卫星照片在国外油气管道研究中的应用

冯 伟¹ 于恩禄² 王小丽³ 白志鸿⁴
1.中国石油管道科技研究中心,河北 廊坊 065000;
2.天津水泥工业设计研究院有限公司,天津 300400;
3.北京控制工程研究所,北京 100190;
4.中国石油天然气管道局,河北 廊坊 065000

摘要:国外油气管道的详细信息对我国油气管道建设及运营具有重要的参考意义。鉴于国外 该方面的资料多属机密,通过卫星照片对其研究不失为一种新的方法。目前通过 Google Earth 可以 获取免费的卫星照片,且其本身带有查询经纬度、海拔及拍摄日期等功能,是很好的研究工具。在卫 星照片上对所研究的管道进行判读识别进而定位后,可以获得管道的详细路由、各站场或阀室的具 体位置、站间距、并行敷设管道的间距、河流的穿跨越方式、站场的总图布局、动力设备的驱动型式 及数量、相邻储罐的间距等信息。受限于卫星照片的获取以及清晰度等影响,部分管道的研究可能 会受到限制,甚至无法进行。国内掌握管道信息的从业人员切忌将管道数据标注于 Google Earth 等 国外软件上,以防存在后门程序导致泄密事故。

关键词:卫星照片;Google Earth;油气管道;研究;应用 DOI:10.3969/j.issn.1006.5539.2015.02.003

0 前言

科技的进步使得人类的眼界空前开阔,人造地球卫 星的应用让人类能够从太空俯瞰我们的地球家园。卫星 照片是人造地球卫星拍摄的地球上真实的地理面貌,可 用来检测地面上的信息,如地理位置,地形等。这些信息 可应用于城乡规划、GPS导航、气象预报、抗灾救灾部署 以及军事指挥等。长输油气管道距离长,跨越多个地区, 沿线地形多变,可以利用卫星照片对其进行设计选线和 运行监测等研究^[1-2]。

欧美及俄罗斯等国在油气管道领域技术先进,我国 管道科研人员对其管道建设进展、新技术、新方法和新 材料的应用情况进行跟踪研究是一项非常必要的工作。 但油气管道是一个国家的能源动脉,其具体线路及详细 数据多属于国家机密,很少见诸报端。

进入 21 世纪以来互联网迅速普及,2005 年美国 Google 等公司推出了免费的卫星照片服务,不但覆盖了 全球大部分人类存在地区,而且不定期地对部分重点地 区进行图像更新,虽然其卫星照片上对部分提出抗议国 家的主要军政目标进行了模糊化处理,但油气管道作为 非极度敏感目标得以全部保留,使得卫星照片成为研究 国外油气管道的理想手段,其研究成果可以为我国油气 管道的建设、运行等提供借鉴,甚至具有军事情报价值。

1 免费卫星照片的获取

目前获取免费卫星照片最简单的方式是使用美国 Google 公司开发的免费虚拟地球仪软件——谷歌地球 (Google Earth,GE),它把卫星照片、航空照相和 GIS 布置 在一个地球的三维模型上。用户通过下载该软件免费浏 览全球各地的高清晰度卫星照片,并可以在上面进行地 标标注和距离、方位的测量^[3]。数据是全球各家 GIS 数据 厂商、卫星公司提供的数据汇总,所以用户在 Google Earth上可以看到一块又一块的类似补丁似的卫星照片。 Google Earth 的使用界面上,用户可以使用鼠标很方 便地在主视图中移动和缩放虚拟地球以选择感兴趣的 地点,该地点的卫星照片就会通过网络自动下载并呈现 在屏幕上。主视图下侧显示的是鼠标所处位置的经纬 度、海拔高度以及卫星照片的拍摄日期。

用户也可使用地标功能对感兴趣的地点或区域进行标注,它是 Google Earth 的一种快捷标签,可以快速打 开其指向的目的地。可以手动添加,也可以像 IE 收藏夹 那样进行导入导出,方便用户交流分享。

