

測繪資料汇编

第 1 集

第 3 册

大地測量

測繪出版社

測繪資料彙編

第 1 冊

第 3 冊

大地測量

測繪出版社

測繪資料匯編

第 1 集 第 3 冊

大 地 測 量

測繪資料匯編

第1集 第3冊

大地測量

出版者 測 繪 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證出字第081號

發行者 新 華 書 店

印刷者 地 質 印 刷 廠

北京廣安門內教子胡同甲32號

編輯：何炎文 技術編輯：張華元 校對：白叔鈞

印數（京）1—4,050冊 1957年6月北京第1版

開本31"×43¹¹/₂" 1957年6月第1次印刷

字數 200,000字 印張 8²²/₂₅

定價(10)1.20元

目 錄

中國境內 208 处重力測站之海陸均衡異常 (一)	
.....顧功叙 曾融生 張忠胤 (4)	
中國境內 208 处重力測站之海陸均衡異常 (二)	
.....顧功叙 曾融生 (40)	
上海市大三角測量	張海根 (50)
雷达在大地測量上的应用	儲鍾瑞 (53)
調整后的大地水准面的理論	Д. В. 薩格雷賓 (60)
國際参考橢球問題	M. C. 斯維勒夫 (145)
一个重力仪零点校正的方法	何澤慶 (148)
关于独立三角網的布設問題	胡明城 (155)
关于淮河干流二等三角測量工作报告	
.....張善言、張海根、林明儀 (173)	
橫軸墨卡托投影和高斯-克呂格投影	方 俊 (191)
高斯-克呂格投影的換帶問題	方 俊 (207)

中國境內 208 处 重力測站之海陸均衡異常*

(第一篇)

顧功叙 曾融生 張忠胤

前北平研究院物理研究所

摘 要

本文打算對用豪威克—李杰 (Halweck-Lejay) 擺，在差不多遍布中國本部全境建立的 208 处重力測站的均衡改正計算工作，作一簡要的敘述，然後表列結果。討論了改正所根據資料的來源和性質的某些細節。工作包含了所有現存的均衡改正的程序和假定，即：海佛—伯威 (Hayford-Bowie)，海斯卡能 (Heiskanen) 和文寧邁內茲 (Vening Meinesz) 諸程序。這樣就得三類均衡異常而與自由空氣 (Free air) 和布格 (Bouguer) 異常在表中並列。對於它們的研究最後將對大陸的地殼構造提供某些線索，這問題將在第二篇論文中談到。

序 言

本文所述工作，除對全球的均衡改正重力站編錄中增加了中國的 200 多個這樣的站以外，不消說它對亞洲大陸的這一部分提供了研究均衡學說的資料，也不用說，這樣算出的均衡變差，將有一定的地質意義，這對於所有的中國地質學者都會是有興趣的。

自從徐家匯觀象台的指導者 P. 李杰 (Lejay)，北平研究院的工作人員魯若愚和張鴻吉在 1934—1939 年，利用豪威克—李杰重力儀在中國測定重力值以後，本文的首要作者計劃着要把他們的測量結果加以

*1949 年 1 月 15 日收到。

均衡改正，已經十年有余了。但是，除非得到足夠的可以信賴的和适当比例尺的地形圖以及会有校正表的有关資料本文的計算部分就不能开始。以不断的努力和耐心，作者开始逐漸从各种机关和軍事部門收集这样的地圖。而直到二年以前，我們才得到足夠的，几乎布满全中國所有省的地形圖。改正表式是下列人給与的：美國海岸和大地測量所^① 赫尔新基均衡研究所的，海斯卡能 博士^② (Dr. Heiskanen) 和文宁迈内兹 (Vening Meinesz) 教授^③。利用这些表，海佛-伯威 (Hayford-Bowie) 計算程序 (按其后为E. C. 百拉德 (Bullard) ^④ 所修改过的)，以及海斯卡能和文宁迈内兹的計算程序，这三种不同形式的均衡異常便計算出來了。如所周知，第一个是按照伯拉特(Pratt) 均衡很久說包含一定的补偿深度，而后兩個是基于艾雷 (Airy) 的山根补偿的想法；这是目前我們所能遵循的僅有的三个程序。

自距今三年时起，这工作繁雜地進行着，而被时常中断。又因計算人員的不足，及把時間耗費在比較和選擇最可靠的地圖，工作更加

① J. F. Hayford, *The Figure of the Earth and Isostasy from Measurements in the United States*, U. S. Coast and Geod. Survey Spec. Publ. № 82, 1903; *Supplementary Investigation in 1903 of the Figure of the Earth and Isostasy* 1910;

J. F. Hayford and W. Bowie, *The Effect of Topography and Isostatic Compensation upon the Intensity of Gravity*, U. S. Coast and Geod. Survey Spec. Publ. № 10, 1912;

W. Bowie, *Investigations of Gravity and Isostasy*, U. S. Coast and Geod. survey Spec. Publ. № 40, 1917; *Isostatic Investigations and Data for Gravity Stations in the United States established since 1915*, U. S. Coast and Geod. Survey Spec. Publ. № 99, 1924.

