

• 方法 •

生物多样性野外调查地理信息管理、 路线精细设计和精确导航方法

陈 彬*

(上海辰山植物园, 上海 201602)

摘要: 野外调查是生物多样性研究和保护的基础工作。在野外调查中, 自然地理环境十分复杂, 对相关地理信息的掌握程度、调查路线的设计质量和导航的准确性, 直接影响调查工作的成效, 甚至调查人员的人身安全。使用谷歌地球软件及相关数据转换工具, 能获取海量遥感影像和地形数据, 能将各种地理信息转换、编辑、叠加到三维地球模型上形成地理信息库, 进而精细设计野外考察路线、调查点和调查样方, 并以kml或kmz文件格式保存和分发设计结果。使用Android智能终端设备安装OruxMaps软件, 可以将多种网络地图下载制作成离线地图, 在卫星图上精确显示当前位置、记录走过的轨迹、导入kml或kmz文件进行导航。综合使用这些工具, 可以实现良好的地理信息管理、精细的生物多样性野外调查路线设计和高精度现场导航实施, 有效提高野外调查工作的成效和安全性。

关键词: 野外调查; 地理信息管理; 路线设计; 导航; 谷歌地球; OruxMaps

Geographic data management, refined route design and precise navigation in biodiversity field surveys

Bin Chen*

Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai 201602

Abstract: Field surveys are basic methods for biodiversity research and conservation. During field surveys, geographic conditions are usually complex, knowledge about local geographical information, design of routes for surveying, and the precision of field navigation directly influence the efficiency of fieldwork, and even personal security. Using Google Earth, we can convert and edit various geographic data and overlay these onto a 3 dimensional model of the Earth, to create a comprehensive geo-database. Then, we can choose the location of plots and design the routes of field surveys. By using OruxMaps, which can be installed on an Android mobile device, we can download and compile online maps into offline maps, find current locations, auto-record track logs, display designed routes onto the maps and precisely navigate to target locations. By using these tools interactively, we can easily manage the geographic data, design the routes in field survey and precisely navigate in the field. Thus, we not only enhance the efficiency of fieldwork but also improve personal safety during field surveys.

Key words: field survey; geographic data management; route design; navigation; Google Earth; OruxMaps

生物多样性研究和保护离不开野外调查工作。面对大量的生物种类及海量的种群、个体和复杂的空间分布, 开展野外调查工作需耗费大量人力和时间。由于每个物种都只在一定的生境出现, 在复杂的地形、植被、交通等环境条件下, 调查路线对调

查结果起决定性的影响, 对野外地理信息的掌握情况和调查路线的设计质量直接影响调查成效。传统上, 调查人往往对调查区域地理信息掌握不足, 主要依靠个人经验和咨询他人确定调查路线, 难以准确表达、记录、存档和共享路线信息; 调查路线随

收稿日期: 2015-10-21; 接受日期: 2016-03-25

基金项目: 辰山专项——“在线活植物志”的方法研究、平台建设及其在华东地区的应用实践(G162418)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: chenbin@csnbgsh.cn

意性较大,往往难以到达最理想的调查位置。在实施野外调查时,尽管全球定位技术约20年前已开始引入到我国的生物野外工作(蒋志刚, 1996)且现已较为普及,但常用的GPS手持机功能相对简单,缺乏比较细致的底图信息,野外使用较为不便,大部分使用者仅限于查看坐标,简单记录点、线信息,很少能够充分用于调查路线精确导航。路线模糊、导航不准,不利于时间和精力有效分配,降低工作成效,甚至发生迷路、失踪等意外情况(<http://news.sohu.com/79/94/news147409479.shtml>),威胁野外工作人身安全。

近年来,随着谷歌地球(Google Earth)等各种在线地图的普及,以及各种地理信息的数字化,地理信息的获取变得简便易行。随着安装有Android操作系统的智能手机和平板电脑的普及,基于标准化的GPS定位和通讯模块、功能丰富的GPS导航地图软件不断推陈出新,广泛应用于交通、购物等领域。但是在野外工作领域,对这些新工具和新数据的利用还比较有限。本文介绍谷歌地球和OruxMaps两个软件的使用方法,附上作者搜集的常用地理数据和数据格式转换工具,希望有助于生物多样性调查人员提前搜集管理详细的野外地理信息,优化设计精细的野外调查路线,有效地存档、备份和分享路线信息,进而实现调查时的精确导航,提高野外工作的效率和安全性。

