

康熙铜版《皇舆全览图》投影种类新探*

汪前进

(中国科学院自然科学史研究所)

内容提要

康熙铜版《皇舆全览图》一直被认为采用的是三角投影(或称梯形投影)。本文通过对从图上量取的大量数据的计算、分析,发现该图采用的是“正弦曲线等面积伪圆柱投影”(即著名的“桑逊投影”)。这不仅使对解决投影本身使用情况,如选用此种投影是否符合中国地域的要求、实测点在图上展点的精度等问题有了坚实的基础;而且对图上实际采用的实测经纬值的确定,对非实测部分编绘精度的分析都起有重要作用。

关键词 皇舆全览图, 桑逊投影

康熙年间运用近代方法测量绘制的《皇舆全览图》^①,过去一向认为采用的是三角投影^②或梯形投影^③(见图1),虽然也有学者提出异议,但未见有深入的探讨和明确的结

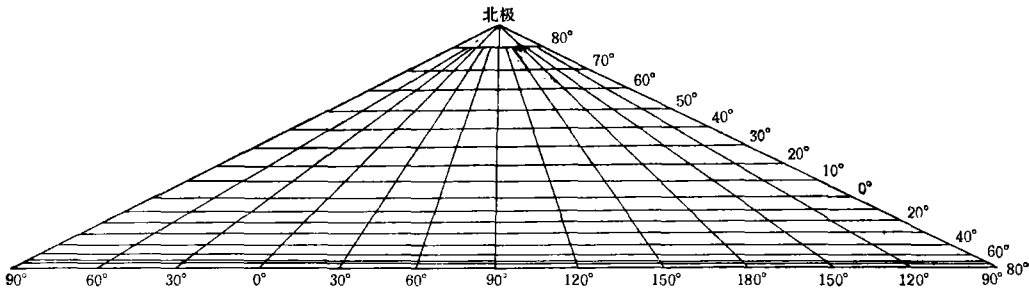


图1 三角投影略图

* 本文是1990年申请博士学位论文“《皇舆全览图》测绘研究”的一部分。全文的选题、写作和修改是在导师杜石然、曹婉如二位先生的精心指导下进行的,并先后得到陈美东、钮仲勋、黄盛璋、郑锡煌等先生和王扬宗、韩琦、孔国平、孙国华、张祖贵、孙小淳、杨怡、许新华、易华、张金琦、江晓原、胡维佳等朋友给予的指导和帮助。答辩时又承蒙侯仁之、陈述彭、任金城、唐锡仁等先生提出宝贵意见。修改发表时还得到林文照、赵慧芝、艾素珍等先生的指导和帮助,在此一并表示深深的谢意。

① 指在沈阳故宫发现的铜版地图,金梁定名为《满汉合璧清内府一统舆地秘图》,实际应称为《皇舆全览图》,本文所研究者即此图。此图41幅,每幅长39.75厘米,宽67厘米。

② 方俊:《地图投影》,《地质专报乙种》,第六号,1934年;方俊:《地图投影学》,第1册,科学出版社,1957年。

③ 翁文灏:《读故宫博物院重印乾隆内府舆图记》,《国风半月刊》,1932年第8期。

论^①。由于这一问题牵涉到对中国历史上第一次实测全国地图测绘过程的了解和整体评价,因而有必要进行深入的研究,以期得出符合实际的结论。本文专就投影问题提出自己新的看法。

一、《皇舆全览图》采用的投影的性质

1. 投影系统

(1) 经线为曲线 本文通过对在《皇舆全览图》上仔细量得的 83 个经纬线交角值(见表 1)的分析发现:除中央经线外,从低纬至高纬,同一经线与纬线的交角值有规律地递减。这表明经线为曲线。如果为直线,交角值应相等。如果是制版时所造成的误差,不会

