

doi: 10.11720/wtyht.2020.1566

陈国光,梁晓红,张洁,等. 丘陵区土地质量地球化学调查方法技术——以服务赣州六县精准脱贫土地质量地球化学调查为例[J]. 物探与化探, 2020,44(3):463-469. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1566>

Chen G G, Liang X H, Zhang J, et al. Geochemical survey method of land quality in hilly areas: A case study of the geochemical survey of land quality in Ganzhou[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2020,44(3):463-469. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2020.1566>

# 丘陵区土地质量地球化学调查方法技术 ——以服务赣州六县精准脱贫土地质量地球化学调查为例

陈国光<sup>1</sup>, 梁晓红<sup>1</sup>, 张洁<sup>1</sup>, 杨忠芳<sup>2</sup>

(1. 中国地质调查局南京地质调查中心, 江苏南京 210016; 2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

**摘要:** 针对丘陵区地形地貌变化显著、地质背景变化大且对地球化学元素含量影响明显的特点, 提出了以地质背景分析为基础, 以耕地、园地、缓坡地土壤地球化学测量为重点的丘陵区土地质量地球化学调查工作思路。根据赣州地区地质地理特征, 具体细化了盆地、谷地、山地的样品布设要求、以地质背景为主要依据的图斑赋值方法、生态地质综合调查与土壤地球化学调查相结合的途径、以无公害富硒集中连片区划定与土地质量建档为核心的成果对接方法等。

**关键词:** 丘陵区; 土地质量; 地球化学调查; 方法; 赣州地区

**中图分类号:** P632      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-8918(2020)03-0463-07

## 0 引言

近年来, 1:5万土地质量地球化学调查工作在我国重点扶贫区和东部沿海的浙江、福建等省大规模开展。各地依据《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T0295-2016)的原则和要求展开工作, 但仍会遇到一系列的具体问题: 一是针对丘陵区复杂情况下的土壤地球化学测量布点的代表性和均匀性问题; 二是丘陵区特殊部位土壤样品采集部位确定的问题; 三是如何依据地质背景对未采样单元赋值的问题; 四是地球化学调查成果与生态环境、地质背景如何结合, 进行综合解释问题; 五是成果表达及与政府应用接轨的问题等。笔者通过在赣州地区土地质量地球化学调查中的工作实践, 针对上述问题提出具体工作方法, 以进一步完善土地质量地球化学调查方法。

## 1 赣州地区基本情况

赣州地区为丘陵地貌区, 主要地貌类型为低山、盆地、谷地。区内土地利用类型包含耕地、园地、林地、采矿用地、未利用地等, 其中林地、园地面积较大。耕地主要分布于盆地和谷地中。盆地主要有二类, 一是以白垩系红层为主体的面积相对较大的盆地, 包括赣州盆地、宁都盆地、于都盆地等; 二是以第四系沉积物为主体的盆地, 这一类盆地面积相对较小, 如于都禾丰盆地、于都梓山盆地、宁都青塘—兴国梅窖盆地等。谷地主要分布于山间狭长地带, 以第四系沉积物为主, 可分为主沟谷地和次级谷地, 前者一般面积相对较大, 次级谷地一般面积较小。

调查区出露地层主要有震旦系硅质板岩、变余中粒硬砂岩, 寒武系变余中细粒硬砂岩、长石石英砂岩、板岩夹炭质板岩、石煤层, 泥盆系上统长石石英砂岩夹粉砂岩及钙质泥岩, 石炭系灰岩、粉砂质泥

收稿日期: 2019-12-02; 修回日期: 2020-05-13

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“海峡西岸经济区土地质量地球化学调查”(DD20160321)、“福建省资源环境承载能力综合调查评价”(DD20190301)

作者简介: 陈国光(1964-), 男, 教授级高级工程师, 主要从事地球化学勘查、土地质量地球化学调查与评价工作。

岩、粉砂岩、炭质页岩夹煤层,二叠系—三叠系粉砂质页岩、炭质页岩夹煤层、钙质页岩、硅质页岩等。盆地内部主要是白垩系红色砂岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩等;第四系黄土、红土、砂、砾石、黏土砾岩层等。区内石炭系、二叠系—三叠系炭质页岩夹煤层、寒武系炭质板岩、石煤层是重金属元素和硒的主要供给来源之一。赣州地区侵入岩分布广泛,主要有早侏罗世中黑云二长花岗岩,中侏罗二长花岗岩、黑云二长花岗岩,晚三叠纪黑云花岗闪长岩等。

