

复杂地区土壤调查样点可达性研究^①

——以我国西北黑河流域为例

邱霞霞^{1,2}, 李德成^{1*}, 赵玉国¹, 刘 峰¹, 宋效东¹, 张甘霖¹

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008; 2 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 土壤调查中样点位置关系到研究结果代表性和可靠性, 在 3S 技术和网络技术支持下室内预先布点的方法已被普遍采用。很多因素可能会影响到样点的可达性, 但这方面的报道甚少。本文以 2012—2013 年在我国西北黑河流域的两次野外土壤调查为例, 分析讨论了样点的可达性、影响可达性的因素以及应采取的相应措施。结果表明: 地势平坦或起伏小、人类活动集中、交通便利的地区, 样点的可达性要高于地势起伏大、人类活动少、交通不便的地区; 不同地区影响样点可达性的因素不同, 应采取具有针对性的措施。

关键词: 土壤调查; 样点; 可达性; 影响因素; 对策

中图分类号: S159.2

土壤调查始于 19 世纪末俄罗斯著名地理学家和土壤学家 B.B.道库恰耶夫基于地理综合法的土壤调查^[1]。由于很难实现或没有必要对研究区内的所有位置进行调查, 因此土壤学和地学多采用代表性样点的调查方法, 代表性样点的位置关系到研究结果的代表性和可靠性。

3S 技术以及网络信息获取的便捷化已使在室内利用“数字化”环境因子信息预布样点的方法被普遍采用。然而由于自然或人为因素的限制, 一些样点并不能“准确到达”(“准确到达”可定义为调查者最后抵达的位置与预布样点位于研究采用的信息源中同一个栅格单元或像元内)。总体而言, 地形起伏小地区, 人类活动较为集中且交通较为便利, 预布样点可达性应高于地形起伏大的山地丘陵区或人烟稀少的地区或交通较差的地区。

迄今有关样点布设方法的文献很多^[2–9], 而样点可达性方面的报道却甚少, 但这确实是一个值得研究的问题。为此, 本文以我们于 2012—2013 年在我国西北黑河流域进行的两次野外土壤调查活动为例, 探讨了样点的可达性、影响可达性的因素和应采取的措施, 旨在为今后类似地区土壤调查的样点布设提供指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

黑河是我国西北第二大内陆河, 流经青海、甘肃和内蒙古, 全长 821 km。黑河流域介于 $96^{\circ} \sim 104^{\circ}\text{E}$, $37^{\circ}50' \sim 43^{\circ}\text{N}$ 之间, 流域总面积 23.66 万 km^2 (图 1)。地势上南高北低, 地形复杂, 沿河海拔高度由 5 000 m 降至 900 m^[10–11]。按海拔高度和自然地理特点, 黑河流域分为上游祁连山区、中游河西走廊平原、下游阿拉善高原与额济纳盆地 3 个地貌类型区。上游海拔介于 1 600 ~ 4 600 m 之间, 面积 3.03 万 km^2 , 年降水量在 200 mm 以上, 蒸发量约 700 mm, 以草原为主, 分布呈片状或块状分布的灌丛和乔木林; 中游海拔在 1 400 ~ 1 700 m 之间, 面积 3.05 万 km^2 , 降水量由东部的 250 mm 向西部递减为 50 mm 以下, 蒸发量从 2 000 mm 以下增至 4 000 mm 以上, 是主要的农业区; 下游海拔介于 900 ~ 1 200 m, 面积为 17.58 万 km^2 , 年均降水量仅约 42 mm, 年均蒸发量却达到 3 755 mm, 是极端大陆型干旱气候, 主要是戈壁荒漠^[12–13]。

1.2 样点预布方法

黑河流域空间跨度大, 地形复杂, 受人力和野外适宜工作时间(一般为 6—9 月)的影响, 研究设计了

基金项目: 国家自然科学基金项目(4137122、41130530、913253002、41201207)资助。

* 通讯作者(dcli@issas.ac.cn)