表 1 经纬线交角理论值与图上度量值比较表*

纬度	经度	45W	40W	35W	30W	25W	20W	15W	10W	5W	0	5E	10E	15E	20E	25E	30E
50N	理论值						75.0	78.7	82.4	86.2	90.0	86.2	82.4	78.7	75.0	71.5	68.1
	度量值						75.0	79.0	82.5	87.0	90.0	86.0	82.0	79.0	75.5	73.0	67.0
	差值						0	+0.3	+0.1	+0.8	0	-0.2	-0.4	+0.3	+0.5	+1.5	-1.1
45N	理论值	61.0	63.7	66.6	69.7	72.9	76.1	79.5	83.0	86.5	90.0	86.5	83.0	79.5	76.1		
	度量值	59.0	62.0	65.0	69.0	72.0	75.0	79.0	83.0	86.5	90.5	86.5	83.0	79.0	76.0		
	差值	-2.0	-1.7	-1.6	-0.7	-0.9	-1.1	-0.5	0	0	+0.5	0	0	-0.5	-0.1		
40N	理论值		65.8	68.6	71.4	74.3	77.4	80.4	83.6	86.8	90.0	86.8	83.6	80.4	77.4		
	度量值		65.0	68.0	71.0	74.0	77.0	80.0	83.5	87.0	90.0	86.5	83.0	80.0	77.0		
	差值		-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.1	+0.2	0	-0.3	-0.6	-0.4	-0.4		
35N	理论值		68.2	70.7	73.3	75.9	78.7	81.5	84.3	87.1	90.0	87.1	84.3	81.5	78.7		
	度量值		67.0	70.0	72.0	76.0	78.0	81.0	84.0	86.5	90.0	86.5	84.5	81.0	79.0		
	差值		-1.2	-0.7	-1.3	+0.1	-0.7	-0.5	-0.3	-0.6	0	-0.6	+0.2	-0.5	+0.3		
30N	理论值	68.6	70.8	73.0	75.3	77.7	80.1	82.5	85.0	87.5	90.0	87.5	85.0	82.5			
	度量值	67.0	70.0	71.5	74.0	76.5	79.0	82.0	84.0	87.0	90.0	87.0	83.5	81.0			
	差值	-1.6	-0.8	-1.5	-1.3	-1.2	-1.1	-0.5	-1.0	-0.5	0	-0.5	-1.5	-1.5			
25N	理论值		73.6	75.5	77.5	79.6	81.6	83.7	85.8	87.9	90.0	87.9					
	度量值		73.0	75.0	77.0	78.5	82.0	83.0	85.0	87.6	90.0	88.5					
	差值		-0.6	-0.5	-0.5	-1.1	+0.4	-0.7	-0.8	-0.3	0	+0.6					
20N	理论值					81.5	83.2	84.9	86.6	88.3	90.0	88.3					
	度量值					82.0	84.0	85.2	87.0	88.5	90.0	89.0					
	差值					+0.5	+0.8	+0.3	+0.4	+0.2	0	+0.7					
18N	理论值									88.5	90.0						
	度量值									87.5	90.0						
	差值									-1.0	0						

* N 为北纬, W 为西经, E 为东经。此表理论值依据桑逊投影公式推算。

① 高儒:《试论我国地图的数学要素和表示方法的演进特色》,《测绘学报》,第 6 卷(1963 年)第 2 期。

是这样有规律。

(2) 纬线不仅为直线,而且等距平行 本文通过对从图中量得的 87 个纬距值分析,得知其值最大的为 8.15 厘米,最小的为 7.82 厘米,其中有 30 个值为 7.95 厘米,表明纬距应趋近于某一定值(见表 2),这个值便是 7.95 厘米。大于或小于此值可能是由刻铜版、图纸变形、度量误差造成的,因为这些值与“定值”的差值分布没有规律可循。用 100 厘米长的直尺(大于每幅图的宽度)校核纬线,发现纬线是直线。