赣州地区属亚热带季风性湿润气候区,丘陵山区风化层普遍较厚,但土壤层在不同的地质背景和地貌条件下,厚度有较大的差异。在沉积岩分布区一般土壤分布较厚,但在花岗岩分布区,尤其是粗粒花岗岩分布区土层较薄,部分丘陵山区顶部基岩裸露。

## 2 丘陵区土地质量地球化学调查基本思路

丘陵区具有地质背景变化大且对土壤地球化学含量影响显著,成土母质来源复杂、土壤厚度变化大、土地利用类型多样,地球化学含量在低山、盆地、谷地具有自身变化规律等特点。丘陵区土地质量地球化学调查既要遵从《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016)的基本要求,又要适应丘陵区土地及其地球化学变化特点。同时作为服务于精准脱贫的赣州地区土地质量地球化学调查,还应做到尽快出成果,支撑优质土地高效利用。为此,确定赣州地区土地质量地球化学调查的基本思路是:以耕地、园地、缓坡地为重点开展土壤地球化学测量为主,结合大气、灌溉水和农作物地球化学调查开展土地质量地球化学评价;以生态地质综合调查成果指导采样点布置与异常成因分析;以沉积来源与沉积环境统筹兼顾,提高样品的代表性;以盆地、谷地、次级谷地、山地统筹兼顾,提高样品的均匀性;以无公害富硒集中连片区、重点污染区、重要农业基地建档为重点,促进成果转化应用。

## 3 丘陵区土壤地球化学调查野外工作方法

### 3.1 样品布设

1:5万土壤样品采样密度范围为4~16个点/ $\text{km}^2$ ,样品采集可采用规则网或网格进行<sup>[1]</sup>。赣州地区1:5万土壤地球化学调查对样品布设采用网格法,以1  $\text{km}^2$ 为采样大格,以0.25  $\text{km}^2$ 为采样小格进行样品布设。

### 3.1.1 基本要求

土壤样品主要布设在耕地、园地、缓坡林地(坡度小于 $15^\circ$ )。

样品采集密度为平均8个点/ $\text{km}^2$ 。山地等坡度较大(坡度 $15^\circ \sim 25^\circ$ )、不利于开发利用的地区,可适当放稀采样密度,但不应低于2~4个点/ $\text{km}^2$ ;坡度大于 $25^\circ$ 的山地采样密度不得小于1~2个点/ $\text{km}^2$ ;地貌复杂、图斑碎小的盆地、谷地,以及矿业活动影响地区适当加大采样密度,样品采样密度不得低于10个点/ $\text{km}^2$ 。

### 3.1.2 评价单元划分

1:5万土地质量地球化学评价单元是以1:1万土地利用现状单元为基础,以影响土地质量的其他因素,如地形地貌、地质背景、土壤类型等,进一步划分或归并形成评价单元。赣州地区评价单元划分中采用在耕地、园地为主体的地区以土地利用图中的地块作为基本单元,并依据样品代表性的原则选取基本单元采样。林地由于土地利用情况单一,土地利用图上的地块较大,局部地区达到几十平方千米,需对地块进行分解,分解的原则是以汇水盆地进行分解,每个汇水盆地在0.25~1.0  $\text{km}^2$ 左右,以与采样密度基本要求对应。

### 3.1.3 样点布置

在基本评价单元划分后,由于1:5万土壤地球化学测量样品难以达到控制所有基本单元,对采样基本单元的选择成为重要的问题。与其他地球化学勘查工作方法一样,仍坚持样品代表性、均匀性的要求选择基本单元进行样品采集<sup>[2-4]</sup>。赣州地区1:5万土地质量地球化学调查主要采用以下方法:

样品对地质单元控制的代表性。原则上在一个网格内尽可能选择不同的地质单元进行布点。第四系覆盖区一般分布面积相对较大,采样密度也相对较大,不用专门考虑。沉积岩出露区成带状分布,可根据地层的分布情况确定以4~8个格子( $\text{km}^2$ )综合考虑,力争每个较大的地质单元有样点控制,特殊地质单元有2个样点分布。侵入岩区呈面状分布,一般分布面积相对较大,不用专门考虑。