1 野外调查地理信息管理

1.1 谷歌地球软件及kml数据格式

谷歌地球(Google Company, 2016a)是Google公司于2005年推出的免费数字地球软件,提供海量遥感影像、数字高程模型(digital elevation model, DEM)等数据,以及地理数据可视化和编辑管理功能。其影像数据来源有Geoeye-1、Quick Bird、LANDSAT-7等卫星以及航拍照片,目前仍在不断更新。经检查,我国境内大部分地区的谷歌卫星图分辨率达到1 m左右,能够很好地分辨植被、交通路线(包括仅能徒步通行的羊肠小道)、居民点等各种地物特征,部分区域还有多个时间点的历史图像,可判断植被和地貌变化。谷歌地球提供的DEM数据空间分辨率约为30 m,能形象地体现地形特征。基于这些数据,谷歌地球提供地理数据三维展示、编辑和管理功能,通过鼠标控制可完成大部分操作,十分简便,效果

直观。因此,该软件特别适合生物野外调查工作使用。软件界面和功能简介见图1。

谷歌地球采用简明易读的开放性kml (keyhole markup language)数据格式标准,其非压缩格式文件扩展名为“kml”,压缩格式文件扩展名为“kmz”(Google Company, 2016b)。用户可以将ArcGIS、AutoCAD等其他常用地理信息管理软件的数据通过格式转换,生成kml或kmz格式数据文件。本文作者开发了“Excel表格到谷歌地球kml地标文件转换软件”(见附录1),可以转换Excel格式的线、面地理数据为kml地标文件,并可根据位置、边长等简单参数生成所需的多边形地理数据kml地标文件。

电脑上安装谷歌地球软件后,双击kml或kmz格式的文件即可自动调用谷歌地球打开,显示于软件界面“位置”—“临时位置”下。处于此位置的数据在谷歌地球程序关闭时会清空,如需下次运行程序时自动加载数据,可以将“临时位置”下的数据拖动到“我的地点”下。在数据目录或者数据项上单击鼠标右键可进入数据操作快捷菜单,实现添加子目录、编辑修改、另存地标文件等功能。利用这些功能,将各种地理信息打开、导入、添加和编辑到地理数据目录里,可以形成直观的野外工作地理信息库,进而开展路线规划和管理工作的。

1.2 点状地理信息管理

在生物野外调查中,行政地名、车站、食宿场所、采集点、物种分布位置和山峰湖泊等自然标志物都属于点状地理信息。附录1中提供了全国山峰、行政地名等地标文件,在电脑中双击鼠标左键即可调用谷歌地球软件打开浏览,效果如图2。

在地标数据的帮助下,移动调整、缩放地图找到目标调查区域之后,点击工具栏上的“图钉”按钮,进入点地标编辑状态,鼠标点住视图中央出现的地标拖动到合适的位置,然后在编辑窗口输入地标名字、备注等信息,最后点“确定”按钮完成地标添加。根据需要,在地图上可逐个添加考察工作相关地名,建立地名数据集。

如有大量带有经纬度的地点数据,例如一组历史考查采样点的坐标,可以使用两种方式导入谷歌地球。方式1: 使用ArgGIS、DivaGIS等GIS软件的“加载XY点数据”功能导入,然后导出为kml/kmz文件,使用谷歌地球打开;方式2: 打开附录1文件包

