

民国初期河南省 1:10 万地图精度分析

孔云峰^{1,2}

(1. 河南大学环境与规划学院, 开封 475004; 2. 河南大学中澳地理信息分析与应用研究所, 开封 475004)

摘要: 清末与民国初期调绘了大范围的、内容较为详尽的 1:2.5 万至 1:20 万比例尺地图, 是研究 20 世纪初中国历史的宝贵资料。为高效利用这些地图资源, 评估地图精度提供了基础性的图件。针对民国初期河南陆地测量局调绘的 1:10 万河南省地图, 应用 ArcGIS 软件将民国地图与当代地图作对比, 对其精度进行了系统分析和初步解释。分析表明: ①全省范围内地图精度分布不均匀, 经线方向平均向西偏移 6.28'、纬线方向平均向南移 2.23', 标准差分别为 3.76 和 2.51。②纬线方向绝对精度和相对精度总体上高于经线方向; 同时, 误差分布呈现空间自相关特征, 经向误差 Moran's I 指数为 0.85 ($Z=57$), 纬向指数为 0.69 ($Z=46$)。③平原地区地图相对精度高于山区。④地图误差分布呈现三种模式: 位置偏移较小, 偏移较大但偏移向量保持一致, 以及偏移较大且方向不一致。民国地图误差与《清史稿》记载的经纬度误差具有较强的相关性, 由此提出的一个初步推论: 民国地图调查作业中采用了晚清时期的经纬度成果。但有些地区利用了较新的成果, 也有部分地区参照或转绘了质量较差的旧地图。本研究为民国初期河南省地图的进一步利用提供了依据, 也对同期地图的利用具有借鉴价值。

关键词: 地形图; 精度分析; 河南省; 民国初期

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2011.00226

1 引言

古地图是珍贵的历史文献。古地图中保存了丰富的历史地理信息, 呈现当时的聚落、行政、交通等状况; 另一方面, 古地图反映了当时的空间认知^[1]、艺术鉴赏取向^[2]、社会需求和测绘科技状况。18 世纪经度测量技术取得突破之后, 欧洲国家地图测绘逐步兴起^[3]。随测绘技术的引进, 我国清代开始了大规模的地图测绘。例如, 于 18 世纪完成了《皇舆全览图》和《乾隆内府皇舆图》, 19 世纪末期光绪年间完成了规模宏大的《清会典图》^[4]。民国时期, 北洋及南京政府均重视地图测绘, 完成了大量的 1:2.5 万至 1:20 万比例尺地图^[4]。这些地图在历史研究中具有极高的价值, 对其保护和利用是目前面临的重要任务。

计算机技术和 GIS 技术的发展为古地图数字化保护和充分利用提供了有效手段。不少学者利用 GIS 工具进行古地图数字化和应用研究^[5-9]。地图精度分析是一项基础性的工作, 一些学者曾对近

代经纬度观测精度和地图质量进行评估^[1,10-12]。本文以民国初期河南省 1:10 万地图为例, 分析其精确度特征, 并尝试对地图误差来源做出解释, 为充分利用清末与民国初期的地图资源奠定基础。

2 民国初期河南省 1:10 万地图的简介

本文采用民国初期河南陆地测量局调绘的 1:10 万河南省地图。地图收藏于河南大学图书馆, 覆盖民国初期河南全省范围, 共 159 张(不计重复图幅)。该图于民国四年至五年(1915—1916)调查, 于民国二十一年至二十四年(1932—1935 年)绘制, 依据“民国元年 1:10 万地图勘测规则”和“民国二年二十万分之一图式”调绘, 用气压计测高^[12]。该图以经差 30' 和纬差 15' 为一幅, 按 5' 间隔绘制经纬度网格, 幅面为 47×28cm, 有完整的图廓(图 1a)。地图内容较为丰富, 包括县级行政边界、各级居民点、道路、河流、沟渠、等高线和县城轮廓等(图 1b)。除个别图幅有褶皱外, 所有地图保存完好; 另缺失

收稿日期: 2010-11-02; 修回日期: 2010-12-15.