卫星照片的拍摄日期多为近3a内,大部分照片的 分辨率在100m以内,通常为30m。几乎每个国家的首 都和主要大城市都提供了较为清晰的图像,其分辨率甚 至达到1m,北美、欧洲和日本的高清晰图像较多。在开 启了"Terrain"效果的情况下可以观察到以3D方式显示 的高原、山地及海底等地形^[4]。

2 油气管道的判读识别

2.1 研究流程

要在信息量异常丰富的巨大卫星照片上找到细细的一条管道堪比大海捞针,但遵循一定的规律可以事半功倍。确定研究标的管道后,可以从国内外的新闻、报刊等公开渠道获得该管道的起始位置或走向等基本背景信息,获取的信息越多,越便于在卫星照片上定位。如果事先能够获取该管道经过的城市、油田、炼厂或分输油库等相关信息,那么可以先在卫星照片上定位这些大目标,然后再在其附近对管道走向进行详细定位。

在获取到相关地区的卫星照片以及对管道全线定 位后,就可以判读管道在图片上的具体走向、阀室和站 场的位置以及站场内房屋、设备的平面布局等各项信 息,研究流程及信息获取情况见图1。





2.2 管道的判读方法

为便于后期巡检维护,管道多数修建在已有道路旁 边伴行,或在交通不便地区管道建设的同时新建伴行 路,这为管道在卫星照片上的判读定位提供了方便。管 道的线路转向处多可见明显的棱角,且多垂直于所经过 (或穿过)的道路或河流;而伴行路转弯处可见明显的弧度,呈圆弧状。某原油管道及其伴行路部分区段的卫星照片见图 2,从图 2 中可以看出管道及其伴行路的明显特征。





图 2 某原油管道及其伴行路部分区段的卫星照片

2.2.1 新建管道

对于新建管道,在卫星照片上是比较容易定位的。 管道所经之处的覆土与原土颜色差异明显,尤其是经过 植物覆盖地带的管道,所经之处及其伴行路上植物的缺 失很容易对其进行判读定位。某输气管道部分区段的卫 星照片见图 3,管道覆土刚刚回填,还没有植被覆盖,与 周围景物呈现明显区别,可以对管道走向进行识别。



图 3 某输气管道部分区段的卫星照片

2.2.2 架空管道

对于地上架空敷设的管道也比较容易定位,尤其是 在晴天阳光下卫星照片中的管道旁边会伴有阴影,同时 等间距的管道支架也成为明显的标识。美国阿拉斯加原 油管道卫星照片及现场照片见图 4,其绝大部分区段是 地上架空敷设,该管道通过美国阿拉斯加州的冻土地

第33卷 第2期

OIL AND GAS TRANSPORTATION AND STORAGE 油气储运 15

带,为了防止冻土的冻胀融沉等地质灾害在沿线各支架 处使用了热管,从卫星照片中可以测量出两个支架之间 距离约18m。





图 4 美国阿拉斯加原油管道某处的卫星照片 及现场照片

2.2.3 经过低矮植物地带的管道

对于允许复耕或覆土上长有低矮植物的地下油气 管道,由于所输介质温度与地温的差异,将影响地表植 物的生长,在周围植物的背景映衬下形成条状色差,由 此可以对管道走向进行判读。乌连戈伊气田—中央输气 管道系统位于俄罗斯利佩茨克州 (53°07′N,39°40′E)经 过某麦田处的卫星照片见图 5,6条并行管道形成管廊 带,在图 5 中可以清晰地看出其走向。



图 5 俄罗斯乌连戈伊气田—中央输气管道系统 经过某麦田处的卫星照片

2.2.4 经过高大植物地带的管道

对于穿越森林等高大植物地带的管道,为防止过近的植物根系对管道产生影响,所经之处的树木将被砍伐,更易于对管道的判读,见图 2。

3 油气管道的研究内容

利用卫星照片可以对管道进行多方面的详细研究, 包括管道的详细路由、各站场或阀室的具体位置、站间 距的选取、并行敷设管道的间距、河流的穿跨越方式、站 场的总图布局、动力设备的驱动型式及数量、相邻储罐 的间距等内容。