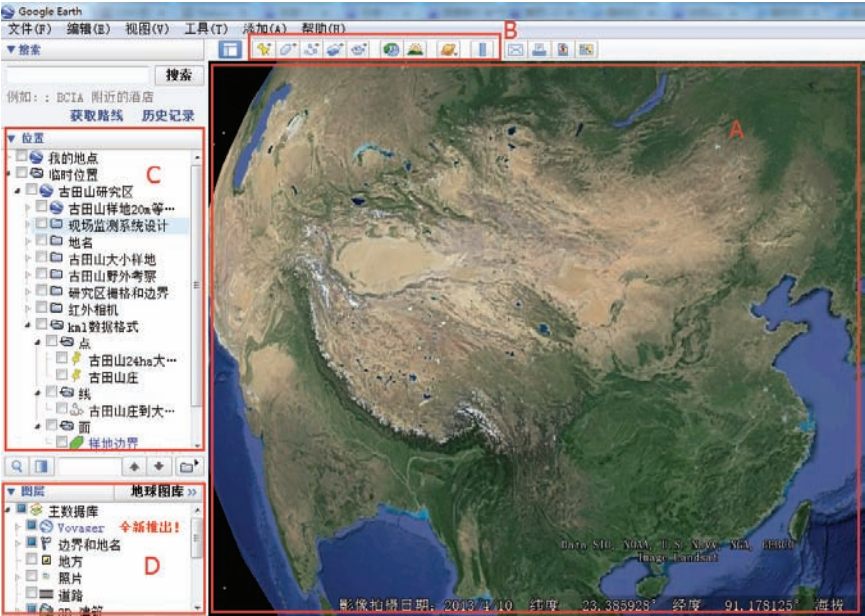


图1 谷歌地球软件界面。(A)地图浏览区: 通过鼠标移动和缩放地图, 操作地标数据; (B)地标数据编辑和测量工具: 点击可调用相关工具进行操作; (C)地标数据管理区: 在“我的地点”上点击鼠标右键进入操作菜单, 可以建立多级目录结构, 保存和管理用户地理数据; (D)谷歌在线数据管理区: 可勾选浏览显示谷歌服务器提供的各种数据。

Fig. 1 The interface of Google Earth. (A) Map browser zone: to move or zoom in/out the map and control data items by mouse operations; (B) Place mark data editor and ruler: to select and use by mouse clicks on icons; (C) Geo-data management area: right click on “My places” to enter quick menu to create folders, save and manage user geo-data; (D) Google Earth data layer management area: to choose and display data transferred from Google’s servers.

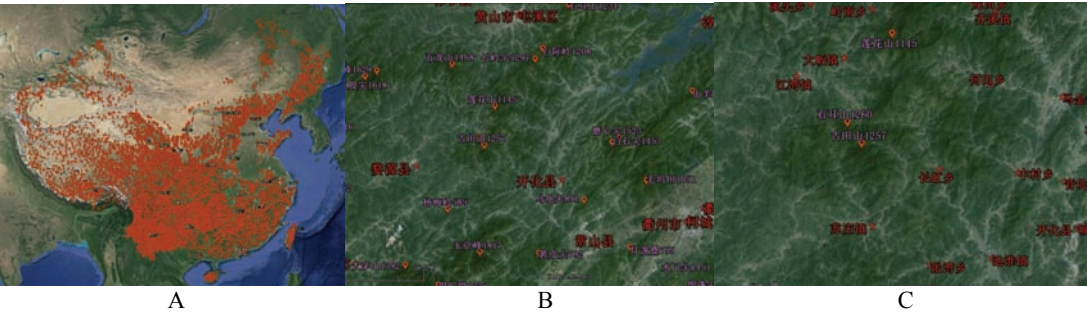


图2 在卫星图上叠加地标数据。(A)全国部分山峰和省会城市; (B)浙江西部局部山峰及县级行政地名; (C)浙江开化县古田山及周围乡镇。

Fig. 2 Adding place-marks onto satellite maps. (A) Mountains and provincial capitals of China; (B) Mountains and county names of western Zhejiang Province; (C) The Gutian Mountain and nearby towns in Kaihua County, western Zhejiang Province.

