

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2017.03.09

引用格式: 李晓民,李冬玲,武平生,等.西昆仑甜水海西典型地区环境地质遥感调查进展[J].中国地质调查,2017,4(3): 57-63.

西昆仑甜水海西典型地区环境地质遥感调查进展

李晓民^{1,2}, 李冬玲^{1,2}, 武平生³, 张焜^{1,2}, 辛荣芳^{1,2}, 刘世英^{1,2}

(1. 青海省青藏高原北部地质过程与矿产资源重点实验室, 西宁 810012; 2. 青海省地质调查院, 西宁 810012; 3. 中国人民解放军 68612 部队, 银川 750021)

摘要: 随着中国经济的高速发展,了解西昆仑地区环境地质演变有着重要意义,尤其对边境地区的国防建设具有重要的战略意义。为此,利用国产高分一号(GF-1)卫星数据在西昆仑甜水海西典型地区进行1:5万比例尺的环境地质遥感调查,并利用3期不同时相的遥感数据作参照,定性定量相结合,综合分析了该地区环境地质近20 a的演变。该区以冻融荒漠化和水蚀荒漠化为主,1993—2013年间,区内荒漠化面积不断增加,尤其是冻融荒漠化面积增加了2.29 km²,地质环境、地形地貌等自然因素决定了荒漠化的整体空间分布特征;同期的湖泊、沼泽面积也呈逐年增加态势,反映了当地气候逐渐变暖的现象。区域荒漠化加剧,容易诱发滑坡、泥石流和沉陷等地质灾害,损毁道路,严重影响着该地区经济发展和国防建设。在自然地理条件恶劣、交通条件不便的地区,高分辨率遥感技术可以发挥其强大的地质判析力。

关键词: 西昆仑; 甜水海西; 环境地质; 冻融荒漠化; 遥感调查

中图分类号: TP79; X14

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2017)03-0057-07

0 引言

甜水海西位于新疆维吾尔自治区南部西昆仑山区的中印边境地区,了解该地区环境地质演变有着重要意义,尤其对边境地区的国防建设具有重要的战略意义^[1-2]。由于该地区海拔高(5 000 m以上)、环境条件恶劣及交通困难等原因,目前仅有1:20万和1:25万区域地质调查及小比例尺环境地质调查成果,研究程度低,生态环境脆弱。前人在小比例尺调查中把研究区确定为冻融荒漠化地区,尚未进行大比例尺的环境地质调查。冻融荒漠化是在气候变异和(或)人为活动的作用下,高海拔地区多年冻土发生退化,季节融化层厚度增大,地表岩土冻土地质地貌过程得到强化,造成植被衰退、土壤退化、地表裸露化、破碎化的土地退化过程^[3-4]。青藏高原独特而脆弱的生态环境,使其具有冻融荒漠化形成发育的物质基础和动力条件,在

高原形成较大面积的冻融荒漠化土地,并对其可持续发展构成巨大的环境压力。这一地区生态地质环境的脆弱性与敏感性决定了需要对其进行进一步的遥感调查与监测工作。随着遥感技术的迅速发展,其宏观性、多时相性及高光谱分辨率等探测优势,不仅可以对地质环境进行快速调查与动态监测,而且可以细分地质现象,解译不同生态系统的特征、影响和控制生态系统的地质环境要素(地形地貌格局、土地利用类型、重大地质灾害区带和水土流失严重区域等),划分不同的生态环境地质单元等,为本次环境地质调查提供了有力工具^[5-10]。

随着我国经济的高速发展,现有小比例尺调查成果已满足不了西部艰险地区发展需求。为此,本文利用国产高分一号(GF-1)卫星数据在该地区进行1:5万比例尺的环境地质遥感调查,并利用3期不同时相的遥感数据,分析该地区生态地质环境变化趋势,为后续的地方经济发展和国防建设等提供参考依据。

收稿日期: 2017-03-07; 修订日期: 2017-04-01。

基金项目: 中国地质调查局“全国边防地区基础地质遥感调查(编号: DD20160076)”项目资助。

第一作者简介: 李晓民(1988—),男,工程师,主要从事遥感地质调查工作。Email: qhsrainly@qq.com。

1 研究区概况

选择甜水海西边地区重要交通线沿线地区开展环境地质调查与监测工作。研究区地理坐标为：E79° 10' 30" ~ 78° 17' 15"，N35° 04' 45" ~ 35° 08' 30"，总面积约 70 km²(图 1)。



