

# 扇形地的类型辨析及区分方法探讨

陈同德<sup>1</sup>, 焦菊英<sup>1,2</sup>, 林红<sup>1</sup>, 王颢霖<sup>1</sup>, 赵春敬<sup>1</sup>, 章志鑫<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学 水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** [目的] 总结国内外对扇形地的研究成果及存在的问题, 为扇形地合理分类和地貌实体的区分提供方法和建议。[方法] 通过文献梳理, 总结了各类扇形地的概念、命名、地貌、地表环境和利用方式等方面的不同特征, 并对各类型扇形地进行辨析。[结果] 现有研究对扇形地的概念和类型尚未形成共识, 且部分研究对冲积扇、洪积扇和泥石流堆积扇的概念和命名有混淆。冲积扇和洪积扇地貌实体之间的主要区别为: 冲积扇扇面一般具有常流水, 且流道多固定, 但洪积扇则与此相反。区分各类扇形地地貌实体主要包括地理分布、地貌特征、遥感影像和实地勘察等方法。[结论] 明确扇形地的类型、地表环境特征和区域背景环境, 将有利于扇形地合理开发、利用和保护。

**关键词:** 扇形地; 冲积扇; 洪积扇; 地表环境; 利用特征

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-288X(2020)04-0190-09

**中图分类号:** S157

**文献参数:** 陈同德, 焦菊英, 林红, 等. 扇形地的类型辨析及区分方法探讨[J]. 水土保持通报, 2020, 40(4):190-198. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2020.04.026; Chen Tongde, Jiao Juying, Lin Hong, et al. Discrimination on types of fan-shaped land and its distinguishing methods [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(4):190-198.

## Discrimination on Types of Fan-shaped Land and Its Distinguishing Methods

Chen Tongde<sup>1</sup>, Jiao Juying<sup>1,2</sup>, Lin Hong<sup>1</sup>, Wang Haolin<sup>1</sup>, Zhao Chunjing<sup>1</sup>, Zhang Zhixin<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Erosion and Dryland Agriculture on the Loess Plateaus, Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** [Objective] The researches and existing problems on fan-shaped lands were reviewed in order to provide methods and suggestions for reasonable classification of fan-shaped lands and differentiation of geomorphic entities. [Methods] Through literature review, the concept, naming, geomorphology, surface environment and utilization characteristics of different fan-shaped lands were summarized, and their differences were analyzed. [Results] The existing researches have not formed a consistent concept and types for different fan-shaped lands. Some studies have confused the concept and naming of pluvial fan, diluvial fan and debris flow fan. The main difference between fluvial fan and the diluvial fan is that the fluvial fan generally has constant flow, and the flow channel is mostly fixed, but the diluvial fan is opposite. The methods for judging different fan-shaped landforms mainly include geographic distribution, landform feature, remote sensing image and field investigation. [Conclusion] Clarifying the type, surface environmental characteristics and regional background environment of fan-shaped lands would be beneficial to rational development, utilization and protection of fan-shaped lands.

**Keywords:** fan-shaped land; fluvial fan; diluvial fan; surface environment; utilization characteristic

在全球土地资源供需矛盾日益凸显, 人地关系日趋紧张的背景下, 如何缓解人地矛盾是当下人类社会

的一个重要任务<sup>[1]</sup>。中国人口不断增长, 人地关系也日益紧张, 尤其在中国西南<sup>[2]</sup>、西北<sup>[3]</sup>山区以及南方

收稿日期: 2020-03-09

修回日期: 2020-05-13

资助项目: 中国科学院战略性先导科技专项“泛第三极环境变化与绿色丝绸之路建设”子课题“土壤侵蚀定量评价与分区防控对策”(XDA20040202); 第二次青藏高原综合考察研究(2019QZKK060300)

第一作者: 陈同德(1993—), 男(汉族), 青海省民和县人, 博士研究生, 研究方向为土壤侵蚀和土地资源评价。Email: xnctd2015@126.com。

通讯作者: 焦菊英(1965—), 女(汉族), 陕西省宝鸡市人, 研究员, 博士生导师, 主要从事流域侵蚀产沙、土壤侵蚀与植被关系及水土保持效益评价研究。Email: jyjiao@ms.iswc.ac.cn。

山地丘陵区<sup>[4]</sup>等区域表现的更为突出,部分区域人地关系甚至已出现不可持续的态势<sup>[3]</sup>。主要原因是由于山区地形、气候和自然灾害等因素的限制,适宜开发的土地资源非常短缺,同时山区人口近年来增长速度较快,造成山区人地矛盾更为突出<sup>[5]</sup>。冲积扇、洪积扇、冲洪积扇、泥石流堆积扇和崩岗洪积扇等扇形地在中国山区(包括丘陵区)广泛分布<sup>[6-8]</sup>,是山区珍贵的土地资源。虽然洪积扇、泥石流堆积扇等扇形地面临洪水、泥石流等自然灾害的威胁,但是由于其地势相对平坦,土壤肥力较高等因素,扇形地仍是山区人民生产和生活的重要区域<sup>[8-11]</sup>。扇形地的研究主要集中于扇形地的形成和演化<sup>[12]</sup>、物质组成<sup>[13]</sup>、发育影响因素<sup>[14]</sup>、沉积特征<sup>[15]</sup>,以及扇面土壤理化性质<sup>[16]</sup>和开发潜力<sup>[8]</sup>等方面。尽管扇形地的研究涉及的方面较多,但现有研究对扇形地的概念和类型尚未形成共识。扇形地相关基础概念的不确定,不利于其形成机制、地表环境以及开发利用等方面的深入研究,也不利于扇形地研究之间的横向对比。另外,不同扇形地的地貌、物质组成和地表环境特征不同,人类对扇形地的利用特征也有较大差异,科学区分扇形地类型对生产建设和山区防灾意义重大<sup>[11]</sup>,然而目前少有研究对此进行关注。

本文通过梳理国内外关于扇形地的研究,对各类扇形地发育的区域、气候、主导因素、概念及命名方式等进行整理,据此提出扇形地概念和类型研究中存在的问题,并对各类扇形地的命名进行统一。另外,对各类扇形地主要的利用特征和地表环境问题进行分类论述,探讨各类扇形地的差异,以期对扇形地合理开发、利用和保护提供参考依据。

## 1 扇形地的类型

山前扇形地貌,根据其形成过程和主导形成因素,主要分为洪积扇、崩岗洪积扇、冲积扇、冲洪积扇和泥石流堆积扇等类型,被统称为扇形地(fan-shaped land)<sup>[17-18]</sup>。