基金项目: 省部共建河南大学研究课题“地理超媒体系统关键技术与应用开发”(SBGJ090605)。

作者简介: 孔云峰(1967-), 男, 博士, 研究方向为 GIS 应用研究、GIS 分析与设计、空间综合人文与社会科学。

E-mail: yfkong@henu.edu.cn

三幅地图,分别位于今南阳、开封、洛阳市境内。在地理参照方面,该地图放弃以京师为中心的经度而采用国际标准经度,将传统的计里画方与经纬度网格相

结合,建立了实用且较精确的地理参照。该时期绘制的 1:10 万地图覆盖范围广、内容详尽,为相关历史研究提供了翔实的史料,具有极高的利用价值。



图 1 地图样图(a)及局部放大图(b)

Fig. 1 A sample of the old maps (a) and its partial enlargement (b)

3 地图精度的分析方法

对近代古地图质量和精度的分析,主要采用以下方法:一是根据起算点经纬度误差和调绘作业方案,大致推断地图精度^[10-11];二是将古地图与现代地图比照,根据同名点之间的相对位置评估古地图的精度分布,通常采用著名的历史地图分析软件 MapAnalyst (参看 <http://mapanalyst.cartography.ch>);三是使用 GIS 将古地图与现今高精度地图叠加比较和统计分析^[1,13]。本文采用第三种方案,在 ArcGIS 9.3 软件的支持下,将河南省民国地图与现今地图数据叠加,采集若干点位的位置偏移,并进行统计,归纳地图精度特征。另外,作者还收集了相关历史文献,尝试解释地图误差的主要来源。

民国地图处理的基础工作包括:①对古地图进行整理和扫描,扫描分辨率为 200DPI。②根据原图经纬度网格建立地图影像的空间参照;由于地图保存较好,大多数影像配准误差小于 0.05'。③进行分幅矢量化和接边,形成行政边界、居民点、道路和河流图层;考虑到清末和民国地图尚无精确的椭圆体参考基准,本文采用 WGS84 地理坐标系。④考虑到图幅数量较多,通过 ArcGIS Server 9.3 将地图图层和影像发布为网络地图服务,可在 ArcGIS 桌面版中直接调用(图 2)。

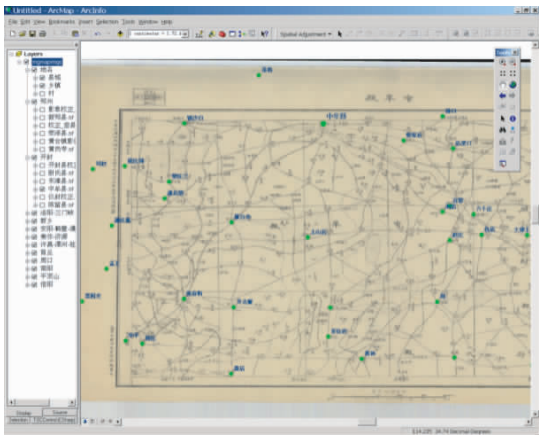


图 2 ArcGIS 调用古地图影像和矢量化图层

Fig. 2 The old map layers and images in ArcGIS

评估古地图的精度,应当采用精度显著高于古地图的地理数据。作者收集了大量当代地图数据,因难以获得大范围、高精度的中大比例尺地图,经筛选采用开封市 1:5 万基础地形图数据、河南省地图院于 2005 年编制的 17 个市挂图(比例尺为 1:8 万至 1:25 万)和 Google 地图。数据处理过程如下:①将开封市基础地形图中的道路、居民点等数据作投影变换,并强制改正到 WGS84 坐标系下;与 Google 地图叠加,检查发现道路误差在 10m 以内。②将挂图扫描并选择特征点增加地理参照;选择开封市基础地图比较,自然村和行政村点位误差多在 100m 之内,仅少数居民点误差超过 200m。③使用 Google 地图地址定位服务,获得河南省

2 190个乡镇点的经纬度,并制作成 ArcGIS 图层和 KML 文档;使用开封市基础地图做比较,乡镇点位置有 550m 左右的系统性偏差;通过坐标转换,相对误差在 100m 之内。通过以上工作,获得三组数据用于民国地图精度分析,即开封市各级居民点数据(图 3a)、河南省乡镇居民点数据(图 3b)和扫描挂图影像(图 3c)。校正后挂图点位误差和乡镇点位置误差可控制在 5"以内,显著高于民国初期地图的精度。

精度分析采用 ArcGIS 9.3 桌面版。作者曾尝

试使用古地图分析软件 MapAnalyst,因其不能读取矢量数据,也只能处理单幅地图,因而改用 ArcGIS 软件。精度分析流程如下:①在 ArcGIS 9.3 桌面版软件中,加载古地图和当代地图。②使用 Spatial Adjustment 模块,查找新旧地图相对应的居民点,建立偏移向量(Displacement Link)(图 4)。③将所有偏移向量保存,进行统计分析,并制作专题地图。在地图精度评估基础上,作者还收集了清代河南省的县州府经纬度记录,通过经纬度比照和统计,尝试解释民国地图的误差来源。