中的地标文件转换软件, 在表格“生成带目录的点地标”中参照范例格式拷入地标目录、地标名字和坐标信息, 点击按钮即可生成所需的kml格式地标文件, 进而使用谷歌地球浏览和管理。

1.3 线状地理信息管理

野外调查的交通路线、采集路线、回访路线、区域边界等, 在地理信息管理中都属于线元素。在谷歌地球中, 点击地标编辑工具栏的“折线”按钮即

可进入线状地理信息编辑状态, 使用鼠标左键依次点击路线的起始点、途经点以及终点, 然后在编辑对话框上输入路线名称和说明, 最后点“确定”按钮完成路线编辑。当需要编辑修改路线时, 在“位置”窗口找到目标路线, 点击鼠标右键调出快捷菜单, 再点“属性”选项进入编辑界面, 然后鼠标左键点击选定某个路径点, 左键点住路径点拖动可以移动路径点位置, 鼠标左键点击空白处可以在当前选点的

路径点之后增加路径点, 点击右键可以删除当前选定的路径点, 最终通过路径点的增、删、移动, 完成路径的编辑修改。

对于历史记录的路径坐标点(例如之前的考察中使用GPS手持机记录的若干个关键点), 在本文附录1中地标文件转换软件的“生成线(路径)地标”表格中按顺序输入坐标点, 可以生成kml格式的路径文件, 进而在谷歌地球软件中浏览和管理。

1.4 面状地理信息管理

在谷歌地球软件中, 点击工具栏上的“多边形”按钮, 可调出多边形编辑功能, 逐个在地图上用鼠标左键点击多边形各顶点所在位置、保存, 即可绘制所需的多边形。在野外调查工作中, 判读植被类型并绘制植被图、设计调查样方时, 都可以使用多边形工具, 直接参照卫星图上的植被、地形、交通路线等信息进行绘制。

谷歌地球软件只能手绘多边形, 难以绘制规则的多边形和圆形。采用本文附录1中的转换软件“生成多边形地标”表格, 按范例格式输入正多边形中心点的经度和纬度、外接圆半径、正多边形的边数, 点击按钮即可生成所需多边形的kml文件。如果需要圆形, 将边数设为超过100的数值, 即可获得近

似的圆, 如图3所示。

在一些特定场合, 例如大样地调查、大范围机械布点设置样方时, 需要制作样地网格地图。在谷歌地球中难以准确手绘大量规则的栅格, 本文所附工具提供了两种方法来制作生成网格。方式1: 在“生成网格地标”表格中输入制图区域的经纬度范围、在此范围内要切分的行数和列数, 点击按钮即可生成所需的网格kml文件; 方式2: 在“生成大样地网格地标”表格中输入大样地中心点的经纬度坐标、样地尺寸和样方大小, 点击“生成”按钮, 程序即生成所需大样地的边界及样方网格kml文件, 并且将样方分别按照行和列分组, 便于管理。双击生成的kml文件, 即可在谷歌地球卫星图上叠加显示, 查看样地的具体情况, 效果见图4, 能显著提高样地选址、勘察工作效率。与地形、植被和其他科研数据相叠加的可视化大样地样方网格也十分有利于开展日常科研工作。

1.5 传统地图的校准和信息提取

各种印刷版地图是重要的地理信息来源, 可以拍照或扫描成图片文件之后, 点击谷歌地球的“图像叠加层”功能按钮, 选择地图图像文件, 调整透明度使之呈半透明状态, 之后选择若干卫星图和地

