

文章编号: 1001-1749(2023)06-0824-09

土地质量地球化学调查土壤采样点智能化布设研究

常 婵^{1,2}, 高艳芳^{1,2}, 孙彬彬^{1,2}, 周怡宁^{1,2},
吴 超^{1,2}, 柳青青^{1,2}

(1. 中国地质科学院 地球物理地球化学勘查研究所 自然资源部地球化学探测重点实验室, 廊坊 065000;
2. 联合国教科文组织 全球尺度地球化学国际研究中心, 廊坊 065000)

摘 要: 地质调查工作全流程信息化是地质调查发展的主要方向。在土地质量地球化学调查工作中, 土壤采样点位布设工作量大, 快速合理地完成采样点位布设, 是野外调查工作有序开展的首要前提。这里依据土地质量地球化学调查相关规范, 基于 MapGIS 平台实现了土地质量地球化学调查中不同工作比例尺下土壤采样点位的自动化、智能化布设, 主要包括: ① 实现了 1:250 000 土地质量地球化学调查中, 土壤双层采样点位的初步布设及自动编号; ② 遵循采样网格加土地利用图斑的布设原则, 实现了支持不同平均密度要求下, 1:50 000 土地质量地球化学调查土壤采样点位自动化布设, 布设结果兼顾空间均匀性及合理性; ③ 基于 Kmeans 算法, 实现了地块尺度土地质量地球化学调查中, 不同土地利用类型差异化采样密度的点位自动化布设, 且单一不规则地块内点位分布均匀。经对比验证, 采用提出的自动化布点方式可较好地满足相关规范的点位布设要求, 大幅度减轻技术人员样点布设的工作负担。

关键词: 土地质量地球化学调查; 工作布置; 自动化布设

中图分类号: P 59 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1749.2023.06.15

0 引言

土地质量地球化学调查是地球化学勘查方法技术的延伸和拓展, 是以地球化学为手段, 生态地球化学理论为指导, 为全面了解土地质量现状而开展的地质调查工作^[1-4]。近年来, 土地质量地球化学调查工作在全国范围内蓬勃展开, 实现了土地质量调查评价的科学量化, 为土地资源利用与规划、土壤污染防治与治理、农业种植结构调整等方面提供了有效的地质服务, 促进了农业经济发展和生态文明建设^[5-6]。土地质量地球化学调查工作开展之初, 首

先需要进行采样点的布置, 用来指导野外实际样品的采集。土地质量地球化学调查按工作比例尺主要分为 1:250 000、1:50 000 和地块尺度调查。现有方法一般通过 GIS 软件图形编辑功能或通过工具 (如 ArcGIS 中 Fishnet 工具) 进行采样网格绘制, 再手动进行采样大格编号。最后按照样点布设要求, 结合土地利用图斑或遥感影像手动进行逐点布设及编号^[4, 7-9]。这种布点方式工作量大、步骤繁琐、费时费力, 且不同技术人员间布设结果可能存在一定的差异。

笔者依据土地质量地球化学调查相关规范, 探讨了基于 MapGIS 平台的土地质量地球化学调查土

收稿日期: 2022-08-30

基金项目: 中国地质调查局项目 (DD20221807)

第一作者: 常婵 (1995—), 女, 硕士, 助理工程师, 主要从事勘查地球化学系列软件研发及地质信息化研究工作, E-mail: changchan@mail.cgs.gov.cn。

通信作者: 周怡宁 (1996—), 男, 工程师, 主要从事 GIS 二次开发、地球化学勘查系列软件研发与地理信息处理等研究, E-mail: zhouyining@mail.cgs.gov.cn。

壤采样点位自动化布设算法设计及实现过程,相关成果可显著提升地球化学调查工作的自动化和信息化水平。目前所获成果已集成于地球化学勘查一体化系统(Geochem Studio 4.0)工作布置模块中,可为土地质量地球化学调查工作中土壤点位布设提供智能化服务。

1 样点布设原则

1.1 1:250 000 土地质量地球化学调查

1:250 000 土地质量地球化学调查工作的主要任务是,全面掌握评价区土地质量地球化学宏观状况,为各省(直辖市、自治区)主体功能区划分、土地资源规划、经济社会可持续发展政策制定等提供依据^[9]。

1:250 000 土地质量地球化学土壤采样点布设原则,与区域化探规范中的技术要求类似,沿用规则网划分,但需采用双层网格进行布点,分别采集表层土壤和深层土壤两层样品。表层样品采样深度为 0 cm ~ 20 cm,采样密度通常为 1 个点/km²,每 4 km² 的 4 个点组成一个分析样。深层土壤根据不同景观条件,采样深度为 100 cm、120 cm 或 150 cm 以下,采样密度通常为 1 个点/km²,每 16 km² 内的 4 个点组成一个分析样。采样点的布设需兼顾均匀性与合理性,以最大限度的控制调查面积。采样点位应在每个采样小格(1 km×1 km 或 2 km×2 km)内均匀布设采样点,各采样点间距离一般大于 500 m,不得连续出现 4 个空白小格^[10]。

1.2 1:50 000 土地质量地球化学调查

1:50 000 土地质量地球化学调查工作主要任务是,查明研究区域内的优势土地资源及重要的生态地球化学问题,为土地利用规划、农业经济区划、种植结构调整及生态环境治理等提供依据^[10]。

