

# Google Earth 三维可视化在滇藏铁路 林芝—拉萨段地质选线中的应用

李为乐<sup>①</sup>, 陈情<sup>②</sup>, 陈哲锋<sup>③</sup>, 陈重铭<sup>④</sup>

① 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都理工大学, 成都 610059;

② 中国建筑材料工业地质勘查中心宁夏总队, 银川 750021;

③ 福建省地质测绘院, 福州 350011; ④ 四川省地矿局华地公司, 成都 610059)

**摘要:**以滇藏铁路林芝—拉萨段为例, 利用 Google Earth 对两拟选线路方案沿线的活动断裂, 滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害进行遥感解译, 并制作三维飞行动画。研究发现北线方案主要受泥石流影响, 南线方案活动断裂、滑坡、崩塌、泥石流均较发育, 从工程地质条件来看北线优于南线。

**关键词:** Google Earth; 滇藏铁路; 三维可视化; 工程地质选线

**doi:** 10. 3969/j. issn. 1000-3177. 2012. 01. 019

**中图分类号:** TP751    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3177(2012)119-0095-05

## Application of Google Earth in the Design of Linzhi-Lasha Section of Yunnan-Tibet Railway

LI Wei-le<sup>①</sup>, CHEN Qing<sup>②</sup>, CHEN Zhe-feng<sup>③</sup>, CHEN Zhong-ming<sup>④</sup>

① State key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection,

Chengdu University of Technology, Chengdu 610059; ② Geological Exploration Center of China

Building Material Industry, Ningxia General Team, Yinchuan 750021;

③ Fujian Institute of Geological Survey and Drawing, Fuzhou 350011;

④ Huadi Corporation of Geologic Bureau of Sichuan, Chendu 610059)

**Abstract:** With Linzhi-Lasha section of Yunnan-Tibet railway taken as an example, the Google Earth images are used for the interpretation and 3D virtual flying of geo-hazards along the selected railway such as landslide, debris flow, collapse and wind-sand. It was found that the north line plan is mainly affected by the debris flow, while the south line plan is mainly affected by the active fault, landslide, collapse and debris flow, and the geological condition of north line is better than that of south one.

**Key words:** Google Earth; Yunnan-Tibet railway; three-dimensional visualization; engineering geologic location of line

### 1 引言

Google Earth 软件是 2005 年由美国 Google 公司推出的一款虚拟地球软件平台, 它以覆盖全球的遥感卫星数据和三维数字高程模型为基础, 通过网络和客户端软件为用户提供了一个足不出户浏览世界的平台, 一经推出便引起了世人的广泛关注, 使遥

感应用大众化和生活化, 同时在行业生产中也得到了广泛的应用。个人用户可以把 Google Earth 当作软件来应用, 充分利用其提供的诸多有趣功能和高清卫星影像, 来体验 Google Earth 带来的乐趣和方便快捷。而行业用户还可以在此基础上, 把 Google Earth 当作一个数据平台, 结合 API 编程接口和自有系统的数据信息, 通过与 Google Earth 的

收稿日期: 2010-08-10    修订日期: 2011-02-16

基金项目: 成都理工大学青年基金资助(2010QJ15)。

作者简介: 李为乐(1982~), 助理研究员, 2008年毕业于成都理工大学地图学与地理信息系统专业, 硕士学位, 现为在读博士研究生。

E-mail: why1wl01@163.com

数据互换、整合来实现行业需要的目的<sup>[1]</sup>。如今 Google Earth 已经在石油、水利、道路交通、房产、通信、海事、物流、电力、城市规划、旅游、教育、公共服务等众多行业得到广泛的应用<sup>[2~5]</sup>。

铁路前期选线工作中往往受到现场资料缺乏的困扰,比例尺地形图成图年代早,时效性较差,新增房屋、工厂、公路、水库、机场等地物缺失,环境保护区资料匮乏等<sup>[6]</sup>。我国目前正在规划建设滇藏、川藏等铁路均位于我国西部高寒山区,山高谷深,工作条件恶劣,在这些地区进行常规地面工程地质勘察,不仅劳动强度大、效率低,且需投入大量人力、物力和财力<sup>[7]</sup>。这就要求采用遥感技术(RS)、地理信息系统(GIS)、三维可视化等新技术和新方法,扩大地质勘察范围,加快工作进度,提高地质勘察水平和质量,减少外业工作量,为高寒山区铁路工程地质勘察与选线工作提供便捷的技术手段<sup>[8]</sup>。Google Earth 集 RS、GIS 与三维可视化功能于一体,为高寒山区铁路选线提供了免费、方便的解决手段。