样品对土地利用类型控制的代表性。在一个采样大格内尽可能做到不同土地利用类型都有采样点分布,但林地或未利用地有1个采样点控制即可,其他点应布置在耕地、园地。耕地布点时实行大图斑优先原则,园地布点时实行园地规模优先原则。

样品对土壤分布部位控制的代表性。在同一小格(大格)布置采样点时,要充分考虑土壤不同分布部位。原则上一个点布置在主沟,以控制主沟大片

地块;另一点布置在支沟,以控制支沟及山地。

样品对土壤母质类型控制的代表性。在一个大格内对冲积成因、残坡积成因地块都应有采样点进行控制。在同一小格中当土壤成土母质来源较为单一时,尽可能依土壤成土母质类型布置样点。

加密样品提高样品的代表性。在土壤成土母质来源复杂区域,或有明显污染源的区域、已有的农业基地分布较多的区域,进一步加密样品,以提高样品代表性。

控制采样间距,提高样品布点的均匀性。在盆地、谷地等区域,通常情况下每个小格不低于2个点;为提高样品的均匀性,要求同一沉积来源采样点,应在不同的地块中采集,并且采样间距不得小于200 m;不同沉积来源的地块,点距不得低于100 m。

### 3.2 野外样品采集

赣州地区土地质量地球化学调查野外样品采集的基本要求执行《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016),但根据区内实际情况对样品的采集部位提出了几点补充要求。一是避开冲积次生土。在赣州等南方丘陵区降雨量大,雨急,常会引起部分高处土壤冲刷,而在近处低洼区沉积,形成冲积次生土(图1)。由于受到冲刷与分选作用,这一部分土壤难以代表区内的土壤地球化学含量状况。二是避开残积层。在赣州地区存在多组泥质页岩、板岩等,在长期的风化作用下极易形成松、软的残积层(图2),且容易采集;同时区内的大面积岩体分布,土壤层相对较薄,极易采集到残积层。三是避开村边畜禽养殖地块。由于丘陵山区平地较少,耕地分布区与村庄紧密相伴,村边污染及易发生,尤其是畜禽养殖极易影响样品的代表性。

## 4 丘陵区土地质量地球化学调查成果图斑赋值探讨

土地质量地球化学调查在成果表述中要求对第二次土地调查确定的每个图斑进行赋值。但因工作比例尺的关系,在1:5万土地质量地球化学调查中,存在采样点数量与图斑数量之间的差距,图斑精准赋值成为工作的难点之一<sup>[5-8]</sup>。在赣州地区存在沟谷、盆地区图斑分布数量远多于采样点的数量,而在山地林地分布区,图斑数量则很少,采样数量多于图斑数量。针对这种情况,在赣州地区1:5万土地质量地球化学调查工作中,采用与地质背景相结合的图斑赋值方法。

