

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2022.2-3.006

内蒙古大青山山前第四纪冲洪积扇填图实践 与思考

杨劲松^{1,2,3}, 姜高磊^{1,2}, 赵华^{1,2*}, 王成敏^{1,2}, 赵红梅^{1,2}, 吉云平^{1,2}, 张润⁴, 韩书华¹
YANG Jinsong^{1,2,3}, JIANG Gaolei^{1,2}, ZHAO Hua^{1,2*}, WANG Chengmin^{1,2}, ZHAO Hongmei^{1,2},
JI Yunping^{1,2}, ZHANG Run⁴, HAN Shuhua¹

1. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北 石家庄 050061;
 2. 中国地质调查局第四纪年代学与水文环境演变重点实验室, 河北 石家庄 050061;
 3. 中国地震局地质研究所, 北京 100029;
 4. 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安 710061
1. Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Shijiazhuang 050061, Hebei, China;
2. Key Laboratory of Quaternary Chronology and Hydro-Environmental Evolution, China Geological Survey, Shijiazhuang 050061, Hebei, China;
3. Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing 100029, China;
4. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710061, Shaanxi, China

摘要:第四纪地质调查和填图对解决当前人类生存发展面临的生态环境问题具有重要意义,但“填什么,如何填”等相关问题尚处于探索示范阶段。基于在内蒙古大青山山前地区开展的特殊地质地貌区填图工作,查明了大青山山前冲洪积扇的分布特征、期次及影响因素,总结了以冲洪积扇为代表的第四系覆盖区的调查与填图方法。首先,应针对地质地貌的特殊性,初步梳理区域内主要的第四纪地质与环境问题,选取针对性的沉积相模式进行沉积相划分;其次,综合前人资料成果和遥感解译结果编制设计地质图,依靠露头剖面、槽型钻揭露开展野外调查和验证,划分基本填图单元;然后,利用光释光、¹⁴C等测年技术,确定填图单元时代,查明区内冲洪积扇发育的时间和期次;最后,选取“时代+成因+沉积相”结合不同岩性花纹的组合表达方式,增强工作区内典型剖面 and 钻孔的显示度,丰富图面内容和形式。

关键词:第四纪地质;冲洪积扇;覆盖区;填图方法;大青山;地质调查工程

中图分类号:P534.63 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2022)02/03-0262-09

Yang J S, Jiang G L, Zhao H, Wang C M, Zhao H M, Ji Y P, Zhang R, Han S H. Geological mapping practice and exploration of Quaternary alluvial-pluvial fans along the Daqing Mountain, Inner Mongolia. *Geological Bulletin of China*, 2022, 41(2/3): 262-270

Abstract: The Quaternary geological survey is very important for solving ecological and environmental problems with social development. Therefore, “What to do” and “How to do” become the key issues for the geological workers during the Quaternary geological mapping. On the basis of the Quaternary geological survey results in the Daqing Mountain of Inner Mongolia, the distribution

收稿日期:2020-08-09;修订日期:2020-10-13

资助项目:中国地质调查局项目《特殊地质地貌区填图试点》(编号:121201106000160914)、国家自然科学基金项目《黄河故道区(濮阳—大名段)全新世异常洪水沉积特征及年代学研究》(批准号:41807428)、河北省自然科学基金《河北平原近现代洪水事件¹⁴C核爆突跃定年研究》(批准号:D2020504008)和中国地质科学院基本科研业务费项目《全新世以来大陆泽湖泊生态环境演化机制研究》(编号:SK202115)

作者简介:杨劲松(1987-),男,博士,助理研究员,从事第四纪地质调查与环境演变研究。E-mail:yangjinsong@mail.cgs.gov.cn

* 通信作者:赵华(1965-),女,博士,研究员,从事第四纪调查与光释光年代学研究。E-mail:zhaohua65@163.com

characteristics, stages and main factors of alluvial-pluvial fans were clarified, and the mapping method was reviewed to provide some references for the future Quaternary survey. According to the practice of Quaternary mapping in Daqing Mountain of Inner Mongolia, the following four steps are summarized. Firstly, according to the particularity of geology and geomorphology, the main Quaternary geological and environmental problems in the region should be preliminarily sorted out, and the main sedimentary facies model should be selected to divide sedimentary facies. Secondly, the designed geological map is to be compiled based on the results of previous data and remote sensing interpretation, while field investigation and verification are to be carried out by outcrops, trenches and drill holes. Then, ages of the mapping units and the different alluvial-pluvial fans are further to be determined by luminescence dating and radiocarbon dating. Finally, the combination of 'age + genesis + sedimentary face' and different lithologic patterns could be used to enhance the display of stratigraphy and enrich the content and form of the map.