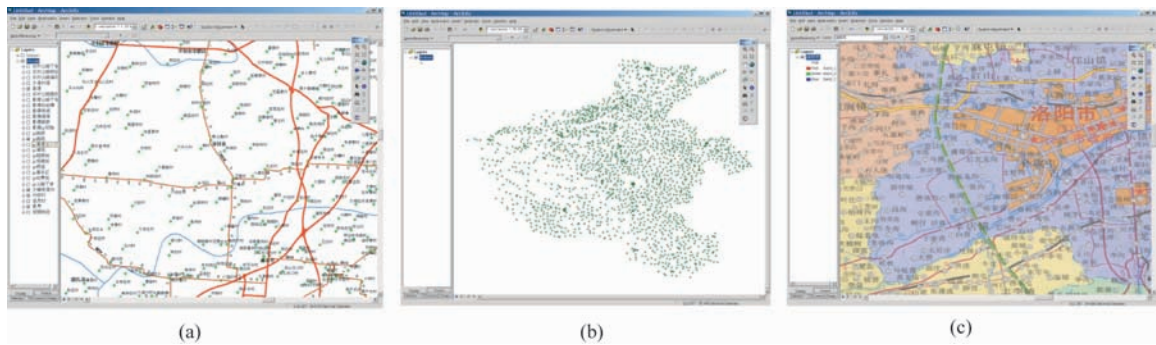


图 3 当代地图数据
Fig. 3 The current map data used for comparison

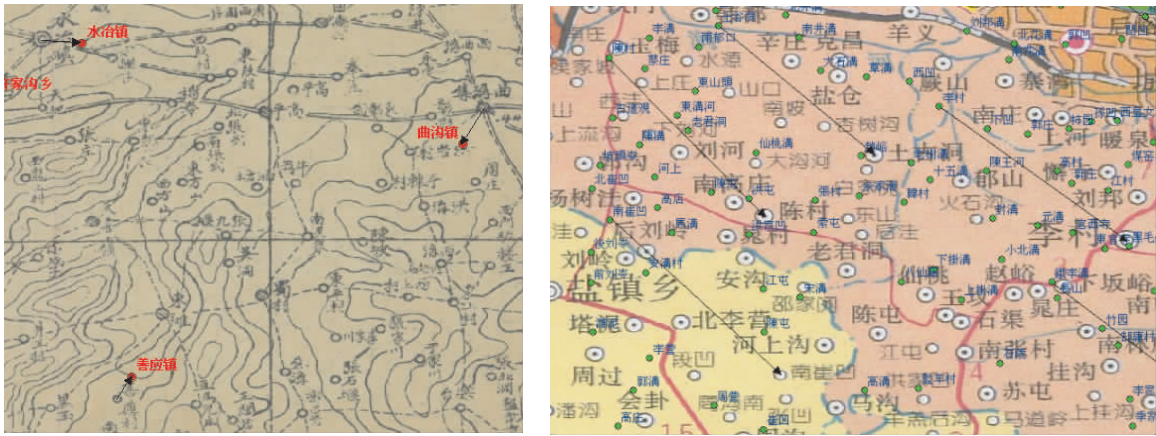


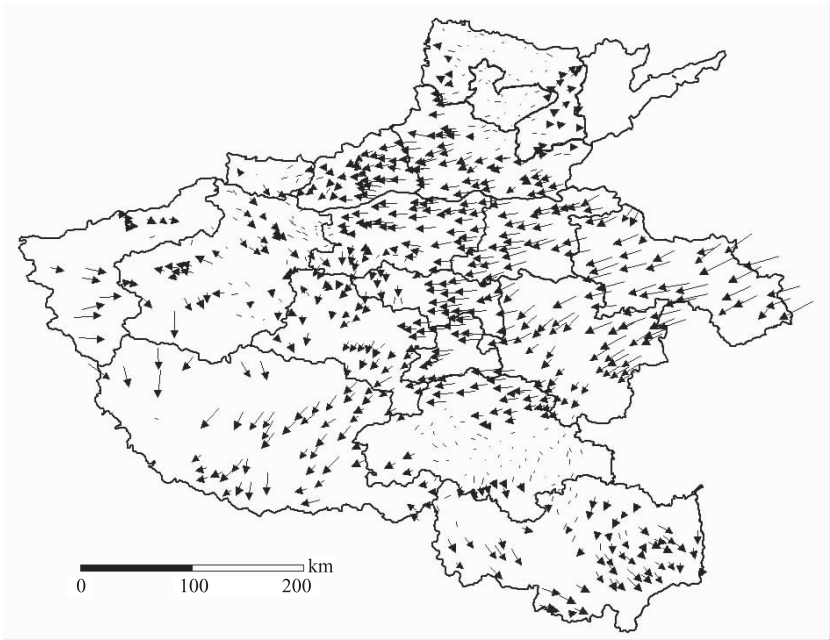
图 4 在 ArcGIS 中建立偏移向量
Fig. 4 The displacement links created in ArcGIS