各类扇形地,其主要的发育环境、发育历史、地貌形态、物源组成和扇面沟道形态等方面均有不同,扇形地的子类型多基于上述几类特征进行划分。①洪积扇主要发育在干旱、半干旱山区,是暂时性或者季节性河流携沙砾卵石等出口后形成具有多河床辫流的一种扇状地形,一般由多次洪积过程形成<sup>[19]</sup>。有学者根据洪积扇的形成时间和立地类型,对洪积扇进行了二级分类。根据形成时间,洪积扇分为古代洪积扇、现代洪积扇和多期洪积扇,且古洪积扇的规模较其他两类洪积扇大,其中:古洪积扇多分布于中高

山区及河流中下游区,自身坡度 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ,一般无滑坡及大的坍塌体,山体边坡稳定,适宜农耕和居住<sup>[20]</sup>;现代洪积扇仍处于发育阶段,扇体植被稀疏,且多为杂草和灌木,扇上洪积过程破坏力强,对人类生产活动危害大;多期洪积扇主要是由于地壳间歇性上升使得洪积扇后缘冲沟间歇性后退,在不同高程上分布不同时间形成的洪积扇,分布于顶端的形成年代最晚,这类洪积扇主要分布于河流上游,如西藏年楚河满拉和雄拉一带<sup>[21]</sup>。根据立地类型,洪积扇可划分为砂土质洪积扇、灰钙土洪积扇和山洪侵蚀沟壑洪积扇<sup>[22]</sup>。②崩岗洪积扇是中国南方特有的一类扇形地<sup>[18]</sup>,指崩岗侵蚀发生后,洪水携带崩积物至丘陵山地沟口后形成的扇形地<sup>[16]</sup>,也有人称之为崩岗冲积扇<sup>[23]</sup>。崩岗洪积扇的研究在中国尚处于发展阶段,有关其子类型划分的研究目前较缺乏。③冲积扇是具有经常性水流的山地河流,由于河流河床固定,冲积物出口后后可继续被携带到较远区域,通过河床摆动,形成的延伸很广、坡度较缓的扇状地貌<sup>[19]</sup>。冲积扇根据发育的气候区、扇面河流形状和物源组成等也有多种二级类型划分。根据冲积扇所处气候区,冲积扇可分为湿润扇和干旱扇<sup>[24]</sup>。根据冲积扇扇面上河流的形状,可将冲积扇分为网状河型冲积扇、辫状河型冲积扇和曲流河型冲积扇<sup>[25]</sup>。根据冲积扇物源组成的粗细程度,冲积扇可以分为粗粒冲积扇和细粒冲积扇,主要区别为粗粒冲积扇的沉积物粒度整体偏粗,其物源区母质岩以火山岩和变质岩为主,而细粒冲积扇的沉积物粒度整体偏细,区物源区母质岩以碎屑沉积岩为主<sup>[26]</sup>。一些山区的河流水量季节性变化较大,暴雨季节易形成洪流,易在冲积扇上叠加形成洪积扇,这种在山麓地带形成的扇形地称之为冲洪积扇<sup>[19]</sup>,但这类扇形地的主体部分仍为冲积扇。④泥石流堆积扇<sup>[27]</sup>是由泥石流过程主导形成的一种特殊扇形地,又称之为泥石流冲积扇<sup>[8]</sup>或泥石流扇形地<sup>[28]</sup>。对于泥石流堆积扇,根据其成因、发育历史、地貌形态、物源组成和人类活动等,具有多种二级划分方法<sup>[29]</sup>,如根据地貌形态,泥石流堆积扇可分为扇形、椭圆形、长条形、银杏叶形、透镜形以及上叠形等6类<sup>[30-31]</sup>;根据泥石流堆积扇组合形式可将其分为扇顶融合型、扇缘结合型和阻河型等3类<sup>[31]</sup>;根据泥石流堆积扇的发展趋势可分为发展期、旺盛期和停止发展期3类<sup>[29]</sup>;根据泥石流堆积扇的变形方式可将其分为镶嵌式、累叠式、侧向镶嵌式和串珠式4类泥石流堆积扇,其中串珠式泥石流堆积扇,除了受到新构造运动的影响外,还受到人为活动的作用(修建泥石流导排槽,在末端形成新的泥石流堆积扇)<sup>[32]</sup>。

## 2 扇形地的命名

本文对中国几个典型区域扇形地所在的区域气候、主导形成因素及命名整理,整理结果详见表 1。

由表 1 可以看出,扇形地在中国湿润区、半湿润区、半干旱和干旱区均有分布,主导因素有河流、洪水和泥石流。

现有关于扇形地的命名方式多以其形成的主导

因素为依据,河流作用下形成的扇形地貌被称之为冲积扇(alluvial fan),而泥石流、洪水等暂时性流水作用下形成的扇形地貌,其命名和对应英文翻译方式较多。如洪积扇(alluvial fan, diluvial fan, proluvial fan 或 pluvial fan)、泥石流堆积扇(alluvial fan)、泥石流冲积扇(alluvial fan of debris flows)、泥石流扇形地(debris flow alluvial fan)、崩岗洪积扇(collapsing alluvial fan)和崩岗冲积扇(alluvial)等。

表 1 国内文献中对扇形地貌的命名

地区	气候区	主导形成因素	命名	英文翻译
贺兰山东麓	半干旱气候区	洪水	洪积扇	alluvial fan <sup>[6]</sup>
腾格里沙漠西部	干旱气候区	洪水	洪积扇	proluvial fan <sup>[33]</sup>
酒泉玉门	干旱气候区	泥石流	洪积扇	diluvial fan <sup>[34]</sup>
昆明东川区	湿润气候区	泥石流	洪积扇	文中无翻译 <sup>[35]</sup>
贺兰山东麓	半干旱气候区	河流	冲积扇	alluvial fan <sup>[36]</sup>
内蒙额济纳旗	干旱气候区	河流	冲积扇	alluvial fan <sup>[37]</sup>
太原盆地	半湿润气候区	河流	冲积扇	alluvial fan <sup>[38]</sup>
张掖市山丹县	干旱气候区	洪水	冲积扇	alluvial fan <sup>[39]</sup>
云南永胜县	湿润气候区	泥石流	冲积扇	alluvial fan <sup>[40]</sup>
四川白龙江流域	湿润气候区	泥石流	泥石流冲积扇	alluvial fan of debris flows <sup>[8]</sup>
云南小江流域	湿润气候区	泥石流	泥石流扇形地	debris flow alluvial fan <sup>[28]</sup>
云南省漾濞县	湿润气候区	泥石流	泥石流堆积扇	alluvial fan <sup>[41]</sup>
云南怒江流域	湿润气候区	泥石流	泥石流扇	debris flow fans <sup>[11]</sup>
广东五华县	湿润气候区	洪水,崩岗	崩岗洪积扇	collapsing alluvial fan <sup>[7]</sup>
热带、亚热带红土区	湿润气候区	洪水,崩岗	崩岗冲积扇	alluvial <sup>[23]</sup>