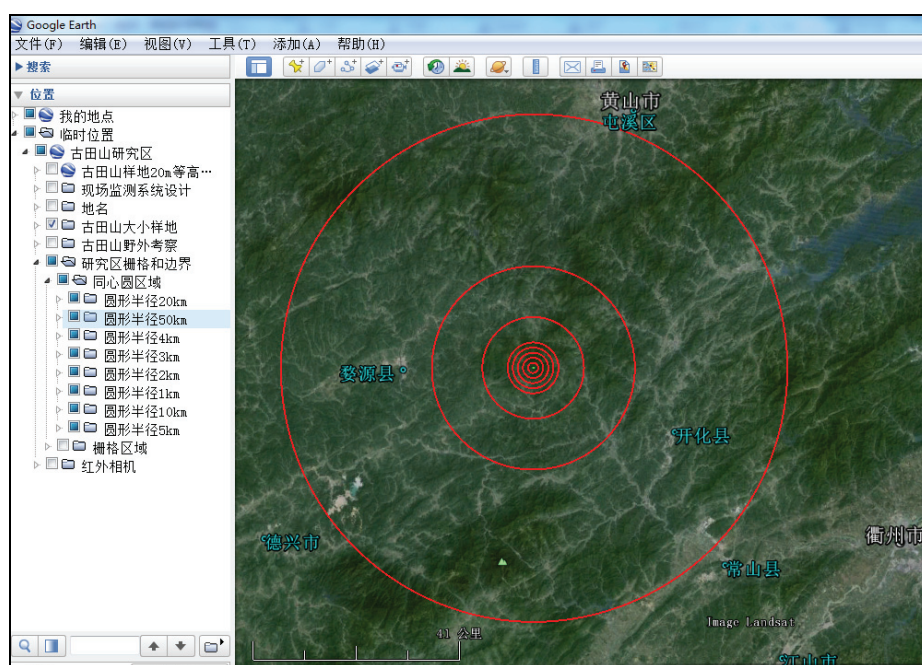


图3 以古田山大样地为中心, 由内向外半径分别为1 km、2 km、3 km、4 km、5 km、10 km、20 km和50 km的圆, 可用于区域生物多样性调查规划和路线设计。

Fig. 3 The circles with radius of 1 km, 2 km, 3 km, 4 km, 5 km, 10 km, 20 km, 50 km and with center points in the 24 ha Gutianshan Forest Plot. These are useful for regional biodiversity survey planning and route design.

图上共有的参照物, 通过移动、缩放、旋转叠加的图层, 令其与背景地图准确重叠, 最后修改叠加的图层为不透明, 保存图层, 即完成地图的空间校准。之后, 使用前述点、路径和多边形地标编辑工具, 将地图上的信息描绘复制, 然后关闭叠加的地图图层, 参照卫星图校正新绘制的地理数据, 即可获得矢量化的地理数据(附录1中包含范例kmz文件), 效果如图5所示。

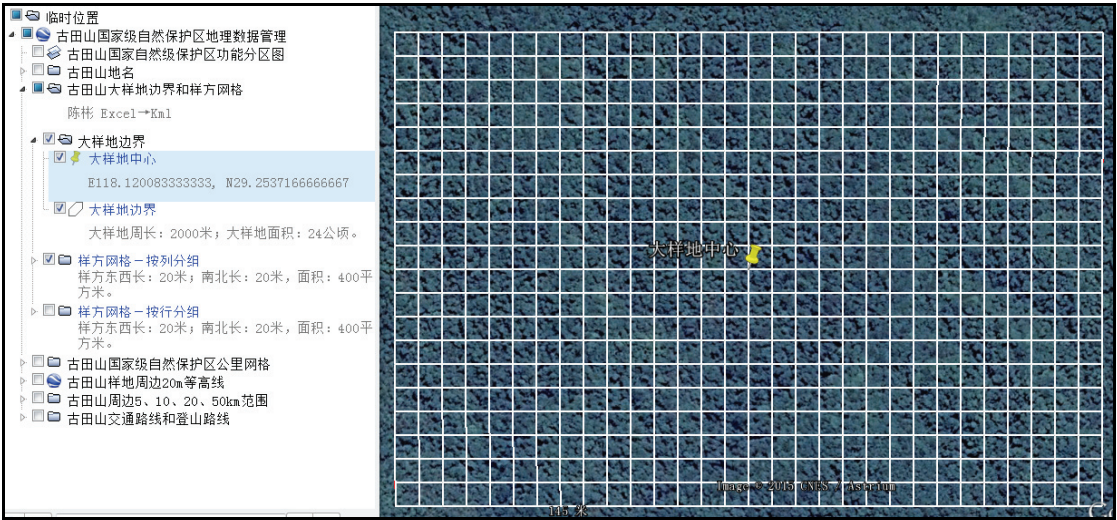


图4 在谷歌地球中与卫星图相叠加的古田山大样地样方网格
Fig. 4 The plot grids of the 24 ha Gutian Mountain Forest Plots displayed upon satellite map by Google Earth



图5 古田山国家级自然保护区纸质图件在谷歌地球卫星图上叠加、校正, 叠加公里网格, 识别并标注地名信息。
Fig. 5 To overlay and correct digitized printed map, kilometer grids of Gutianshan National Nature Reserve on Google Earth, then recognize and mark the location names.