1:50 000 土地质量地球化学调查点位布设,主要在耕地、园林及特色农业种植区域内,一般通过结合 1:50 000 或者更高精度的土地利用现状调查图斑完成布设。土壤样品主要布设在农用地上,采样密度范围为 4 个点/km² ~ 16 个点/km²,有林地、草地等土地利用类型采样密度为 1 个点/km² ~ 2 个点/km²,平均采样密度为 9 个点/km²。土壤样品按采样网格加图斑的原则进行布设,网格数量原则上与采样密度相一致。网格布设可保障样品空间上相对均匀,图斑布设可保障土壤样品点主要分布在农用地,同时对工作区范围内的建设用地及未利用地

按照相应的评价比例尺密度范围的最低要求布设采样点进行控制,以便对工作区域进行整体评价及避免出现较多空白区^[11-12]。

1.3 地块尺度土地质量地球化学调查

为满足地块尺度土地资源精细化管理的需求^[12],我国陆续开展地块尺度的土地质量地球化学调查试点工作,为国家生态管护和土壤资源管理提供决策依据。

地块尺度的土地质量地球化学调查工作以单一地块(图斑)为基本单元,要求单一地块均具有质量调查属性。因而采样点布设一般结合土地利用现状调查图斑,对每个图斑进行均匀布设。原则上土壤样品的平均采样密度为 32 个点/km²,采样密度范围为 20 个点/km² ~ 64 个点/km²。但由于我国幅员辽阔,自然环境复杂,不同地区的地块密度各有差异,变化可以介于 10 个点/km² ~ 200 个点/km²。同时由于土地利用类型的多样性和地块破碎程度的差异性,一般采用差异性布点方式^[13-14],对不同的土地利用类型(耕地、园地、林地、草地、建设用地等)进行不同密度的点位布置。一般布设规则为:对某一土地利用类型布点时,对于面积小于 S_1 的图斑不进行点位布设,当 $S_1 \leq$ 图斑面积 $< S_2$ 时,布设一个样品;对于面积较大的图斑($\geq S_2$),布设图斑面积/ S_2 个样品,但单一地块布设样点不超过样点最大数。可通过对工区内各土地利用类型图斑面积进行统计分析,如中位数等统计参数设置 S_1 、 S_2 ,或可根据专家经验获得^[6]。

2 布设算法的设计及实现

2.1 1:250 000 土地质量地球化学调查点位布设

为保障采样点布设密度及其均匀性,1:250 000 土地质量地球化学调查,依据采样网格实现土壤点位的自动化布设。笔者首先根据标准图幅内图框或实际工区范围进行采样大格的自动绘制;再依据自左而右、自上而下,按顺序递增的顺序进行采样大格自动编号。同时抽取重复样大格,预留重复样便于后期质量控制;最后基于采样大格实现点位自动布设及编号,算法流程图见图 1。算法实现了土壤双层采样点位的初步布设及自动编号,同时考虑了重复样及组合样的设置,满足规范要求。

2.1.1 采样大格的自动绘制及编号

标准图幅采样大格可根据内图框进行绘制(图 2),表层土壤可依据 1:50 000 标准图幅进行 2 km

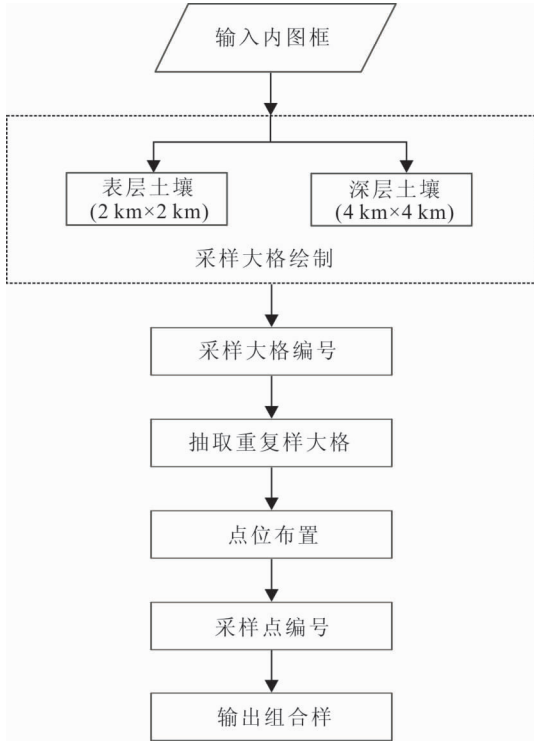


图 1 1 : 250 000 土地质量地球化学调查
点位布置流程图

Fig.1 The flowchart of 1 : 250 000 land quality
geochemical survey sites arrangement

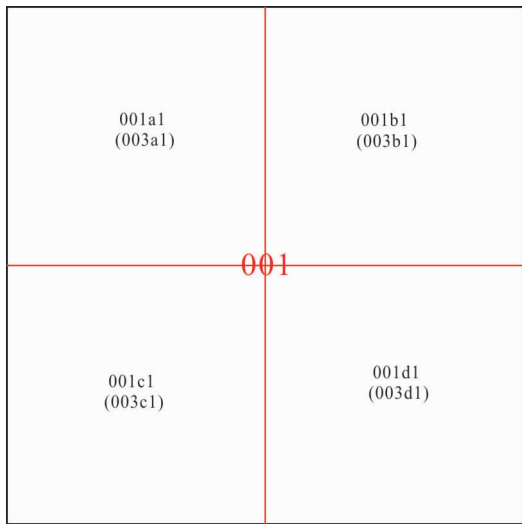


图 2 采样大格点位布置示意图

Fig.2 The rules of sample sites arrangement and
numbering in a sampling grid

×2 km 采样大格绘制,深层土壤依据 1 : 100 000 标准图幅进行 4 km×4 km 采样大格绘制。任意范围的采样大格绘制根据实际工区范围,生成最大外包矩形,再进行 2 km×2 km 或 4 km×4 km 采样大格绘制。算法依据内图框或工区范围的实际坐标,