本文以滇藏铁路林芝—拉萨段为例,探讨 Google Earth 三维可视化工作在高寒山区铁路选线预可研阶段中活动断裂及不良地质现象解译、线路虚拟飞行的应用,并从工程地质条件角度对两拟选线路进行了比较。

## 2 线路概况

滇藏铁路起自成昆铁路的广通车站向西经楚雄、大理、维西、德钦、左贡、田妥(与川藏线汇合地点)、八宿、波密、林芝、朗县、泽当至拉萨市,全长 1800 余公里,铁路沿线为高山峡谷地貌,地面高程约 3500m~5600m,相对高差最高大于 2000m<sup>[9]</sup>。线路通过印度板块和欧亚板块缝合带附近的高寒山区,由于板块间的俯冲和碰撞,地壳活动剧烈,各种工程地质问题突出,如斜坡稳定性(滑坡、岩堆)、冰水泥石流、冰湖溃决、高地温等;区内气候恶劣、人烟稀少、交通不便、供给困难、地质资料缺乏,给铁路工程地质勘察带来了严峻考验<sup>[8]</sup>。目前,林芝至拉萨段正处于预可研究阶段。林芝至拉萨段初步有两套比选方案:雅江方案(南线方案)自林芝县,先后经过米林、朗县、加查、曲松、桑日、泽当、扎囊等 7 个县市,终点拉萨市,长约 460km;尼洋河方案(北线方案)自林芝,经工布江达、墨竹工卡、达孜等县市,至拉萨市,全长约 390km,见图 1。



图 1 研究区位置图(Google Earth 截图)

## 3 基于 Google Earth 的工程地质解译

遥感工程地质解译一般包括区域地质环境(活动断裂、地质岩性等)和不良地质现象(崩塌、滑坡、泥石流等)的解译。对于区域地质环境解译一般采用 ETM 数据(空间分辨率 15m)的 741 波段组合可以取得比较好的解译效果<sup>[10]</sup>。Google Earth 已经实现全球范围 ETM 影像覆盖,因而可以满足全球范围内区域地质环境的解译。而对于不良地质现象的解译则一般需要的空间分辨率需优于 5m 的遥感数据,如果 Google Earth 中的影像数据精度低于 5m,则不适宜用于不良地质现象的解译,需要订购遥感数据。本次研究区域全境都有 ETM 数据覆盖,且铁路线路通过的重点区域都有高精度数据覆盖(空间分辨率优于 5m),因而可以满足研究工作的需要。

### 3.1 活动断裂解译

活动断裂是铁路选线的控制性要素之一。常规的断裂构造遥感解译是在平面遥感影像上进行,其最直观的特征为线状影像带,并通过图像亮度或色彩的差异,以与背景不同的色带、色线或色彩分界面表现出来,而色调差异不一定是与地质构造有关,就更难说与断裂有关,这需要很强的专业知识和丰富的解译经验,而在 Google Earth 三维可视化状态下,断层的线状特征更明显,尤其是断层崖、断层三角面等断裂微地貌有好的解译效果,如图 2 所示。



图 2 雅江大断裂及其断层三角面三维视图 (Google Earth 截图)

### 3.2 地质灾害解译

铁路线路沿板块缝合带断裂行进,地形、地质条件复杂,滑坡、泥石流、崩塌、风沙等灾害是研究区存在的主要地质问题,直接控制线路方案的比选。在 Google Earth 三维可视化状态下,各地质灾害特征明显,较易辨识。