② W. Heiskanen, *New Isostatic Tables for the Reduction of Gravity Values calculated on the Basis of Airys Hypothesis*. Publ. of the Isos. Inst. Inter Assoc. of Geodesy, № 2, 1938; *Bulletin Geodesique*, № 30 (1931), pp. 87—153.

③ F. A. Vening Meinesz, *Tables for Regional and Local Isostatic Reduction (Airy System) for Gravity Values*, Publ. of the Netherlands Geodetic Commission 1941.

④ E. C. Bullard *Phil. Trans. of the Royal Soc. of London. A.* 235 (1936) pp. 445—531.

延迟了。经过这样一个长的时间，这工作最后得到比较好的结果，而现在得以刊出。均衡异常能否说明任何问题，需要对他們小心处理和谨慎解释，所以这留作第二篇论文的主题。这里，作者只能说明计算的细节和有关的一些事。自文献目录可以看出：对于有关重力仪性能的部分，作者没有什么贡献。还必须感谢：我们利用了P.李杰博士、鲁若愚和张鸿吉的重力数据。

由于所考虑的全部重力测站散布在差不多中国本部全境，他們的地理位置完全不是令人满意的。我们希望，当环境重新许可时，更多的重力测量，应该在按一定目的选择的点以及在难以达到的地区内进行。在边远地区，例如西藏，新疆，蒙古、甚至东北，重力工作迄今还没有。这样看来，要得到一个全中国的更精细的均衡图，还有许多测量工作和均衡改正工作要做。但是，我们现在的工作，可以为此处所规划的想法，提供一个初步的概念。

只有很少数的站，其改正迄今还不能做，其原因，或是因缺乏给出其邻近地形的适当的图，或是因其描述含糊，以至不可能在图上定出他們近似的位置。

重 力 数 据

中国的大量重力测量，是由P.李杰开始的，他在1933年，第一个带来当时新型的重力仪—豪威克—李杰摆42号，在中国和远东测定重力。从是年2月至1935年7月，他們和鲁若愚，张鸿吉一起^①，建立了323个分离的重力站，其中167个在中国境内。他在题为“远东的重力探测”的文集中，总结了所得的资料。其后，在1937年张鸿吉^②

①P. Lejay, Lou Jo-Yu and Tsang Hung-Chi, Comptes. Rendus t 198 (1934). P. 905 & p 1215; t. 199 (1934), p 345 & p. 1539; t 200 (1935), p 642, p. 805, p 1181 & p 1464; t. 201 (1935), p. 445; t 202 (1936), p. 362;

P. Lejay Exploration Gravimetrique del' Extrême-Orient 1936, Publ. Comite national francais de Geodesie et Geophysique.

②P. Lejay et Chang Hung-Chi Comptes Rendus, t 205 (1937), p 193; t 206 (1938), p. 709, & p. 799.

單獨帶了一個同樣的儀器第 510 号（法國進口的），乘坐一輛汽車，作了一次重力旅行，經過了華南和西南，從上海起直至雲南昆明為止。用同一儀器，在 1938 年 9 月至 1939 年 4 月^①，他再次去到雲南西部鄰接西藏高原的地區。這兩組測量的結果，增加 60 個左右的新站。

說到重力數據，就感到有必要對控制着儀器準確度和真實性的細節，進行全盤的考慮。那就是說，雖然有關這儀器的性能已經是大家知道的了，利用這儀器所定的重力值，在按我們的目的被利用以前，對他的某些與可靠程度有關的方面，還必須適當的估價。如此，至少是儀器的改正問題，他的溫度和長時間變化，值得我們仔細地考慮。關於第一問題，在此只說明蒙威克—李杰擺 42 号 and 510 号實際是怎樣校正的，以提供其特性的一些概念就夠了。其他兩個問題，溫度以及時間對擺的特性或實際對周期的影響，將加以研究，然後在所有的測量中加以注意。以下的幾段，便見提供與這些有關的這二儀器的某些事實。