Key words: Quaternary geology; alluvial-pluvial fan; covered area; mapping methods; Daqing Mountain; geological survey engineering

区域地质调查和填图是地质工作的基础和先行,是探索 and 解决地球科学问题的重要途径,对于国家经济和社会发展具有重要意义。近年,在地球系统科学理论的指导下,区调工作坚持以问题与目标为导向,以解决重要资源环境和基础地质问题为核心,部署了一系列专题填图工作,取得了许多重要进展^[1-2]。然而,相对于传统地质填图,第四纪地质调查与填图尚处于探索和示范阶段^[3],甚至绝大部分传统地质图对于第四纪地质体的图面表达仍然停留在“一片黄”或是孤立、零散的钻孔柱状图^[4]。但是,大面积松散沉积物覆盖区的地质条件、环境演化背景等与城市发展和人类生活密不可分,基于第四纪地质开展的填图工作尤为重要^[5]。

近年,国内外相关学科的日益发展,在一定程度上推动了第四纪地质调查和填图工作的部署与进展^[6-8]。尽管前人在长江三角洲等沿海地区^[9-12]和河流冲积平原^[13-15]等地也围绕第四纪地质填图开展了有益的尝试和讨论,但作为陆相沉积体系重要组成部分的冲洪积扇地区相关工作较匮乏^[16]。冲洪积扇发育在出山口地势相对平缓的地区,良好的地下水资源条件造就了宜居的绿洲,同时河流携带的大量泥沙为居民的耕种、生存提供了基础条件,是现代城镇发展的重要区域之一^[17]。但冲洪积扇地区广泛存在浅层地下水疏干、承压水转无压水等水文生态环境问题^[18-19],这都迫切需要加强基础地质调查,尤其是第四纪地质调查工作。而山前冲洪积扇地区往往为第四纪覆盖区,如果按照传统区域地质调查工作中揭穿第四系,查明前新生代岩石、地层特征的技术要求,势必会投入大量的勘探工作,而且难以客观真实地反映地表出露的地质体现象。“填什么,如何填”是第四纪地质填图不可回

避的问题^[3-4, 8, 13],笔者基于特殊地质地貌区填图工作实践,结合在内蒙古大青山山前冲洪积扇调查与填图中的经验,对填图的技术流程、实践进行探讨,期望对类似地貌区开展第四纪调查与填图提供借鉴。

1 研究区概况

研究区位于大青山中部,土默特左旗和土默特右旗之间。自古近纪渐新世以来,大青山山前断裂对区域地貌格架产生了巨大影响,其中北部地区间歇性掀斜抬升并遭受剥蚀,形成夷平面、深切峡谷、河流阶地与山前台地;南侧的呼包盆地持续接受沉积,形成巨厚的第四纪松散沉积物,最厚可达 2400 m^[20]。研究区第四纪沉积物普遍大于 1000 m,是典型的第四纪深覆盖区(图 1)。受控于新生代以来大青山山前断裂活动的影响,呼包盆地内部发育多期冲洪积扇,空间上呈扇群状连续分布。根据影像特征及区域调查成果,研究区内的山前冲洪积扇可划分为 3 期,与全新世以来大青山山前断裂活动和气候演化历史存在一定的相关性^[22-24]。

研究区属于大陆性半干旱气候,处于西风带与东亚季风的交界带,气候变迁会对该区沉积物的形成造成较显著的影响。研究区降水量较小,历年平均降雨量小于 400 mm,山区略多于平原,年内降水强度分布不均,主要集中在夏季,高强度集中性的降水可为冲洪积扇的形成与发育提供必需的水动力条件。大青山山中发育大量河流及其侵蚀形成的冲沟,河流大致自北向南纵切大青山山前断裂,流入呼包盆地。这些河流沟谷既有美岱沟、西白石头沟等常年性流水沟谷,也存在楼房沟、黄油沟、哈拉沟、背锅沟、古雁沟等较多的季节性沟谷。其中,常年性水流携带碎屑物在山前堆积主要形成冲积

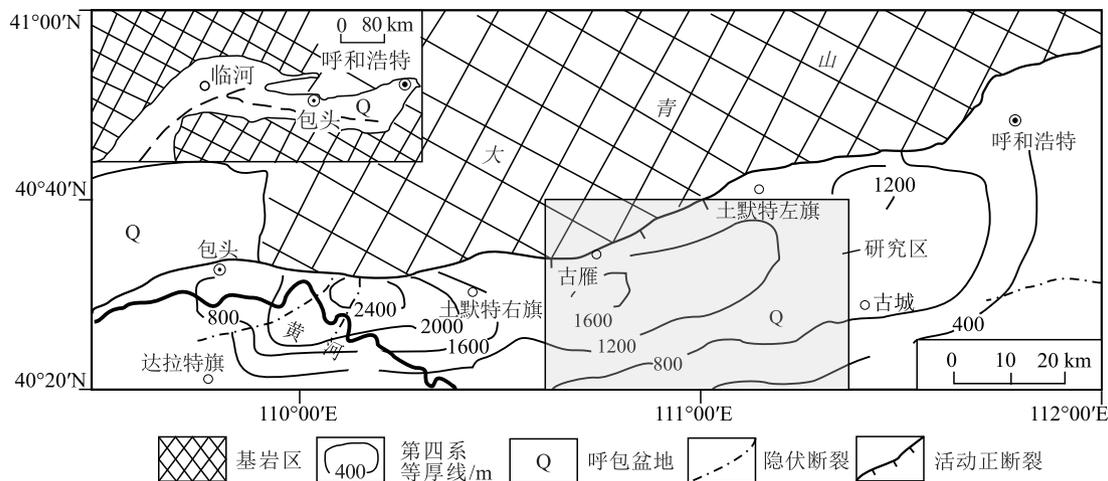


图1 研究区区域概况图(据参考文献[21]修改)