下面仅对部分研究内容以示例形式进行说明。

3.1 管道基本信息

以美国阿拉斯加原油管道为例,公开发表的该管道 资料大多是地理位置和走向的概况以及涉及工艺、防腐、 地灾防治等专业的介绍,无法找到该管道的详细路由及 各输油站的经纬度坐标等详细信息^[5-7]。利用 Google Earth 软件上的卫星照片,可以对该管道全线进行准确定位,并 对其进行多角度的深入分析。在卫星照片上标注的美国阿 拉斯加原油管道走向图见图 6。



图 6 在卫星照片上标注的美国阿拉斯加原油管道走向图

图 7 为该管道 1# 输油首站的卫星照片,结合公开发表 的资料介绍,从图 7 中可以清晰识别出储罐、燃气轮机发电 机房、输油主泵、站内管道等设备及其平面布局等信息,继 而可以对其总图、工艺等专业进行更加准确的深入研究。



图 7 美国阿拉斯加原油管道 1# 输油首站卫星照片

16 天**然气与石油** 2015 年 04 月

表1是在卫星照片上对其各输油站定位后的基本 信息汇总,图8是对全线定位后利用每隔1km处海拔数 据整理出的管道沿线高程曲线,可以看出共有3处高程 点,查阅相关资料可知分别是Atigum山口(1444m)、Isable山口(1042m)和Thompson山口(857m)。

表 1 阿拉斯加管道各输油站基本信息

站场 编号	经纬度坐标	海拔 / m	储罐直径 /m ×数量 / 个	拍摄日期
1# 首站	70° 15′ 25″ N, 148° 37′ 20″ W	7	53.66 × 2	2012-06-16
2# 站	69° 27′ 30″ N, 148° 33′ 43″ W	184	-	无卫星图片
3# 站	68° 50′ 34″ N, 148° 49′ 48″ W	424	34.62×1 22.22×1	2003-06-21
4# 站	68° 25′ 21″ N, 149° 21′ 31″ W	854	34.62×1 22.22×1	2006-09-26
5# 站	66° 48′ 47″ N, 150° 39′ 52″ W	323	51.43×1 22.22 × 1	2011-09-13
6# 站	65° 51′ 13″ N, 149° 44′ 09″ W	280	-	无卫星图片
7# 站	65° 18′ 40″ N, 148° 16′ 46″ W	279	34.62×1 22.22×2	2006-02-27
8# 站	64° 32′ 36″ N, 146° 49′ 12″ W	338	-	无卫星图片
9# 站	63° 55′ 52″ N, 145° 46′ 06″ W	458	34.62×1 22.22×2	2012-07-28
10# 站	63° 25′ 26″ N, 145° 46′ 04″ W	728	34.62×1 22.22×2 5.00×1	2004-09-09
11# 站	62° 05′ 16″ N, 145° 28′ 58″ W	406	待建	2009-08-19
12# 站	61° 28′ 34″ N, 145° 08′ 40″ W	563	34.62×1 22.22×2	2005-08-15
末站	61° 04′ 53″ N, 146° 23′ 20″ W	50	75.11 × 18	2007-06-19



图 8 阿拉斯加原油管道沿线高程

从美国阿拉斯加原油管道全线的卫星照片中可统 计出管道共跨越13条河流,最宽的Tanana河水面宽度 为600m(2013年4月10日拍摄)。管道Gulkana河跨越 (2012年6月22日拍摄)见图9,卫星照片上可测出水面 宽度为 70 m,在距离河岸 120 m 处管道向上抬升处的两侧各有 50 m 宽的加固护坝,以保护跨越处两侧的管道。