表 2 图上度量实际纬距表

经度	纬 度										
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
40W							7.95	7.98	7.95	7.95	7.90
35W							7.95	7.98	7.90	7.96	7.90
30W							7.95	7.95	7.90	7.90	7.95
25W		7.85	7.86	7.90	7.88	7.95	7.88	7.90	8.00	7.90	7.94
20W		7.95	7.90	7.95	7.90	8.00	7.88	7.82	7.89	7.90	7.90
15W		7.90	7.92	8.00	7.95	8.05	7.94	7.95	7.94	7.95	8.00
10W		7.94	8.00	8.00	7.94	8.00	7.90	7.95	7.95	7.95	7.90
5W	7.95	7.92	8.00	8.00	7.95	8.15	7.95	7.95	8.00	7.95	7.92
0	7.95	7.95	7.92	7.95	7.92	8.00	7.99	7.95	7.98	7.95	7.98
5E		7.95	7.88	7.90	7.95	7.90	8.00	7.90	7.95	7.95	7.95

根据上述性质,对比各类投影的特征发现,此投影属于伪圆柱投影系统(见表 3)。

表 3 地图投影类型特征表

投影名称		圆锥投影	方位投影	圆柱投影	伪圆锥投影	伪方位投影	伪圆柱投影	多圆锥投影
经纬线形状	经线	直线束	直线束	平行直线	对称曲线	对称曲线	对称曲线	对称曲线
	纬线	同心圆弧	同心圆	平行直线	同心圆弧	同心圆	平行直线	同轴圆弧
限定特征		经线间距相等,交于纬线圆心	同左,且经线夹角等于经差	经纬线正交				

2. 投影变形性质 由于伪圆柱投影中的经纬线不可能正交,所以它没有等角投影,只有等积与任意投影两种。那么,《皇舆全览图》的投影便只是两者之一。首先来分析是否是等积投影。

等积的条件是:

$$m \cdot n \cdot \sin \theta = 1, \text{ 或 } m \cdot n \cdot \cos \varepsilon = 1, \theta = 90^\circ - \varepsilon,$$

式中: m 为经线比,其值为 $\frac{\Delta S'_m + \Delta S''_m}{2(\Delta S_m M_0)}$, ε 为经纬线交角的余角,

n 为纬线比,其值为 $\frac{\Delta S'_n + \Delta S''_n}{2(\Delta S_n M_0)}$, θ 为经纬线的交角,

其中: $\Delta S'_m$ 、 $\Delta S''_m$ 为地图上特征点上下相同纬差的经线弧长, $\Delta S'_n$ 、 $\Delta S''_n$ 为地图上特征点左右相同经差的纬线弧长, ΔS_m 、 ΔS_n 分别为特征点在地球相应点相同纬、经差的经、纬线弧长, M_0 为地图的主比例尺。

ε , $\Delta S'_m$ 、 $\Delta S''_m$, $\Delta S'_n$, $\Delta S''_n$ 可以直接从图上度量得, 而 ΔS_m 、 ΔS_n , M_0 必须通过分析、推导计算才能取得。

(1) ΔS_m 、 ΔS_n 值 要求出 ΔS_m 、 ΔS_n 值, 必须弄清当时测绘地图采用的地球参数。

直接参加测绘的法国人雷孝思(字永维, 原名 Jean Baptiste Régis, 1663—1736) 在给教会的信中说:

“我们还是决定把所有的大圆, 即各地的子午圈都作为是每度相等的, 以便与普遍接受的地球是正圆体的观点相一致……”^①

由此可见, 当时所采用的地球形状是正球体, 即半径相等。那么所采用的地球半径值是多少呢? 笔者所见文献中未直接给出, 但可从间接材料中推导出。我们知道: 西方近代科学中是以球体为 360 度, 明末传入中国的天算知识也是这样^②, 因此只要知道每度之间的长度, 依照圆的周长公式, 便能推算出地球的半径。

