

# 缅甸 RAMREE 岛石油物探测量 Lambert 投影 变形分析及解决方案

余禄和 刘文荣 杨柳 罗伦才

(四川石油管理局地球物理勘探公司, 四川 成都 610213)

**[摘要]** 本文介绍了缅甸的测量投影系统—Lambert 投影, 分析了 Lambert 投影的变形情况, 结合石油物探测量的特点, 提出了变形的解决方案。通过对方案的验证和实施, 在实际测量中取得了较好的效果, 顺利地完成了缅甸的石油物探测量任务。

**[关键词]** 石油物探测量; Lambert 投影; 长度变形

**[中图分类号]** P258 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1001-8379(2007)01-0037-04

## THE ANALYSIS AND RESOLVE TECHNIQUE OF THE LAMBERT PROJECTION IN RAMREE ISLAND OF BURMA

YU Lu-he, LIU Wen-rong, YANG Liu, LUO Lun-cai

(Sichuan Geophysical Company, Chengdu, Sichuan 610213, China)

**Abstract:** This article introduces the Lambert Projection the survey projection system used in Burma. It analyses the distortion resulted by this projection and proposes some methods to resolve it according to the characters of surveying in geophysical prospecting for petroleum. Though using these methods, the survey operations in geophysical prospecting for petroleum in Burma were completed smoothly and obtained a very good result.

**Key words:** Surveying in geophysical prospecting for petroleum; Lambert Projection; Distortion in length

### 1 前言

Ramree 岛位于缅甸联邦西南部海滨地区, 在东经  $93^{\circ} 28'$  至  $94^{\circ} 00'$ 、北纬  $18^{\circ} 55'$  至  $19^{\circ} 26'$  之间, 面积为  $2100 \text{ km}^2$ 。2005 年, 中国海洋石油股份缅甸有限公司委托中国四川石油管理局地球物理勘探公司承担该区的石油地震勘探工作。由于工区属于热带丛林, 除密布的树林外, 地形也起伏较大, 因而地震测线的放样测量将采用 LEICA/TC1102 全站仪, 进行极坐标线放样。由于缅甸采用 Lambert 投影, 测量施工前必须仔细分析该投影的变形误差, 以确定其变形对导线测量产生的误差影响, 并寻求其解决方案。

### 2 缅甸测量投影现状

缅甸平面控制点的直角坐标值用 Lambert 割圆锥投影计算。1937 年, 在 Everest1830 椭球基础上, 以位于德里南部约为印度几何中心的卡兰普尔为起点, 分 3 个投影带, 进行了印度和缅甸三角网的共同平差。缅甸投影分带范围及参数如表 1。

### 3 Lambert 投影概要

由德国数学家兰勃特 (J. H. Lambert) 于 1772 年提出的兰勃特投影是一种正轴圆锥正形投影, 分切圆锥和割圆锥两种。

Myanmar Datum & Projection Parameters	
Parameters common to all Zones	
Projection: Lambert Conical Orthomorphic with two standard parallels	
Zone II B (including Myanmar north of $22^{\circ} 30' \text{ N}$ )	
Latitude of origin:	$26^{\circ} \text{ North}$
Central Meridian:	$90^{\circ} \text{ East of Greenwich}$
Standard Parallels:	$28^{\circ} 49' 08''$ , $17810$ and $23^{\circ} 09' 28''$ , $17152 \text{ North}$
Zone III B (including Myanmar south of $22^{\circ} 30' \text{ N}$ and north of $15^{\circ} 30' \text{ N}$ )	
Latitude of origin:	$19^{\circ} \text{ North}$
Central Meridian:	$100^{\circ} \text{ East of Greenwich}$
Standard Parallels:	$21^{\circ} 49' 23''$ , $46365$ and $16^{\circ} 09' 37''$ , $31715 \text{ North}$
Zone IV B (including Myanmar south of $15^{\circ} 30' \text{ N}$ )	
Latitude of origin:	$12^{\circ} \text{ North}$
Central Meridian:	$104^{\circ} \text{ East of Greenwich}$
Standard Parallels:	$14^{\circ} 49' 36''$ , $97408$ and $09^{\circ} 09' 46''$ , $39555 \text{ North}$