Fig. 1 Sketch map of the study area

扇,而间歇性、突发性水流携带碎屑物在山前堆积形成洪积扇^[25]。由于大青山山前地区存在多期次冲洪积作用的叠加影响,为了方便表达研究区扇形堆积体的特征与规律,本文将山前形成的扇体统称为冲洪积扇。

2 填什么——冲洪积扇的空间分布特征

不同地区的主控地质因素不同,在开展工作之前应初步了解区内的主要沉积相特征,查明基础地质问题,如沿海平原区的海平面变迁历史^[11]、冲积平原的古河道演替^[13]等。整体而言,大青山山前冲洪积扇的形成演化是研究区最重要的地质事件之一,对区域地貌骨架及地表沉积物的分布产生了长远影响。同时,大青山山前冲洪积扇为研究区城镇居民的生产生活用水提供了基础的地质条件,因此冲洪积扇的沉积模式及理论体系的选择是开展填图工作的重要基础。

大青山山前一系列冲洪积扇形成的洪积倾斜平原,纵向上自山前向平原区微倾斜,横向上近山前波状起伏较大,凸起处为冲洪积扇扇顶沉积,凹处为扇间沉积或早期扇缘沉积,远离山前扇体纵向坡度减小,横向起伏也变小、地形平缓。根据冲洪积扇不同位置沉积物的结构特征分异规律,冲洪积扇在空间上从出山口到平原方向,沉积相由扇顶相、扇中相向扇缘相过渡,沉积物岩性从卵砾石层过渡到含砾砂层,再到粉砂、细砂,总体粒径逐渐变细。不同期次的扇体堆积在区域地势上存在一定

的地形陡坎,同时在垂向上受扇体规模逐步减小的影响,形成明显的下粗上细正旋回沉积层序;2期扇体堆积之间存在明显的冲刷面,局部可见古土壤沉积,指示2期扇体堆积之间存在一定的沉积间断。此外,部分时期2个相邻冲洪积扇之间的低洼地带常形成扇间洼地,其沉积物岩性以青灰色粘土、粉砂质粘土为主,同时含有大量的植物残体等(图2)。

除了将第四纪松散沉积物的颜色、岩性和结构、构造作为沉积相划分的依据外,地表生长的植物组合也能为沉积环境的空间分布提供一定的证据和参考^[10]。通常冲洪积扇上层砂砾石含量较多、空隙大、透水性强;下层粘土含量多、空隙小、透水性弱,地下水位较浅。受控于冲洪积扇上不同位置的地层骨架和岩性组合特征,不同沉积相现代植被组合和农作物类型生长存在明显区别,这一结果可以与遥感解译结果和野外调查资料相互印证,综合分析(表1)。

3 如何填——主要技术流程

3.1 编制设计地质图

设计地质图是分析研究区地质地貌特征、开展野外调查的基础图件,一幅优秀的设计地质图能够让地质调查工作事半功倍。主要的野外工作也可以核实、验证设计地质图上地质体单元的划分情况,因此设计地质图直接关系到最终成图的效率和质量。设计地质图编制的主要资料来源包括高精

表 1 大青山冲洪积扇主要沉积亚相沉积特征与植物组合特征

Table 1 Sedimentary characteristics and vegetation types of different subfacies in alluvial-pluvial fans of Daqing Mountain

沉积亚相	岩性特征	典型沉积构造	主要植被及农作物状态
扇顶相	杂色卵砾石层,砾径以 2~20 cm 为主	砾石分选性、磨圆度差,混杂堆积,局部见叠瓦状构造	以稀疏的高大乔木为主,现代农业主要为杏、苹果、海红果等果树
扇中相	灰白色含砾砂层,局部为含砾粘土质粉砂,砾径以 2~10 cm 为主	砾石分选性、磨圆度差,垂向剖面中常见性由粗到细的二元结构	以人工种植的杨树等高大乔木为主,现代农业较不发育,零星见玉米地
扇缘相	灰黄色细砂、粉砂,局部为粘土质粉砂,零星见砾石直径较小,在 0.5~3 cm 之间	砾石分选性、磨圆度一般,整体结构较疏松	禾本科发育,现代农业较发育,主要种植玉米、小麦等农作物
扇间洼地相	灰黑色或黑色粘土夹黄色、灰黄色细砂、粉砂质粘土,有机质含量高	结构较致密	芦苇等禾本科较发育,与其他湿生、水生植物共生,现在该区域已开发为花卉旅游基地

度的遥感图件、DEM 数据、前人工作获取的宝贵资料等。相对于传统区域填图中沟谷纵横、地形差异大,大规模分布第四纪松散沉积物的深覆盖区域往往地形起伏不大,包含等高线等地理信息数据的地形图对于填图工作帮助不大。另一方面,由于冲洪积扇地区人类活动较高、地质及地貌单元复杂,故针对该类型工作区的遥感综合解译难以通过计算机自动提取获得,必须通过人机交互(目视解译)的方式才能得到较准确的结果。