注:扇形地分布的地区、气候区、主导形成因素、命名和英文翻译均摘录自对应参考文献。

Alluvial fan 为中国各扇形地命名最多的翻译方式(见表 1),以 alluvial fan 为关键词,查询国外相关研究,发现在所有陆地环境中,都有 alluvial fan 分布,包括阿尔卑斯山脉、热带潮湿地区、中纬度潮湿地区、地中海地区、冰缘区和干旱及半干旱地区<sup>[42]</sup>。不同区域 alluvial fan 有不同的形成过程<sup>[43]</sup>,意大利 Apennines 山脉的 alluvial fan 分为泥石流过程主导型的 alluvial fan 和洪水过程主导型的 alluvial fan<sup>[44]</sup>,分别称之为 debris flow dominated fan 和 water flood dominated fan,对应中国的泥石流堆积扇和洪积扇。土星第 6 号卫星的 alluvial fan 也主要由河流过程

(fluvial processes)和泥石流过程(debris flows)形成,分别被称为 debris flow fan(泥石流堆积扇)和 fluvial fan(河流扇,即冲积扇)<sup>[45]</sup>。美国印第安州西南部,由季节性溪流(ephemeral stream)携带高处的森林枯落物和土壤物质(soil materials)到沟口处形成 alluvial fan(洪积扇)<sup>[46]</sup>。以中国扇形地的其他翻译方式为关键词查询英文文献,如 diluvial fan, proluvial fan 和 collapsing alluvial fan 等词(表 1),发现文献作者基本为中国学者,因此可以判断国外对冲积扇、洪积扇、泥石流堆积扇等基本统称为 alluvial fan<sup>[47]</sup>,是个泛指扇形地的名词(见表 2),缺乏较为细致的分类。

表 2 国外文献中对扇形地貌的命名

地区	气候区	主导形成因素	命名
智利北部 Atacama 沙漠	干旱气候区	泥石流	alluvial fans <sup>[48]</sup>
意大利 Apennines 山脉	温带湿润气候区	洪水、泥石流	alluvial fans <sup>[44]</sup>
挪威 Svalbard archipelago 群岛	寒带干旱气候区	泥石流	colluvial fan 又称 debris flow fan 或 alluvial fan <sup>[49]</sup>
美国加利福尼亚州 Owens 峡谷	干旱气候区	岩崩和泥石流	alluvial fan <sup>[50]</sup>
土星六号卫星	极度干旱气候区	暴雨和洪水	alluvial fan <sup>[45]</sup>
美国亚利桑那州 Sonoran 沙漠	半干旱气候区	河流	alluvial fan <sup>[51]</sup>
加拿大 Jasper 国家公园	半湿润气候区	河流	alluvial fan <sup>[52]</sup>

注:扇形地分布的地区、气候区、主导形成因素和命名均摘录自对应参考文献。

中国目前对部分扇形地的命名有所混淆,如部分洪积扇被称之为冲积扇<sup>[39]</sup>,部分泥石流堆积扇被命名

为洪积扇<sup>[34]</sup>,崩岗洪积扇和泥石流堆积扇也有研究称之为崩岗冲积扇<sup>[23]</sup>和冲积扇<sup>[40]</sup>。命名的混乱主要表

现在“洪积”和“冲积”的混用,洪积过程是指洪水携带的沙石等物质发生沉积的过程,是个暂时性或者季节性的过程,而冲积过程是非季节性河流携带的物质发生沉积的过程,这两类过程形成的扇形地有较大区别,说明中国部分研究对于各扇形地的概念没有形成一致,命名和翻译的形式也较为多样(见表1)。另外,国内和国外对各扇形地的命名并不一一对应。中国扇形地的命名多样,而国外大部分研究对扇形地的命名为 alluvial fan,少有细致分类(见表2)。概念和命名的混乱不利用扇形地的科学利用和深入研究。前人处理命名混乱的主要方法为:将冲积过程和洪积过程下形成的扇均统称为冲积扇(alluvial fan)<sup>[53]</sup>,但这类方法对于研究扇形地地貌发育规律和形成影响因素等方面可能有益,因为扇形地的发育均和构造、气候、水文条件和集水区等因素有关,然而在人类利用扇形地土地资源的视角而言,这类处理方式可能有所欠缺。由上文可知,各类扇形地形成过程及其主导因素不同,因此形成的地貌形态和地表物质组成也有不同。同时,扇面上人类的生活和生产活动与扇形地的地表环境息息相关,但各扇形地的地表环境也有所差别,由此造成各类扇形地的利用特征的不同,下文将从这两个方面论述各扇形地的区别。

## 3 扇形地的利用特征和地表环境

### 3.1 冲积扇

冲积扇形成的主要动力来源为常流水(河流),其沉积过程稳定,形成的扇面一般较为宽广,坡度缓,地表多细颗粒,其地表环境适合人类生产活动,土地利用方式多种多样,包括城镇建设用地、工业用地和农业用地等,因此中国众多城市在冲积扇上逐步发展起来<sup>[54-56]</sup>。城市的分布与冲积扇形成的年代有关,例如,在永定河冲积作用下形成的冲积扇,其历史时期总共包括3期,由西北至东南方向分布,北京市中心处于第一期(第四纪)冲积扇上,通县(今为通州区)、南苑(今位于丰台区和大兴区)等位于第二期(同处第四纪但晚于第一期),河北雄县、坝县位于第三期(公元12—17世纪)<sup>[9]</sup>,这与目前北京及环线的发展程度一致。新疆玛纳斯河山麓冲积扇上的城镇分布也与冲积扇的形成时期有关,城镇基本分布于形成于晚更新世至全新世中期(3 600~27 000 a前)形成的冲积扇上,而形成于距今千百年的冲积扇基本无城镇分布<sup>[57]</sup>。冲积扇的规模也影响着城市的分布,黄河冲积扇是晚更新世至全新世晚期以来形成的古、老、新多期洪积扇形式的复合冲积扇,规模巨大,延伸410 km,其面积为72 144 km<sup>2</sup>,扇面地跨河南、河北、山东、江