作者简介: 邱霞霞(1990—), 女, 浙江台州人, 硕士研究生, 主要从事数字土壤制图研究。E-mail: xxqiu@issas.ac.cn

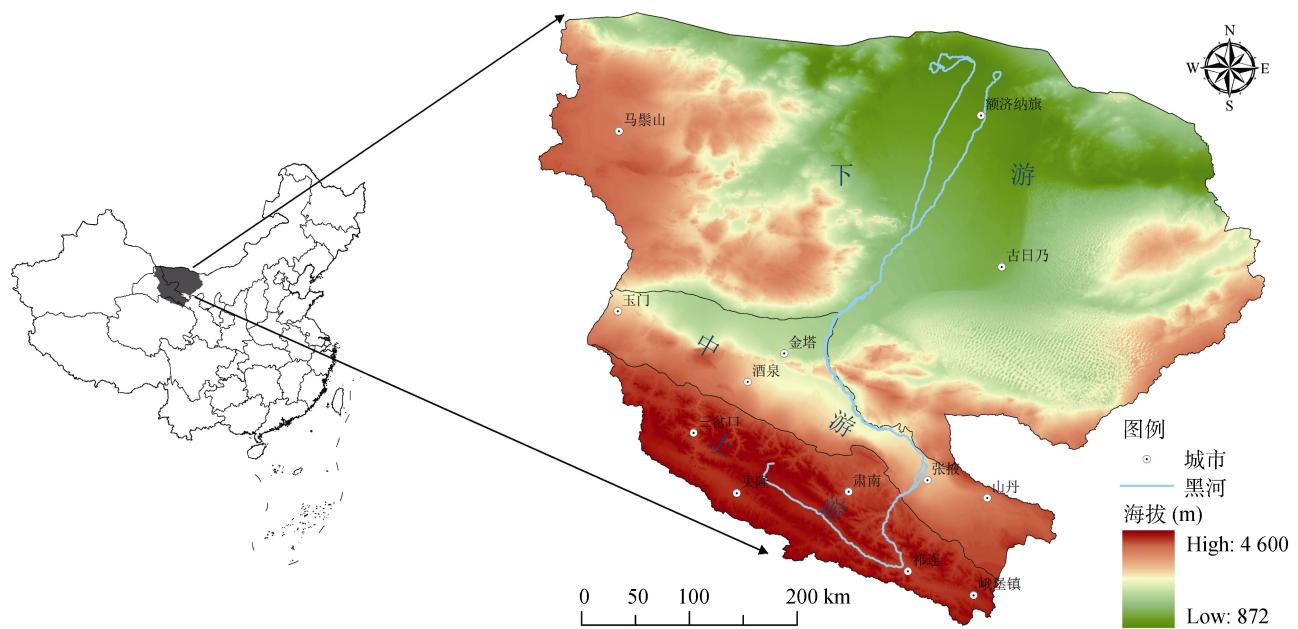


图 1 黑河流域区位图
Fig. 1 Map of Heihe River Basin

2012 和 2013 两个年度进行野外调查采样的方案。

两次预布样点均以土壤-景观模型为基础,利用环境要素组合对土壤空间分布的指示作用进行布点设计^[14]。考虑到上游、中游和下游迥异的环境特征,对 3 个地区分别进行布点设计。上游 90% 是草地,生物条件基本一致,但海拔梯度变化大,成土母质复杂,因此选定了高程、坡度、坡向、年均温、年均降水量和母质 6 个环境因子;中游地形略有起伏但成土母质较为单一,主要是农耕区,受人类活动的影响较大,因此选定了高程、坡度、坡向、年均温、年均降水量和归一化植被指数 6 个环境因子;下游主要是荒漠戈壁,地形和成土母质较为单一,因此选定了年均温、年均降水量和归一化植被指数 3 个环境因子。