针对大青山冲洪积扇遥感影像特征,利用国产高分辨率卫星(GF-1、GF-2)遥感影像数据和美国陆地卫星系列(Landsat)遥感数据对研究区进行综合对比分析。从遥感影像看,冲洪积扇体前缘均在黄河古河道的北侧,解译标志较明显的洪积扇体分为 3 期(图 3)。其中,Ⅲ期扇,在空间上连续分布于北部基岩区山前河谷沟口地带,在影像上整体规模较小,几何形态明显,呈扇状分布;整体色调较浅,多为灰白色,局部为灰褐色;在影像结构上,由于发生时代较近,局部可见农田及少量建筑物被掩埋,其上流水线条紊乱且明显,沟内基岩破碎,风化较严重。Ⅱ期扇,由于年代较老,其几何形态不明显,仅在局部见其边界;颜色较深,主要呈灰色及浅棕色,与其他其次的扇体在局部色调上有区别;影像结构较均一,人类后期改造程度较大,零星可见残留流水线痕迹,影像纹理特征不明显,较难解译。Ⅰ期扇,颜色较深,主要为深褐色,局部可见灰褐色;在影像结构上,整体较均一,由于和周边地层单元土壤含水量有差异,从冬季影像看,本套地层结冰较

少,与周边地层单元区别较大,边界明显,易于解译。

3.2 开展野外调查

前人对覆盖区填图方法和地质调查方法进行了初步总结^[26],基于第四纪覆盖区与下伏基岩关系的重要性,填图方法主要包括 3 种,分别为第四系自身填图方法^[8,10-13]、探矿工程揭露基岩填图法和物化探推断基岩填图法^[27-30]和物化探推断基岩填图法^[31-33]。本次探讨的大青山山前地区属于深覆盖区,以第四系自身的填图方法为主。

鉴于冲洪积扇的空间分布特征与大青山山体走向基本一致,为北东东向,遵循调查路线应垂向切割地质体的原则,野外过程中设计路线应以垂直于山体走向为主。对设计地质图中重要地质体的分布特征及界线位置,如扇上河道、扇间洼地等局部发育的地质体,在野外过程中应考虑增加辅助的追索路线,便于查明这些区域分布地质体的空间位置及其接触关系,确保对冲洪积扇内不同地质体的界线控制。调查过程中,在保证调查精度所需的点距和线距基础上,可通过“逐步逼近原则”^[13]确定不同地质体之间的界线,对设计地质图进行验证和完善。

由于第四系沉积物为近水平沉积,野外工作的目的主要是获取地质点上垂向地层的分布特征,揭露浅表沉积物的岩性、结构构造、组合关系等。在研究区近山前地区,可见自然露头剖面(如沟壁、陡崖、土坑等)和人工采石开挖的剖面;但在Ⅰ期扇上,尤其是大范围分布的扇缘位置无明显露头剖面,因此绝大部分地质观察点尽可能采用 Ejkelpkamp 槽型钻揭露距地表 2~4 m 的沉积物,以确

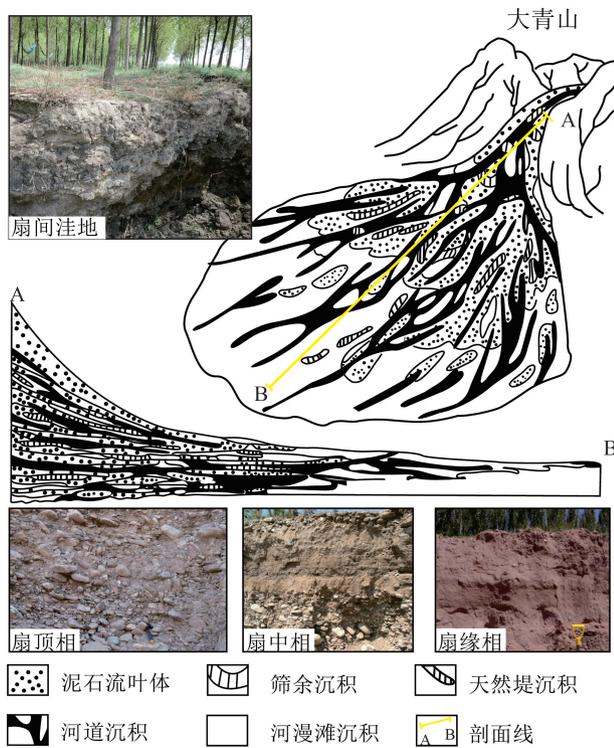


图2 典型冲洪积扇沉积相模式(据参考文献[25]修改)及研究区不同沉积亚相照片

Fig. 2 Sedimentary facies model and photos of typical alluvial-pluvial fan in study area

定最近一期沉积(亚)相的岩性组合。对钻孔或剖面进行详细的观察和描述,记录的要点应包括观察点所处的地貌位置,地层特征,以及沉积物的颜色、岩性、厚度、结构构造等主要特征;河流冲洪积堆积的砾石层应记录其砾径、砾石产状、分选性、磨圆度、结构成分、充填、胶结情况等,而且对于有特殊意义的地质现象,如化石、文化遗址等也需要重点描述。