图 1 研究区位置示意图(地理底图据文献[11])
Fig. 1 Sketch map of location of the study area (geographic base map according to reference[11])

研究区总体上属高原寒带荒漠气候,具内陆高原干旱、寒冷的气候特征。自然条件极端恶劣,绝大部分地区人迹罕至。区东部有 219 国道通过;区内有边防公路尚可通行,但路况极差,交通极为困难。区内水系为内陆水系,河水受天气影响较大,其中 7—8 月为洪水期^[12]。研究区处于西昆仑高山、极高山环境地质亚区,山体高大,素有世界屋脊之称。气候干旱,降水量由西向东逐渐减少,植被不发育,植被覆盖度小于 40%。在海拔 5 000 ~ 5 500 m 以上为冰川作用高山带,有终年积雪和冰川分布;在 5 000 ~ 4 000 m 冰缘作用高山带,冻土地貌发育,陡坡基岩裸露,坡麓广布倒石堆。

2 技术方法

2.1 遥感数据选择与处理

选择不同时相的国产 GF-1 数据和 ETM+ 数据进行环境地质调查与监测工作。卫星遥感数据的获取时间在 1993—2013 年间的 20 a,获取季节为夏秋季,能较好地反映环境地质变化情况。对 ETM+ 数据采用 PCA 变换融合算法进行融合处理制作影像图;对 GF-1 卫星数据利用全色增强融合算法(Pansharp)进行融合处理(图 2)。

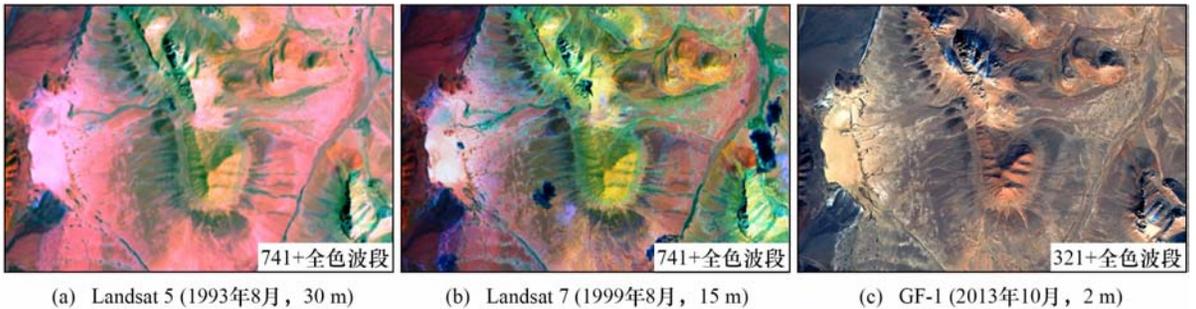


图 2 研究区遥感影像图
Fig. 2 Remote sensing images of the study area

2.2 环境地质调查方法

根据研究区的高海拔、气候寒冷等特点,参考中国地质调查局施行的《环境地质遥感监测技术要求(DD 2011—07)》,制定了调查技术流程(图 3)。

调查与监测的内容包括地质环境调查和生态地质环境动态监测,本区地质灾害主要为泥石流。地质环境遥感调查包括地层岩性/构造调查、气象与水文调查、地形地貌调查、土地覆被调查和其他

(包括新构造运动、地震、人类工程经济活动等)调查。生态地质环境动态监测包括对冻融荒漠化、水蚀荒漠化、裸岩、沼泽、湖泊等的变化监测。对冻融荒漠化和水蚀荒漠化进行分级,并利用 3 期遥感影像对变化大的因子进行相关监测。其中,荒漠化分级参考国家林业局在《第四次全国荒漠化和沙化监测技术规定》中的荒漠化调查指标体系,通过遥感解译加以圈定。