以第四系沉积和白垩系红层为主的盆地内,采样图斑以实际样点的地球化学属性进行图斑赋值,



图1 原生土与次生土特征对比

Fig. 1 Comparison of characteristics of primary soil and secondary soil



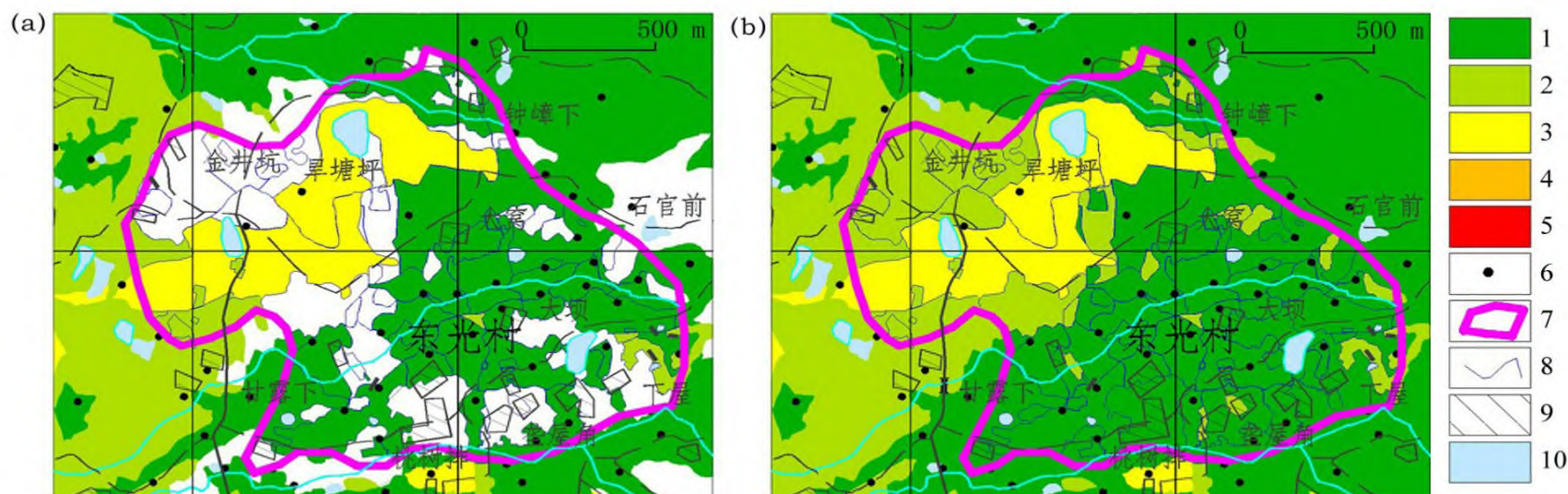
图2 松软的残积层特征

Fig. 2 Features of soft residual strata

少数大图斑采样点多于1个时,图斑的量值取该图斑上样点的平均值;未采样的图斑,不进行含量定量赋值,而进行评价级次定性赋值。定性赋值依据第四系成因类型和白垩系地质单元(组)分布,将相邻的同成因类型、同地质单元、同土地利用类型内的图斑赋予地球化学实际采样图斑取得的评价级次。当相邻的同土壤母质成因类型、同地质单元(组)、同土地利用类型区内有多个已采样图斑,且级次不一致时,对重金属等有毒有害指标,“取严就高”原则确定未采样图斑评价级次(图3);对营养有益元素等指标,“取严就低”原则确定未采样图斑评价级次(图4)。

分布于山间狭长地带的谷地,主沟内未采样图斑赋值方法同盆地图斑赋值方法一致。次级谷地在有采样点时,次级谷地所有图斑均以采样点的评价级次定性赋值。当次级谷地无采样点时,以主沟上溯确定次级谷地图斑评价级次。

山地林地分布区,大图斑按汇水盆地分解后,基本做到采样图斑与赋值图斑一致,对个别未采样图斑依据相邻图斑的成土母质类型、土壤类型、地形部位等依次序数进行评价级次赋值。



a—赋值前评价结果;b—未采样地块赋值后的评价结果

1—一等(清洁);2—二等(尚清洁);3—三等(轻度污染);4—四等(中度污染);5—五等(重度污染);

6—土壤调查样点;7—第四系地质单元界线;8—图版界线;9—居民地;10—水体

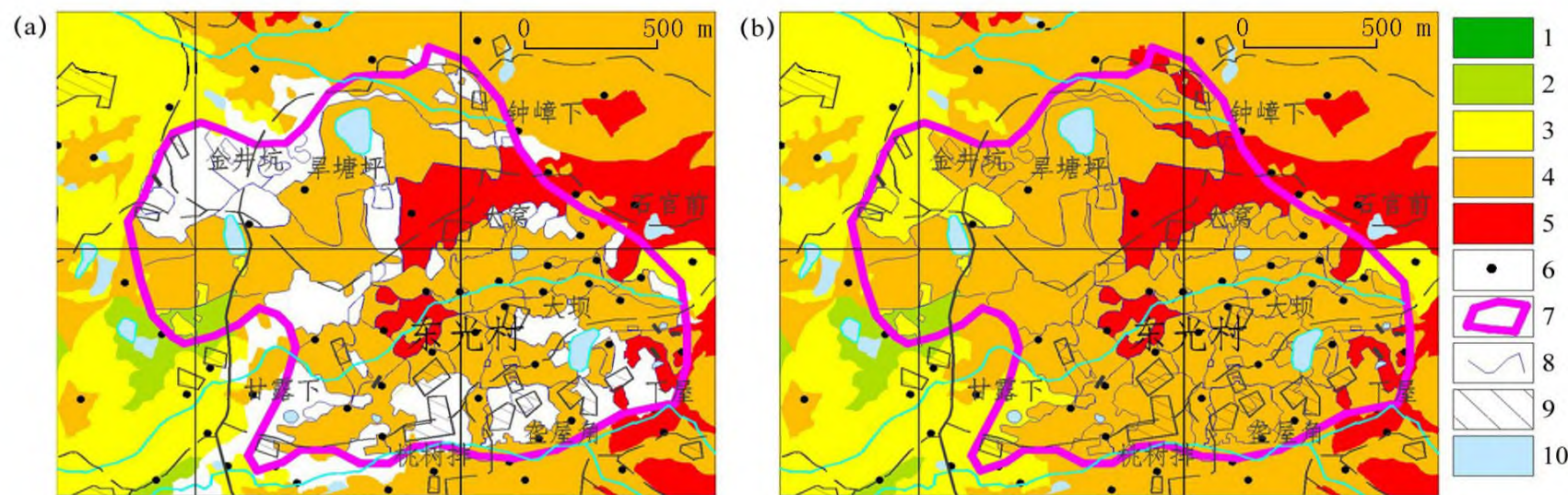
a—evaluation results before assignment;b—evaluation results of map spot assignment without sampling points