需要注意的是,由于冲洪积扇地区城镇较多,包括水利灌渠、土地平整、农业翻垦等现代人类活动都对原始地质背景产生不同程度的影响,调查过程中需要联合周边的地质点进行系统分析,去伪存真,才能获取准确可靠的近地表沉积相类别。

3.3 测制第四纪剖面

由于第四纪地层产状的特殊性,第四纪地层剖面的实测编制与传统区域地质调查工作不同,主要选取研究区内第四纪地层发育完整、出露连续、具有区域代表性的剖面或钻孔进行详细的观察描述。但如果仅依靠钻孔或露头剖面等垂向测量法测制剖面,地层揭露较有限,而且无法有效地获取第四纪地质体在平面上渐变过渡的情况。

为了较好地解决第四纪产状平缓造成剖面测

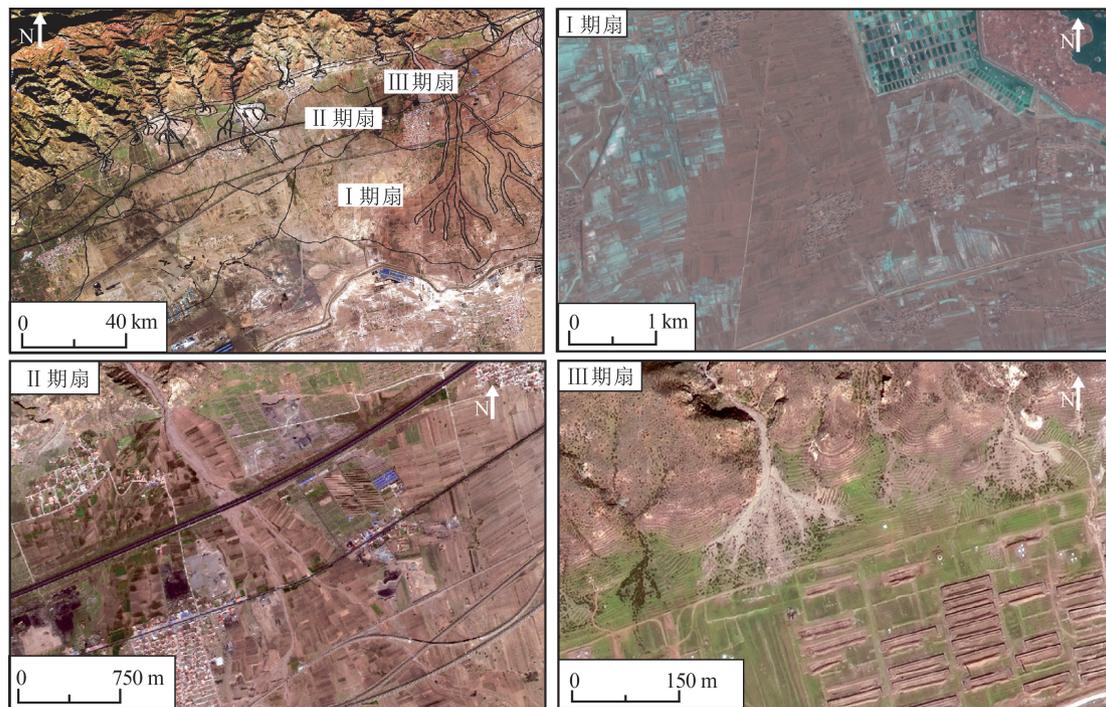


图3 大青山地区不同期次典型冲洪积扇遥感影像特征

Fig. 3 Main characteristics of remote sensing images alluvial-pluvial fans of Daqing Mountain in different periods

制的困难,本次选用沉积学上的“瓦尔特相律”作为指导理论,采用横向-垂向联合法测制第四纪剖面^[26]。根据“瓦尔特相律”可以得出,在相同沉积环境下,第四纪沉积物相邻沉积相在纵向上的依次变化与横向上的依次变化一致,据此可以通过横向-垂向联合的钻孔剖面图,获取研究区第四纪相同沉积体系下不同地质体的空间分布变化特征,选取研究区最典型且能够揭示最多填图单元的横向-垂向联合剖面进行系统分析(图 4)。在关键层位采集沉积物样品,进行年代学和环境代用指标分析,其中第四纪晚更新世以来的测年手段主要包括¹⁴C (AMS-¹⁴C)和光释光(OSL),常规的环境代用指标主要包括粒度、色度、磁化率、孢粉、地球化学元素分析等。¹⁴C所需样品主要为有机物(包括小树枝、

炭屑、土壤等)和部分无机物质(如螺、贝壳等生物壳体),在冲洪积扇上主要为洼地相富含有机质沉积物、古土壤层等。OSL测年样品主要为富含石英、长石等矿物的第四纪松散沉积物,在冲洪积扇上尽量选取细砂-粉砂沉积物,采样过程中需要注意避光。由于不同年代测试手段对样品要求较严苛,因此在采样过程中,最好能够邀请从事第四纪年代学研究的专业人员参加野外采样,确保采样层位具有代表性,采样过程符合测试要求,从而提高样品质量和测试结果的可靠性^[3, 34]。

3.4 划分填图单元

前人研究^[22-23]和遥感解译结果显示,大青山山前冲洪积扇可划分为 3 期,分别对应全新世早期(I 期)、中期(II 期)和晚期(III 期)。其中,III 期扇