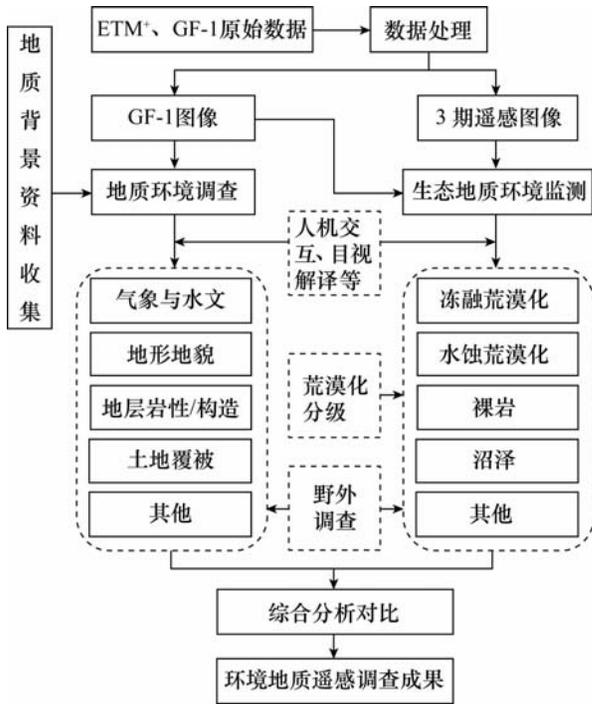


图3 环境地质遥感调查技术流程

Fig.3 Flow chart of environmental geologic remote sensing investigation

3 环境地质遥感调查

研究区几乎无人活动,219国道由北向南横穿而过。该区属于西昆仑地震亚区,其邻区在1938年发生过5级地震,在1926年发生过6.2级地震。区内地层岩性/构造调查、水文调查、地形地貌调查和土地覆被调查类型划分标准均以《中国西部艰险地区遥感地质综合调查工作指南》^[13]为依据。

3.1 基础地质遥感调查

区内地层主要以中侏罗统龙山组 and 上白垩统铁隆滩群为主,2套地层以角度不整合接触,岩性以灰岩为主,其次分布大量的第四纪沉积物(包括冲积、洪积、冲洪积和坡洪积等)。断层以NW向为主展布,并在区内发育活动断裂,控制着水系沟谷的形成(图4(a))。工程地质类型划分结果表明,本区主要由次坚岩、碎石土、砂砾土、砂性土和黏性土等组成(图4(b))。