#### 3.2.1 滑坡解译

滑坡的判释是斜坡变形现象判释中最复杂的一种,自然界中的斜坡变形千姿百态,特别是经历长期变形的斜坡,往往是多种变形现象的综合体,这就给滑坡的判释带来了困难,尤其是巨型古滑坡,其特有的形态特征破坏殆尽,更增加了判释的难度。因此,在判释滑坡之前,首先应对滑坡的形成规律进行研究,以避免判释时的盲目性,使判释工作更容易开展,但对大部分滑坡来说,根据其独特的滑坡地貌,是比较容易辨认的<sup>[10~11]</sup>。滑坡判释主要是通过影像中形态、色调、阴影、纹理。研究区植被覆盖较少,这对滑坡的判释是非常有利的。在 Google Earth 三维可视化状态下,滑坡形态更逼真,可以从不同的角度对滑坡进行判释,双沟同源、圈椅状外形等特征更为明显,如图 3 所示。



(a) 罗布莎巨型滑坡(双沟同源特征明显)



(b) 仲达镇巨型滑坡

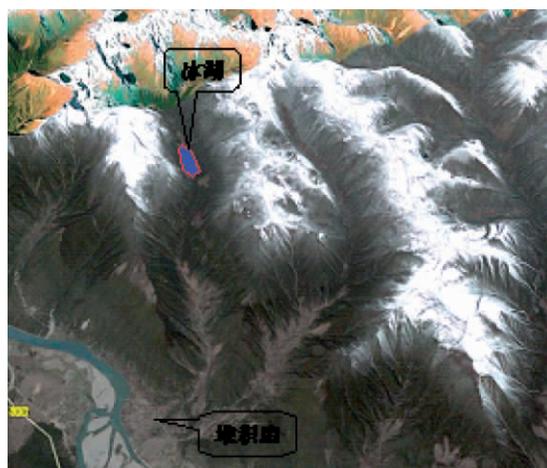
图 3 雅江方案巨型滑坡影像

#### 3.2.2 泥石流解译

泥石流在 Google Earth 三维可视化状态下较易辨认,典型的泥石流流域可清楚地看到泥石流形成区、流通区和堆积区(图 4)。泥石流形成区一般呈瓢形,山坡陡峻,沟道及其两岸松散固体物质丰富,常有活动性滑坡、崩塌分布;流通区沟床较直,纵坡较形成区缓,但较堆积区段陡,沟谷一般较窄,两侧山坡表面岩土体较稳定;堆积区位于沟谷出口处,纵坡平缓,常形成堆积扇,堆积扇轮廓明显,呈浅色调,扇面无固定沟槽,多呈漫流状态<sup>[10]</sup>。



(a) 暴雨型泥石流



(b) 暴雨+冰湖溃决型泥石流

图 4 尼洋河方案泥石流三维视图

由于研究区是冰川活动活跃区,现在仍有大量山岳冰川分布,历史上的冰川活动也形成了大量的冰湖,这就为冰川泥石流和冰湖溃决泥石流的发生提供了条件,这种泥石流的流域特征和通常的降雨泥石流有所不同,主要是形成区有大量冰雪覆盖或有冰湖存在,冰川融化的水和冰湖溃决成为泥石流的主要动力(图 5),这类泥石流的发生时间更难预测,危害性更大,铁路选线时应给予重视。冰川泥石

流和冰湖溃决泥石流的判断主要是根据其形成区是否位于雪线上和形成区是否有冰湖存在。

### 3.2.3 崩塌解译

崩塌一般发生在节理裂隙发育的坚硬岩石组成的陡峻山坡与峡谷陡岸上<sup>[10~11]</sup>。崩塌对线路的威胁很大,在新线勘察时影响线路方向的选择;在施工中由于崩塌的发生,可能造成严重的事故,拖延工期;在运营线上产生崩塌则威胁行车安全和中断运输。研究区多为深切河谷,崩塌体发育较多,其主要判释标志为:位于陡峻的山坡地段,一般在 $55^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 的陡坡前易发生,上陡下缓,崩塌体堆积在谷底或斜坡平缓地段,表面坎坷不平,具粗糙感;崩塌轮廓线明显,崩塌壁颜色与岩性有关,但多呈浅色调或接近灰白,不长植物,但应该注意与风沙的区别,见图 5,6。



图 5 雅江方案崩塌三维视图  
(特征为高亮度、表面粗糙、陡坡)



图 6 雅江方案风沙灾害三维视图  
(特征为高亮度、表面细腻、坡度较缓)