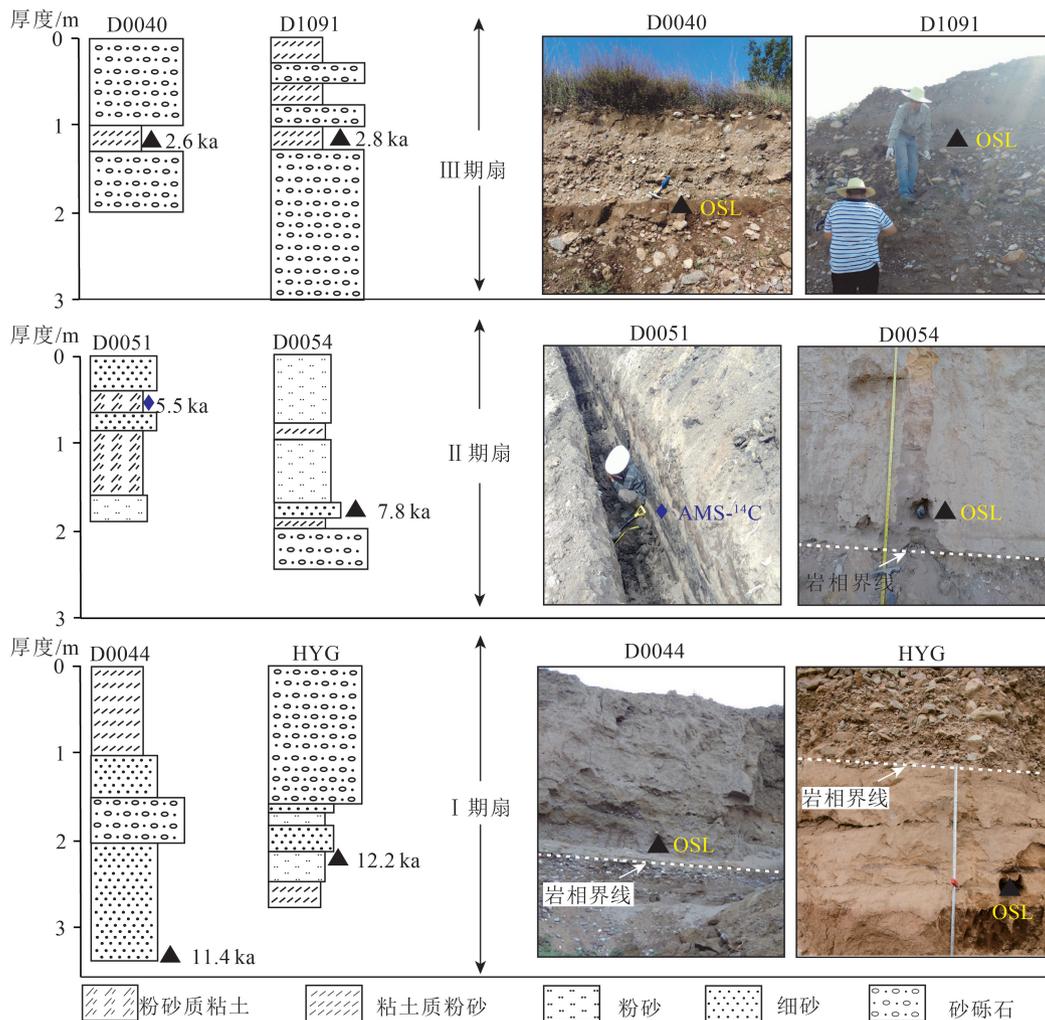


图 4 大青山山前冲洪积扇典型剖面岩性柱状图及年代结果
Fig. 4 Lithologic column and dating result of alluvial-pluvial fans of Daqing Mountain

是最新一期形成的扇体,分布于山前冲沟沟口处,以独立单元存在,未在山前相互连接,整体规模较小,扇缘相和扇中相地表沉积物分布较有限,且分布范围上叠加在Ⅱ期扇中上,难以区分,为此笔者选取扇顶相作为全新世晚期扇体的填图单元。

Ⅱ期扇发育在Ⅲ期扇的南侧,扇体形态不发育,沿山前呈扇裙展布,出露宽度为2~3 km;在空间分布上,岩性的差异使作物分布特征在卫星遥感上具有明显的区别,同时野外调查中揭露的地层组合也能看出沉积物岩性差异,因此将Ⅱ期冲洪积扇细分为扇中相和扇缘相。同时,结合冲洪积扇沉积模式分析,调查过程中在Ⅱ期扇扇缘位置零星可见扇间洼地相的青灰色粉砂质粘土,现已开发为当地的花卉旅游基地。

Ⅰ期扇分布规模最大,距离山前可达5~10 km;由较大规模的水系形成,水流的侵蚀及搬运能力强,遥感影像上能够明显看出研究区西部美岱沟和东部西白石头沟2个主要扇体,由于后期扇的叠加改造,对Ⅰ期扇填图单元的划分只能确定扇缘相沉积。此外,山前冲沟近现代季节性和常流水的河流、小溪搬运堆积的沉积物,可划分为近现代河流河道沉积。