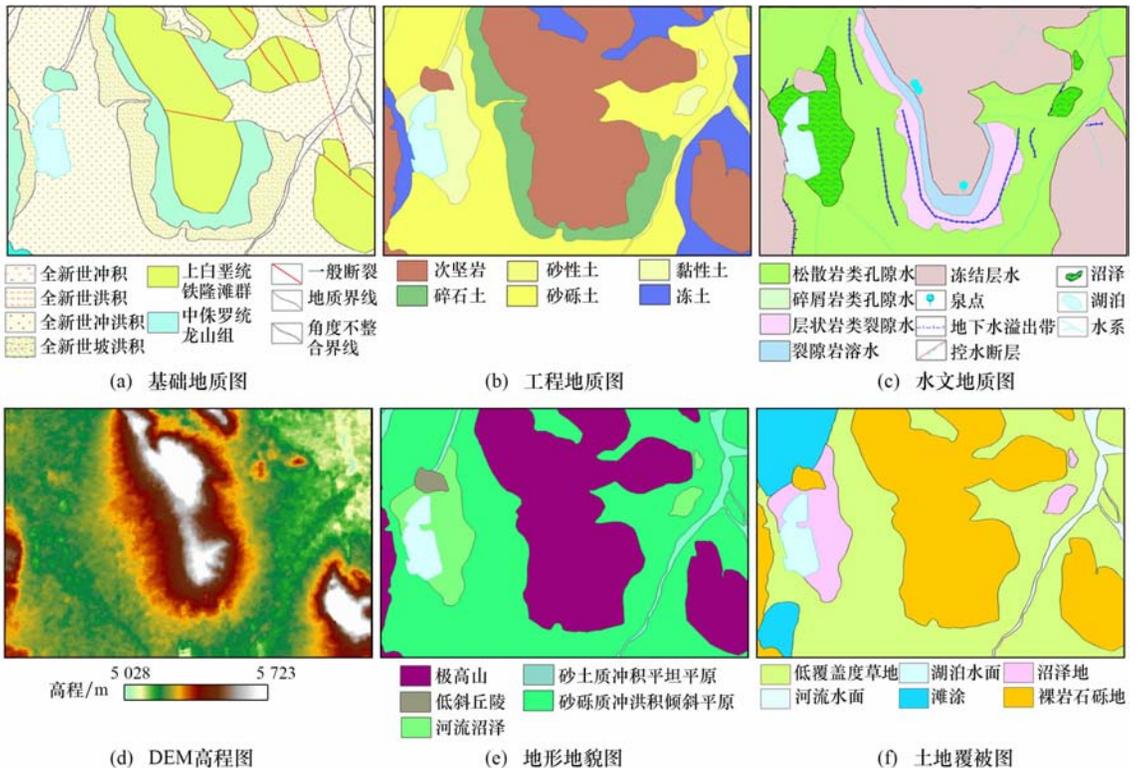


图4 研究区地质环境遥感解译图

Fig.4 Remote sensing interpretation maps of geological environment in the study area

3.2 水文地质遥感调查

本区地下水类型主要以松散岩类孔隙水和冻结层水为主,区内沿多年冻土下限位置出露3处泉点和8条地下水溢出带,并在研究区左侧山间盆地发育一湖泊,其周围沼泽湿地展布,主要以季节性冰川消融作用提供水源,水系由南向北流出(图4(c))。

3.3 地形地貌遥感调查

本区绝大部分为海拔5 000 m以上的高原山区(图4(d)),以极高山和砂砾质冲洪积倾斜平原为主,其次分布少量的低斜丘陵、砂砾质冲积平坦平原,构成本区的山间盆地地貌,包括卡子勒谷地南部(图4(e))。砂砾质冲洪积倾斜平原是区内分布最广泛的流水地貌类型,地势倾斜于河谷方向,冲沟、细沟纵横,植被较为发育,以不规则面状、片状分布,洪积扇、泥石流扇、河道和沼泽等微地貌发育。

3.4 土地覆被遥感调查

研究区内自然条件恶劣,绝大部分地区人迹罕至。除湖泊外,大部分由其他土地(裸岩石砾地)和少量低覆盖度草地(覆盖度 < 10%)组成。其中裸岩石砾地主要分布在高海拔高山—极高山区高寒荒漠冰源—永久冰雪带、基岩裸露区,以及山前洪积扇和河流阶地植物覆盖度极低的碎石地之上。植被类型以高山垫状低矮灌木和草本植被为主(图4(f))。

3.5 荒漠化遥感调查

荒漠化是由多种自然和人为因素共同作用而造成的土地退化过程,但在不同的自然条件下,引起土地退化的主要营力因素是不相同的^[14-17]。通过对GF-1与ETM+数据解译,解译出冻融荒漠化、水蚀荒漠化、裸岩、沼泽和湖泊等类型,并对每种荒漠化发育程度进行了分级;通过进一步的野外验证,建立了各荒漠化类型的解译标志(表1)。

表1 主要环境因子遥感解译标志

Tab.1 Mark for remote sensing interpretation of main environmental factors

荒漠化类型	解译标志	GF-1 影像	野外照片
重度冻融荒漠化	分布于多年冻土与季节性冻土之间,出现热融滑塌等冻土地貌,可见冻融反复作用形成的拉伸区间,破碎面积 > 50%		 (注: 冻融荒漠化实地海拔太高,无法到达,调查困难,分级以遥感影像为依据)
中度冻融荒漠化	出现各种冻土地貌,可见部分基岩面,破碎面积占 30% ~ 50%		
轻度冻融荒漠化	主要为冻融作用形成的线状融冻泥流,表面较光滑,可见部分基岩面,与流水作用形成的洪积相交叉,破碎面积 < 30%		
重度水蚀荒漠化	河水冲刷形成,呈带状分布,其上发育黄白色辫状水系,现代沟系面积 > 30%		
中度水蚀荒漠化	分布于山前河口,色调为灰黑色、灰白色,具扇状、辫状水系,影纹较光滑,现代沟系面积占 10% ~ 30%		

续表

裸岩	基岩裸露,无植被,局部可见岩石层理		
沼泽	分布于河谷内低洼部位、地下水溢出带下游,色调较深,ETM ⁺ 上呈深绿色色调,GF-1上呈暗灰色、灰绿色色调		
湖泊	几何特征明显,边界清楚,GF-1影像为白色色调,表面光滑		