雷孝思又说:

“一度正好等于 200 (华) 里, 每里为 180 丈, 每丈为 10 尺, 根据巴黎科学院的测试, 每度的二十分之一合 2853 特瓦斯 (Toise), 而 1 特瓦斯等于 6 夏特来尺 (Pied du Châtelet), 这正好等于中国的 1800 丈, 或 10 里。根据上述尺度计算, 一度等于我们的 20 长里 [Grande Lieüe, 或称海里 (Lieüe marine)], 也即等于中国的 200 里。”^③

由于已知特瓦斯^④、夏特来尺^⑤和长里^⑥的公制长度, 依据上述数据, 可以获得 3 个(华)里值:

$$2853 \times 20 \times 1.949 \div 200 = 556.0497(\text{米}),$$

$$2853 \times 20 \times 6 \times 0.325 \div 200 = 556.335(\text{米}),$$

$$20 \times 5565 \div 200 = 556.5(\text{米})。$$

因为尺度愈大, 误差愈小, 故取第三个值, 即每(华)里为 556.5 米, 据此可以求出如下数值:

$$\text{地球弧长: } 360 \times 200 \times 556.5 = 40068000(\text{米}),$$

$$\text{地球半径}(R): 40068000 \div 2\pi = 6377020.3(\text{米}),$$

$$\text{经线每度弧长}(\Delta S_m): 200 \times 556.5 = 111300(\text{米}),$$

$$\text{纬线大圈每度弧长}(\Delta S_{n_0}): 200 \times 556.5 = 111300(\text{米});$$

ΔS_n 则可据球面三角公式求得。

(2) M_0 值 从表 2 中可知纬距值最多的为 7.95 厘米, 我们将其视为定值, 那么《皇舆全览图》的主比例尺(M_0)为:

$$\text{图上长度/实际长度} = 7.95/11130000 = 1/140 \text{ 万}。$$

(3) $m \cdot n \cdot \sin \theta$ 积值 笔者通过度量与计算(见表 4), 在连续八个特征点上求得 $m \cdot n \cdot \sin \theta$ 的积值近似等于 1, 最小的为 0.99, 最大的为 1.03, 证明此投影为等面积投

① [法] J. B. 杜赫德著, 葛剑雄译: “测绘中国地图纪事”, 《历史地理》第 2 辑, 上海人民出版社, 1982 年。

② 中国天文学史整理研究小组编著: 《中国天文学史》, 科学出版社, 1987 年, 第 223 页。

③ 同①。

④ 1 特瓦分为 1.949 米。

⑤ 1 夏特来尺为 0.325 米。

⑥ 1 长里(海里)为 5565 米。

影,而且 n 值也近似为 1 (最小为 0.9974012, 最大为 1.0015057), 说明纬线无长度变形。又据表 5 可知中央经线保持等长, 即 $m_0=1$ 。

上述研究结果表明, 此图所采用的投影是等面积伪圆柱投影; 至此, 问题还没有全部解决, 因为我们还没有弄清此投影的具体种类, 它的数学表达式和量度; 它究竟是绘图者自己设计, 还是利用前人的成果等问题。

表 4 40° 纬线上经纬线长度比值表

经度 数值	40	35	30	25	20	15	10	5
θ	65	68	71	74	77	80	83.5	87
$\sin\theta$	0.906308	0.927184	0.945519	0.961262	0.97437	0.984808	0.993572	0.99863
$\Delta S'_m$	8.7	8.6	8.3	8.2	8.2	8.1	8.1	8.0
$\Delta S''_m$	8.55	8.45	8.35	8.1	8.1	8.5	8.0	8.0
$\Delta S'_n$	6.1	6.1	6.05	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
$\Delta S''_n$	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
ΔS_m	11130000	11130000	11130000	11130000	11130000	11130000	11130000	11130000
ΔS_n	8527160	8527160	8527160	8527160	8527160	8527160	8527160	8527160
m	1.0849059	1.072327	1.0471698	1.0314465	1.0251572	1.0440251	1.0125785	1.0062893
n	1.0015057	1.0015057	1.0015057	1.0015057	1.0015057	1.0015057	1.0015057	1.0015057
P	0.99	1.00	0.99	0.99	1.00	1.03	1.01	1.01