苏和安徽等5省,分布有众多城市群<sup>[54]</sup>;而形成于中国昆仑山北麓冲积扇的冲积扇一般在南北方向延伸40~70 km<sup>[58]</sup>,难以有大城市的分布。这两个区域冲积扇的地貌分布规模存在很大差异,主要原因是因为区域气候条件、地质条件和演化历史不同,造成冲积扇地貌特征的不同<sup>[59]</sup>。冲积扇面临的地表环境问题主要由人类对冲积扇的过度开发引起,如分布于中国黑河流域的冲积扇扇缘部分,由于城市扩张和人口聚集,抽水造成地下水下降,扇中的地下水位也随之下降,中低覆盖度的草地退化成戈壁<sup>[60]</sup>;内蒙古大青山地处农牧交错带,山前分布有较多冲积扇,清代康熙雍正乾隆期间以来,当地人民对冲积扇进行了大规模的开垦和种植,由于过度开发利用,土壤沙化,形成大片弃耕的砂质撂荒地,冲积扇的地表环境持续恶化<sup>[61]</sup>;位于伊拉克南部的 Al-Batin 冲积扇,当地人们的生活用水和农业用水几乎全部来自于冲积扇的地下水,但地下水中铀、镉、钒、镍、铬、硼和铜等微量元素含量过高,这类元素被释放至冲积扇地表后,对当地的生态环境产生严重威胁<sup>[62]</sup>。

### 3.2 洪积扇

洪积扇形成的动力来源为季节性流水,形成的扇面规模较冲积扇小,且坡度更陡<sup>[45]</sup>,地面的起伏度和侵蚀沟的发育程度一般比冲积扇大<sup>[63]</sup>。洪积扇的地形地貌、规模、物质组成和环境问题造成人类对其的开发利用程度不如冲积扇,多有乡镇或者村庄分布。洪积扇地表的环境问题多为洪水和土壤侵蚀的威胁。伊朗分布有众多洪积扇,洪积扇的土壤较肥沃,因此洪积扇多被开发为居住用地和农业用地,但同时也饱受洪水灾害,在过去的60 a,有两个洪积扇发生的洪水次数高达240次,严重影响了农业生产<sup>[64]</sup>。巴基斯坦北部的 Chitral 河两岸,分布有大量洪积扇,被开发成果园、农田或者居民用地,但受到洪水灾害影响较大<sup>[65]</sup>。西藏中部河谷地带的洪积扇水土环境相对较好,分布有大量的村庄、农田和牧草地等<sup>[66]</sup>,如曲水县茶巴拉乡,全乡90%以上的村庄和95%以上的农田均分布于古洪积扇上<sup>[20]</sup>,但洪积扇地表冲沟发育明显,严重影响当地农牧业生产和村落的安全<sup>[67]</sup>。同时,区域环境背景也影响着洪积扇的地表环境,比如因黄河源区整体沙漠化发展,山麓洪积扇在1986—2000年也处于沙漠化加剧过程<sup>[68]</sup>;西藏洪积扇上的沙堆因所处区域环境不同而处于不同的活动状态,藏东南的洪积扇上沙堆多以固定、半固定为主,藏南雅江流域以固定、半固定和部分流动沙丘为主,而在藏北、藏西北则以流动沙丘为主<sup>[69]</sup>。因此在科学利用扇形地时,除考虑扇形地本身的地貌特征和地表环境

时,也需考虑区域环境背景的差异。例如,分布于宁夏地区的洪积扇,地处干旱半干旱气候区,其区域背景环境表现为干燥少雨,水资源匮乏,因此扇体的承载力有限,但近年来一些分布于扇体上的乡镇人口逐渐增加、人类活动加剧,导致扇体水资源紧缺,因此洪积扇地表环境质量不断下降<sup>[70]</sup>。

### 3.3 泥石流堆积扇

在相同的背景条件下,泥石流堆积扇的规模要小于洪积扇,且组成物质的分选性和坡度大于洪积扇<sup>[11]</sup>。与洪积扇类似,泥石流堆积扇也因规模、地貌和地表环境的影响,其土地利用程度不高,没有城市分布,多为被开发为村庄或者乡镇<sup>[11]</sup>。泥石流堆积扇有高级、中级和低级 3 类开发模式,分别对应乡镇建设、村寨建设和农业开发,高级模式的泥石流堆积扇基本处于稳定状态,而初级开发模式的泥石流堆积扇受灾害风险最大<sup>[29]</sup>。在怒江高山峡谷区(六库至贡山段)分布的 176 个泥石流堆积扇中,79 个泥石流堆积扇有居民分布,75 个泥石流堆积扇有农耕地的分布,共涉及 50 个村<sup>[31]</sup>。泥石流堆积扇的地表环境问题主要为泥石流灾害。但在中国西南山区,泥石流堆积扇仍被辟为人类生活生产的重要场所<sup>[8]</sup>,目前一些扇上的耕地、林草地和居民地仍在增加<sup>[27]</sup>,在一些开阔的泥石流堆积扇上,还建有城镇或工厂,但因泥石流产生的损失较大<sup>[30]</sup>。如云南省贡山县北部丙中洛乡毕里村分布于泥石流堆积扇上,2011 年 6 月 24 日因发生泥石流,扇上 500 余间民房被摧毁<sup>[31]</sup>。泥石流堆积扇不同部位泥石流的危险性一般具有差异性,泥石流堆积扇上靠近泥石流沟的部位,尤其泥石流沟拐弯处,遭受泥石流的可能性较大<sup>[41]</sup>。

### 3.4 崩岗洪积扇

崩岗洪积扇是中国南方花岗岩丘陵区一类特殊的扇形地,是在崩岗侵蚀发生后,经由径流搬运至沟口形成的扇形地,其形成的主要影响因素为崩岗侵蚀和洪水(表 1)。崩岗洪积扇也因规模和地貌的限制,多分布村庄和农业用地<sup>[10]</sup>,难以发展成城镇或城市。崩岗洪积扇地表环境问题主要由崩岗侵蚀和洪水引起。崩岗侵蚀产生的崩积物,经洪水搬运至崩岗洪积扇地表,洪积物掩埋毁坏农田和水利设施,引起地表沙化,使扇面农田逐步丧失可耕性<sup>[7,16]</sup>。崩岗洪积扇(江西赣县)土壤理化性质在空间分布上有显著分异规律:扇顶至扇缘,砾石和砂粒含量逐渐减少,黏粒和粉粒含量逐渐增加,肥力(土壤含水率、pH 值、土壤有机质、土壤全钾、土壤全氮、土壤碱解氮、土壤速效磷、土壤全磷、速效钾和阳离子交换量)也随之增加,相比扇顶,扇中和扇缘肥力等级系数分别增加 119.31%和

157.93%<sup>[16]</sup>;湖北、福建和广东等地的崩岗洪积扇的土壤理化性质在扇根至扇缘也呈现上述规律,且各地崩岗洪积扇的扇根处,土壤可蚀性最大<sup>[71]</sup>,因此崩岗洪积扇土壤粗化沙化的程度一般在扇顶最为严重,扇中和扇缘次之<sup>[72]</sup>。