研究区处于高寒地带,解译结果显示该区主要荒漠化类型为冻融荒漠化与水蚀荒漠化(图5)。

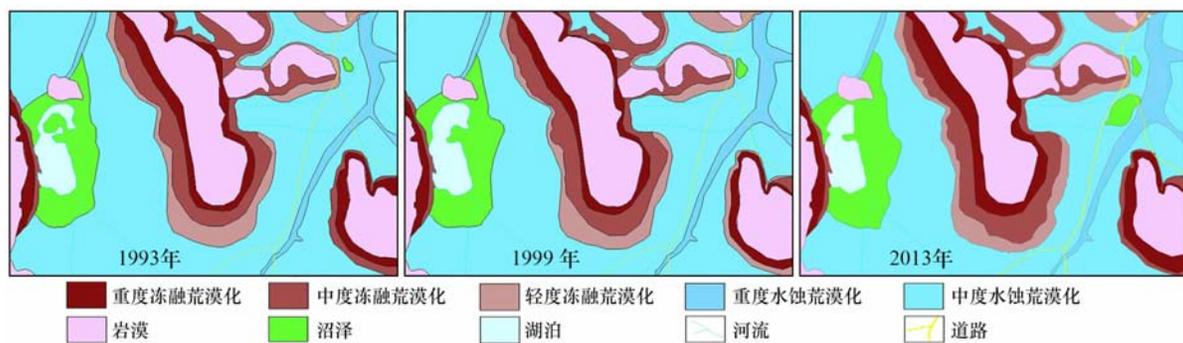


图5 研究区环境地质遥感解译图

Fig. 5 Remote sensing interpretation maps of environmental geology in the study area

冻融荒漠化主要分布在昼夜或季节性温差较大的地区,岩石或土壤因剧烈热胀冷缩造成的结构破坏或质量退化,为本区特有的荒漠化类型。其表现形式有冻胀丘、泥流舌、泥流阶地、热融滑塌、石环及石河等冻土微地貌,可分为重度、中度和轻度冻融3种类型。与1993、1999和2013年荒漠化调查成果对比,近20a重度和中度冻融荒漠化呈增加趋势,轻度冻融荒漠化呈减少趋势,1993—2013年间冻融荒漠化面积增加了2.29 km²,总体呈现出扩大趋势(表2)。

水蚀荒漠化是指以水力(降水、流水)为主要侵蚀营力的地区,本区主要为高山降雪降水、冰雪消融等季节性河流冲刷剥蚀而成。其表现形式有面状侵蚀、沟状侵蚀、泻溜、陷穴、滑坡、山洪和泥石流等,可分为重度和中度2种水蚀荒漠化类型。通过

对比,1993—2013年间重度水蚀荒漠化呈增加趋势,中度水蚀荒漠化呈递减趋势,水蚀荒漠化面积减少了1.93 km²,总体呈现出缩小趋势(表2)。

表2 主要环境因子面积统计表

Tab. 2 Area statistics of main environmental factor (km²)

环境因子	面积		
	1993年	1999年	2013年
重度冻融荒漠化	3.34	3.94	5.79
中度冻融荒漠化	6.36	6.40	7.06
轻度冻融荒漠化	4.90	4.70	4.04
重度水蚀荒漠化	2.41	2.61	3.16
中度水蚀荒漠化	34.10	33.52	31.42
裸岩	14.56	13.91	12.91
沼泽	3.90	4.23	4.82
湖泊	1.57	1.86	1.96
合计	71.16	71.16	71.16

3.6 沼泽和湖泊遥感调查

(1)沼泽。由于地表长期或暂时积水,致使土壤常呈水饱和状态,生长着沼生或湿生植物,从而形成沼泽型湿地。2013年沼泽面积比1993年增加了0.92 km²,呈逐年增加态势(表2)。