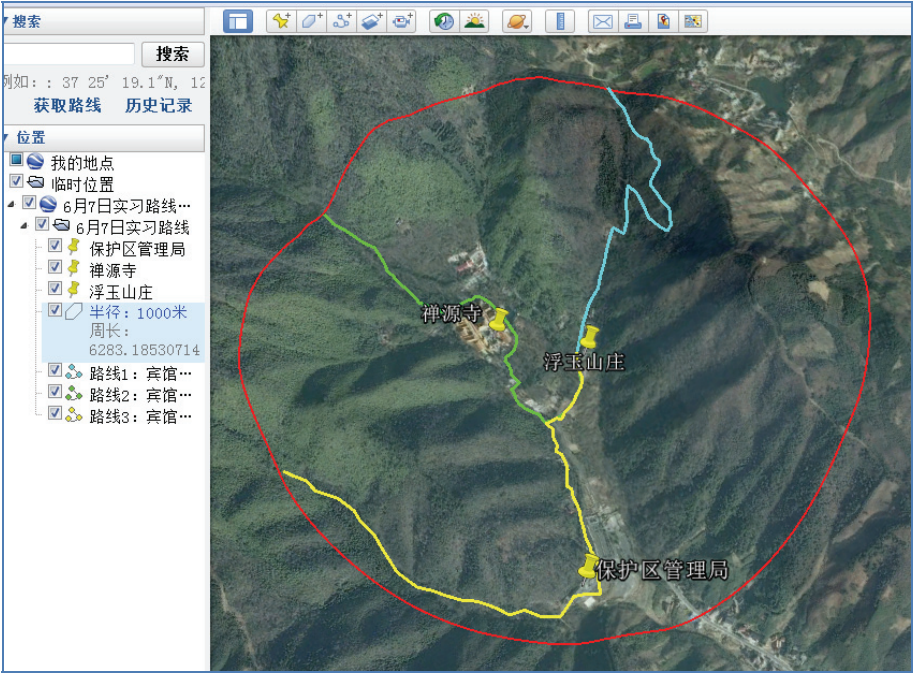


图6 2015年6月7日中国植物园联盟植物分类培训班天目山野外实习调查路线设计。浮玉山庄是实习路线出发点，三条不同颜色的路线代表了三条实习路线，外部圆圈半径为1 km。
Fig. 6 The route design for the Tianmu Mountain field exercise of the Plant Taxonomy Training Course of Chinese Union of Botanical Garden on June 7th, 2015. The Fuyu Hotel is the start point, the three lines with different colors are three routes to different directions, the outer ring with radius 1 km confines the area of field exercise.

1.6 设计野外调查路线

在谷歌地球软件中，通过以上地理信息搜集、转换、制作和整合管理等操作，可以在开展野外调查工作前迅速建立详细的地理信息库，增进对目标调查区域的了解。进而根据交通、地形、植被、调查目标、历史考察路线、后勤条件等信息，分别建立每天的考察计划数据目录，用点地标工具标注住宿、餐饮、考察点等相关地名，用路线工具描出具体的考察路线，用多边形工具绘制考察样方和考察

区域设计，使用附录工具生成所需的考查点、样方网格等数据，最后将设计结果保存为kml或kmz文件，完成调查路线设计，效果如图6（附录1包含相关示例文件）。在高分辨率卫星地图的支持下，野外考察的地点、路线、样方设计的空间误差可控制在10 m左右。保存好的路线文件可备份、发送给相关人员。大型调查项目可通过共享路线文件，实现调查方案、路线设计和实施的分工合作及信息沟通、汇总，进行调查工作的组织协调。



图7 OruxMaps 5.5.22软件主要菜单界面
Fig. 7 The main interface of the software OruxMaps 5.5.22