图 9 美国阿拉斯加原油管道 Gulkana 河 跨越的卫星照片

3.2 站场总图设计研究

站场的总图方案对工程项目的社会效益与经济效 益起着重要的指导性作用。站址选择及设计的好坏决定 着总投资的大小,最大浮动范围可达 50%左右^[8-9]。根据 GB 50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》规定, 主要功能区包括办公区、辅助生产区、分输区、增压空冷 区、清管区和加热炉区等[10]。国外公开发表的油气管道 站场总图资料不会详细到卫星照片所能展示的程度。俄 罗斯北极之光输气管道系统 K-13 及 K-14 压气站的卫 星照片见图 10,从图 10 中可以看出其站场均为顺管道 走向,呈长条形,布局紧凑,站内全部为生产工艺区,多 台压缩机组并行排布,输气规模巨大。工艺区内可看到 多个不同建筑外形的压缩机厂房,表明经过多次增输改 造。以 K-14 压气站为例,站场长 1 500 m,宽 350 m,距离 输气管道走廊带 250 m,紧急避难区距离工艺区 310 m, 工艺区内有5组压缩机厂房,共计31套燃气轮机驱动的 压缩机组。目前我国已经建成西气东输一线、二线,正在 建设三线,规划了四线、五线等,在新疆、甘肃等地已形成 多管道并行敷设,但多是各单条管道独立建站,即使是合 建一处,也仅是空间上的堆砌,没有很好地进行综合长远 规划[1-12]。北极之光输气管道的这种顺管道布置的站场总图 设计方式便于进行增输改造,对我国管道建设具有很强的 借鉴意义。



图 10 俄罗斯北极之光输气管道系统 K-13 及 K-14 压气站的卫星照片

第33卷 第2期

OIL AND GAS TRANSPORTATION AND STORAGE | a fill 17

3.3 并行敷设管道安全间距的研究

我国现有的设计、施工规范没有安全间距的概念和 规定,一般只是从防腐、施工、维护管理角度对管道间距 提出一些要求。随着西气东输管道系统、中缅油气管道 等相继采取多管道并行敷设,对处于地形狭窄等特殊地 段的管廊带中各管道间距等方面的技术需求变得更为 迫切^[13]。从卫星照片上可以获取美、俄等管道工业强国的 相关信息,对我国并行管道的设计、施工具有借鉴意义。

中亚一中央输气管道位于哈萨克斯坦境内的戈壁 地带(46°57′N,54°04′E)的卫星照片见图 11,从图 11 中 可以看出最小距离保持在 50 m;俄罗斯北极之光管道在 距离其 K-14 压气站进站 42 km 处森林地带 (61°13′N, 47°03′E)的卫星照片见图 12,该系统是由多条输气干线 组成,且大部分区段建在同一管道走廊带中,从图 12 中 可以看出最小距离保持在 28 m。



图 11 中亚—中央输气管道位于哈萨克斯坦境内 的戈壁地带卫星照片



图 12 俄罗斯北极之光管道位于 K-14 压气站进站 42 km 处的卫星照片

4 结论

1)卫星照片是对国外油气管道进行研究的一种理 想工具,对管道的基本信息掌握得越充分,利用卫星照 片对其进行研究分析也将越深入,越能够获得更有价值 的深层信息。

2)受限于卫星照片的获取以及清晰度等影响,部分 管道的研究可能会受到限制,甚至无法进行。 3)鉴于管道的详细路由、站场位置等具体坐标属于 国家机密,我国国内掌握管道信息的从业人员切忌将管 道数据标注于 Google Earth 等国外软件上,以防存在后 门程序导致泄密事故。

参考文献:

[1] 耿 平.卫星地图在长输管道施工管理中的应用[J].石油化 工建设,2011,33(3):52-53.

Geng Ping. Google Map Helps Long-distance Pipeline Construction[J]. Petroleum and Chemical Construction, 2011, 33 (3):52–53.

[2] 叶友龙.卫星遥感影像图在野外地震勘探中的应用[J].物探 装备,2005,15(4):291-293.