综上所述,冲积扇、洪积扇、泥石流堆积扇和崩岗洪积扇的利用特征和地表环境均有区别和差异,以空间尺度而言,冲积扇的规模一般要大于其他类型的扇形地;以利用程度而言,冲积扇一般也大于其他类型的扇形地。地表环境对于扇形地表人类的生活生产活动至关重要,良好的生态环境有利用人类生存。因此,如果不对各类扇形地进行合理区分,将不利于生产。如,有研究表明张掖市丹县西北处的冲积扇由于洪水冲刷其表层,形成众多细沟、浅沟和辫状、树枝状的冲沟,冲沟的形成使埋藏于冲积扇内部的管道易于暴露,严重威胁其运行安全<sup>[39]</sup>。但该研究中提到此扇形地由暂时性洪水冲积而成,应为洪积扇,而非冲积扇。若在布设管道之前,事先对区域分布的扇形地进行科学区分,对潜在的环境风险进行预防或者合理规划,将有利于人类的生产活动。因此,需要对各扇形地的概念和命名方式进行统一,以便于扇形地的科学利用。笔者建议利用各扇形地形成的主导因素对其进行命名,分别命名为冲积扇、洪积扇、泥石流堆积扇和崩岗洪积扇,对应的形成主导因素为河流、季节性流水(洪水)、泥石流、以及崩岗侵蚀和洪水。

## 4 区分扇形地地貌实体的方法

冲积扇在中国北方<sup>[53]</sup>、华南<sup>[73]</sup>和西南<sup>[74]</sup>均有分布,是分布最广泛的一类扇形地,而洪积扇一般分布于中国干旱、半干旱地区,泥石流堆积扇多分布于中国西南山区,而崩岗洪积扇均分布于中国南方花岗岩丘陵区,所以首先需要区分的是冲积扇和其他扇形地。首先,可利用冲积扇和其他扇形地的地貌特征和多期遥感影像进行判断(见图 1)。冲积扇是由河流作用形成,因此冲积扇的扇体具有明显的固定沟道(河道)和常年流水;而洪积扇、泥石流堆积扇和崩岗洪积扇地貌实体均由季节性或者暂时性流水作用形成,扇体不具有固定沟道,也不具有常年流水<sup>[19]</sup>。由此得到冲积扇和其他类型扇形地之间两个最主要的区别:①是否有明显的固定沟道;②是否有常流水。通过这两个地貌特征结合多期影像即可判别冲积扇和其他扇形地。如中国新疆很多区域同时分布有冲积扇和洪积扇<sup>[58]</sup>,以库尔勒市(库尔勒市就处于冲积扇上,由孔雀河冲积形成<sup>[75]</sup>)的冲积扇和洪积扇为例,二者地貌特征的区别:冲积扇由常流水作用形成,冲积扇

上方有常流水分布,且形成的沟道固定,而洪积扇为季节性流水(多期遥感影像可判断是否有常流水),沟道分布呈辫状(见图 2)。在西藏拉萨河流域分布的堆龙曲冲积扇<sup>[76]</sup>和洪积扇地貌特征也呈现上述的规律(图 3)。其次,需要区分的是崩岗洪积扇、洪积扇和泥石流堆积扇的地貌实体,崩岗洪积扇在中国只位于南方花岗岩丘陵区,且扇体上方一般具有崩岗侵蚀形成的“围椅状”地貌(图 4)<sup>[77]</sup>,可直接由地理分布区分出崩岗洪积扇(图 1)。最后,需要区分的是洪积扇和泥

石流堆积扇的地貌实体,因为在中国西南山区,在一些流域同时分布有泥石流堆积扇和洪积扇,且规模上没有较大差异<sup>[11]</sup>,加上植被的影响(见图 5),在分辨率较低的影像中难以进行准确区分。此时可通过高分遥感影像或者实地勘测,根据其物源组成和地貌特征进行区分(图 1)。泥石流堆积扇地表物质的分选性很差,地表多砾石,且泥石流堆积扇的坡度要大于洪积扇<sup>[11]</sup>。因此,区分各类扇形地的地貌实体可通过地貌特征、地理分布、遥感影像和实地勘察等方法。

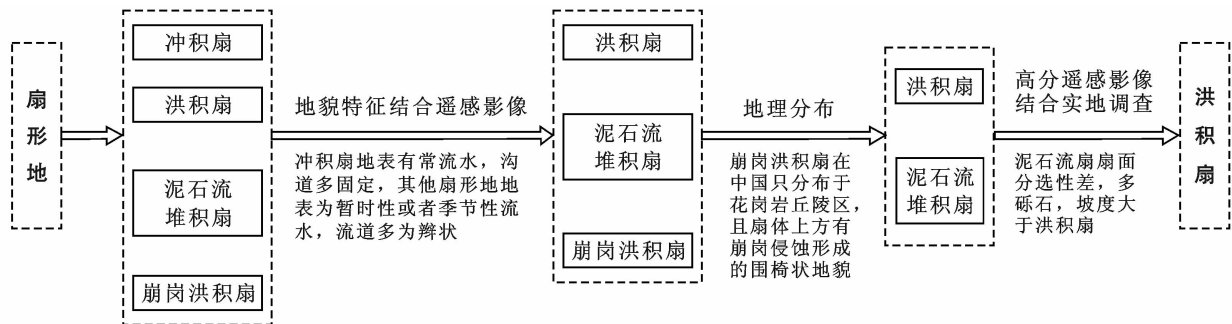


图 1 区分各类扇形地地貌实体的方法

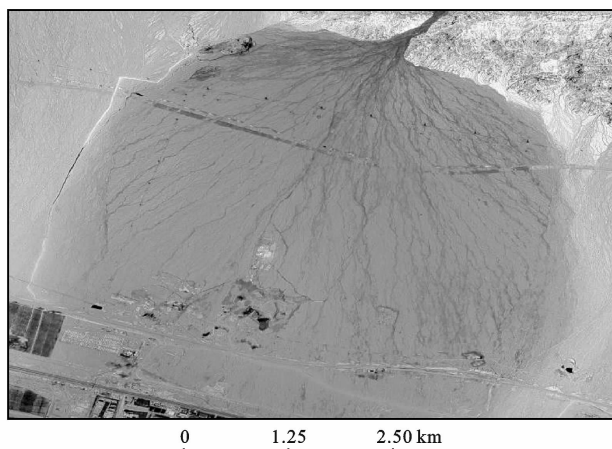
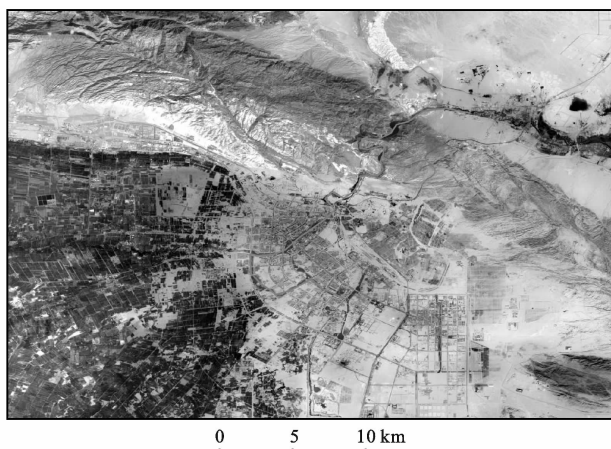