表 1 缅甸投影分带范围及参数

设有一个圆锥, 其轴与地轴一致, 套在地球椭球体上, 然后将椭球体面的经纬线网按照等角的条件投影到圆锥面上, 再把圆锥面沿母线切开展平, 即得到正轴等角圆锥投影的经纬网图形。其中纬线投影成为同心圆弧, 经线投影成为向一点收敛的直线束。当圆锥面与椭球体上的一条纬圈相切时, 称切圆锥投影, 见图 1 (a); 当圆锥面相割于椭球面两条纬圈时, 称割圆锥投影, 见图 1 (b)。

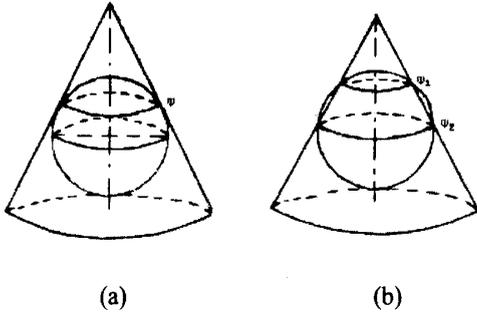


图 1 正轴圆锥投影

相切或相割纬圈称为标准纬圈，显然，标准纬圈在圆锥展开后不变。两条纬线间的经线长度处处相等。投影的不同变形性质，只是反映在纬线间隔的变化上。也就是说，圆锥投影的各种变形都是纬度  $\phi$  的函数，而与经度  $\lambda$  无关。对某一个具体的变形性质而言，在同一条纬线上，其变形值相等。在同一条经线上，标准纬线外侧为正变形，两条标准纬线之间为负变形。因此切圆锥投影只有正变形，割圆锥投影既有正变形又有负变形。

具体地分析，Lambert 投影的变形分布规律是：  
 a) 角度没有变形；  
 b) 两条标准纬线上没有任何变形；  
 c) 等变形线和纬线一致，即同一条纬线上的变形处处相等；  
 d) 在同一经线上，两标准纬线外侧为正变形（长度比大于 1），而两标准纬线之间为负变形（长度比小于 1）。变形比较均匀，变形绝对值也比较小；  
 e) 同一纬线上等经差的线段长度相等，两条纬线间的经纬线长度处处相等。

Lambert 投影采取分带投影的办法，每带各有各的坐标原点。此种投影适用于东西狭长的国家或地区。Lambert 投影的子午线收敛角有时过大，其精密方向改化与距离改化值也较大。

#### 4 Lambert 投影变形分析

影响直角坐标值精度的主要因素之一是投影的长度改化的变形大小，一般正形投影的特点是投影后的长度比  $m$  与方向无关但随点位而异。下面仅就投影的长度比  $m$  的变化来分析 Lambert 投影的误差。

Lambert 投影中，相切或相割的标准平行圈是正长的，即其长度比同  $m_0$  或  $m_1, m_2$  等于 1，但在标准平行圈以外的各处，长度比  $m$  就不等于 1。

对于兰勃特切圆锥投影，其长度比  $m$  如下式计算：

$$m_{\phi} = 1 + (1/2)(1 - \xi_0^2)\Delta B^2 + (1/6)t_0\Delta B^3 + \dots$$

由上式可看出，长度变化  $(m_{\phi} - 1)$  约与  $\Delta B^2$  成比例地增长，当  $\Delta B = 30$  时，长度变形竟达到  $1/730$ 。对于 Lambert 割圆锥投影，其长度比  $m$  如下式计算：

$$m_{\phi} = (00)^n + (10)^n\Delta B + (20)^n\Delta B^2 + (30)^n\Delta B^3$$

$$(00)^n = 1 + (1/2)(-1 + \xi_0^2)\Delta B^2 + (1/24)(1 - \xi_0^2)\Delta B^4$$

$$(10)^n = (1+6)t_0[(-1 - 3\xi_0^2)\Delta B^2 + (1/60)(7 - 16\xi_0^2)\Delta B^4]$$

$$(20)^n = (1/2)[(1 - \xi_0^2) + (1/6)(-3 - \xi_0^2)\Delta B^2]$$

$$(30)^n = (1/6)t_0[1 + (1/6)(-7 - 2\xi_0^2)\Delta B^2]$$

由上式可看出，长度变形  $(m-1)$  与经度无关，但随  $\Delta B$  增大而迅速增大。表 2 为 Lambert 割圆锥投影的长度变形情况：

表 2 Lambert 割圆锥投影的长度变形情况

$B_2 - B_1$	$\Delta B_0$	长度变形 $(m_{\phi} - 1)$
1.5'	0.75'	1/11 700
3'	1.5'	1/2 900
6'	3'	1/730