42 号擺：

這個儀器的歷史開始於製成之 1932 年，製成後在巴黎，拉巴培（La Barbere）和苦攏（Couterne）作了五個月的長時間變化試驗和測定他的溫度係數。在巴黎，在 1933 年 2 月當這擺即將開始其東方的旅行時，擺的周期隨時間指數地減小，差不多每月 2—3 毫秒或 5 毫重力值。下面的表 1 表示擺的周期 T_c 經過溫度和時間影響改正後之值，並記下了相應的日期。根據以後將指出的一个周期與重力值間的数量關係，表內還包括一行重力值 g ，人們可以立即看出，儀器的準確度是很好的，至少在所研究的三個地點是如此。

除這三個已經確實觀察過其溫度和長時間特性的地方以外，在討論其他地方的重力數據以前，首先最好注意：這兩個影響都隨周期而變化，換言之，即隨測點的位置而變化。由於他們主要是影響倒擺的彈性，力學的一般原理指示，其變化與周期 T 的立方成正比。記住這一實際的規則，人們現在可以寫下位於歐洲和從法國到上海海道上的 12

^①Chang Hung-Chi Comptes Rendus, t. 208 (1939), p. 1972.

表 1

	日 期	T_c	g
巴 黎	1932年7月21—22	6.3476	980.942
	7月28	6.3475	980.942
	9月5—14	6.3476	980.942
	10月1—12	6.3481	980.943
	10月16	6.3474	980.942
	11月9	6.3476	980.942
	12月14—16	6.3472	980.9415
拉 巴 培	8月9日	6.3232	980.8985
	9月1日	6.3227	980.898
	9月16	6.3236	980.899
	9月21	6.3240	980.899
	9月27	6.3242	980.900
苦 羅	8月24	6.3315	980.913
	8月29	6.3326	980.915
	9月19	6.3325	980.9145
	9月27	6.3324	980.9145

个站的改正前后的擺的周期。所有这12个站先前都曾被其他的研究者用完全不同的仪器做过，因此，这些重力值是已知的。按原理的要求，他們中的两个就夠建立我們的擺的讀数关系。若取巴黎 ($T_c = 6.3477$, $g = 980.942$) 和新加坡 ($T_c = 5.1780$, $g = 978.085$) 即可得以下的关系：

$$g = 986.624 - 228.95/T_c^2 \quad (1)$$

这样算出的其他10个站的重力，在表2 g 行中与已知值 g_1 行并列。如所示者， g 和 g_1 的数值的相符是无可批評的，其 g 值范围自 978.085

到980.131。除掉科倫坡（他过去的重力工作只給了一个有問題的結果）以外，其余各站的（ $g-g_1$ ）平均差值不会大于1 釐。

表 2

	Tc	g	g	差 (釐)
唉 克 尔	6.4585	981.133	981.131	2
巴黎 (伯來特)	6.3471	980.941	980.941	0
巴 黎	6.3477	980.942	980.942	0
培 尔	6.2496	980.762	980.765	- 3
培 桑 松	6.2444	980.752	980.751	1
洛 桑	6.1598	980.590	980.589	1
弗 洛 倫 斯	6.1143	980.500	980.501	- 1
罗 馬	6.0487	980.366	980.368	- 2
科 倫 坡	5.1996	978.155	978.145	10
新 加 坡	5.1780	978.085	978.085	0
香 港	5.3988	978.769	978.771	- 2
徐 家 匯	5.6436	979.436	979.437	- 1

这里,不能忽視一个事实: 在最后 4 个站——科倫坡,新加坡,香港;徐家匯——的每一个已知重力值 g_1 , 是从來源和作者都很不同的数据中取出的。可是,他們是这样选择的: 或是代表最近的观察,或是他們的观察者按其有許多其他地方的工作可确定为可依靠的。

在中國重力测量的整个过程中,豪威克—李杰42号擺曾得到所有可能的机会,在許多站上重复测量,以找尋任何不好的特性,并观察其变化。作为最常到的徐家匯,可以提供为了了解擺的特性的最好的記錄。从 1933年12月到1935年3月;仪器回到此同一站最少有11次,因而可以画出代表其周期变化趋势的一条曲綫如圖 1。其他不只一次被仪器訪問的站均列在下表。