### 3.2.4 风沙解译

研究区气候比较干燥,植被稀少,日温差大,基岩裸露,物理风化强烈,沙质来源丰富,风沙灾害较严重。风沙和崩塌一样在 Google Earth 影像上呈白色高亮度显示,但其色调比崩塌平滑细腻,坡度一般较缓,见图 6。

### 3.3 线路虚拟飞行

Google Earth 5.2 提供了沿路径三维飞行和录制的功能。完成以上相关要素的解译后,可以将解译的活动断裂、滑坡、泥石流等信息与遥感影像叠加,按拟选线路方案编制飞行路径,进行沿拟选线路的虚拟飞行。其实际效果相当于乘坐一定高度的飞行器上对线路进行观察,给人以身临其境的感觉<sup>[11]</sup>。还可以将飞行动画录制成视频文件,用于成果展示或项目汇报。

### 3.4 数据交互与数据管理

Google Earth 主要通过地标文件来实现与其他数据平台的数据交互。地标是 Google Earth 中一种标定地球上特定地理位置的各种地理属性的记号,地标文件则是将地标保存输出的文件,Google Earth 可识别的地标文件有 KML(Keyhole Markup Language)和 KMZ 2 种。KMZ 是使用 ZIP 压缩后的 KML 文件格式,KML 采用 XML 语法格式,用来描述和保存地理信息(如点、线、图像、多边形、3D 模型等)<sup>[12]</sup>。ARCGIS 与 Google Earth 具有较好的数据交互功能。一方面,可以利用 ARCGIS 的功能模块 Layer to KML,将 ARCGIS 平台下的各种数据,如铁路线路,断层、地层界线等,转换为 KML 文件导入 Google Earth 中,与遥感影像进行三维叠加显示。另一方面,可以将 Google Earth 平台下解译的数据,利用免费的 KML to SHP 工具,转换到 ARCGIS 软件。由于通常情况下,铁路选线用到的地理、地质数据多是 AutoCAD 格式,可以将 ARCGIS 作为中转数据平台,实现 AutoCAD 等其他数据平台与 Google Earth 的数据交互。需要说明的是,Google Earth 的坐标系是采用的 WGS84 地理坐标系(经纬度),其他数据平台的数据转到 Google Earth 的时候,必须将数据投影变换到 WGS84 地理坐标系下。

此外,Google Earth 还是一个免费的数据管理平台。可以将一条铁路上的所有数据转化为单独的 KML 文件,再在 Google Earth 平台“我的位置”下以铁路名称为名新建一个文件夹,将所有单独的 KML 文件都导入到这个文件夹下,通过图层开关控制各个图层的显示与否,并可对相关数据进行编辑,这样,不需要进行二次开发,就可实现对整条铁路多源数据的集成管理。如果要实现更复杂的管理功能,就可以利用 Google Earth 提供的开放的应用程序接口(API)进行相应的二次开发。

#### 4 结束语

Google Earth 集 RS、GIS 与三维可视化功能于一体,为地形地质条件复杂、数据资料匮乏、工作条件恶劣的高寒山区铁路、公路等基础设施选址提供了免费、方便的解决手段。本文利用 Google Earth 对滇藏线林芝—拉萨段的两比选方案进行三维可视化环境下的地质解译,并进行线路初步比选。

雅江方案主要沿雅鲁藏布江,展布地形条件、地质构造复杂,岩体破碎,滑坡、崩塌、泥石流、风沙等不良地质发育。尼洋河方案主要沿尼洋河和国道 318 展布,地形条件相对较好,交通条件也较方便主要问题是泥石流,冰川较发育,冰湖分布广泛,冰川泥石流和冰湖溃决型泥石流风险大。单纯从地质条件来看尼洋河方案要优于雅江方案。