图 2 新疆库尔勒市的孔雀河冲积扇(左)和洪积扇(右)(谷歌影像)

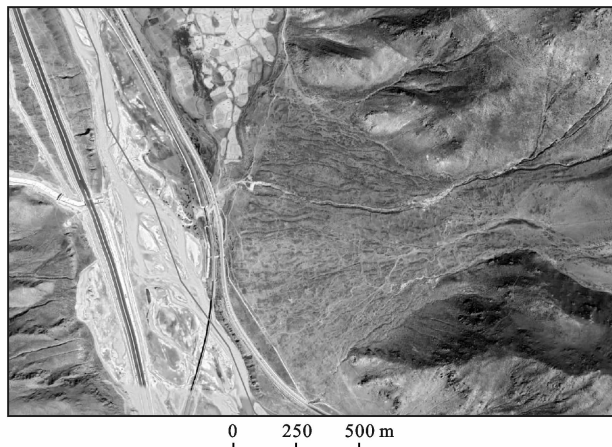
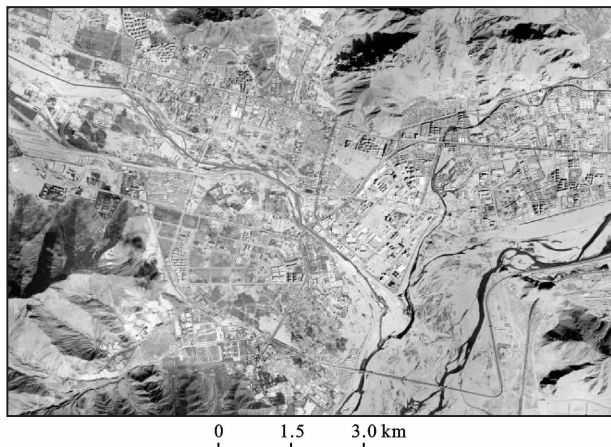


图 3 拉萨河流域堆龙曲冲积扇(左)和洪积扇(右)(谷歌影像)



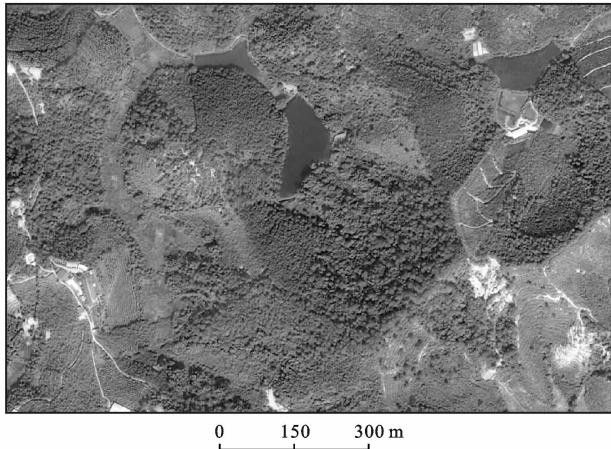


图 4 广西苍梧县龙圩镇崩岗洪积扇<sup>[78]</sup> (谷歌影像)

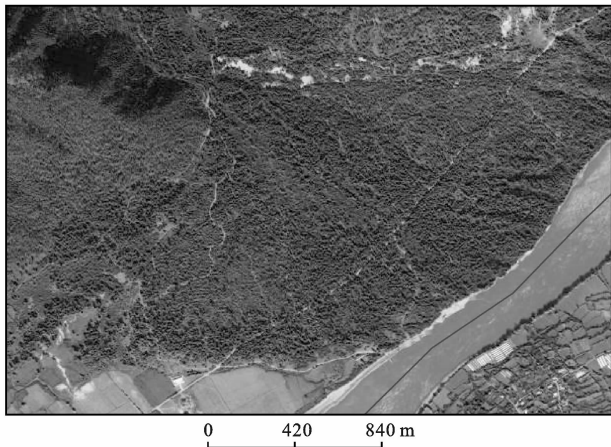


图 5 林芝市米林县泥石流堆积扇<sup>[30]</sup> (谷歌影像)

## 5 结论

(1) 扇形地的概念和命名目前不统一。中国主要表现在冲积扇、洪积扇和泥石流堆积扇概念和命名有部分混淆;而国外目前少有对扇形地的二级划分,统称为 alluvial fan。笔者建议利用扇形地形成的主导因素对其命名进行统一,分别为冲积扇、洪积扇、泥石流堆积扇和崩岗洪积扇,对应的形成主导因素为河流、季节性流水(洪水)、泥石流以及崩岗侵蚀和洪水。

(2) 冲积扇、洪积扇、泥石流堆积扇和崩岗洪积扇的地貌特征和地表环境均有区别,规划利用扇形地时,应对扇形地进行区分,对各扇形地主要的环境风险进行预防、治理或者规避,进而合理的利用、改良和保护扇形地。

(3) 可依据扇形地的地貌特征、地理分布、遥感影像及实地勘察等方法来区分不同扇形地的地貌实体。

### [ 参 考 文 献 ]

[1] Verburg P H, van de Steeg J, Veldkamp A, et al. From

land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization [J]. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90(3): 1327-1335.