1—first class (clean);2—second class (still clean);3—third class (light pollution);4—fourth class (moderate pollution);5—fifth grade

(heavy pollution);6—soil survey sample;7—quaternary geological unit boundary;8—plate boundary;9—residential area;10—water body

图3 江西禾丰东光村中更新统进贤组地质单元土壤环境地球化学综合等级

Fig. 3 Soil environmental geochemistry comprehensive grading map of Jinxian formation in the middle Pleistocene series in Dongguang village of Hefeng, Jiangxi



a—赋值前评价结果;b—未采样地块赋值后的评价结果

1—一等(丰富);2—二等(较丰富);3—三等(中等);4—四等(较缺乏);5—五等(缺乏);

6—土壤调查样点;7—第四系地质单元界线;8—图版界线;9—居民地;10—水体

a—evaluation results before assignment;b—evaluation results of map spot assignment without sampling points

1—first class (rich);2—second class (more abundant);3—third class (medium);4—fourth class (less available);5—fifth grade (lack of);

6—soil survey sample;7—quaternary geological unit boundary;8—plate boundary;9—residential area;10—water body

图4 江西禾丰东光村中更新统进贤组地质单元土壤养分地球化学综合等级

Fig. 4 Soil nutrient geochemical comprehensive grading map of Jinxian formation in the middle Pliocene series in Dongguang village of Hefeng, Jiangxi

盆地、谷地和林地图斑分别赋值后,对富硒土壤分布区、重点污染区等应进一步开展1:1万或更大比例尺的土地质量地球化学调查,提高图斑赋值的精准性。

### 5 生态地质综合调查与地球化学测量相结合

生态地质综合调查以收集资料与编图、遥感解

译和野外调查验证为主体开展,主要是查明土地利用现状与变更状况、地形地貌、地形坡度、潜在耕地后备资源分布、第四纪沉积成因、重要开采矿山污染源分布、重要城镇污染源分布、重要农业基地分布等影响土地数量与质量的要素。在赣州地区土地质量地球化学调查中,充分运用生态地质综合调查与地球化学测量相结合,开展野外布点、异常成因分析、土地质量建档等工作。

### 5.1 生态地质综合调查成果在土壤地球化学测量样点布设中的作用

土壤地球化学测量要求以样品代表性为原则布设样点,但样品的代表性受到诸多因素的影响,如污染源的分布、土地利用的变化、地层分布、岩体分布等。为提高样品的代表性,一是必须选好具样品代表性的位置,二是进一步根据影响样品代表性的因素分布特征,分解采样控制单元,增加样品。

生态地质综合调查可基本查明土壤母质成因来源、土地利用变化、污染源分布等影响样品代表性的因素,从而为样点布设提供依据。如在林地变更为园地时,园地样品需进行布点;在发现矿山污染开采面、尾矿库时,增加样点布置;在农业基地中,增加样点布置;在发现不同土壤母质成因类型时分开布置样点等。如图5所示,果园正好位于矿山开采面南部地势较低处,若仅考虑西部的开采面,原布是基本准确,但在发现东部的矿山开采面以后,需增加东部的果园布设样点进行控制。