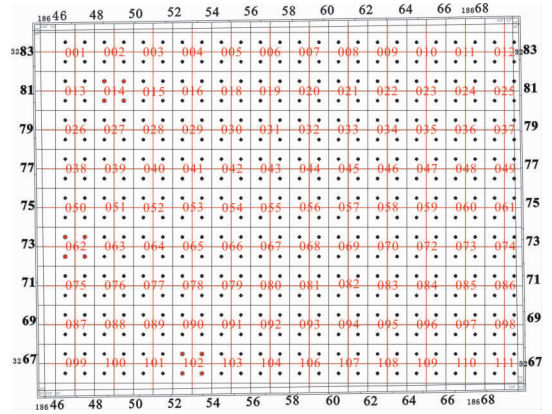


图 3 1 : 250 000 土地质量地球化学表层
土壤采样点位布置图(标准图幅)

Fig.3 Sampling sites arrangement in the 1 : 250 000
land quality geochemical survey
(according to a standard map)

从偶数方里网坐标起,绘制网格。其中 2 km×2 km 的网格中心点,落在奇数方里网 的相交处。

采样大格线交点处为网格中心点,算法按自左而右再自上而下,顺序递增的编号顺序进行采样大格的编号。同时,每 50 个采样大格中,随机抽取一对采样大格作为原始大格和重复样大格作为重复样。如图 3 所示,采样大格 014 和采样大格 017 作为一对重复样大格,重复样采样大格号码 017 不显示在图上。

2.1.2 点位自动布置及编号

表层土壤依据采样大格(2 km×2 km)进行布置,点位布置于其中 1 km×1 km 采样小格子中心(图 3)。

采样小格自左而右、自上而下编号为 a、b、c、d。采样点编号规则为采样大格号码(001)+采样小格号码(a、b、c、d)+n(采样小格内布置的第 n 个点)。采样大格内的全部采样点(一般为 4 个)形成一个组合样(001)。重复样大格中的采样点作为重复样进行采集,其编号规则与原始样相同,在图上显示如图 2 所示,如 001a1 和 003a1 是一对重复样。

深层土壤依据采样大格(4 km×4 km)进行布置,点位布置于其中 2 km×2 km 采样小格子中心。采样点编号规则与浅层土壤采样点编号相同。

2.1.3 算法应用与分析

图 3 为依据 5 万标准图幅实现的表层土壤样品的布置结果,算法基于内图框文件实现采样大格(2 km×2 km)的自动绘制及编号,并实现了采样点位的自动布置,布设采样密度为 1 个点/km²,满足规

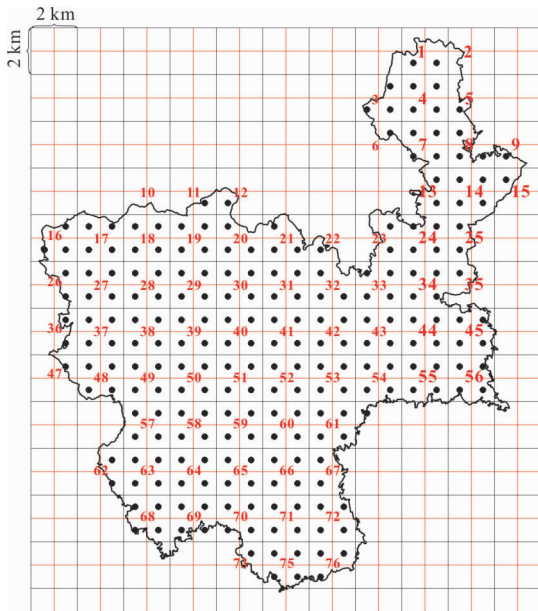


图 4 1:250 000 土地质量地球化学表层土壤
采样点布设图

Fig. 4 Sampling sites arrangement in the 1:250 000
land quality geochemical survey

范要求。其中 014 和 017、062 和 071、102 和 105 为三对重复样格子,内部布设了原始样点和重复样点,重复样点布设率为 2.7%,布设结果满足规范要求。

图 4 为依据浙江省龙游县塔石工作区范围实现的表层土壤样品的布置结果,算法基于工区范围文件实现采样大格(2 km×2 km)的自动绘制及编号,并实现了采样点位的自动布设,其中 14 和 46、64 和 74 为两对重复样格子,内部布设了原始样点和重复样点,重复样点布设率为 2.6%,布设结果满足规范要求。

2.2 1:50 000 土地质量地球化学调查点位布设

1:50 000 土地质量地球化学调查工作中,土壤采样点位布置工作一般使用采样大格叠加土地利用现状调查图斑进行布设。笔者首先根据工区范围进行采样大格的自动绘制和编号,再根据不同采样密度要求及样点布设规则,结合图斑文件,将样点主要布设于农用地,并实现了采样点自动编号算法流程图见图 5,样点布设结果兼顾均匀性和代表性。