Ye Youlong.Application of Satellite Remote Sensing Imaging Map in Field Seismic Exploration[J].Equipment for Geophysical Prospecting,2005,15(4):291–293.

- [3]何君毅,周光华,王永昌,等.Google Earth 在油田边探井管理中的应用[J].油气田地面工程,2009,28(4):63-64.
 He Junyi,Zhou Guanghua,Wang Yongchang, et al.The Application of Google-Earth in the Oilfield Exploration Management of Oil and Gas Pipelines[J].Oil-Gas Field Surface Engineering,2009,28(4):63-64.
- [4] 刘 茜.卫星照片的分辨率[J].影像材料,2005,(3):60.
 Liu Qian.Resolution Ratio of Satellite Photos [J].Imaging Materials,2005,(3):60.
- [5] 潘家华.阿拉斯加管道[M]//潘家华.潘家华油气储运工程 著作选集.北京:石油工业出版社,2001.
 Pan Jiahua.Trans-Alaska Pipeline System[M]// Pan Jiahua. Pan Jiahua 's Writes Collection About Oil and Gas Storage and Transportation Project. Beijing: Petroleum Industry Press,2001.
- [6] 潘丹丹. 管道百科:世界著名油气管道(二)[EB/OL].
 [2014-06-10].中国石油新闻中心.http://center.cnpc.com.
 cn/bk/system/2011/12/28/001360714.shtml.
 Pan Dandan.Pipeline Encyclopedia: The Famous Oil & Gas
 Pipelines in the World(II)[EB/OL].[2014-06-10]. CNPC
 Press Center.http://center.cnpc.com.cn/bk/system/2011/12/

28/001360714.shtml.

[7] 梁翕章,唐智圆.世界著名管道工程[M].北京:石油工业出版社,2002:1-73.

Liang Xizhang, Tang Zhiyuan. The Famous Pipelines in the World[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002:1-73.

[8] 牛 琦.浅谈长输管道中输气站场的总图设计[J].科技与企 业,2011,(10):64-66.

Niu Qi.Discussion on General Layout Design of Long Gas Transportation Station[J].Technology and Enterprise, 2011, (10):64–66.

(下转第52页)

[J]. 天然气工业,2004,31(1):1-3.

Fu Zihang. A Static-design Calculation Model of Boil-off Gas (BOG) Handling System of an LNG Receiving Terminal [J]. Natural Gas Industry, 2004, 31(1): 1–3.

[7]初燕群,陈文煜,牛军锋.液化天然气接收站应用技术(I)[J].天然气工业,2007,27(1):120-123.

Chu Yanqun, Chen Wenyu, Niu Junfeng. The Applied Techniques in LNG Receiving Terminal (I)[J]. Natural Gas Industry, 2007, 27(1): 120–123.

- [8] 中国寰球工程公司.江苏LNG 接收站总体试车方案[M].南 通、江苏LNG 项目部,2010:11,19-20.
 China Huanqiu Contracting & Engineering Corporation (HQCEC).The Overall Trial Run Plan of Jiangsu LNG Terminal [M].Nantong, JiangsuLNGProjectDepartment,2011,11,19-20.
- [9] 杨志国,李亚军. 液化天然气接收站再冷凝工艺优化研究
 [J]. 化工学报,2009,60(11):2876-2881.
 Yang Zhiguo, Li Yajun. Optimization of Liquefied Natural Gas

- (上接第17页)
- [9] 王雯雯,严建锋,钱国梁.谈长输管道中输油站场的总图设 计[J].山西建筑,2013,39(3):24-25.
 Wang Wenwen,Yan Jianfeng,Qian Guoliang.Discussion on

General Layout Design of Long Oil Transportation Station[J]. Shanxi Architecture, 2013, 39(3):24–25.