黑色为原有部署点,红色为补充点

black point is the original deployment, red point is the supplementary

图5 样品布设示意

Fig. 5 Schematic diagram of sample layout

### 5.2 生态地质综合调查与土壤地球化学测量成果相结合,服务土地管护

生态地质综合调查在土壤地球化学测量成果解释中可以发挥以下几方面的作用:一是在图斑赋值中确定土壤母质成因类型、地质单元等,对未采样单元赋值的作用。二是土地利用变更状况的调查与地球化学调查相结合,了解新增耕地、园地,农业基地等的数量与质量。三是缓坡地调查、未利用地的调查与地球化学调查相结合,了解后备耕地的分布数量与质量,为占补平衡提供基础资料。四是通过地形地貌、沉积来源、重要污染源的调查与地球化学调查相结合,对土壤污染、富硒来源等做出初步判断。五是通过生态地质综合调查提供土地质量建档中需

要的分布边界、周边环境及成因来源分析等资料,并在档案中进行表达。如在江西于都禾丰地区土地质量地球化学调查中,提出未利用地有345亩,其中清洁级204亩,尚清洁级66亩,重度污染处于一尾矿库周边约有75亩。缓坡地数量2620亩,其中清洁级2112亩,尚清洁级483亩,轻度污染25亩,无公害富硒土地1882亩。通过未利用地情况及缓坡地的分布情况和土地质量地球化学评价,对区内未利用地开发和占补平衡具有重要意义。

### 5.3 生态地质综合调查为土地质量地球化学调查成果拓展提供基础

生态地质综合调查在土地利用现状与变更状况调查中,基本对土地、矿山开采、林地、草地、湿地、河湖等自然资源的分布特征和变化情况有所了解,同时又对可进一步利用遥感资料对地质遗迹、荒漠化程度进一步调查;通过生态地质调查可初步掌握自然资源数量。利用生态地质综合调查了解土地地质背景适宜性,并与地球化学调查成果结合,可以对自然资源质量做出初步评价;以生态地质综合调查为基础的土壤地球化学调查,具有进一步向自然资源综合调查拓展的条件。

## 6 土地质量地球化学调查成果与应用对接方法

土地质量地球化学调查成果应用主要体现在发现优质土地资源、受污染土地、元素丰缺情况等供地方政府或企业开展土地资源管理、发展农业现代企业、污染修复、科学施肥等<sup>[9-14]</sup>。赣州市土地质量地球化学调查,形成了划定无公害富硒集中连片区、开展富硒土地专项地球化学评价、制作开发基地土地质量档案卡、制作二维码信息、信息发布与基地挂牌的土地质量地球化学调查成果转化工作模式。这一模式与地方政府在优质土地资源中建立高标准农田,引入企业建立农业科技园区,实现高效农业的模式形成精准对接。

### 6.1 无公害富硒集中连片区划定

土地质量地球化学调查发现了富硒土壤,通常是把富硒地块直接圈定,形成富硒土壤分布图。这种表达方式对富硒地块是否受到重金属污染不清,地块是否可连续开发不清。在服务赣南精准脱贫的土地质量地球化学调查工作中,提出无公害富硒集中连片区的概念。将耕地、园地、缓坡地为主,富硒土地连续分布,且符合无公害产地标准,达到一定规模(可开发地500亩以上)的农业用地,划定为无公害富硒集中连片区。无公害富硒集中连片区是一种

有益元素与重金属的综合评价,同时促进土地的规模开发。在无公害富硒集中连片区内,为了更好地发挥富硒土地的作用,提出富硒土壤划分的边界含量减到  $0.3 \times 10^{-6}$ ,但连片区内其均值应达到  $0.4 \times 10^{-6}$  的富硒生态景观界限值。

## 6.2 开展富硒土地专项地球化学评价

富硒土地专项地球化学评价主要包含四个方面的工作。一是在无公害富硒集中连片区开展 1:1 万土地质量地球化学调查,进一步加密到 16~24 个点/ $\text{km}^2$ ,达到基本控制区内的地块,以较为准确了解富硒土地分布情况。二是采集区内的大宗农产品和重要的经济作物,了解内农产品硒及重金属含量。三是根据有关标准对土壤养分、土壤环境质量、土壤富硒特性、农产品富硒特性、农产品安全性等进行评价。在赣州地区土壤养分划分执行《土地质量地球化学评价》(DZ/T0295-2016);土壤环境质量执行 GB15618-1995 标准;富硒稻米划分执行 GBT-22499-2008 标准;富硒花生、脐橙执行江西地方标准。