4 民国地图的精度分析

4.1 整体精度分析

依据上节介绍的作业方案,作者采集了 741 个乡镇点的位置偏移向量。按照古今地图上相同居民点的偏离距离和方位制作专题地图(图 5)。显而

易见,河南省范围内民国地图的误差分布并不均匀,如安阳、鹤壁和驻马店地区样本点位的经度和纬度偏移值均较小;开封、商丘、周口等区域的样本点偏移较大(经度方向偏移达 10' 以上),但整体上偏移趋势基本一致;而焦作、洛阳、三门峡、信阳等地区,经线和纬线方向偏移均值显著,且偏移方位整体上不一致。统计表明:经线方向平均向西偏移



注：箭头起点为民国地图位置，终点为当代地图位置

图 5 乡镇样本点的偏移向量

Fig. 5 The township sample point displacements out from old maps

6.28′、标准差为 3.76；而纬线方向平均向南移 2.23′、标准差为 2.51。另外，全省范围内误差分布具有空间自相关特征，经向和纬向偏移的 Moran’s I 指数分别为 0.85($Z=57$)和 0.69($Z=46$)，说明在局部区域地图偏移量和偏移方位大致一致。

考虑到民国地图误差分布的整体不均匀性和局部相似性特征，局部统计能较好地反映其精度特征。局部区域样本点偏移平均值代表平均绝对误差，偏移值标准差代表平均相对误差。为方便统计，选择按行政区进行统计。虽然将行政区作为统计分区不够合理，可能出现绝对误差低估和相对误差高估的可能性，但统计结果(表 1)仍大致反映出地图精度的空间差异。以开封、漯河市为例，尽管样本点经向偏移分别达到了 10.28′和 10.13′，其标准差分别为 0.88 和 1.32，而纬度方向的标准差分别为 1.06 和 1.07，这说明当时的测绘手段能将相对误差控制在 1′左右。

为分析地形对地图调查的影响，本文引入相对偏移值概念，即在一个市行政区域内，计算每一个样本点经线和纬线偏移值与该市域均值之差。相对偏移值一定程度上反映测量的相对误差。统计结果(表 2)表明：山区地图测绘误差高于平原地区；而无论在山区还是在平原地区，经线方向误差大于

纬线方向。

表 1 样本点位置差异按行政区统计

Tab. 1 Regional statistics of the sample point displacements

城市	样本点 数量 (个)	经度差异				纬度差异			
		最小 (′)	最大 (′)	平均 (′)	标准 差	最小 (′)	最大 (′)	平均 (′)	标准 差
安阳市	52	−4.31	4.01	−0.71	2.38	−2.93	1.30	−0.52	0.96
鹤壁市	19	−2.42	2.97	−0.39	1.41	−2.54	0.52	−0.31	0.73
新乡市	58	−3.63	10.21	5.28	3.40	−1.85	3.52	1.07	1.18
焦作市	42	2.19	11.39	6.31	2.56	−1.41	3.50	0.94	1.37
济源市	10	−4.19	4.16	1.15	2.78	−3.22	5.14	1.34	2.18
郑州市	56	−4.62	10.69	6.70	3.94	−1.43	6.58	1.26	1.51
开封市	28	8.85	12.66	10.28	0.88	0.65	5.23	2.40	1.06
三门峡市	17	−12.77	−1.17	−6.25	3.65	−2.27	2.30	0.54	1.22
洛阳市	67	−5.49	8.55	−0.19	3.42	−3.78	12.68	1.43	2.51
商丘市	30	3.38	17.40	12.24	3.91	2.61	9.81	5.26	2.07
平顶山市	40	−3.76	8.90	2.96	2.62	−4.13	6.56	3.51	1.94
周口市	47	1.21	15.33	9.33	3.51	1.37	8.09	5.02	1.61
漯河市	13	7.58	12.17	10.13	1.32	−0.19	2.87	1.34	1.07
南阳市	57	−10.55	9.05	4.03	3.43	−3.12	13.27	5.19	3.29
驻马店市	93	−1.88	12.94	2.52	3.55	−2.14	4.75	1.28	1.33
信阳市	74	−9.15	2.86	−2.29	3.21	−0.54	7.93	3.91	1.61
许昌市	36	−0.88	10.98	7.28	4.32	−0.93	5.35	1.97	1.74