2.2.1 任意范围采样大格的绘制及编号

为保障采样点布设空间上相对均匀,首先根据工区范围,计算外包矩形,并扩边至整数公里网范围,绘制采样大格(1 km×1 km)。采样大格编号按照从左到右再自上而下的顺序递增。

2.2.2 点位自动布置

为更好地反映采样网格内的土地质量情况,采

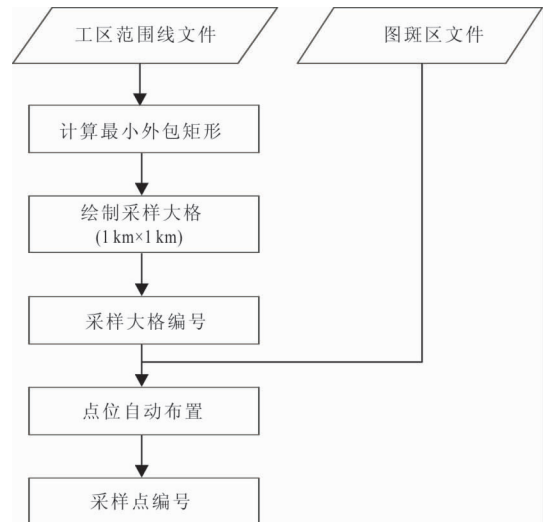


图 5 1:50 000 土地质量地球化学调查点
位布设流程图

Fig. 5 The flowchart of 1:50 000 land quality
geochemical survey sites arrangement

样点位的布设原则应主要分布在农用地内,同时对于农用地分布范围内的建设用地与未利用地需按照相应评价比例尺采样密度范围的最低要求布设采样点,以最大限度地控制调查面积。因此,笔者将图斑分为主布图斑和辅布图斑两类进行分别布设,主布图斑主要包括水田、菜园、果园、旱地、茶园等,辅布图斑主要包括其他草地、其他林地、有林地等。

1:50 000 土地质量地球化学调查中土壤样品采样点布设的密度要求介于 4 个点/ km^2 ~16 个点/ km^2 。依据工区设计平均采样密度要求在主布图斑布设点位,同时在辅助图斑内进行最低采样密度 1 个点/ km^2 进行布设。点位布置算法见图 6,具体实现如下:

1)主布图斑内点位布设。根据设计采样密度,对每个采样大格(1 km×1 km)进行 $n \times n$ 采样小格划分。如采样密度设为 9 个点/ km^2 ,则按照 3×3 采样小格划分,逐个遍历采样小格,裁剪落入采样小格内的图斑,寻找落入其内面积最大的主布图斑,在其区域内布设采样点以控制该采样小格区域。

2)辅布图斑内点位布设。依据绘制好的采样大格,裁剪落入采样大格(1 km×1 km)内的图斑,寻找落入采样大格内的面积最大的辅助图斑类型,在其区域内布设采样点。或当采样密度不满足要求时,进行辅助图斑的点位布置。

3)重复样点布设。重复样点的按照样点总量的 2%~3%进行布设,布设方法可随机抽取相对比例的样品作为重复样点,或者可固定位置进行重

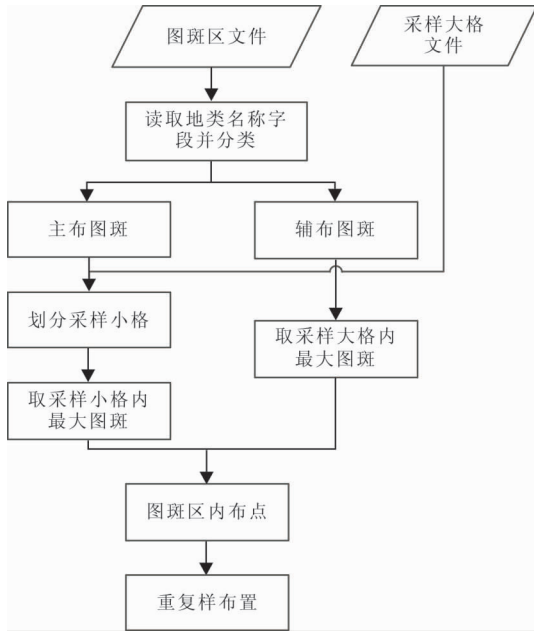


图 6 点位布置算法

Fig. 6 The algorithm of sampling sites arrangement

复样点设置,如每 50 个样点设置一个重复样点,将固定位置(如第 25 个)设置为重复样。

2.2.3 采样点编号

采样小格编号规则为自左而右自上而下编号: a、b、c、d。采样点编号规则为采样大格号码(001)+采样小格号码(a、b、c、d)+n(采样小格内布置的第 n 个点)。