- [2] 吴映梅,沈琼. 西南区人地关系演进状态综合评价[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2006, 31(6): 148-152.
- [3] 逯承鹏,陈兴鹏,王红娟,等. 西北少数民族地区人地关系演变动态仿真研究:以甘南州为例[J]. *自然资源学报*, 2013, 28(7): 1255-1263.
- [4] 钟业喜,冯兴华,宋丽,等. 赣南山地丘陵区城市人口增长与建成区扩张耦合关系[J]. *山地学报*, 2016, 34(4): 485-495.
- [5] 刘斌涛,刘邵权,陶和平,等. 基于 GIS 的山区土地资源安全定量评价模型:以四川省凉山州为例[J]. *地理学报*, 2011, 66(8): 1131-1140.
- [6] 李庶波,张珂,章桂芳,等. 基于 GIS 技术研究贺兰山、罗山洪积扇特征与山脉抬升关系[J]. *山地学报*, 2015, 33(3): 268-278.
- [7] 马媛,丁树文,邓羽松,等. 五华县崩岗洪积扇土壤分形特征及空间变异性研究[J]. *水土保持学报*, 2016, 30(5): 279-285.
- [8] 柳金峰,黄江成,欧国强,等. 白龙江中游泥石流冲积扇坡耕地开发潜力分析[J]. *水土保持研究*, 2011, 18(1): 92-96.
- [9] 张福堂. 永定河冲积扇及古河道在卫星图象上的显示特征[J]. *水文地质工程地质*, 1986(1): 53-54.
- [10] 龙莉. 通城县花岗岩崩岗洪积扇区农田退化及质量评价[D]. 湖北 武汉:华中农业大学资源与环境学院, 2013.
- [11] 吕立群,王兆印,徐梦珍,等. 怒江泥石流扇地貌特征与扇体堵江机理研究[J]. *水利学报*, 2016, 47(10): 1245-1252.
- [12] McGee W J. Sheetflood Erosion [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1896, 8(1): 87-112.
- [13] Blissenbach E. Relation of surface angle distribution to particle size distribution on alluvial fans (Arizona) [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1952, 22(1): 25-28.
- [14] 李亚林,王成善,王谋,等. 藏北长江源地区河流地貌特征及其对新构造运动的响应[J]. *中国地质*, 2006, 33(2): 374-382.
- [15] Kostaschuk R A, Macdonald G M, Putnam P E. Depositional process and alluvial fan-drainage basin morphometric relationships near Banff, Alberta, Canada [J]. *Earth Surface Processes & Landforms*, 1986, 11(5): 471-484.
- [16] 邓羽松,丁树文,邱欣珍,等. 赣县崩岗洪积扇土壤肥力的空间分异规律[J]. *中国水土保持科学*, 2015, 13(1): 47-53.
- [17] 杨发相. 新疆扇形地及其绿洲的形成演变[J]. *宁夏工程技术*, 2004, 3(3): 210-213.

- [18] 曾昭旋. 从暴雨地貌看崩岗发育及其整治[J]. 福建水土保持, 1992(1): 18-23.
- [19] 地质矿产部地质辞典办公室. 地质大辞典[M]. 北京: 地质出版社, 2005.
- [20] 何果佑, 达桑, 陈春, 等. 洪积扇的分布与地质条件及人类工程活动的关系[J]. 水力发电, 2010, 36(1): 45-47.
- [21] 何果佑, 陈春, 刘亚东. 论洪积扇的地质特征与人类社会经济发展的关系[J]. 资源环境与工程, 2009, 23(5): 628-632.
- [22] 董新明, 张亚宁, 李生红. 贺兰山东麓山前洪积扇不同立地类型造林技术[J]. 现代农业科技, 2013(17): 199.
- [23] 黄斌, 李定强, 袁再健, 等. 崩岗治理技术措施研究进展与展望[J]. 水土保持通报, 2018, 38(6): 248-253.
- [24] 陈欢庆, 赵应成, 高兴军, 等. 准噶尔盆地西北缘克下组冲积扇类型[J]. 大庆石油地质与开发, 2014, 33(2): 6-9.
- [25] 刘大卫, 纪友亮, 高崇龙, 等. 砾质辫状河型冲积扇沉积微相及沉积模式: 以准噶尔盆地西北缘现代白杨河冲积扇为例[J]. 古地理学报, 2018, 20(3): 435-451.
- [26] 吴胜和, 冯文杰, 印森林, 等. 冲积扇沉积构型研究进展[J]. 古地理学报, 2016, 18(4): 497-512.
- [27] 李淑松. 小江流域泥石流堆积扇演化特征及其综合利用[D]. 四川 绵阳: 西南科技大学, 2019.
- [28] 李彦稷, 胡凯衡. 基于扇形地形态特征的泥石流危险评估[J]. 山地学报, 2017, 35(1): 32-38.
- [29] 谭万沛. 泥石流扇的类型与土地利用模式[J]. 地理学与国土研究, 2000, 16(1): 73-76.
- [30] 苏永超. 雅鲁藏布江米林段泥石流堆积扇形态特征与堆积范围研究[D]. 四川 成都: 成都理工大学, 2011.
- [31] 李旭, 黄江成, 徐慧娟, 等. 怒江高山峡谷区泥石流堆积扇特征分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2016, 38(5): 750-757.
- [32] 唐川, 朱静, 段金凡, 等. 云南小江流域泥石流堆积扇研究[J]. 山地研究, 1991, 32(3): 179-184.
- [33] 刘虎俊, 王继和, 孙坤, 等. 干旱区荒漠景观的植被自然更新机制初探[J]. 西北植物学报, 2005, 25(9): 1816-1820.
- [34] 李增, 王云斌, 梁明宏, 等. 粒度统计分析方法在青藏高原隆升研究中的运用及效果: 以昌马洪积扇为例[J]. 西北地质, 2005, 38(3): 16-20.
- [35] 林辉. 泥石流地区的铁路选线[J]. 铁道工程学报, 1992, 9(3): 121-127.
- [36] 莫多闻, 朱忠礼, 万林义. 贺兰山东麓冲积扇发育特征[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1999, 35(6): 816-823.
- [37] 王丽琴, 李红丽, 董智, 等. 额济纳盆地戈壁纵剖面沉积物粒度参数分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21(1): 152-156, 162.
- [38] 李新坡, 莫多闻, 朱忠礼, 等. 一个片流过程控制的冲积扇: 太原盆地风峪沟冲积扇[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2007, 43(4): 560-566.
- [39] 王庆栋, 汪鹏飞, 王子帅, 等. 冲积扇油气管道坡面侵蚀灾害因子分析[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2018, 40(6): 157-164.
- [40] 张斌, 段现花, 唐红波, 等. 云南大永高速八代村冲积扇沟谷泥石流危险度评价[J]. 水利与建筑工程学报, 2019, 17(5): 50-55.
- [41] 唐川, 刘洪江. 泥石流堆积扇危险度分区定量评价研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(3): 63-70.
- [42] Dorn R I. The Role of Climatic Change in Alluvial Fan Development [M]. London: Chapman and Hall, 1994.
- [43] Norini G, Zuluaga M C, Ortiz I J, et al. Delineation of alluvial fans from digital elevation models with a GIS algorithm for the geomorphological mapping of the Earth and Mars [J]. Geomorphology, 2016, 273: 134-149.
- [44] Santangelo N, Daunis-i-Estadella J, Di Crescenzo G, et al. Topographic predictors of susceptibility to alluvial fan flooding, Southern Apennines [J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2012, 37(8): 803-817.
- [45] Birch S P D, Hayes A G, Howard A D et al. Alluvial fan morphology, distribution and formation on Titan [J]. Icarus, 2016, 270: 238-247.
- [46] Norton J B, Sandor J A, White C S, et al. Organic matter transformations through arroyos and alluvial fan soils within a native American agroecosystem [J]. Soil Science Society of America Journal, 2007, 71(3): 829-835.
- [47] Heyvaert V M A, Walstra J. The role of long-term human impact on avulsion and fan development [J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2016, 41(14): 2137-2152.
- [48] De H T, Ventra D, Carbonneau P E, et al. Debris-flow dominance of alluvial fans masked by runoff reworking and weathering [J]. Geomorphology, 2014, 217: 165-181.
- [49] Bernhardt H, Reiss D, Hiesinger H, et al. Debris flow recurrence periods and multi-temporal observations of colluvial fan evolution in central Spitsbergen(Svalbard) [J]. Geomorphology, 2017, 296: 132-141.
- [50] Blair T C. Alluvial fan and catchment initiation by rock avalanching, Owens Valley, California [J]. Geomorphology, 1999, 28(3): 201-221.
- [51] Parker K C. Effects of complex geomorphic history on soil and vegetation patterns on arid alluvial fans [J]. Journal of Arid Environments, 1995, 30(1): 19-39.
- [52] Levson V M, Rutter N W. Influence of bedrock geology on sedimentation in Pre-Late Wisconsinan alluvial fans