地形要素以 90 m 分辨率的 SRTM 数字高程模型为源数据,计算得到高程、坡度、坡向。母岩数据来自全国 1:100 万岩性数据,经栅格化处理转换成 90 m 分辨率的栅格数据。环境因子处理采用模糊 c 均值聚类算法^[15] 数据预处理在 ArcGIS 9.3 中进行,使用 SAGA 软件计算得到地形要素,环境因子的组合根据 Zhu 等^[16]开发的 SoLIM (Soil Land Inference Model)软件计算获取。样点位置确定综合考虑环境要素组合中每个点的模糊隶属度值和通达性,选取具有较高代表性和可达性的点作为样点。需要指出的是,第二次预布样点考虑了第一次野外工作中获取到的流域自然环境以及道路交通等方面的信息(图 2 为两个年度的预布样点情况)。

1.3 调查方法

由于野外调查采用挖掘标准土壤剖面(宽 1.2 m × 深 1.2~1.5 m 或到基岩 × 长 2.5~3.0 m)的方法进行,一般 1 个剖面从找点到调查采样完成往往需要半天到一天时间,加之黑河流域整体道路状况较差,因此交通工具以越野车或皮卡为主,在车辆无法通行的地方采用步行。

2 结果与讨论

2.1 样点的可达性

表 1 为 2012 和 2013 年度预布样点的可达性,由表可见,整个流域的预布样点可达性由 2012 年的 76.4% 提高到 2013 年的 93%,其中,上游、中游和下游分别由 65.1%、85.2% 和 83.3% 提高到 91.9%、97.6% 和 88.9%。2013 年度预布样点的可达性之所以高于 2012 年,是由于其布点时考虑了 2012 年野外工作获取的流域环境和交通等方面信息。

图 3 和表 2 为 2012 和 2013 年度样点与对应的实际调查样点之间位置偏移情况,由表 2 可见,未准确到达样点的位置平均偏移程度由 2012 年的 2 694 m 降低到 2013 年的 1 643 m,两次调查中最大位置偏移均出现在下游,这是因为下游存在很多空间分布区域不明且无法进入的“禁区”,而中游农业区由于地形起伏小,交通便利,其预布样点的实际可达性最高,样点的位置偏移也是最小。