## 6.3 土地质量建档与发布

土地质量建档<sup>[15]</sup>是土地质量地球化学调查成果的重要组成部分,但对土地质量建档工作存在多种思路,在赣州地区开展土地质量地球化学调查中,确定以成果应用为目标建立土地质量档案。这种建档方式与矿产地球化学调查中的异常卡片相类似,以应用为主体,建立土地质量档案。土地质量档案主要包括无公害富硒集中连片区土地质量档案、重点污染分布区土地质量档案、农业基地土地质量档案、绿色土地质量档案等。土地质量档案内容为基本信息、地球化学信息、评价标准、评价结论、成因来源分析、应用建议、位置及土地利用现状图、二维码信息等。在完成建档以后,根据地方需求可专门编制应用成果报告,提交地方政府,2017年在赣州地区专门编制了“赣州首批 4 个 1:5 万土地质量地球化学调查报告”提交赣州市人民政府,在政府推动下,促进了在工作区的招商引资取得了很好的成绩;也可根据政府与企业要求,提供土地质量档案、二维码、土地质量展板等信息,推进富硒农业基地发展和农产品品质提升;也可专门召开成果推会,推进成果转化。

## 7 结论与展望

丘陵区土地质量地球化学调查在遵从《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016)同时,应

根据服务于生态文明建设、精准脱贫、土地资源管理的需求,制定合适的技术路线;并以样品的代表性原则与丘陵区的实际情况相结合确定野外工作方法技术,以与地质背景相结合确定图斑赋值方法,以划定无公害富硒集中连片区及其建档为主要手段服务于精准脱贫工作。土地质量地球化学调查应进一步与生态环境、地质背景相结合,以提高调查质量与成果解释水平和表达方式,较为全面的服务于生态文明建设、精准脱贫、土地资源管理工作。现阶段土地质量地球化学调查得到国家、地方政府的高度重视和积极推动,地球化学工作者也以社会需求为导向,不断探索成果应用转化的方式和方法,不断完善土地质量地球化学调查方法技术。土地质量地球化学调查也将从土地质量调查向以山、水、林、田、湖、草自然资源环境质量调查转变,方法技术上也必将从地球化学调查走向以地球化学调查为主,与其它学科紧密结合的综合调查转变。

## 参考文献 (References):

- [1] 土地质量地球化学评价规范(DZ/T 0295-2016)[S]. 北京:中华人民共和国国土资源部,2016.  
DZ/T 0295-2016 Standard for geochemical evaluation of land quality[S]. Beijing: Ministry of Land and Resources, PRC, 2016.
- [2] 陈国光,周国华,梁晓红,等. 土地质量地球化学调查成果应用于永久基本农田划分方法技术[J]. 地质通报, 2019, 38(2): 437-442.  
Chen G G, Zhou G H, Liang X H, et al. The application of land quality geochemical survey results to permanent basic farmland classification technology[J]. Geological Bulletin of China, 2019, 38(2):437-442.
- [3] 于成广,杨忠芳,杨晓波,等. 土地质量地球化学评估方法研究与应用:以盘锦市为例[J]. 现代地质, 2012, 26(5):873-878,909.  
Yu C G, Yang Z F, Yang X B, et al. Study and application on land quality geochemical assessment methods: A case study of Panjin City[J]. Geoscience, 2012, 26(5):873-878,909.
- [4] 贺灵,刘占元,周国华,等. 土地质量地球化学评价成果与若干问题探讨:以浙江省金华市汤溪镇为例[J]. 现代地质, 2019, 33(1):152-160.  
He L, Liu Z Y, Zhou G H, et al. The results of geochemical evaluation of land quality and some problems: A case study of Tangxi town, Jinhua city, Zhejiang Province[J]. Geoscience, 2019, 33(1):152-160.
- [5] 贺灵,孙彬彬,周国华,等. 浙中丘陵盆地区 1:5 万土地质量地球化学调查方法研究[J]. 现代地质, 2016(6):1285-1293.  
He L, Sun B B, Zhou G H, et al. Study on the geochemical survey method of land quality in the hilly basin region of central Zhejiang province[J]. Geoscience, 2016(6):1285-1293.