表 2 样本点位置差异按地形统计
Tab. 2 Topographic statistics of the sample point displacements

地形	全部	山区	平原区
样本点数量(个)	741	177	564
经线方向相对偏离均值(′)	−0.01	−0.41	0.13
经线方向相对偏离标准差	3.22	3.63	3.08
纬线方向相对偏离均值(′)	0.00	0.09	−0.03
纬线相对方向偏离标准差	1.77	2.47	1.49

4.2 单幅地图的精度分析

为较准确地分析地图的绝对精度和相对精度，作者选择安阳县、开封尉氏县和南阳内乡县地图进行单图幅分析。安阳县地图于民国五年(1916)调查，民国十八年(1929)制版。原图空间范围为东经 113°30′~114°00′和北纬 36°00′~36°15′，地形以平原为主，西部有丘陵。现代地图采用 1：20 万安阳市扫描地图作对比。尉氏县地图于民国五年(1916)调查，民国二十年改正(1931)。原图空间范围为东经 114°00′~114°30′和北纬 34°15′~34°30′。现代地图采用 1：5 万基础地形图。洛阳县地图于民国四年(1915)调查，民国二十年改正(1931)改正。原图空间范围为东经 112°00′~112°30′和北纬 34°30′~34°45′，伊河和洛河流经该区域，地形以丘陵为主。现代地图采用 1：25 万洛阳市扫描地图。另外，河南大学研究生石磊评估了内乡县地图^[13]。该图于民国四年(1915)调查，民国六年(1917)制版。原图空间范围为东经 111°30′~112°00′和北纬 34°00′~33°15′，地形以丘陵和山地为主。现代地图采用 1：28 万南阳市扫描地图。

在 ArcGIS 中寻找同名居民点进行位置比较，要求样本点在图幅内尽量均匀分布，同时考虑到级别越低的居民点其位置变化的可能性很低，样本点尽可能选择村级居民点作为样本点。对单幅地图样本点位置偏移统计(表 3)表明：安阳县地图精度最好，内乡县和尉氏县地图相对精度较好，而洛阳县地图相对精度较差，经度偏移标准差为 0.52~2.18，纬度偏移标准差为 0.52~1.70。《河南省志·测绘志》第二章地形测量中引用范宗焕《中国测绘史拾零》的评述“有的不负责任人员，未到实体，远远即行调查询问，所以错漏百出”^[12]。洛阳县图幅中，有一定数量的村镇在当代地图中找不到对应的居民点，估计该区域并未进行实地

调查。

表 3 单幅地图样本点位置差异统计
Tab. 3 Sheet statistics of the sample point displacements for selected maps

图名	样本点数量 (个)	经度偏移值		纬度偏移值		精度特征
		平均 (′)	标准 差	平均 (′)	标准 差	
安阳县	100	−0.33	0.52	0.17	0.52	偏移较小
内乡县 ^[13]	15	2.56	0.92	8.88	0.61	偏移显著，趋势一致
尉氏县	25	10.38	1.04	2.67	1.22	偏移显著，趋势一致
洛阳县	79	−1.29	2.18	2.58	1.70	偏移显著，趋势不一致

5 民国初期地图精度与清代经纬度测量的关系

河南省民国初期地图于民国四年开始调绘，考虑到时间的紧迫性，应该是利用了晚清时期的经纬度测量成果。地图经线方向偏移量显著高于纬线方向，原因在于起算点的经纬度是分别测定的。当时，测定北极高的技术手段较为成熟，而测定经度的受到天文观测数据、计时工具和测量工具的限制。经线方向相对误差高于纬线方向，该误差来源于测绘工具和作业过程，还受到起始点经纬度误差的影响。