2.2 样点可达性影响因素

以 2012 年度调查为例,分析上游、中游和下游未准确到达样点的影响因素。

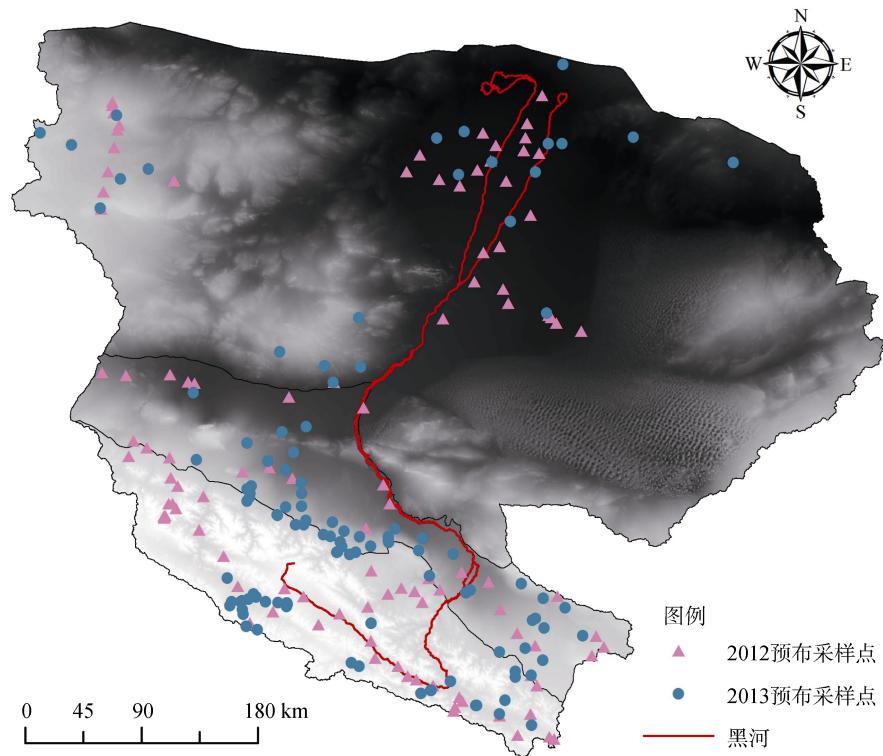


图 2 土壤调查采样点预布点位图(下游样点少或无的地区多是沙漠和“禁区”)

Fig. 2 Locations of predesigned sampling points

表 1 2012 和 2013 年度预布样点的可达性
Table 1 The accessibilities of sampling points in 2012 and 2013

区域	2012 年			2013 年		
	样点数	准确可达样点数	比例(%)	样点数	准确可达样点数	比例(%)
上游	43	28	65.1	37	34	91.9
中游	27	23	85.2	41	40	97.6
下游	36	30	83.3	36	32	88.9
合计	106	81	76.4	114	106	93.0

上游：坡陡：4 个样点位于 $>50^{\circ}$ 的山坡上；坡较陡、地表为松散石块：4 个样点位于 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 、地表为松散石块的山坡上；荆棘：2 个样点位于无法通行的荆棘密布山坡上；桥梁被毁：2 个样点因山洪暴发冲毁了桥梁且绕行距离太远；人为阻拦：1 个样点位于无法翻越的牧场铁丝网内，2 个位于牧场内的样点被牧民阻止进入。

中游：人为阻拦：2 个样点位于菜地和瓜地中，被农户阻止进入；样点被建设用地占用：2 个样点在卫星影像上是农田，但实际已被建设用地占用。

下游：“禁区”：4 个样点位于空间发布不明且不能进入的“军事禁区”；地表条件限制：2 个样点位于额济纳旗到马鬃山之间，两地相距约 300 km 左右，路面松软车辆易陷，步行往返 1 个样点约要 5 个小时。

2.3 对策分析

1) 做好做细室内工作：综合考虑道路分布情况、地形坡度、植被类型、土地利用类型、地表状况等信息，评估整个研究区的可达性，保证预布样点既能代表整个研究区域，也具有高的可达性，避免将样点设在陡坡或车辆及人难于行进的地点。