表 5 中央经线上经线比值表

φ	20	25	30	35	40	45	50
θ	90	90	90	90	90	90	90
$\sin\theta$	1	1	1	1	1	1	1
$\Delta S'_m$	7.95	7.90	7.90	7.90	8.00	7.95	7.95
$\Delta S''_m$	7.92	7.95	7.95	7.90	7.90	7.95	7.95
ΔS_m	11130000	11130000	11130000	11130000	11130000	11130000	11130000
m_0	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00

二、西方地图投影学的发展背景

要想解决上述问题, 有必要从西方地图投影学发展的背景着手。

西方地图投影学萌芽于古希腊时代。迪亚西库 (Dicearque) 在《地球的描述》(公元前四世纪末) 一书中便划有方格网。埃拉托色尼 (Eratosthène, 约公元前 273 年—公元前 192 年) 在所著《地理论著》(Un Traite de Géographie) 中论述了人居住部分的地图绘制方法。古罗马时代著名地理学家托勒玫 (Ptolemy, 公元前二世纪) 在《地理学知识》

(*Instruction Geographique*) 中专门论述了地图投影系统, 并附有图, 他作过多种投影图, 其中重要的有二种: 一是圆锥投影图, 这种投影图, 经线为直线, 由顶点辐射出来, 纬线为圆弧, 而顶点为同心圆弧的圆心; 一是修正圆锥投影图, 除中央经线成直线外, 其它经线均为对称性曲线。

十六世纪, 地图学家开始应用球面投影。此类投影可以分为“极球面投影”、“赤道球面投影”和“水平球面投影”三种。1507年华尔德·卢氏(Walter Luh)首先采用“极球面投影”, 1540年弗里修斯(Gemma Frisius)采用“赤道球面投影”, 1514年斯太伯(John Stab)和威纳(J. Werner)采用“水平球面投影”。十六、七世纪较著名的投影之一是墨卡托投影, 它是荷兰人墨卡托(Gerhard Mercator)于1569年首先使用来绘制航海图, 其投影表为英国人赖德(Edward Wright)于1590年计算出, 1665年前后又由格里哥利(James Gregory)导出投影公式, 这是一种正形圆柱投影, 经纬线为相互垂直的直线。另有一种称之为“彭纳投影”的投影, 它曾在托勒玫的书中被介绍过。墨卡托在1595年最早用来绘制非洲和亚洲地图, 故德国人称之为“墨卡托等面积投影”。彭纳(Rigobert Bonne)从数学的角度解决了此投影的计算问题, 故又称之为“彭纳投影”, 此名沿用至今。这种投影是伪圆锥等面积投影的一种, 具有4种特征: (1) 中央经线为直线且长度无变异; (2) 纬线为同心圆且长度也无变异; (3) 中央经线与一切纬线、中央纬线与一切经线正交; (4) 等面积。墨卡托在1606年还用过后来称之为“桑逊投影”的投影来绘制南美洲地图。桑逊(Nikolas Sanson)曾在1650年用它来绘制各种地图, 故曾被称之为“墨卡托-桑逊投影”, 英国人弗兰斯蒂(John Flamsteed)于1729年也采用它绘图, 故又称为“桑逊-弗兰斯蒂投影”, 但以称“桑逊投影”者为多。它是伪圆柱等面积投影的一种, 其主要特征是: 经线用正弦曲线表示, 中央经线与赤道等长并均为直线, 纬线为平行直线, 等面积。1613年阿奎伦(Aquillon)曾用正射投影来绘图, 这种投影大多用来绘制天球图, 如月球图等。1745年法国卡西尼(Cesar Frangois Cassini)用“卡西尼投影”来绘制1:86400的法国实测地图, 这个投影较宜用于大地测量上, 而在绘图中应用不广。其后又产生了“兰勃脱投影”(1772年)、“摩尔魏特投影”(1805年)和“普通多圆锥投影”(1820年)^①。