由上表可以看出割圆锥投影中两个标准平行圈间隔不宜过宽，否则长度变形过大。

#### 5 本工区的变形情况

如前所述，本工区位于东经  $93^{\circ} 28'$  至  $94^{\circ} 00'$ 、北纬  $18^{\circ} 55'$  至  $19^{\circ} 26'$  之间，根据缅甸测量投影分带标准，属于 III B 区。两条标准平行圈相差约  $5^{\circ} 40'$ ， $\Delta B_0$  约等于  $3^{\circ}$ ，初步分析其长度变形将大于  $1/1000$ 。根据 Lambert 割圆锥投影的长度比公式及方向改化公式，对该区的物探测线进行长度、方位变形计算。由于 Lambert 投影变形与经度无关，只与纬度有关，而本工区地震测线正好有方位为  $70^{\circ}$  和  $340^{\circ}$  的两种，通过计算结果可以看出，从南往北，即远离标准纬线  $21^{\circ} 49' 23''$  方向，长度比约为  $0.9987$  至  $0.9988$ ，即每公里长度变形  $1.2$  至  $1.3$  米。物探测线一般从  $20$  多公里至  $70、80$  公里不等，测线越长，变形越大，已不能满足石油物探的精度要求，必须作出相应的改正，以获得较高的测量精度。

#### 6 Lambert 投影变形解决方案

经过以上分析，可以知道，即使不计测量上的误差，测线理论上的投影变形带来的误差也将达到每公里  $1.2$  至  $1.3$  米。为了验证变形分析的正确性，我们作了一个试验，先用 LEICA/GX1230 GPS 作了一个高精度的 GPS 网，选取了其中的两个点，用

LEICA/TC1102 全站仪进行精确的水平距离测量，其数据如表3：

表3 LEICA/TC1102 全站仪水平距离测量数据

标准值	实测值	差值	每公里差值
239.435	239.746	-0.311	-1.30

从上面的数据可以看出，理论分析与实测结果相吻合。

由于本次石油物探测量的测线放样作业采用 LEICA/TC1102 全站仪，进行极坐标线放样，其特点是在野外采集数据的同时也将物理点放样到实地，因而本次 Lambert 投影变形解决方案将分为两部分：

一是在野外测量时对导线进行投影变形改正，用较为精确的导线放样物理点；

二是室内资料处理时对野外所采集的导线数据进行投影变形改正，再经过平差计算，得到准确的

### 6.1 导线实时变形改正

对于野外测量的实时变形改正，使用 CASIO FX-4500 计算器的程序设计功能，根据 Lambert 投影的变形公式，设计一个能进行长度变形改正的程序模块，对每一个导线站的观测数据加入距离改正，用改正后的数据重新计算导线站的坐标，这样在实时采集数据的同时也能较精确地放样地震物理点。

### 6.2 数据后处理变形改正

野外测量完成后，需要在室内对观测数据进行后处理。后处理软件要具有 Lambert 投影的长度变形改正的功能。在缅甸 RAMREE 岛的石油物探测量中，使用了四川物探公司研制的石油物探测量资料后处理软件，经过以上的分析研究后，对该软件进行了一定的修改，加入了 Lambert 投影的坐标换算、距离改正等模块，使之能正确处理 Lambert 投影系统的导线资料。相关界面如图2。



图2 相关界面

## 7 Lambert 投影变形实例分析

由于本工区的测线均为十几公里，一般完整的导线都有 50 个左右的导线站，数据量较大，本文仅

以一个导线站的数据为例（表4），分析其变形情况及解决的结果。

表4 一个导线站的数据

编码	方向点名	尺高(m)	平角(d.mms)	天顶距(d.mms)	水平距离	归算距离
导线站	GPS137	1.500				
后视	GPS135	1.498	282/02/59	90/02/31	1063.130	1061.746
前视	1	1.485	268/13/21	90/04/24	414.084	413.545
前视	1	1.485	88/13/21	269/55/37	414.084	413.545
后视	GPS135	1.498	102/03/00	269/57/25	1063.130	1061.746

