9 m 沉积物为一套棕黄色、棕灰色中细砂、细粉砂、粉砂、粘土质粉砂组合,代表了扇上河道沉积;0~153.9 m 沉积物主要由灰色、浅灰色、棕黄色粗砂、中细砂、粉砂夹粘土质粉砂、粘土组成,河流二元结构清晰,代表了河流相沉积。

(2)D1 钻孔古地磁样品的测试结果显示,古地磁极性带的布容正极性时、松山反极性时和高斯正极性时对应的钻孔岩心深度分别为 0~89.5 m、89.5~132.25 m 和 132.25~143.5 m。

(3)根据 D1 钻孔的磁性地层、光释光和¹⁴C 测年结果,结合钻孔沉积物特征,认为 D1 钻孔第四系底界为钻孔深度 137.9 m 处,中更新统底界为

钻孔深度 91.4 m 处,上更新统底界为钻孔深度 34.4 m,钻孔无全新统。

参考文献

- Cande S C, Kent D V. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic [J]. Journal of Geophysical Research, 1995, 100(B4): 6093-6095.
- Deng C L, Shaw J, Liu Q S, et al. Mineral magnetic variation of the Jingbian loess /paleosol sequence in the northern Loess Plateau of China: Implications for Quaternary development of Asian aridification and cooling[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2006, 241 (1/2): 248-259.
- Toker E, Kayserl-Ozer M S, Ozkul M, et al. Depositional system and palaeoclimatic interpretations of Middle to Late Pleistocene travertines: Kocabas, Denizli, South-West Turkey [J]. Sedimentology, 2015, 62(5): 1360-1383.
- 安芷生,魏兰英,卢演传,等.顺 5 孔的磁性地层学和早松山世的北京海侵[J].地球化学,1979,(4): 343-346.
- 陈望和,倪明云.河北第四纪地质[M].北京:地质出版社,1987: 1-179.
- 陈宏强,专少鹏,陈超,等.河北省唐山地区丰台-野鸡坨断裂第四纪活动性——来自¹⁴C 和磁性地层年代学的证据[J].中国地质,2021,48(2): 605-617.
- 代鹏,邓晓红,王盛栋,等.河北平原区固安 G01 孔岩心特征及第四纪地层划分[J].第四纪研究,2019,39(2): 399-407.
- 范友良,胥勤勉,齐晓凤,等.华北平原中部第四纪沉积物的岩石磁性性质[J].第四纪研究,2017,37(3): 612-623.
- 高秀林,王强,李玉德,等.从天津 P8 孔看中更新世末期以来海侵期、气候期对比问题[J].海洋地质与第四纪地质,1986,6(1): 53-65.
- 郭高轩,蒋汉朝,蔡向民,等.北京新 5 孔第四纪孢粉记录及其对更新世气候变化的响应[J].第四纪研究,2013,33(6): 1160-1170.
- 胡云壮,张金起,白耀楠,等.3.45Ma 以来滦河冲积扇中部唐山 TD1 孔记录的区域构造和气候演化[J].古地理学报,2014,16(2): 249-262.
- 李龙吟,陈华慧.北京怀柔 HR88-1 钻孔剖面磁性地层学研究[J].地层学杂志,1994,(1): 39-44.
- 刘进峰,郭正堂,郝青振,等.甘肃秦安糜子湾剖面中新世风尘堆积的磁性地层学研究[J].第四纪研究,2005,(4): 503-509.
- 栾英波,蔡向民,郭高轩,等.北京平原区新 5 孔岩心特征及地层初步划分[J].中国地质,2011,38(2): 495-503.
- 卢海峰,王金艳,王瑞,等.河北省衡水地区第四纪中—晚期标准地层剖面的建立及其地质含义[J].现代地质,2014,28(5): 962-970.
- 刘运明.山西河曲地区新近纪砾石层的磁性地层年代与成因[J].第四纪研究,2017,37(3): 597-611.
- 乔彦松,赵志中,王燕,等.川西甘孜黄土磁性地层学研究及其古气候意义[J].第四纪研究,2006,(2): 250-256.
- 石光耀,潘志龙,张欢,等.河北平原三河 S9 孔岩心特征及第四纪地层划分研究[J].现代地质,2021,35(5): 1332-1342.
- 王强,吕金福.第十章:海面变化与海岸线变迁[C]//李汉鼎,吕金福,王

- 强,等.中国北方沿海泥炭与环境.北京:海洋出版社,1995:109-128.
- 王强.渤海海岸全新世早期基底泥炭堆积时间域初步研究[J].第四纪研究,1999,19(1):91-96.
- 王强,张玉发,袁桂邦,等.MIS3 阶段以来河北黄骅北部地区海侵期与气候期的对比[J].第四纪研究,2008,28(1):79-95.
- 王强,李从先.中国东部沿海平原第四系层序类型[J].海洋地质与第四纪地质,2009,26(4):39-51.
- 张磊,何静,白凌燕,等.北京凹陷北缘第四纪凹陷盆地沉积速率变化特征与顺义断裂活动性的响应关系[J].中国地质,2016,43(2):511-519.
- 赵勇,蔡向民,王继明,等.北京平原顺义 ZK12-2 钻孔剖面第四纪磁性地层学研究[J].地质学报,2013,87(2):288-294.
- 赵勇,王强,李瑞杰,等.北京平原区南部 PGZ01 孔第四纪地层划分及其环境意义[J].古地理学报,2018,20(2):337-348.
- 赵勇,李瑞杰,魏波,等.北京大兴凸起南部 PGZ05 钻孔剖面第四纪磁性地层学[J].现代地质,2019,33(1):56-62.
- 朱日祥,邓成龙,潘永信.泥河湾盆地磁性地层定年与早期人类演化[J].第四纪研究,2007,(6):922-944.

《地质通报》第 43 卷第 1 期要目预告

- 长江三角洲北翼第一硬土层理化特征及其地质成因 朱锦旗等
- 两种结构类型的走滑相关剪断裂带 陈书平等
- 从陆缘伸展探讨新生代南海构造演化 梁光河等
- 青藏高原东北缘红寺堡盆地晚更新世沉积物元素地球化学特征及其环境指示意义 刘博华等
- 冀北古元古代东瓦窑杂岩体的发现及其对华北克拉通伸展事件的制约 王金芳等
- 西南三江甘孜—理塘洋晚古生代构造演化:来自理塘蛇绿混杂岩堆晶辉长岩 U-Pb 年龄的约束 喻光明等
- 辽东地区赛马碱性杂岩 U-Pb 年龄、Hf 同位素组成及其地质意义 杨凤超等
- 江西甘坊洞上稀有金属花岗岩中铷矿化特征及成因意义 姜军胜等
- “双碳”背景下的清洁能源资源——钍 冯云磊等
- 松辽盆地南部砂岩型铀矿储层结构与铀成矿作用 翁海蛟等
- QuantyPES 软件在黔西南者相金矿床资源量估算中的应用:与传统软件估算的对比 邵文星等
- 山东省威海市呼雷汤地热水化学、成因与开发潜力 袁星芳等
- 地下水污染源解析方法研究进展 冉泽宇等
- 兴凯湖西部土壤—植物系统中硒含量特征、成因来源及迁移转化主控因素 梁帅等
- 基于 InVEST 模型的晋北土地利用变化与碳储量 郑吉林等
- 基于综合区划的渭河流域自然资源动态变化特征分析 左旭刚等
- 地质大数据资产化管理探索与实践地质大数据资产化管理探索与实践 杨燕等