2.2.4 算法应用与分析

图 7 为浙江省龙游县塔石工作区 1:50 000 土地质量地球化学调查土壤样点布置结果。按照绘制采样大格—采样大格编号—点位布置及编号的流程完成了采样点位的自动布置。工区面积为 232.4 km²,主布图斑包括水田、菜园、果园、旱地、茶园,辅布图斑包括有林地、其他草地、其他林地。其中如图 7(a)所示,主布图斑密度设为 4 个点/km²,辅布图斑密度为设 1 个点/km²,最终布置结果中布设样点总数共 1 209 个,平均采样密度为 5.2 个点/km²,其中重复样点数为 27 个,重复样点比例为 2.2%。如图 7(b)所示,主布图斑密度设为 9 个点/km²,辅布图斑密度设为 1 个点/km²,最终布置结果中布设样点总数共 2 250 个,平均采样密度 9.7 个点/km²,其中重复样点个数为 27 个,重复样比例 2.2%。如图 7(c)所示,主布图斑密度设为 16 个点/km²,辅布图斑密度设为 1 个点/km²,最终布置结果中布设样点总数共 3 607 个,平均采样密度 15.5 个点/km²,其中重复样点数为 80 个,重复样点比例 2.2%。该算

表 1 地块规模地球化学调查中样点的排列与编号规则
Tab. 1 The rules of sample sites arrangement and numbering in the land parcel scale geochemical survey

土地利用类型	S_1/hm^2	S_2/hm^2	单一地块样点最大数 $N_{\text{max}}/\text{个}$
耕地	0.2	3.33	—
园林和建设用地	0.2	0.67	10
林地和草地	0.2	0.67	5

法可按照不同的采样密度要求,进行土壤样点布设,样点布设结果在空间上总体呈均匀分布,且主要分布在采样小格内最大的农用地图斑内,具有较好的代表性。

2.3 地块尺度土地质量地球化学调查

地块尺度土地质量地球化学调查以土地利用现状调查图斑为基础,一般采用差异性布点,对不同的土地利用类型(耕地、园地、林地、草地、建设用地等)进行不同密度的点位布置。人工布点方法繁琐,笔者基于 Kmeans 算法,实现了针对不同土地利用类型差异化采样密度的点位自动布设,单一地块(图斑)内多点布设结果空间分布均匀,满足规范要求。

2.3.1 图斑信息统计

分别统计研究区域内不同土地利用类型的图斑,获取面积最小值、最大值及中位数等参数并确定 S_1 或 S_2 ,以确定不同土地利用类型的点位布置规则。笔者所使用点位布置规则根据一般经验设置,具体如表 1 所示。

2.3.2 点位布置

针对不同土地利用类型差异化采样密度的点位自动布设,主要分为耕地、园林建设用地、林地和草地四类进行,点位布置流程见图 8。对于面积小于 S_1 的图斑不进行点位布设,当 $S_1 \leq \text{图斑面积} < S_2$ 时,布设一个样品,图斑内单点布置算法与 1:50 000 土地质量地球化学调查中点位布置方法相同。

对于面积较大的图斑($\geq S_2$),布设图斑面积/ S_2 个样品,但单一地块布设样点不超过样点最大数 N_{max} 。首先计算图斑最小外包矩形,并以此范围按规则网格方式均匀生成点位,剔除掉图斑范围外的点位,构建训练点集,并使用无监督分类 Kmeans 分组方法^[15-16],对训练点集进行分组。分组数等于布设点个数,获取分组的质心作为点位布设位置,图斑内多点布置算法见图 9。