- in the Canadian Rocky Mountains [J]. *Quaternary International*, 2000, 68: 133-146.
- [53] 李新坡. 中国北方地区冲积扇地貌发育特征与影响因素分析[D]. 北京: 北京大学城市与环境学院, 2007.
- [54] 马玉凤, 李双权, 潘星慧. 黄河冲积扇发育研究述评[J]. *地理学报*, 2015, 70(1): 49-62.
- [55] 徐建华, 罗格平, 白新萍, 等. 新疆绿洲型城市优化选址的环境地质模型[J]. *干旱区资源与环境*, 1995, 9(3): 80-87.
- [56] 许仲路, 朱红. 成都市区的城市地貌问题初探[J]. *四川师范大学学报(自然科学版)*, 1991, 14(2): 106-111.
- [57] 崔卫国, 穆桂金, 夏斌, 等. 玛纳斯河山麓冲积扇演变遥感研究[J]. *地理与地理信息科学*, 2006, 22(3): 39-42.
- [58] 赵济. 新疆冲积平原、洪积平原的地貌特征及其垦荒条件[J]. *地理学报*, 1960, 15(2): 121-128.
- [59] 李新坡, 莫多闻, 朱忠礼. 祁连山、贺兰山与吕梁山山前冲积扇上的农地对比[J]. *地理研究*, 2006, 25(6): 985-993, 1146.
- [60] 周剑, 李新, 王根绪, 等. 黑河流域中游地下水时空变异性分析及其对土地利用变化的响应[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(3): 498-506.
- [61] 牛淑贞. 明清生态环境劣变与大青山前城镇水灾的关系: 以归绥城为例[J]. *山西大学学报(哲学社会科学版)*, 2015, 38(6): 49-57.
- [62] Alkinani M, Wiche O, Kanoua W, et al. Sequential extraction analysis of U, Sr, V, Ni, Cr, B, and Mo in sediments from the Al-Batin alluvial fan, Southern Iraq [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2019, 78(24): 1-13.
- [63] 刘方圆, 崔俊辉, 陈立江, 等. 华北平原地貌区划新见[J]. *地理与地理信息科学*, 2009, 25(4): 100-103.
- [64] Mollaei Z, Davary K, Hasheminia S M, et al. Enhancing flood hazard estimation methods on alluvial fans using an integrated hydraulic, geological and geomorphological approach [J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2018, 18(4): 1159-1171.
- [65] Khan M A, Haneef M, Khan A S, et al. Debris-flow hazards on tributary junction fans, Chitral, Hindu Kush Range, Northern Pakistan [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013, 62: 720-733.
- [66] 陈同德, 焦菊英, 王颢霖, 等. 青藏高原土壤侵蚀研究进展[J]. *土壤学报*, 2020, 57(3): 547-564.
- [67] 马波, 张加琼, 税军锋, 等. 西藏中东部地区土壤侵蚀野外调查报告[J]. *水土保持通报*, 2018, 38(5): 1-8, 361.
- [68] 曾永年, 冯兆东. 黄河源区土地沙漠化时空变化遥感分析[J]. *地理学报*, 2007, 62(5): 529-536.
- [69] 金炯, 董光荣, 邵立业, 等. 西藏土地风沙化问题的研究[J]. *地理研究*, 1994, 13(1): 60-69.
- [70] 李鸣骥, 何彤慧, 璩向宁. 山前洪积扇面小城镇城镇化过程与区域环境变化关系初探[J]. *山地学报*, 2003, 21(2): 173-179.
- [71] Deng Yusong, Shen Xue, Xia Dong, et al. Soil erodibility and physicochemical properties of collapsing gully alluvial fans in Southern China [J]. *Pedosphere*, 2019, 29(1): 102-113.
- [72] 邓羽松, 丁树文, 蔡崇法, 等. 鄂东南崩岗洪积扇土壤物理性质空间分异特征[J]. *中国农业科学*, 2014, 47(24): 4850-4857.
- [73] 吴因业, 冯荣昌, 岳婷, 等. 浙江中西部永康盆地及金衢盆地白垩系冲积扇特征[J]. *古地理学报*, 2015, 17(2): 160-171.
- [74] 王凤林, 李勇, 李永昭, 等. 成都盆地新生代大邑砾岩的沉积特征[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2003, 30(2): 139-146.
- [75] 李晓东. 库尔勒地震台建设与发展[J]. *地震地磁观测与研究*, 2017, 38(3): 2, 227.
- [76] 陈正位, 曹忠权, 谢平, 等. 拉萨地区晚第四纪地壳的抬升与拉萨河的向南迁移[J]. *地质力学学报*, 2007, 13(4): 307-314.
- [77] 区晓琳, 陈志彪, 陈志强, 等. 闽西南崩岗土壤理化性质及可蚀性分异特征[J]. *中国水土保持科学*, 2016, 14(3): 84-92.
- [78] 梁传平, 邓羽松, 张杰源, 等. 苍梧崩岗洪积扇不同土地利用方式土壤性质分异及肥力评价[J]. *南方农业学报*, 2015, 46(4): 592-596.