- [6] 韩慧杰, 夏学齐, 吴海东, 等. 基于 GIS 和土地质量地球化学数据的水稻种植适宜性评价——以安徽省青阳县为例[J]. 中国生态农业学报, 2019, 27(4):89-98. Han H J, Xia X Q, Wu H D, et al. The evaluation of rice planting suitability based on GIS and land quality geochemical data: A case study of Qingyang county, Anhui Province[J]. Chinese Journal of Eco-agriculture, 2019, 27(4):89-98.
- [7] 杨柯, 魏华玲, 彭敏, 等. 北京市基本农田保护区土地质量地球化学调查与评价试点研究[J]. 地质论评, 2013, 59(z1):1107-1108. Yang K, Wei H L, Peng M, et al. Pilot study on geochemical investigation and evaluation of land quality in Beijing basic farmland protection area[J]. Geological Review, 2013, 59(z1):1107-1108.
- [8] 王洪翠, 杨忠芳, 李伟, 等. 土地质量评估中评价单元的划分——以山西忻州盆地为例[J]. 地质通报, 2008, 27(2):203-206. Wang H C, Yang Z F, Li W, et al. The division of evaluation units in land quality assessment: A case study of Xinzhou Basin, Shanxi Province[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(2):203-206.
- [9] 陈国光. 土壤元素污染等级划分方法及其应用[J]. 中国地质, 2011, 38(6):1631-1639. Chen G G. Grade division method for soil geochemical contamination and its application[J]. Geology of China, 2011, 38(6):1631-1639.
- [10] 黄勇, 杨忠芳. 土壤质量评价国外研究进展[J]. 地质通报, 2009, 28(1):130-136. Huang Y, Yang Z F. Recent research progress of overseas soil quality evaluation[J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(1):130-136.
- [11] 汪庆华, 董岩翔, 宋明义, 等. 土地质量地球化学评估与农用地分等成果整合方法研究——以浙江嘉善县和慈溪市为例[J]. 上海国土资源, 2011, 32(4):20-25. Wang Q H, Dong Y X, Song M Y, et al. Study on the integration method of land quality geochemical assessment and agricultural land grading results: A case study of Jiashan County and Cixi City in Zhejiang province[J]. Shanghai Land & Resources, 2011, 32(4):20-25.
- [12] 何中发, 孙彦伟, 方正, 等. 生态地球化学成果应用于农用地分等及质量动态监测初步构想[J]. 上海地质, 2009(3):35-38, 43. He Z F, Sun Y W, Fang Z, et al. Preliminary conception of the application of ecological geochemical results to the dynamic monitoring of agricultural land grading and quality[J]. Shanghai Geology, 2009(3):35-38, 43.
- [13] 骆检兰, 苏正伟, 黄逢秋, 等. 湖南新田县土地质量地球化学评估及应用[J]. 中国科技成果, 2016, 17(14):52-53. Luo J L, Su Z W, Huang F Q, et al. The application and geochemical assessment of land quality[J]. China Science and Technology Achievements, 2016, 17(14):52-53.
- [14] 岑静, 潘卫丰, 宋明义. 浙江省龙游县土地质量地球化学评估主要进展及成果[J]. 中国地质调查, 2015, 2(7):19-23. Cen J, Pan W F, Song M Y. Main progress and achievements in land quality geochemical assessment of Longyou, Zhejiang Province[J]. Geological Survey of China, 2015, 2(7):19-23.
- [15] 黄春雷, 蔡子华, 王加恩, 等. 土地质量档案建立方法研究[J]. 上海国土资源, 2010, 31(z1):293-296. Huang C L, Cai Z H, Wang J E, et al. Establishing method of land quality archives[J]. Shanghai Land & Resources, 2010, 31(z1):293-296.

## Geochemical survey method of land quality in hilly areas: A case study of the geochemical survey of land quality in Ganzhou

CHEN Guo-Guang<sup>1</sup>, LIANG Xiao-Hong<sup>1</sup>, ZHANG Jie<sup>1</sup>, YANG Zhong-Fang<sup>2</sup>

(1. Nanjing Geological Survey Center of China, Geological Survey, Nanjing 210016, China; 2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** In view of the characteristics of obvious changes in topography, geologic background and significant influence on geochemical element content in hilly area, this paper puts forward a method for geochemical investigation of land quality in hilly areas based on geological background analysis, with emphasis on soil geochemical survey of arable land, garden and gentle-slope land. According to the geological and geographical features of Ganzhou, detailed sample method laying in basins, valleys and mountains are, the method of plot-assignment based on geological background, the combination of eco-geological investigation and soil geochemical survey, the method of combining the pollution-free se-enriched concentration and the land quality files as the core.

**Key words:** Hilly area; land quality; geochemical survey; method; Ganzhou

(本文编辑: 蒋实)