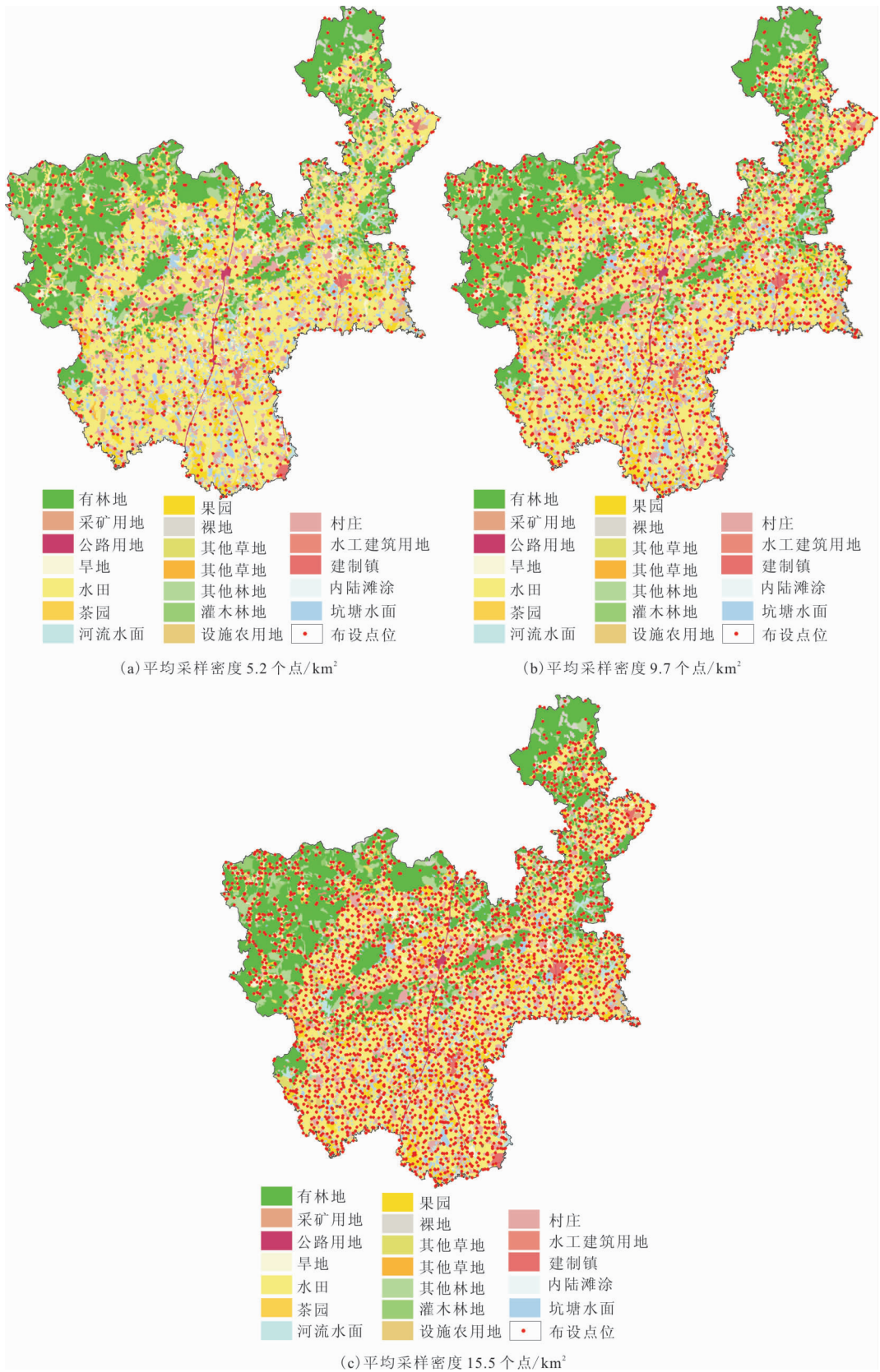


图 7 浙江省龙游县塔石工作区 1 : 50 000 土壤采样点布设结果

Fig. 7 Soil sites arrangement in the 1 : 50 000 land quality geochemical survey of a work area in Zhejiang province