(2)湖泊。主要以在地势低洼处河流汇聚而成的内陆湖泊。2013年湖泊面积比1993年对比增加了0.39 km²,呈逐年增加态势(表2)。

综上所述,研究区岩性以灰岩为主,其次分布大量的第四纪沉积物,地下水类型主要以松散岩类孔隙水和冻结层水为主,地貌以极高山和砂砾质冲洪积倾斜平原为主,土地以裸岩石砾地和少量低覆盖度草地(覆盖度<10%)组成,其地质环境条件易发生荒漠化。1993—2013年间的20 a,研究区冻融荒漠化总体呈扩大趋势,水蚀荒漠化总体呈减小趋势,沼泽和湖泊呈增加态势。但荒漠化总体呈扩大趋势,增加了0.36 km²,尤其是冻融荒漠化面积增加了2.29 km²,表明区内冻土消融作用明显。人类现代化工业进程导致全球气候变暖,气候变暖最直接的影响是冻土及冰川消融,从20世纪80年代末期开始,青藏高原多年冻土缩减了24万 km²;而同期冰川面积退缩了15%,退缩幅度相当于此前200 a之和,导致了区域性多年冻土区分布减少^[18-19]。人类工业活动的“蝴蝶效应”导致本区冻融荒漠化呈加重趋势,湖泊和沼泽呈增加趋势。本区的道路多从冲洪积倾斜平原通过,其表面植被稀少,荒漠化加剧,容易诱发滑坡、泥石流和沉陷等地质灾害,冲毁道路,严重影响边境公路通行安全(图6)。

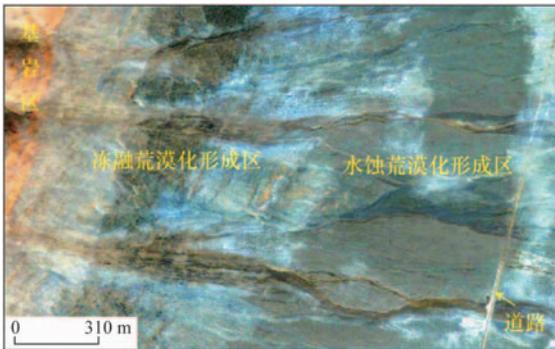


图6 荒漠化诱发的泥石流遥感影像(GF-1)
Fig.6 Remote sensing image of debris flow caused by desertification

4 结论

(1)利用GF-1数据对研究区进行地质环境调查结果表明,岩性以灰岩为主,其次分布大量的第四纪沉积物,包括冲积、洪积、冲洪积和坡洪积等;地下水类型主要以松散岩类孔隙水和冻结层水为主,解译出3处泉点和8条地下水溢出带;地貌以极高山和砂砾质冲洪积倾斜平原为主,土地以裸岩石砾地和少量低覆盖度草地(覆盖度<10%)组成。其独特的地质环境造就了特有的以冻融荒漠化为主的环境地质问题。

(2)对研究区环境地质要素进行定量评价过程中,利用不同时相的遥感数据和GIS的存储、查询及空间分析等多项功能,能快速、方便、准确地判断分析出研究区的环境地质要素不同时相的变化情况,大大提高了工作精度和效率。

(3)通过对近20 a共3期遥感数据的环境地质解译结果对比可知,从1993—2013年间研究区的荒漠化面积在不断增加,尤其是冻融荒漠化面积增加了2.29 km²,总体呈现出扩大趋势;同时湖泊、沼泽面积也在呈逐年增加态势,敏感地反映了当地气候逐渐变暖的现象。由于使用不同分辨率的遥感数据,其调查精度明显不同,结果尚待进一步核实。但以上各种现象在全球范围内已持续出现,因此,随着更多高分辨率遥感卫星的发射,西昆仑甜水海西地区可作为典型区域,值得进一步深入开展遥感调查与监测工作。

(4)研究区当前急需解决的环境地质问题是如何有效防治因冻融荒漠化加剧而诱发的滑坡、泥石流和沉陷等地质灾害。规范人类的工程活动,增强人们的防灾意识和生态环境意识,将是该地区科学合理地进行经济建设和国防建设的关键。

致谢:青海省地质调查院庄永成高级工程师在写作过程中的指导和帮助。

参考文献:

[1] 聂洪峰,方洪宾,杨金中,等. 国土遥感综合调查工程总体目标的设计与实现[J]. 中国地质调查,2016,3(5):1-6.
[2] 张焜,李晓民,马世斌,等. GF-1图像在中印边境楚鲁松杰村地质灾害调查中的应用[J]. 国土资源遥感,2016,28(2):139-148.