为解释民国初期河南省地图的精度特征，本文进一步分析了地图精度与清代经纬度记录的关系。收集清中晚期文献中的经纬度资料，一是清丁取忠于 1877 年所纂《小方壶斋舆地丛抄》之《舆地经纬度里表》^[14]，二是赵尔巽等于 1927 年撰《清史稿》卷六十二志二十九地理九^[15]。从前者摘录河南省 106 个府州县的经纬度，从后者摘录河南省 14 个府州的经纬度。将相同点对比发现：部分经纬度数值完全一致(开封、郑州、焦作、南阳)，部分数据有几分差异，还有数据记录明显错误(如《清史稿》中洛阳的纬度，《舆地经纬度里表》中荥阳县的经度值)。由于历史资料记录不祥，尚不知道数据差异是源于测量误差，还是源于观测点位置有变化。

将以京师中线起算的经度转换为国际标准经度(京师中线纬度 116°26′，现北京古观象台位置)，并制作 ArcGIS 图层。在 ArcGIS 软件中将历史经纬度记录与近期地理数据(国家测绘局发布的 1：400 万基础地理数据)作对照。对比发现，清史稿中州府的偏离与民国地图的偏离规律相一致(表 4)。制

作州府经纬度差异值与所在区域乡镇点经纬度平均差异值的散点图(图6),并进行回归分析,两者存在较强的相关关系,经线、纬线方向相关系数分别为0.83和0.91。由此初步推断:民国初期地图调绘作业中采用了晚清时期的经纬度测量成果。

在ArcGIS中进一步将民国县城、清府州县和现今县市位置叠加进行分析。观察发现:安阳、鹤壁、驻马店南部、信阳地区民国县城位置精度显著提高。初步推断:民国地图调查作业中,部分地区(如安阳)采用了比《清史稿》更新的经纬度测量成果。光绪三十二年(1906)清练兵处曾测绘河南省彰德府(今安阳市)附近1:2.5万地图50幅^[4],民国初期安阳县附近地区地图调绘可能利用了相关成果。

与《清史稿》经纬度记录相比,洛阳、南阳、驻马店北部等地区民国地图精度有所下降。考虑到当时的技术水平,该区域的地图调绘作业中,仍采用早期精度较低的经纬度记录,或者从已有地图上直接量测点位经纬度作为起算点,甚至是直接转绘了当时已有的地图,导致地图精度较低。

表4 《清史稿》经纬度误差与民国地图平均误差比较
Tab. 4 Error comparison between the old maps and the city locations recorded in *Draft History of Qing* and those recorded by maps of the early period of the Republic of China (1915–1916)

州府	现所在地	《清史稿》		民国地图	
		经度差 (′)	纬度差 (′)	平均经差 (′)	平均纬差 (′)
怀庆府	焦作	3.26	0.72	6.31	0.94
汝宁府	驻马店	−3.80	0.72	2.52	1.28
光州	信阳	−4.89	5.25	−2.29	3.91
南阳府	南阳	−1.09	6.15	4.03	5.19
许州	许昌	11.76	3.44	7.28	1.97
郑州	郑州	13.03	3.62	6.70	1.26
汝州	平顶山	0.18	3.62	2.96	3.51
陕州	三门峡	−5.97	−0.90	−6.25	0.54
归德府	商丘	14.89	9.02	12.24	5.26
开封府	开封	10.34	3.89	10.28	2.40
卫辉府	新乡	9.84	2.32	5.28	1.07
彰德府	安阳	5.21	0.08	−0.71	−0.52
河南府	洛阳	−3.50		−2.17	2.71

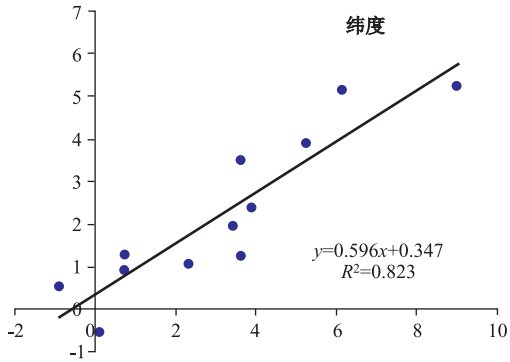
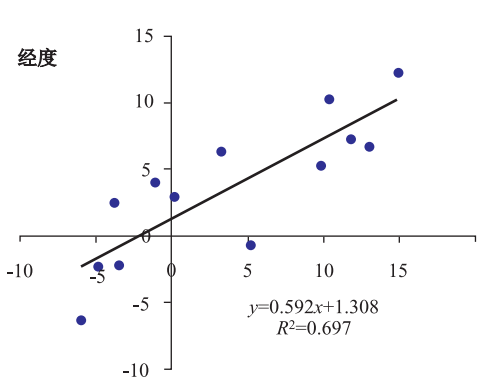