Box 1 OruxMaps 5.5.22版软件的主要功能、使用方法及其在生物野外调查中的应用

功能名称	使用步骤	生物野外调查中的应用
浏览在线地图并制作离线地图	在移动设备上安装OruxMaps软件, 使用Wifi连接互联网; 运行OruxMaps软件, 依次点击“地图”菜单→“切换地图”→“Online”→选择一个地图→移动地图, 找到拟考察的目标区域; 依次点击“地图”菜单→“下载地图”→点击对角点选定目标区域范围→打勾确定→勾选所需的地图图层→输入离线地图名字→下载	可以下载谷歌地球的卫星图, 单个离线地图包的数据量可达1 GB, 地图包数量不限。在开展野外调查工作之前, 可以对考察区域制作多个不同分辨率的离线地图包, 包括一个较低分辨率但地理范围较大的和若干较高分辨率但地理范围较小的地图包。地图包可以拷出进行备份和共享。
浏览使用离线地图	依次点击“地图”菜单→“切换地图”→“Offline”→点选所需的离线地图包	在野外工作时, 不需要通信流量即可使用高精度离线地图数据。程序会根据当前位置, 自动切换合适的离线地图包。
GPS定位	依次点击“轨迹”菜单→“开启GPS”	野外工作时在地图上定位, 确定当前位置。
记录GPS轨迹	依次点击“轨迹”菜单→“开始记录”	记录野外工作轨迹, 记录走过的路线, 可以转换为导航路线, 用于原路返回导航; 将调查路线存档, 可用于今后回访调查导航。
GPS轨迹数据导出	依次点击“路线”菜单→“管理”→点选目标轨迹→“导出为”→“GPX”	GPS轨迹中包含一系列轨迹点, 每个轨迹点包含时间、经度、纬度、海拔等信息, 可用于调查路线存档、展示和通过时间匹配计算相关调查数据的GPS坐标。
创建路点	依次点击“路点”菜单→“创建”→填写路点信息→保存	创建一条包含经纬度坐标、名称、类型、描述等信息的路点数据, 并在地图上显示。可以定制路点的类型、图标和存储目录, 用于野外数据采集。
创建照片路点	依次点击“路点”菜单→“照片路点”→拍照→保存	创建一条包含照片的路点数据。
导入kml/kmz数据进行导航	将在谷歌地球上设计好的调查路线或者历史调查轨迹保存为kml或kmz文件, 拷入手机OruxMaps\Tracklogs目录; 依次点击“路线”菜单→“载入文件”→选择拷入的kml/kmz/gpx等格式文件→确认导航选项	通过这个功能, 可以在卫星图上随时浏览设计好的野外工作路线或历史调查轨迹, 进行准确导航。

2 野外调查路线精确导航

OruxMaps软件(OruxMaps, 2015)是一款运行于Android操作系统的免费GPS导航工具, 可以安装于智能手机和平板电脑上, 已开始应用于森林资源清查(张军等, 2012; 杨勇长, 2014)、中药资源普查(张植玮等, 2014)等工作中。推荐使用较为稳定的5.5.22版, 其主要菜单界面如图7。

菜单栏图标自左向右分别为软件logo、“轨迹”、“路点”、“路线”、“地图”、“设置”菜单按钮。软件的主要功能、使用方法及其在生物野外调查中的应用见Box 1。

基于以上功能, 建议的野外调查导航工作流程如下:

(1) 选用Android操作系统智能手机, 安装OruxMaps软件。

(2) 将设计好的考察路线地理数据kmz文件拷入手机相应目录。

(3) 运行OruxMaps软件, 通过“路线”菜单加载

拷入的路线文件。

(4) 在办公室通过wifi将手机连接互联网, 找到路线所在的位置, 下载若干不同地理范围、不同精度的离线地图。

(5) 野外工作时, 运行OruxMaps软件, 选用离线地图, 加载路线文件。

(6) 开启程序的GPS定位和轨迹记录功能。

(7) 调查过程中, 根据地图上显示的卫星图、预设考察路线、当前位置和走过的轨迹进行导航。如有需要, 可使用添加路点(way point)的方式, 拍照、定位并录入属性信息。