综上,通过遥感解译及野外第四纪剖面、钻探等调查结果初步确定,大青山山前冲洪积扇部分主要包括5个填图单元:第四纪全新世晚期冲洪积扇扇顶($Qh^{3apl}(PF)$)、第四纪全新世中期冲洪积扇扇中($Qh^{2apl}(MF)$)、第四纪全新世中期冲洪积扇扇缘($Qh^{2apl}(DF)$)、第四纪全新世中期冲洪积扇扇间洼地($Qh^{2apl}(LD)$)和第四纪全新世早期冲洪积扇扇缘($Qh^{1apl}(DF)$)。

这一划分方案主要基于遥感解译、野外调查、沉积特征、叠覆关系和区域对比,具有一定主观性。对于全新世填图单元的准确划分,还应该考虑在不同地貌位置挑选代表性剖面、钻孔,采集合适的OSL和 ^{14}C 测年样品。本次结合冲洪积扇野外调查成果和年代学数据^[22],最终确定研究区内全新世冲洪积扇期次划分的确切时段,分别为Ⅰ期冲洪积扇11~8 ka B.P.,Ⅱ期冲洪积扇8~5 ka B.P.,Ⅲ期冲洪积扇3 ka B.P.至今。这为本次第四纪地质填图过程中填图单元划分和确定提供了可靠的证据,便于总结对比区域第四纪地层特征,完善图面表达。

3.5 确定图面表达方式

第四纪地质图是对区域调查工作的系统总结,是该区第四纪地质综合研究的主要成果。传统区域地质调查过程中,一般用“时代+组名”的方式表示地质体,对于研究区调查研究程度较高的地质体,可以沿用该方式进行命名。如大青山山前断续分布的上更新统壕赖沟组(Qp_3^3h),其岩性主要为河湖相砂砾石层夹砂质粘土层^[35],本次调查工作仍沿用该命名方案。但研究区第四纪研究程度较低,同时根据最新的《中国地层指南及中国地层指南说明书(修订版)》划分方案^[36],全新统尚未细分建阶。如果直接采用第四纪地质调查中通用的“时代+成因”表达方式^[1-2],对于研究区广泛分布的全新世冲洪积扇,其填图单元只能统一命名为 Qh^{apl} ,明显不能满足1:5万大比例尺调查过程中对全新统精细刻画的精度需要,因此本次采用“时代+成因+沉积亚相”的表达方式确定岩石地层单位。同时,在地质图中用不同的岩性花纹,结合实际钻孔或剖面的柱状图综合反映地质体在平面上和垂向上的变化特征,这种表达方式能够较直接地读出地质图中蕴含的各种信息。

同时,为了区别地质图中不同级别的界线差异,笔者将不同时代、不同成因类型之间的地质体界线定为地质界线,但是对于相同时代、相同成因类型但不同沉积亚相的地质体间用相变界线予以区分,如本次研究中Ⅱ期扇的扇中相和扇缘相之间的界线(图5)。

4 结 论

本次对大青山地区第四纪冲洪积扇的填图实践表明,基于详细的沉积相分析,结合必要的第四纪测试分析能够有效表达冲洪积扇的空间分布、规模及组合特征,并能合理揭示研究区第四纪区域环境演变历史。大青山山前冲洪积扇主要分为3期次,其形成时代分别对应全新世早期(11~8 ka B.P.)、中期(8~5 ka B.P.)和晚期(3 ka B.P.至今),其规模依次减小,整体分布特征与区域气候环境演化和构造活动历史关系密切。

本文以大青山冲洪积扇分布区第四纪地质填图的实践过程为基础,认为区域性第四纪地质调查工作应以区内重要的地质事件和主控因素为前提,在系统收集并整理前人基础资料的基础上,结合高