#### 参考文献

- [1] 李春生. Google Earth 软件在公路测设中的应用[J]. 河南科技, 2009(7): 50—51.
- [2] 黄振英. Google Earth 软件在道路设计中的应用[J]. 广东科技, 2009(3): 188—190.
- [3] 刘金辉, 窦金龙. Google Earth 在地质勘查初期中的应用[J]. 中国矿业, 2009, 18(12): 100—101.
- [4] 李海燕, 苗放, 李海鹰. Google Earth 在采煤塌陷区遥感环境监测中的研究与应用[J]. 内蒙古石油化工, 2008, (1): 1—4.
- [5] 陈强, 姜立新, 帅向华. Google Earth 在地震应急中的应用[J]. 地震, 2008, 28(1): 121—127.
- [6] 韩皓. Google Earth 在铁路勘测设计前期工作中的应用[J]. 铁道勘察, 2010(1): 9—12.
- [7] 卓宝熙. 高原多年冻土地区遥感图像工程地质分区的探讨[J]. 工程地质学报, 2003, 11(3): 225—229.
- [8] 李为乐. RS 和 GIS 在高寒山区铁路地质勘察中的应用[J]. 山西建筑, 2008, 34(9): 358—359.
- [9] 王宇丰. 遥感技术在川藏及滇藏铁路可行性研究中的应用[J]. 铁路航测, 1998(2): 31—34.
- [10] 李为乐. 遥感与 GIS 技术在山区铁路工程地质勘察中的应用研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2008.
- [11] 卓宝熙. 工程地质遥感判释与应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002: 422—513.
- [12] 张冬有, 王潇. Google Earth 在森林防火信息管理中的实现方法[J]. 中国农学通报, 2011, 27(13): 59—62.

(上接第 56 页)

中分辨率数据平均每季度能够覆盖全国陆地面积的 60% 左右, 半年能够达到 80% 以上, 年度能够实现全国覆盖。CBERS-02B 卫星属大卫星, 其应用目的与小卫星有所不同, 因此其中分辨率数据覆盖率相对较低, 平均每个季度能够覆盖全国陆地面积的 50% 左右, 半年能够达到 80% 以上, 但年度仅能达到 90% 左右, 难以保证覆盖全国。

从 3 颗卫星的综合覆盖能力来看, 北京一号、环境一号和 CBERS-02B 相结合基本能够实现按季度覆盖全国, 少数未覆盖到的地区也主要分布在高原、山区以及边境线附近, 总体来说对宏观监测的影响不大; 3 颗卫星相结合完全能够保证在半年内和年度内覆盖全国。

从宏观监测工作实施角度出发, 考虑到 3 颗卫星

的数据特点和运行情况, 在数据源选择上建议采取以环境一号卫星为主、北京一号卫星为辅、CBERS-02B 在必要时补充的方案, 以保证监测工作的正常进行; 在监测周期选择上, 为体现宏观监测在数据现势性上的优势, 建议以季度或半年度为周期开展, 即每年开展 2~4 次; 在数据接收和处理方面, 由于全国宏观监测数据处理工作量较大, 对处理速度的要求较高, 建议在预先拟定数据采集计划的同时, 充分借助信息化手段建立一套国产资源卫星中分辨率数据的规模化处理工艺流程, 以保障监测工作的顺利实施。

目前可用于宏观监测的卫星数据类型均为光学数据, 其质量易受云、雾等因素的影响, 将来在条件成熟的情况下, 可以考虑采用穿透力较强的雷达数据作为光学数据的补充, 以降低气候和天气因素的影响。

#### 参考文献

- [1] 尤淑撑, 刘顺喜, 周连芳, 等. CBERS-02 星数据土地利用动态遥感监测方法研究[J]. 国土资源遥感, 2009(1): 79—80.
- [2] 王桥, 王文杰. 基于遥感的宏观生态监控技术研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [3] 尤淑撑. 基于 CBERS-02B 星 CCD 数据土地利用变化信息提取方法研究[J]. 遥感信息, 2009(2): 23—24.
- [4] 霍东民, 严明, 于冰洋. DMC 遥感小卫星数据预处理方法分析[J]. 遥感学报, 2005, 9(4): 480—485.
- [5] 童庆禧, 卫征. 北京一号小卫星及其数据应用[J]. 航天器工程, 2007, 16(2): 2—3.
- [6] 巩慧, 田国良, 余涛, 等. CBERS-02B 卫星 CCD 相机在轨辐射定标与真实性检验[J]. 遥感学报, 2010, 14(1): 7—8.
- [7] 王桥, 张兵, 韦玉春, 等. 太湖水环境遥感监测试验及其软件实现[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [8] 王桥, 吴传庆, 厉青. 环境一号卫星及其在环境监测中的应用[J]. 遥感学报, 2010, 14(1): 113—114.