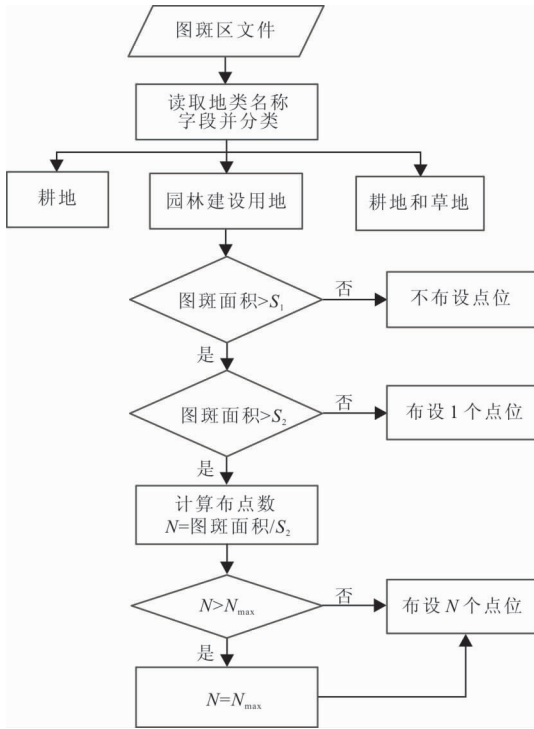


图 8 点位布置算法

Fig. 8 The algorithm of sampling sites arrangement

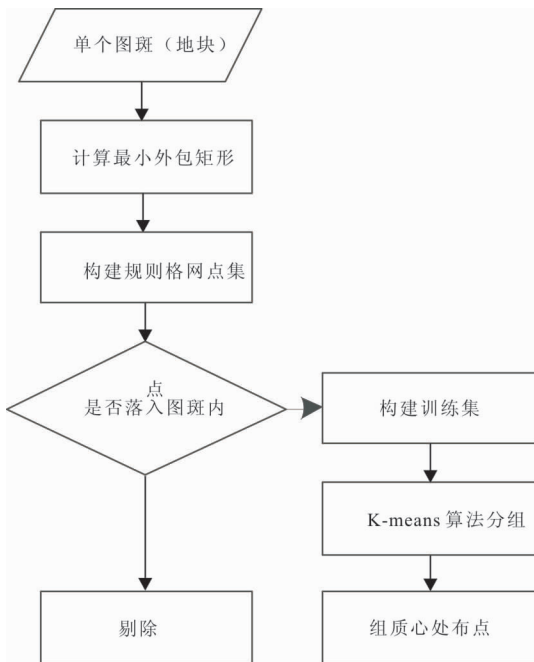


图 9 图斑内多点布置算法

Fig. 9 Multi sites arrangement algorithm
in a map-spot

2.3.3 算法应用与分析

图 10 为浙江省龙游县塔石工作区下设研究区内地块尺度土地质量地球化学调查方法的点位布置

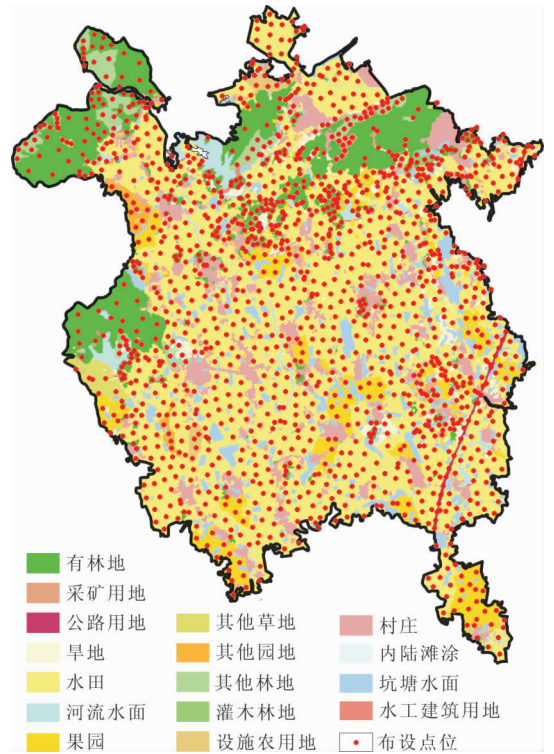
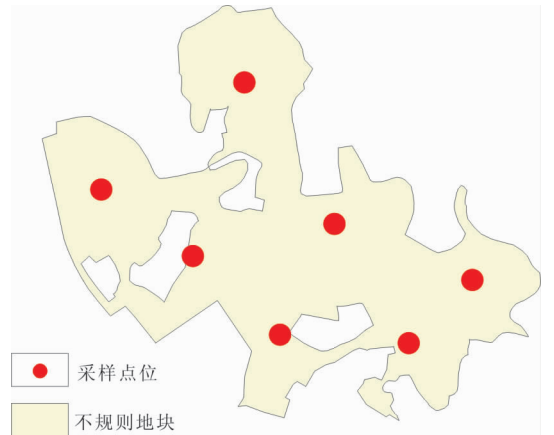
图 10 浙江省龙游县塔石工作区地块尺度
土壤点位布置结果Fig. 10 Soil sites arrangement in the land parcel
scale geochemical survey of a work
area in Zhejiang province

图 11 同一图斑多点布置结果

Fig. 11 Results of multi sites arrangement
in a map-spot

结果。工区面积为 51 km^2 ，主要土地利用类型包括旱地、水田、茶园、果园、有林地、其他园林、其他林地、其他草地、设施农用地等， S_1 、 S_2 、 N_{\max} 的取值按表 1 所设置，布设样品总数共 1 525 个，平均采样密度 $29.9 \text{ 个点}/\text{km}^2$ ，满足采样密度的要求。整体

上来看,采样设置结果空间分布较为均匀,且任一图斑内多点分布较为均匀,对于不规则形、破碎形图斑处理较好(图 11),可满足规范要求。

3 结论

随着信息技术的发展,地球化学勘查全流程逐步实现信息化和智能化。工作布置作为野外工作开展的首要任务,在实际工作中,却仍旧延续传统的人工布点方法,操作繁琐且耗时耗力。笔者基于 MapGIS 平台二次开发,遵循土地质量地球化学调查规范中土壤点位的布设原则,实现了土地质量地球化学调查中不同工作比例尺下土壤点位的自动化、智能化布设,主要结论如下:

1)通过结合 1:50 000 或 1:100 000 标准图幅内图框快速生成采样大格并自动编号,布设点位于采样小格中心,并实现采样点自动编号,实现了 1:250 000 土地质量地球化学调查中土壤点位的自动化布设。经实验分析,布设结果满足采样密度要求,后续可结合野外现场环境对点位进行进一步调整。

2)遵循采样网格加土地利用图斑的布设原则,实现了支持不同平均密度要求下,1:50 000 土地质量地球化学调查土壤采样点自动化布设。经实验分析,点位布设结果表明点位主要分布于农用地,且以最低采样密度要求控制了建设用地及未利用地,兼顾空间均匀性和合理性。

3)地块尺度土地质量地球化学调查中,针对不同土地利用类型差异化采样密度的点位布设原则,笔者基于 Kmeans 算法实现了土壤采样点位的自动化布设。经实验分析,点位布设结果不仅满足采样密度要求,单一不规则地块内多点布置结果空间分布均匀,布设合理。

参考文献:

[1] 谢学锦. 2020 年的勘查地球化学——从勘查地球化学到应用地球化学[J]. 地质通报,2003(Z1):863—868.
XIE X J. Exploration Geochemistry in 2020——from exploration geochemistry to applied geochemistry[J]. Geological Bulletin of China, 2003(Z1):863—868. (In Chinese)

[2] 谢学锦. 勘查地球化学:发展史·现状·展望[J]. 地质与勘探,2002,38(06):1—9.
XIE X J. Exploration geochemistry: retrospect and prospect[J]. Geology and Exploration, 2002, 38

(06):1—9. (In Chinese)

[3] 杨忠芳,奚小环,成杭新,等. 区域生态地球化学评价核心与对策[J]. 第四纪研究,2005,25(03):275—284.
YANG Z F, XI X H, CHENG H X, et al. The core and countermeasures of regional ecological geochemical assessment[J]. Quaternary Sciences, 2005,25(03):275—284. (In Chinese)

[4] 杨艳. Google Earth 等软件的结合使用在土地质量地球化学调查初期的应用研究[J]. 资源信息与工程,2018,33(04):11—12+14.
YANG Y. Application of google earth and other software in the early stage of land quality geochemical survey[J]. Resource Information and Engineering, 2018,33(04):11—12+14. (In Chinese)

[5] 武春林,王瑞廷,丁坤,等. 中国土壤质量地球化学调查与评价的研究现状和进展[J]. 西北地质,2018,51(03):240—252.
WU C L, WANG R T, DING K, et al. Geochemical survey and evaluation on soil quality in China: Research status and advances[J]. Northwestern Geology, 2018,51(03):240—252. (In Chinese)