从上述可知, 在《皇舆全览图》绘制(1718年)之前产生的地图投影中, 只有1650年桑逊使用过的“桑逊投影”的特征与《皇舆全览图》所用投影的特征相符。

三、“桑逊投影”的数学表达式和量度

《皇舆全览图》所采用的投影是否就是桑逊投影呢? 要作肯定的答复, 必须证明利用桑逊投影公式和量度求出的值与在《皇舆全览图》上量取的值相同。

1. 桑逊投影公式和量度^②

^① O. A. W. Dilke, *Greek and Roman Maps*, London, 1985. Leo Bagrow, *History of Cartography*, Chicago, 1985. (法)保罗·佩迪什著, 蔡宗夏译: 《古代希腊人的地理学》, 商务印书馆, 1983年。

^② 胡毓钲等著: 《地图投影》, 测绘出版社, 1986年, 第144页。

$$\text{投影公式: } \begin{cases} X = R \cdot \varphi, \\ Y = R \cdot \cos \varphi \cdot \lambda; \end{cases}$$

$$\text{量度: } n = 1, m = \sec \varepsilon, P = 1, \operatorname{tg} \varepsilon = \lambda \cdot \sin \varphi, \operatorname{tg} \frac{\omega}{2} = \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot \sin \varphi,$$

式中: X 为投影纵坐标, Y 为投影横坐标, φ 为地理纬度, λ 为地理经度, R 为地球半径, n 为纬线长度比, m 为经线长度比, P 为面积比, ε 为经纬线交角的余角, ω 为最大变形角度。上文已经求出《皇輿全览图》中: $n = 1, P = 1, m_0 = 1$ 。说明三个量度相符。如果能证明 X, Y 值也相符, 那么《皇輿全览图》采用的投影是桑逊投影便确定无疑了。

2. X 值 据上文, R 为 6377020.3 米, M_0 为 1/140 万, 故 $X = R \cdot \varphi = 6377020.3 \times \varphi \times \frac{1}{140 \text{ 万}} = 7.95\varphi$ 。从此式可知, 按此地图投影绘制的地图, 其纬距相等, 并且为 7.95 厘米。从表 2 可以看出: 《皇輿全览图》上纬距相同, 均为 7.95 厘米, 表明 $X = R \cdot \varphi$ 符合此地图。

3. Y 值 据上文, $Y = R \cdot \cos \varphi \cdot \lambda = 7.95 \cdot \lambda \cdot \cos \varphi$ 。取值列表 6, 从表 6 中清楚看到, 若保留一位小数, 则理论值 ΔY 完全等于量度值 $\Delta Y'$, 从而也证实了 $Y = R \cdot \cos \varphi \cdot \lambda$ 符合于《皇輿全览图》的实际情况。

表 6 40 度纬线经距坐标值比较表*

λ	4	5	6	9	10	11	14	15	16	19	20	21
Y	24.36	30.45	36.54	54.81	60.90	67.00	85.26	91.35	97.44	115.71	121.80	127.88
ΔY	6.09	6.09		6.09	6.10		6.09	6.09		6.09	6.08	
$\Delta Y'$	6.10	6.10		6.10	6.05		6.10	6.10		6.10	6.10	
λ	24	25	26	29	30	31	34	35	36	39	40	41
Y	146.16	152.25	158.34	176.61	182.70	188.79	207.06	213.15	219.24	237.51	243.60	249.69
ΔY	6.09	6.09		6.09	6.09		6.09	6.09		6.09	6.09	
$\Delta Y'$	6.10	6.10		6.05	6.10		6.10	6.10		6.10	6.10	