根据 Lambert 投影变形公式，可以计算出导线站 GPS137 处的长度变形系数为 0.9987，因而对野外

实测的水平距离值进行变形改正，将水平距离值乘以长度变形系数 0.9987，得到其归算距离，用这个

归算距离参与导线的计算。对于每一个导线站，将分别计算各自的长度变形系数，用以计算较准确的归算距离。按照这样的计算方式，此导线的最终结果如表 5：

表 5 导线最终结果

--导线平差后的精度--	
导线边平距总长	: 5263.123m
归算后导线边总长	: 5256.268m
方位角闭合差	: -0/00/05
高程闭合差	: -0.151m
DeltaX	: -0.244m
DeltaY	: -0.331m
导线全长闭合差	: 0.411m
导线全长相对精度	: 1/ 12778

平差后的数据表明，经投影变形改正后的导线数据精度较高，导线的最低精度为 1/8663、最高精度为 1/72993，远高于中华人民共和国石油天然气行业标准 SY/T5171—2003《石油物探测量规范》规定的 1/1500 的要求，由于在野外对导线进行了实时改

正，所放样的物理点的点位精度也符合石油物探的要求。

### 8 结束语

由于 Lambert 投影迥异于国内常用的高斯-克吕格正形投影，距离标准纬线不同的区域，方位和长度变形差异较大。缅甸 Ramree 岛石油物探测量投影变形的分析和解决方案，给随后进行的缅甸北部原始森林山区的石油物探测量起了很好的参考和指导作用，较好地解决了在缅甸地区进行石油物探测量工作的投影系统问题。

#### 参考文献

[1] 孔祥元, 郭际明, 刘宗泉. 大地测量学基础[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2001.

[收稿日期] 2006-09-07

[作者简介] 余禄和(1974—), 男, 重庆人, 1997年毕业于中国地质大学(武汉)工程测量专业, 现就职于四川石油管理局地球物理勘探公司, 测量工程师。

(上接第 36 页)

(6) 一个断面内数据排序功能及断面的整体排

序功能;

(7) 利用所有的线路断面中点生成纵断面功能。

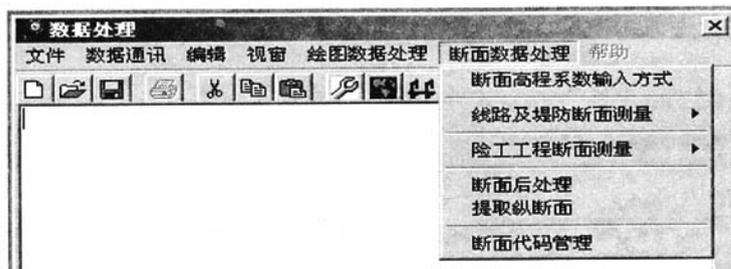


图 2 断面处理程序的界面

### 7 结束语

使用内存式全站仪进行断面测量，数据直接记入内存，内业数据传输和处理由程序自动完成，实现了数据采集、数据处理和断面图成图的自动化，大大减少了人工干预，在极大程度上避免了人为因素所造成的差错；测站只需一人操作，节省了人员，从而间接降低了生产成本，加快了测量速度，同时内业由程序完成，提高了内业断面处理速度，使作业人员从传统的大量的内业中解脱出来，从而提高了内外业工作效率；同时，由于程序本身的断面基点自检功能，减少了断面高程出错的可能性，也减少了检查和校核工作量。

采用本系统进行工程断面测量，充分应用了全站仪的功能，必将降低内、外业劳动强度，显著提高工作效率，并使测量资料从野外采集、内业处理、

数据管理更具可靠性，实现了测绘产品的数字化，确保了成果质量，使工程断面测量技术向自动化方面迈进了一大步，本程序已在广东省西枝江堤防及广惠高速断面测量中得到应用，取得了较好的经济效益和社会效益。

#### 参考文献

[1] 吴目诚, 吴秉柔. visual basic 6.0 程序设计[M]. 北京: 科学出版社, 2003.  
 [2] 陈龙飞, 金其坤. 工程测量[M]. 同济大学出版社, 2001.  
 [3] 高俊强, 陶建岳. 利用免棱镜全站仪进行地铁隧道断面测量与计算[J]. 测绘通报, 2005, (10).

[收稿日期] 2006-10-03

[作者简介] 詹美斌(1972—), 男, 江西都昌人, 工程师, 主要从事测量、GIS 应用及内外业一体化。