- [10] GB 50183-2004,石油天然气工程设计防火规范[S]. GB 50183-2004,Code for Fire Protection Design of Petroleum and Natural Gas Engigeering[S].
- [11] 黎云英.输气管道站场总图特点及主要作法[J].天然气与 石油,2008,26(2):20-23.

(上接第22页)

History on the Physical Properties of TuHa Oil in West Oil Pipeline [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2012, 31(2): 125–127.

- [6]于 涛,顾建栋,殷炳纲,等.剪切历史对西部管道外输吐哈 油物性的影响[J].油气储运,2012,31(1):71-74.
 Yu Tao,Gu Jiandong,Yin Binggang,et al. The Effects of Shear History on the Physical Properties of TuHa Oils in West Pipelines
 [J].Oil&GasStorageandTransportation,2012,31(1):71-74.
- [7]于 涛.油品混合输送在西部原油管道的应用 [J]. 油气储 运,2013,32(2):162-165.

Yu Tao. Application of Oil Mixed Transportation in Western Crude Oil Pipeline [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2013,32(2):162–165

[8] 孙法峰,吴海辰,范华平,等.油油换热器投运及节能效果的 探讨[J].节能,2013,32(8):73-76. Terminal Recondensation Process[J]. Journal of Chemical In– dustry and Engineering (China), 2009, 60(11): 2876–2881.

- [10]杨志国.LNG储运过程中BOG再冷凝器工艺的优化
 [D].广州:华南理工大学,2010,50-51.
 Yang Zhiguo. Optimization of BOG Recondensetion Process during the Vessel Transportation and Storage of LNG [D].
 Guangzhou:South China University of Technology,2010, 50-51.
- [11] 张学学. 热工基础[M].北京:高等教育出版社,2000:26-27.
 Zhang Xuexue. Fundamental of Thermodynamics and Heat Transfer [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000:26-27.
- [12] 陈 雪,马国光.流程参数对 LNG 接收终端蒸发气再冷凝 工艺流程性能的影响[J].石油与天然气化工,2008,37(2): 100-107.

Chen Xue, Ma Guoguang. Influence of Parameters on Recondensation Process Performance of LNG Receiving Terminal [J]. Chemical Engineering of Oil & Gas, 2008, 37(2):100–107.

Li Yunying.Feature and Main Method of Plot Plan of Gas Pipeline Station[J].Natural Gas and Oil,2008,26(2):20–23.

[12] 柯晓艳.石油库设计中的总图优化注意事项及对策[J].科技 创新导报,2013,(24):85.

Ke Xiaoyan.Notice and Measures of Plot Plan Optimization in Design of Oil Depot[J].Science and Technology Innovation Herald, 2013, (24):85.

 [13]向 波.并行管道安全间距及保护措施研究[J].天然气与石 油,2009,27(3):1-3.

Xiang Bo.Research on the Safe Spacing and Guard of Parallel Pipelines[J].Natural Gas and Oil,2009,27(3):1–3.

imes

Sun Fafeng, Wu Haichen, Fan Huaping, et al. Probe into the Op– eration of the Oil-to-oil Heat Exchanger and the Effect on the En– ergy-saving [J].Energy Conservation, 2013, 32(8):73–76.

- [9] 孙法峰,殷炳纲,吴海辰,等.西部原油管道余热回收系统的 设计与应用[J].油气储运,2014,33(4):448-452.
 Sun Fafeng, Yin Bianggang, Wu Haichen, et al. Design and Application of Waste Heat Recovery System of Western Crude Oil Pipeline [J]. Oil & Gas Storage and Transportation,2014,33
- [10]李传宪.原油流变学[M].东营:中国石油大学出版社,2007: 150-159.

(4): 448-452.

Li Chuanxian. Crude Oil Rheology [M]. Dongying: China University of Petroleum Press, 2007:150–159

[11] Q/SY BD 0012-2013,原油管道工艺运行规程[S].
 Q/SYBD 0012-2013,The Operation Regulations of Crude Oil Pipeline [S].

⁵² 天**煞气与石油** 2015 年 04 月