(8) 考察结束后, 停止轨迹记录, 进入轨迹管理菜单, 将轨迹和路点导出为gpx、kml两种格式的文件, 备份到电脑里。

(9) 在需要时, 使用“路点”功能记录点数据。

(10) 随着调查工作的开展, 根据实地调查获得的信息, 随时修改完善尚未实施的路线设计。

以上流程操作熟练之后并不复杂。在Android设备比较普及的情况下, 不需增加额外的设备投资

即可实现数字地图的制作和使用,进行野外空间定位、路线记录和高精度导航。

3 讨论

随着全球定位技术的成熟和普及,以及地形、行政地名、交通路线、商户等地理数据的大规模采集,基于地理信息的服务蓬勃发展(周傲英等, 2011),为改进野外工作方法提供了坚实基础。谷歌地球和OruxMaps导航软件等最新工具,相对于传统的地理信息获取、管理和应用方法,有革命性的改进,相对于传统GPS手持机,智能手机结合OruxMaps软件功能更强、使用更方便,具有明显的优势,是生物野外调查工作十分理想的工具,值得采用和推广。

野外调查路线设计和实施的质量,依赖于调查项目设计者和调查者能否积极、熟练地使用这些工具,能否全面搜集整理相关资料,综合个人、向导和专家的经验 and 实地踏查获得的信息形成文档化资料,从宏观到微观做出良好设计。较为复杂的考察工作涉及多人协作,需要前方和后方、不同调查团队间保持紧密沟通和协作。特别是在危险区域考察时,应事先设计好考察路线并在后方联络人员处存档,路线有调整时应将新路线文档及时发回给后方,有利于提前判断和规避危险因素,便于万一出现意外情况时准确搜救,从而提高野外工作的安全性。

致谢: 多位审稿人对本论文提出了诸多修改意见,在此表示衷心感谢!

参考文献

- Google Company (2016a) About Google Earth. <http://www.google.com/intl/zh-CN/earth/learn> (accessed on 2016-01-06)
- Google Company (2016b) About KML. https://developers.google.com/kml/documentation/kml_tut (accessed on 2016-01-06)
- Jiang ZG (1996) The use of global positioning system in wild animal study. *Chinese Journal of Zoology*, 31(1), 34–35. (in Chinese) [蒋志刚 (1996) 全球定位系统在野生动物研究中的应用. *动物学杂志*, 31(1), 34–35.]
- OruxMaps (2015) Website. <http://www.OruxMaps.com> (accessed on 2016-01-06)
- Yang YC (2014) Application of OruxMaps software in forest resources inventory. *Fujian Forestry*, (3), 46–48. (in Chinese with English abstract) [杨勇长 (2014) OruxMaps 软件在森林资源清查中的应用. *福建林业*, (3), 46–48.]
- Zhang J, Li CS, Li X (2012) Application of OruxMaps software and Android mobile on continuous forest inventory. *Sichuan Forestry Exploration and Design*, (3), 74–76. (in Chinese with English abstract) [张军, 李长生, 李新 (2012) OruxMaps 软件结合Android系统手机在森林资源一类清查中的应用. *四川林勘设计*, (3), 74–76.]
- Zhang ZW, Wang CH, Wu CC, Liu X (2014) Assistant methods to set the Chinese traditional medicine resource inventory plots in Chongqing City. *Chongqing Journal of Research on Chinese Drugs and Herbs*, (1), 3–6. (in Chinese) [张植玮, 王昌华, 伍淳操, 刘翔 (2014) 重庆市中药资源普查预设样地辅助方法应用. *重庆中草药研究*, (1), 3–6.]
- Zhou AY, Yang B, Jin CQ, Ma Q (2011) Location-based services: architecture and progress. *Chinese Journal of Computers*, 34, 1155–1171. (in Chinese with English abstract) [周傲英, 杨彬, 金澈清, 马强 (2011) 基于位置的服务: 架构与进展. *计算机学报*, 34, 1155–1171.]

(责任编辑: 纪力强 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 共享软件工具和数据清单

Appendix 1 The geo-data and software, tools for share.
<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2015283-1.zip>

文件下载地址: <http://www.cfh.ac.cn/file/ChenPaperAttachents20160205.zip>
The URL for download: <http://www.cfh.ac.cn/file/ChenPaperAttachents20160205.zip>.