[6] 李括,彭敏,赵传冬,等. 全国土地质量地球化学调查二十年[J]. 地学前缘,2019,26(06):128—158.
LI K, PENG M, ZHAO C D, et al. Vicennial implementation of geochemical survey of land quality in China[J]. Earth Science Frontiers, 2019, 26(06):128—158. (In Chinese)

[7] 方璐. 土地质量地球化学调查工作采样点布设方法[J]. 内蒙古煤炭经济,2018,(23):155—156.
FANG L. Layout method of sampling points in geochemical survey of land quality[J]. Inner Mongolia Coal Economy, 2018,(23):155—156. (In Chinese)

[8] 张得恩,解庆锋,何镇,等. 区域化探样点布置图大格编码自动生成[J]. 物探与化探,2011,35(03):406—408+430.
ZHANG D E, XIE Q F, HE Z, et al. The automatic generation of large lattice coding in the sampling point layout map for regional geochemical exploration[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2011,35(03):406—408+430. (In Chinese)

[9] 王利,杨拓. 土地质量地球化学调查采样点布设流程[J]. 化工矿产地质,2022,44(03):265—268.
WANG L, YANG T. Layout flow of sampling points in geochemical survey of land quality[J]. Geology of Chemical Minerals, 2022,44(03):265—268. (In Chinese)

[10] DZ/T0258. 多目标区域地球化学调查规范(1:25 万)

- [S]. 北京:地质出版社,2014.
DZ/T0258. Specification of multi-purpose regional geochemical assessment (1:250 000)[S]. Beijing: Geology Press,2014. (In Chinese)
- [11] 贺灵,孙彬彬,周国华,等. 浙中丘陵盆地地区1:5万土地质量地球化学调查方法研究[J]. 现代地质,2016,30(06):1285-1293.
HE L,SUN B B,ZHOU G H,et al. Research of 1:50,000 land quality geo-chemical survey technique at a hilly basin area in Zhejiang province[J]. Geoscience, 2016,30(06):1285-1293. (In Chinese)
- [12] DZ/T 0295. 土地质量地球化学评价规范[S]. 北京:地质出版社,2016.
DZ/T 0295. Specification of land quality geochemical assessment[S]. Beijing: Geology Press,2016. (In Chinese)
- [13] 周亚龙,郭志娟,刘飞,等. 地块尺度城市土地质量地球化学调查方法:以雄安新区起步区为例[J]. 环境科学,2021,42(04):1989-2002.
ZHOU Y L,GUO Z J,LIU F,et al. Geochemical survey method of land quality in land parcel scale city: a case study of the initial area of the Xiongan New District[J]. Environmental Science, 2021,42(04):1989-2002. (In Chinese)
- [14] 彭敏,李括,刘飞,等. 东北平原区地块尺度土地质量地球化学评价合理采样密度研究[J]. 物探与化探,2019,43(02):338-350.
PENG M,LI K,LIU F,et al. Reasonable sampling density for land parcel scale geochemical assessment on land quality in Northeast China plain[J]. Geo-physical and Geochemical Exploration,2019,43(2):338-350. (In Chinese)
- [15] 段明秀. 层次聚类算法的研究及应用[D]. 长沙:中南大学,2009.
DUAN M X. Research and application of hierarchical clustering algorithm[D]. Changsha:Central South University,2009. (In Chinese)
- [16] 蒋华,季丰,王慧娇,等. 改进 Kmeans 算法的海洋数据异常检测[J]. 计算机工程与设计,2018,39(10):3132-3136.
JIANG H,JI F,WANG H J,et al. Improved Kmeans algorithm for ocean data anomaly detection[J]. Computer Engineering and Design, 2018,39(10):3132-3136. (In Chinese)

Research on intelligent arrangement of soil sampling points in a geochemical survey of land quality

CHANG Chan^{1,2}, GAO Yanfang^{1,2}, SUN Binbin^{1,2}, ZHOU Yining^{1,2},
WU Chao^{1,2}, LIU Qingqing^{1,2}

(1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Key Laboratory of Geochemical Exploration, Ministry of Natural Resources, Langfang 065000, China;
2. UNESCO International Centre on Global-Scale Geochemistry, Langfang 065000, China)

Abstract: The realization of informatization in the whole process of geological survey is the main direction of the development of geological survey. In the land quality geochemical survey, the arrangement of soil sampling points is much work, and how to efficiently and reasonably complete the arrangement of sampling points is the premise and key to the orderly development of field investigation. According to the relevant land quality geochemical survey specifications and based on the MapGIS platform, this paper realizes the automatic and intelligent arrangement of soil points under different work scales in the land quality geochemical survey, which mainly includes: ① The preliminary layout and automatic numbering of soil double-layer sampling points in 1:250 000 land quality geochemical survey; ② The automatic layout of soil sampling points for 1:50 000 land quality geochemical survey was realized under different average density requirements, and the layout results took into account spatial uniformity and rationality; ③ Based on the K-means algorithm, the automatic point layout of differentiated sampling density of different land use types in the land parcel scale geochemical survey was realized, and the distribution of points within a single irregular block was uniform. Through comparison and verification, the automatic point layout method adopted in this paper can better meet the requirements of the relevant specifications and significantly reduce the work burden of technical personnel.

Keywords: geochemical survey of land quality; work arrangement; automatic arrangement