* 表中 λ 为经度, Y 为横坐标值, ΔY 为理论经距, $\Delta Y'$ 为图上度量经距, 单位为厘米。

上述讨论的结果完全证明《皇輿全览图》采用的就是“桑逊投影”(又称“正弦曲线等面积伪圆柱投影”(见图 2)。

由于桑逊投影中的中央经线和赤道无变形, 所以它较适宜于绘制赤道附近而经度相差不太大的区域(如南美洲、非洲和澳洲等), 若用于中纬度地区, 则要求东西经度相距不大, 若用于高纬度地区则误差很大。按照地图投影学理论, 象《皇輿全览图》所绘制的区域, 宜用圆锥投影, 如兰勃脱正形投影、亚尔勃斯投影等。但这些投影在 1718 年之前还未产生。相比较而言, 在已产生的投影中选择桑逊投影绘制中国地图是较为适宜的。

四、利用投影公式分析图中测点的经纬度值

由于康熙朝的大规模测量和绘图没有留下中文的全部经纬度值, 学者们认为法国人

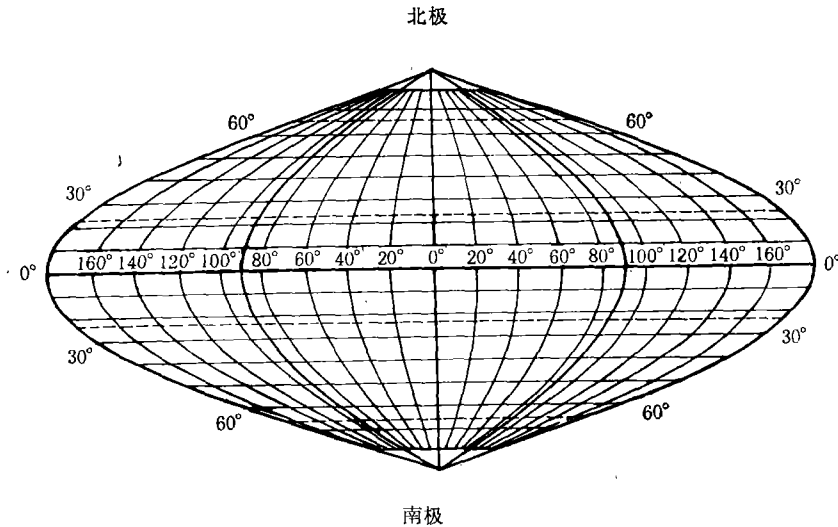


图 2 正弦曲线等面积伪圆柱投影略图

杜赫德 (J. B. Du Halde) 所编《中华帝国和蒙古地理、历史、编年史、政治与自然状况的概述》(Description Geographique, Historique, Chronologique, Politique et Physique de L'Empire de la Chine et de la Tartarie Chinoise, Paris, M. DCC. XXXC.) 一书中所载的 641 个经纬度值即为绘制《皇舆全览图》所用的经纬度值, 根据笔者利用投影公式计算核实, 绘图时并非全部采用上书中所记的经纬度值。从表 7 中可知:

表 7 十五省测算点经纬度理论坐标值与图上实际值比较分析表

省 份	测点数	入算 测点数	经度坐标差			纬度坐标差			经度坐标差绝对值			纬度坐标差绝对值		
			零值 数	正值 数	负值 数	零值 数	正值 数	负值 数	≤0.2cm 数量	0.2<, ≤0.5 数量	>0.5 数量	≤0.2cm 数量	0.2<, ≤0.5 数量	>0.5 数量
直隶	48	45	12	17	16	17	9	19	37	6	2	36	3	6
江南	38	37	15	16	6	5	10	22	33	2	2	36	0	1
江西	30	30	11	14	5	12	7	11	29	1	0	28	2	0
福建	37	36	10	18	8	11	5	20	30	5	1	32	3	1
浙江	30	30	8	16	6	14	9	7	27	1	2	28	1	1
湖广	54	54	12	33	9	15	7	32	38	13	3	47	5	2
河南	29	29	7	17	5	11	9	9	20	7	2	27	0	2
山东	28	28	9	8	11	8	6	14	26	1	1	23	1	4
山西	28	27	3	22	2	7	13	7	20	6	1	25	0	2
陕西	28	28	0	27	1	6	12	10	6	19	3	25	2	1
四川	28	28	1	27	0	3	3	22	3	19	6	26	2	0
广东	45	42	3	36	3	4	3	35	21	17	4	36	5	1
广西	28	25	1	23	1	3	2	20	15	7	3	21	2	2
云南	30	30	1	28	1	7	4	19	7	17	6	21	6	3
贵州	25	24	1	21	2	5	1	18	7	13	4	20	2	2
总数	506	493	94	323	76	128	100	265	319	134	40	431	34	28
比例(%)	100	97/100	19.1	65.5	15.4	26.0	20.3	53.4	64.7	27.2	8.1	87.4	6.9	5.7

1. 入算测点共 493^①个(经、纬坐标值同时有),经度坐标差为零值者 94 个,占 19.1%,正值者为 323 个,占 65.5%,负值数为 76 个,占 15.4%。

2. 493 个纬度坐标差值中为零值者 128 个,占 26%,正值者 100 个,占 20.6%;负值者 265 个,占 53.4%。其零值数负值数比经度坐标差的多,其正值数自然比经度的为少,说明纬度坐标展点较为准确。

3. 经纬度坐标差绝对值小于等于 0.2 厘米者,应该是展点误差或铜版、纸张变形造成的。而大于 0.2 厘米、小于等于 0.5 厘米者,可能是由于上述原因造成,也可能是由于所用不同于书中所载的经纬值所造成的,而大于 0.5 厘米差值者完全可能不是用该书中所载的值绘成的。

4. 经度坐标差绝对值小于等于 0.2 厘米所占数为 319 个,比例为 64.7%,而纬度的为 431 个,占 87.4%,从而也说明纬度坐标展点比经度的精确。其绝对值大于 0.2 厘米,小于等于 0.5 厘米的,经度的为 134 个,占 27.2%,而纬度的只有 34 个,占 6.9%。这个区段所产生的原因也应以展点等造成的差值占比重大,从而更进一步说明纬度坐标展点比经度的精确。

5. 绝对值大于 0.5 厘米的,也就是相当经(纬)度相差 3.8 分,展点时出现这样大的误差可能性较小,尤其是有的相差 1 厘米以上,如高各庄纬度坐标值相差 7.9 厘米,沙城的经度坐标值相差 5 厘米,视为展点误差造成更是不太可能。况且大于 0.5 厘米的绝对值,经度的为 40 个,占 8.1%,纬度的为 28 个,占 5.7%,数量是如此之多,很难想象展点者会糊涂到如此地步,因此可以认为是因用不同的测算值所造成的结果。

A NEW SCRUTINY INTO THE TYPE OF PROJECTION IN *HUANG YU QUAN LAN TU*

Wang Qianjin

Abstract

It has been generally held that the projection of *HUANG YU QUAN LAN TU* (*Complete Atlas of the Imperial Domain*) printed from copperplates during Kangxi's reign is trapezoidal.

Through detailed calculation and analysis, this paper holds that Sanson projection is used for *Huang Yu Quan Lan Tu*, and solves such issues as precision and fitness of the projection, precision of plotting of survey points, precision of map compilation and origin of geographical longitude and latitude adopted in the map.

Key words *Huang Yu Quan Lan Tu*, Sanson projection

① 选书中所载长城以内 15 省的经纬值。