- [3] 赵希涛, 胡道功, 吴中海. 晚新生代地质填图理论与方法的新探索[J]. 地质通报, 2009, 28(10): 1419-1429.
- [4] 王保良. 覆盖区的岩性组合(岩相组合)填图法[J]. 地质通报, 2002, 21(12): 890-890.
- [5] 李长安, 张玉芬, 庞设典, 等. 以地貌单元为依据的工程地质分区研究——以武汉市都市发展区城市地质研究为例[J]. 地质论评, 2019, 65(3): 645-652.
- [6] Hilger P, Hermanns R L, Gosse J C, et al. Multiple rock-slope failures from Mannen in Romsdal Valley, western Norway, revealed from Quaternary geological mapping and ^{10}Be exposure dating [J]. The Holocene, 2018, 28(12): 1841-1854.
- [7] Weerts H J T, Westerhoff W E, Cleveringa P, et al. Quaternary geological mapping of the lowlands of The Netherlands, a 21st century perspective[J]. Quaternary International, 2005, 133/134: 159-178.
- [8] 闵隆瑞, 王永, 王成, 等. 一幅新的第四纪地质及地貌图的编制——以宁夏与山东为例[J]. 中国地质, 2016, 43(3): 1026-1032.
- [9] 周宗尧, 董学发, 余国春, 等. 浅覆盖城市经济区立体填图最新进展——浙江 1:5 万鸣鹤镇、澥浦镇、慈城镇、鄞江镇、姜山镇幅区调项目成果[J]. 资源调查与环境, 2013, 34(4): 211-215.
- [10] 郭盛乔, 张祥云, 葛云, 等. 1:25 万区调中第四系深覆盖区野外工作方法研究——以淮安市幅为例[J]. 地质学刊, 2013, 37(4): 509-514.
- [11] 邱鸿坤, 陈忠大, 汪庆华, 等. 厚覆盖区 1:25 万区域地质调查工作方法研究[J]. 资源调查与环境, 2004, (2): 79-87.
- [12] 赵增玉, 王伟, 李向前, 等. 平原区浅表岩性模型构建——以 1:5 万生祠堂镇幅填图为例[J]. 地质力学学报, 2017, 23(2): 182-188.
- [13] 刘晓彤, 张绪教, 叶培盛, 等. 河流沉积分析在浅覆盖第四纪填图中的应用——以内蒙古河套地区 1:50 000 填图试点为例[J]. 地质力学学报, 2016, 22(4): 868-881.
- [14] 叶梦旒, 张绪教, 叶培盛, 等. SPOT-6 与无人机航测技术在第四纪地质及活动构造填图中的应用——以内蒙古 1:50 000 呼勒斯太苏木等四幅填图试点为例[J]. 地质力学学报, 2016, 22(2): 366-378.
- [15] 贾丽云, 叶培盛, 张绪教, 等. 新构造填图方法探索、应用与实践——以内蒙古呼勒斯太苏木图幅 1:5 万填图试点为例[J]. 地质力学学报, 2017, 23(2): 189-205.
- [16] 张运强, 专少鹏, 魏文通, 等. 京津冀山前冲洪积平原区 1:50 000 填图方法指南[M]. 北京: 科学出版社, 2020: 8-71.
- [17] 谢晖, 周庆华. 秦岭北麓冲洪积扇区环境影响下传统村落布点特征初探[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(12): 66-72.
- [18] 蔡五田, 吕永高, 刘江涛, 等. 1:5 万冲洪积扇含水层水质调查方法探讨[J]. 中国地质调查, 2018, 5(4): 81-89.
- [19] 曹文庚, 张翼龙, 李政红, 等. 呼和浩特市大青山山前倾斜平原地质环境问题形成机理研究[J]. 现代地质, 2013, 27(2): 468-474.
- [20] 马保起, 李克, 吴卫民, 等. 大青山河谷地貌特征及新构造意义[J]. 地理学报, 1999, (4): 41-48.
- [21] 吴卫民, 李克, 马保起, 等. 大青山山前断裂带晚第四纪活动速率研究[M]. 北京: 地质出版社, 1996: 1-10.
- [22] 张润, 杨劲松, 赵华, 等. 全新世以来大青山山前冲洪积扇的期次划分及其影响因素[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(9): 95-101.
- [23] 何仲太. 应用洪积扇上全新世古土壤研究大青山山前断裂活动性[D]. 中国地震局地壳应力研究所硕士学位论文, 2007.
- [24] He Z, Ma B. Holocenepaleoearthquakes of the Daqingshan fault detected from knickpoint identification and alluvial soil profile [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2015, 98: 261-271.
- [25] 朱筱敏. 沉积岩石学(第四版)[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 248-256.
- [26] 姚春亮, 夏庆霖, 张晓军, 等. 传统填图法在半覆盖区的改进——第四系岩性填图法[J]. 地球学报, 2017, 38(4): 549-559.
- [27] 邓震, 孟贵祥, 汤贺军, 等. 浅覆盖区 1:5 万基岩地质填图实践探索——以准噶尔北缘克什克涅涅喀尔(L45E009020)图幅为例[J]. 地球学报, 2019, 40(5): 651-660.
- [28] 谭春亮, 宋殿兰, 岳永东, 等. 浅层钻探技术在覆盖区填图工作中的应用研究[J]. 矿产勘查, 2018, 9(2): 334-340.
- [29] 谭春亮, 宋殿兰, 岳永东, 等. 钻探技术在敖汉旗浅覆盖区 1:5 万地质填图中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(12): 43-47.
- [30] 卢猛, 何远信, 宋殿兰, 等. 草原浅覆盖区浅钻取样技术的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(11): 1-6.
- [31] 刘菁华, 王祝文. 地面综合物探方法在浅覆盖区地质填图单元的划分研究[J]. 中国地质, 2005, (1): 162-167.
- [32] 陈松, 陈长敬, 吴俊, 等. 物探方法在强风化区填图中的应用探索[J]. 地质力学学报, 2017, 23(2): 206-213.
- [33] 喻劲松, 荆磊, 王乔林, 等. 特殊地质地貌区填图物化探技术应用[J]. 地质力学学报, 2016, 22(4): 893-906.
- [34] 张克旗, 吴中海, 吕同艳, 等. 光释光测年法——综述及进展[J]. 地质通报, 2015, 34(1): 183-203.
- [35] 王新亮. 内蒙古呼一包盆地第四纪沉积、构造特征研究[D]. 中国地质大学(北京)硕士学位论文, 2006.
- [36] 全国地层委员会. 中国地层指南及中国地层指南说明书(修订版)[M]. 北京: 地质出版社, 2001.