2) 野外需携带必要的器械或工具，如园林剪刀（用于剪除地表荆棘）和消防软梯等（用于陡坡调查）。

3) 牧场铁丝网阻拦：沿着铁丝网多绕行，争取找到能够翻越的缺口。

4) 人为阻拦：耐心解释沟通，争取说服牧民和农户。

5) 桥梁道路被毁、禁区：依据基础图件和布点图，把样点调整到空间最近的相同或类似的地理单元。

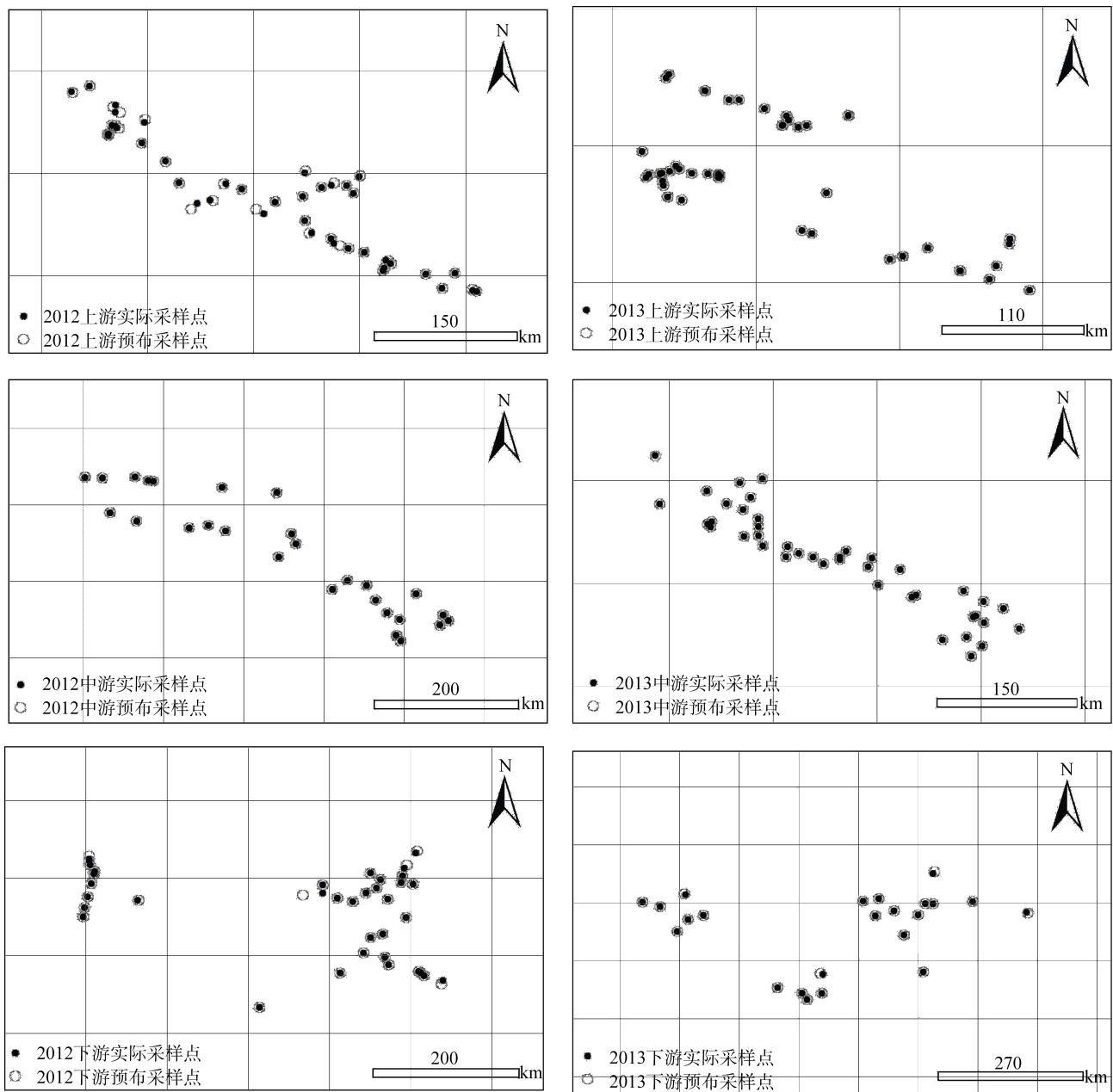


图3 2012和2013年度实际样点与预布样点之间的位置偏移情况
Fig. 3 Position offsets of the actual and predesigned sampling points in 2012 and 2013

表2 2012和2013年度预布样点的位置偏移情况(m)

Table 2 Position offsets of predesigned sampling points in 2012 and 2013

区域	2012年			2013年		
	位置偏移范围	平均偏移	标准差	位置偏移范围	平均偏移	标准差
上游	211~7 747	2 777	1 909.33	159~383	265	112.48
中游	121~1 039	538	385.82	511	-	-
下游	1 159~10 983	3 924	3 700.74	2 000~3 964	2 959	983.12
全流域	121~10 983	2 694	2 481.10	159~3 964	1 643	1 550.59