图6 《清史稿》经纬度误差与民国地图平均误差回归分析

图6 Regression of longitude and latitude errors of city displacement recorded in *Draft History of Qing* and those recorded by maps of the early period of the Republic of China (1915–1916). Left: of longitude; Right: of latitude

通过文献收集,获得开封、洛阳四份清代经纬度记录(表5)。以开封市为例,选择古城区中轴线为参照,康熙年间的天文测量经度误差约为10.4′,而雍正年间天主教士Gaubil通过木星观测推算的经度误差约为2.0′,前者与民国地图误差基本相符。以洛阳市为例,选择古城区中轴线为参照,康熙年间的天文测量经度误差约为−2.7′,而雍正年间天主教士Gaubil通过木星观测推算的经度误差约为−6.8′,前者与民国地图误差更接近。虽然这些经纬度记录均没有说明观测点的具体位置,初步推断晚清时期部分地区仍沿用康熙年间的经纬度

测量成果。

表5 开封和洛阳的一些历史经纬度资料
Tab. 5 Longitude and latitude records for Kaifeng and Luoyang cities in several historical books

数据来源	开封		洛阳	
	经度	纬度	经度	纬度
康熙年间天文测量 ^[10]	西 1°55′30″	北 36°52′50″ [*]	西 4°00′50″	北 34°43′15″
雍正年间天文测量 ^[10]	西 2°03′15″	北 34°52′	西 4°05′	北 34°46′15″
小方壺齋輿地丛抄 ^[14]	西 1°55′	北 34°51′	西 4°02′	北 34°43′
清史稿 ^[15]	西 1°55′	北 34°51′	西 4°02′	北 34° [#]

注: * 数据有明显错误,应为北 34°52′50″; # 估计遗漏分值。

6 结论

针对民国初期河南陆地测量局调绘的 1:10 万河南省地图,在 159 幅地图扫描、校正和数字化的基础上,作者运用 GIS 技术,对地图精度作了系统和全面的分析。利用现代地图数据作对比分析,结果表明:①全省范围内地图精度分布不均匀,经线方向平均向西偏移 $6.28'$ 、纬线方向平均向南移 $2.23'$,标准差分别为 3.76 和 2.51。②纬线方向绝对精度和相对精度总体上高于经线方向;同时,误差分布呈现空间自相关特征,经向误差 Moran's I 指数为 0.85($Z=57$),纬向指数为 0.69($Z=46$),表明局部区域内经线和纬线方向偏移趋势一致。③平原地区地图相对精度高于山区。④地图误差分布呈现三种模式:位置偏移较小,偏移较大但偏移向量保持一致,以及偏移较大且方向不一致。

民国地图调查所采用的起始点经纬度对地图精度有显著的影响。初步分析发现:地图的误差与《清史稿》记载的经纬度误差基本一致;而与丁取忠所纂《舆地经纬度里表》中的经纬度记录相比,部分地区精度显著提高,但部分地区精度显著下降。初步推断:民国地图调查作业中主要采用了清代光绪《大清会典图》的经纬度测量成果。同时,有些地区利用了较新的成果,也有部分地区参照或转绘了质量较差的旧地图。

本文综合利用 GIS 及空间分析技术,在建立民国初期河南省地图数据库的基础上,尝试对全省范围的地图进行整体评估、分幅评估和分区统计,并引用历史文献解释地图误差来源。当然,本文的地图精度分析仍有局限性。因缺乏清代经纬度数据详细记录,特别是没有找到当时地图调图的技术文献,对地图误差来源尚难以做出确切判断,也没有对相对误差来源作深入的分析。尽管如此,本文的分析仍具有参考价值,为民国初期河南省地图的进一步利用提供了依据,也对同时期地图的利用具有借鉴价值。后续研究中,应当系统地收集清末和民国初期地图测绘史料,梳理出民国初期地图测绘的

章程、作业方案,以及清末测绘成果的利用方式,从而对民国初期地图误差来源作出明确的判断,相关成果也将丰富近代测绘科技史的研究。

参考文献:

- [1] 赖进贵,黄清琦,叶高华. 古地图的空间认知探索——以 1878 年《全台前后山舆图》为例[J]. 地理学报(台湾), 2005, (42):47-68.
- [2] 余定国(姜道章译). 中国地图学史[M]. 北京:北京大学出版社, 2006.
- [3] Brown L A. The Story of Maps[M]. New York: Dover Publications, 1980.
- [4] 《中国测绘史》编辑委员会. 中国测绘史·第二卷(明代—民国)[M]. 北京:测绘出版社, 1995.
- [5] 王均,孙冬虎,周荣. 近现代时期若干北京古旧地图研究与数字化处理[J]. 地理科学进展, 2000, 19(1):88-93.
- [6] 王均,陈向东. 历史地理学信息化若干问题的探讨[J]. 地理科学进展, 2001, 20(2):131-135.
- [7] 严虹,刘岳,刘继荣,等. 国家历史地图集的计算机编制[J]. 地理学报, 2001, 56(增刊):109-116.
- [8] 王均,陈向东,宇文仲. 历史地理数据的 GIS 应用处理——以清时期的陕西为例[J]. 地球信息科学, 2003, 5(1):58-61.
- [9] 唐晓峰. 北京历史地图的数字化[J]. 北京社会科学, 2004(4):90-94.
- [10] 翁文灏. 清初测绘地图考[J]. 地学杂志, 1930, 18(3):1-34.
- [11] 汪前进. 康熙铜版《皇舆全览图》投影种类新探[J]. 自然科学史研究, 1991, 10(2):186-194.
- [12] 河南省地方志编纂委员会. 河南省志·测绘志[M]. 郑州:河南人民出版社, 1994.
- [13] 石磊. 民国初期河南省地形图的数字化保护与校正[D]. 河南大学硕士论文, 2008.
- [14] 王锡祺(编). 小方壺斋舆地丛抄[M]. 上海:上海著易堂, 1877.
- [15] 赵尔巽,等(撰). 清史稿卷六十二志二十九地理九[M]. 北京:清史馆, 1927.

Accuracy Analysis of the 1 : 100 000 Topographic Maps of Henan Province in Early Period of the Republic of China

KONG Yunfeng^{1,2}

(1. *College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475004, China;*

2. *China-Australia Cooperative Research Center for Geoinformation Analysis and Applications, Henan University, Kaifeng 475004, China)*

Abstract: Surveying and mapping were active in the period of later Qing Dynasty and early Republic of China, and numerous topographic maps (scale: 1 : 25 000 to 1 : 200 000) covering major areas of China were published. For efficient utilization of the old maps, this paper aims to evaluate the accuracy of the 1 : 100 000 topographic maps of Henan Province in early period of the Republic of China (1915~1916). The possible sources of map displacement were also discussed using longitude and latitude records in historical books. The map accuracy was analyzed using the displacement of sampling points. The 159 sheets of old maps were overlaid with current map layers in ArcGIS for comparison. Using ArcGIS Spatial Adjustment Extension and searching the same point in old maps and new maps, 741 displacement links with original and actual coordinates were determined. The displacement map and statistics show that: (1) the longitude and latitude errors of old maps are distributed unevenly, and the average shifts are 6.28 minutes toward west and 2.23 minutes to the south, with standard deviation of 3.76 and 2.51 respectively. (2) Both the absolute and relative errors at longitude direction are higher than that at latitude direction. At the same time, the errors present an autocorrelation pattern and the Moran's I of longitude and latitude errors are 0.85 ($Z=57$) and 0.69 ($Z=46$). (3) In general, the maps in plain area are better than those in mountain area in term of relative accuracy. (4) The errors in old maps present three patterns: higher absolute and relative accuracy, lower absolute but higher relative accuracy, and lower absolute and relative accuracy. To explore the source of absolute errors, the longitude and latitude records of the prefecture cities and county towns were collected from records in historical books. Mapping the historical records as point layers and overlaying it with old and current residential map layers in ArcGIS, the point displacements show that the shift trend of old maps is similar to those coordinate records in *Draft History of Qing*. Regression analysis confirms the linear and positive association between them. A hypothesis formulated from this finding is that the longitude and latitude records in later Qing Dynasty were utilized in early period of the Republic of China. It is also suggested that during the map investigation, both the newly-surveyed maps and existing older maps were also used in some areas.

Key words: topographic map; accuracy analysis; Henan Province; early period of the Republic of China