- [3] 李森,高尚玉,杨萍,等. 青藏高原冻融荒漠化的若干问题——以藏西—藏北荒漠化区为例[J]. 冰川冻土,2005,27(4):476-484.
- [4] 贾跃平. 环境地质遥感[J]. 遥感技术与应用,1994,9(2):44-49.
- [5] 方洪宾,赵福岳,路云阁,等. 青藏高原生态地质环境遥感调查研究[J]. 国土资源遥感,2007,74(4):61-65.
- [6] 许向宁,黄润秋,秦举礼. 生态环境地质调查与3S技术应用——以川南安宁河流域生态环境地质调查为例[J]. 地质通报,2003,22(11/12):999-1005.
- [7] 王文霞. 遥感技术在环境地质调查中的应用[J]. 工业工程与技术,2014(6):54.
- [8] 王治华. 数字滑坡技术及其典型应用[J]. 中国地质调查,2016,3(3):47-54.
- [9] 殷跃平,张永双,伍法权,等. 汶川地震地质灾害调查成果与展望[J]. 中国地质调查,2014,1(1):1-9.
- [10] 杨显华,黄洁,田立,等. 四川省矿山遥感监测主要成果与进展[J]. 中国地质调查,2016,3(5):41-47.
- [11] 尹嘉珉,乔俊军. 新疆维吾尔自治区地图册[M]. 北京:中国地图出版社,2003.
- [12] 崔建堂,王炬川,边小卫,等. 岔路口幅(144 C 001001)1:250 000区域地质调查报告[R]. 陕西省地质调查院,2006.
- [13] 刘刚,燕云鹏,刘建宇. 中国西部艰险地区遥感地质综合调查工作指南[M]. 北京:地质出版社,2016.
- [14] 张瑞江. 青藏高原冰川演变与生态地质环境响应[J]. 中国地质调查,2016,3(2):46-50.
- [15] 李亚云,杨秀春,朱晓华,等. 遥感技术在中国土地荒漠化监测中的应用进展[J]. 地理科学进展,2009,28(1):55-62.
- [16] 童立强,李丽. 三峡库区水蚀荒漠化遥感调查与监测[J]. 国土资源遥感,2012,24(1):100-103.
- [17] 刘爱霞. 中国及中亚地区荒漠化遥感监测研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所,2004.
- [18] 尕玛多吉. 西藏冰川近30年退缩幅度为此前200年之和[N]. 光明日报,2015-07-18(01).
- [19] 张瑞江,方洪宾,赵福岳. 青藏高原近30年来现代冰川的演化特征[J]. 国土资源遥感,2010(增刊):49-53.

Remote sensing investigation progresses for environmental geology of the typical areas in the west of Tianshuihai, West Kunlun

LI Xiaomin^{1,2}, LI Dongling^{1,2}, WU Pingsheng³, ZHANG Kun^{1,2},
XIN Rongfang^{1,2}, LIU Shiyong^{1,2}

(1. Qinghai Province North of the Qinghai - Tibet Plateau Geological Process and Mineral Resources Key Laboratories, Xining 810012, China; 2. Institute of Geological Survey of Qinghai Province, Xining 810012, China; 3. The Chinese People's Liberation Army 68612 Armed Forces, Yinchuan 750021, China)

Abstract: With the rapid development of Chinese economy, it is of great significance to understand the evolution of environmental geology in West Kunlun area, especially for the national defense construction in border areas. This study has used GF-1 Satellite to conduct an environmental geological remote sensing survey of 1:50 000 scale in the typical areas of the west of Tianshuihai, West Kunlun, and remote sensing data of three different phases are also used for reference. The study analyzes the evolution of environmental geology in this area over the past 20 years in a comprehensive way with the combination of qualitative and quantitative methods. Freeze-thaw desertification and water-eroded desertification are the main landforms in this area. From 1993 to 2013, desertification in the study area has increased, and in particular, the freeze-thaw desertification area has increased by 2.29 km². Geological environment, topography and other natural factors has determined the overall spatial distribution of desertification. Lakes and swamps have also increased gradually, which reflects the local climate warming sensitively. Desertification could flood roads and easily induce landslide, mud-rock flow, subsidence and other geological disasters. It can also serious effect the economic development and national defense construction in the areas. The high resolution remote sensing technology can play a powerful role in geological analysis of areas with poor natural geographical and inconvenient traffic conditions.

Key words: West Kunlun; west of Tianshuihai; environmental geology; freeze-thaw desertification; remote sensing investigation