3 结论

影响预布样点可达性的因素很多，应首先做好做细室内的工作，定量评价研究区内每个栅格单元或像

元的可达性，这是下一步需开展的研究工作；其次是在野外工作时，应依据不同的情形，采取针对性措施加以解决。

参考文献：

- [1] 朱鹤健等译. 布里齐斯, 戴维森. 土壤地理学的原理和应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 1989: 10–15
- [2] 胡键颖, 孙山泽. 抽样调查的理论、方法和应用[M]. 北京: 北京大学出版社, 2006
- [3] 杨琳, 朱阿兴, 秦承志, 李宝林, 裴韬. 一种基于样点代表性等级的土壤采样设计方法[J]. 土壤学报, 2011, 48(5): 938–946
- [4] 王金国, 周卫军, 王彬武, 陈冲. 县域尺度土壤样点密度与插值精度研究——以土壤 pH 值为例[J]. 湖南农业科学, 2011(21): 27–30
- [5] 张淑杰, 朱阿兴, 刘京, 杨琳. 基于模拟退火算法的土壤样点设计方法研究[J]. 土壤通报, 2013, 44(4): 820–825
- [6] 程道全, 巫振富, 刘晓冰, 兰传宾, 陈杰. 样点密度对土壤有机质空间预测结果的影响——以河南封丘县土壤为例[J]. 土壤通报, 2013, 44(4): 844–850
- [7] 李云辉. 土壤有机质采样点布设及空间插值方法对农用地分等成果的影响研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013
- [8] 张淑杰, 朱阿兴, 刘京, 杨琳. 基于样点的数字土壤属性制图方法及样点设计综述[J]. 土壤, 2012, 44(6): 917–923
- [9] 杨琳, 朱阿兴, 秦承志, 李宝林, 裴韬, 邱维理, 徐志刚. 基于典型点的目的性采样设计方法及其在土壤制图中的应用[J]. 地理科学进展, 2010, 29(3): 279–286
- [10] 武翠芳, 徐中民. 黑河流域生态足迹空间差异分析[J]. 干旱区地理, 2008, 31(6): 799–806
- [11] 李静. 黑河流域生态环境历史演变研究[D]. 杭州: 浙江师范大学, 2010
- [12] 卢玲, 李新, 程国栋, 肖洪浪. 黑河流域景观结构分析[J]. 生态学报, 2001, 21(8): 1 218–1 224
- [13] 李云玲, 严登华, 裴源生, 秦大庸. 黑河流域景观动态变化研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2005, 33(1): 6–9
- [14] 张华, 张甘霖, 龚子同. 土壤-景观定量模型研究进展[J]. 土壤通报, 2004, 35(3): 339–346
- [15] Bezdek JC, Ehrlich R, Full W. FCM: The fuzzy c means clustering algorithm[J]. Computers & Geosciences, 1984, 10(2): 191–203
- [16] Zhu AX, Band LE, Vertessy R, Dutton B. Derivation of soil properties using a soil land inference model (SoLIM)[J]. Soil Science Society of America Journal, 1997, 61(2): 523–533

On Accessibility of Predesigned Sampling Points of Soil Survey in Complex Region —A Case Study of the Heihe River Basin in Northwest China

QIU Xia-xia^{1,2}, LI De-cheng^{1*}, ZHAO Yu-guo¹, LIU Feng¹, SONG Xiao-dong¹, ZHANG Gan-lin¹

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China; 2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The positions of sampling sites in soil survey are vital to ensure the representativeness and reliability of the study results. The rapid development of 3S and internet techniques enable us to predesign sampling points indoors. There are many factors that may affect the accessibility of sampling points, but so far less or no information is available on this issue. In this paper, the field soil survey conducted in 2012 and 2013 in the Heihe River Basin in northwest China was taken as the example to investigate the accessibility of predesigned sample points and the influential factors, and then the effective countermeasures to improve the accessibility of sample points were proposed. The results showed that the accessibility of sample points usually was higher in the regions with relative flat terrain, intensive human activity and convenient traffic condition than these with undulate terrain, less human activity and poor traffic condition. Different effective measures should be taken for different regions to improve the accessibility of the sample points because the influential factors on accessibility of the sample points varied with studied regions.

Key words: Soil survey; Sampling point; Accessibility; Influential factors; Countermeasures