表 3

站 号	站 名	测 量 日 期	g	与平均值之差
41	徐 州	1933年12月23日	978.899	0.5
		1935年3月28日	978.898	- 0.5
1	香 港	1933年3月23	978.769	2
		1933年12月26	978.764	- 3
		1934年3月26	978.773	6
		1934年6月6	978.764	- 3
		1934年6月20日	978.766	- 1
		1935年3月26日	978.767	0
	西 貢	1933年3月10日	978.227	0
		1934年2月20日	978.228	1
		1934年3月22日	978.226	- 1
91	漢 口	1934年10月8日	979.358	- 3
		1934年11月20日	979.366	5
		1935年2月6日	979.360	- 1
84	鄭 州	1934年10月1日	979.665	1.5
		1935年2月2日	979.662	- 1.5
94	長 沙	1934年10月14日	979.162	0
		1934年10月17日	976.162	0
108	宜 昌	1934年10月30日	979.313	0
		1934年11月16日	979.313	0

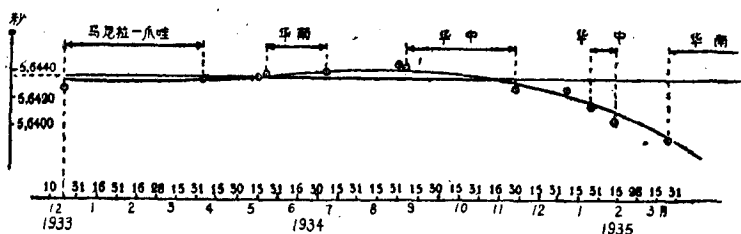


圖 1. 徐家匯站42號擺的周期

如同巴黎和新加坡一樣，徐家匯這一特別的站，可以用來校正儀器以聯系中國所有站的測量，並替代作精確度的控制。1934年5月15日在徐家匯觀察得周期是5.6436，而新州（Shinjo）測定的重力值，已知為979.437比根據關係（I）令 $T_0 = 5.6436$ 所算出的大1釐，正如圖1所示，從1933年12月至1934年11月，周期的這個值差不多是一個常數。

最後，在沒有討論結果的細節以前，必須補充一點：有一次在華北測量，42號儀器遭受了一次劇烈的機械震動，後來的試驗表明，變化確是很大的，但僅僅是對長時間變化的一個均勻的位移，而要求一個附加的改正常數值，儀器特性仍如以前一樣穩定。

適才列舉的所有有關42號擺的實際行為，都旨在說明我們依靠它的測量能到什麼程度。事實可能還不足提供任何決定性的評價，但是我們不能否認所有重力結果的一致性，和他們與其他作者以前的數據的相合程度。這架儀器用作任何一般的重力測量都是良好的，這一點現在可以肯定了。

510號擺：

在所有208個重力站中，從 g_{141} 至 g_{208} 是用另一個相似的儀器，豪威克—李杰第510號擺來建立的，與42號擺不同，這一套有非常高的溫度係數，經張鴻吉在徐家匯測定，達到每度（攝氏）17釐之譜。為減小或實際上去掉這樣一個不良的影響，儀器使用電的方法恆溫保持在十分之一度（攝氏）以內，用汽車的電瓶作電源。因此溫度改正就沒有什麼意義。

在歐洲時，這儀器開始在諾曼地（Normandy）和不列顛尼（Bri-

tany) 做重力工作。根据巴黎—布來台 ($g=980.941$) 和查拉 (Ksara) ($g=979.428$) 作为二已知站, 那时采用的讀数公式是^①:

$$g=980.790-42.414/T_e^2$$

在另外几个点站的測量, 証明这公式很滿意, 例如, 在爱丁堡 (Edinburgh) 它所得的 $g=981.582$, 而趙里 (Jolly) 所定的为 $g=981.578$, 在艾斯坦堡 (Istamboul) $g=980.318$, 而以前用 42 号擺定的是 $g=980.316$; 在貝魯特 (Beyrouth), $g=979.690$, 与先前用 42 号和 622 号

表 4

站 名	測 量 日 期	g	c	g	用 42 号擺測的 g	
					g	日 期
徐 家 匯	1937年3月26日	979.436	0	979.436		
南 昌	1937年4月6日	979.312	-4	979.209	979.207	1934年9月21日
長 沙	1937年4月11日	979.173	-6	979.167	979.162	1934年10月14日
	1937年4月12日	979.176	-9	979.167	979.162	1934年10月17日
	1937年4月16日	979.178	-11	979.167		
芷 江	1937年4月24日	979.053	-13	979.040		
	1937年4月29日	979.055	-14	979.041		
安 陽	1937年5月9日	978.723	-17	978.706		
	1937年5月16日	978.725	-19	978.706		
	1937年5月20日	978.725	-19	978.706		
鎮 宁	1937年5月23日	978.648	-19	978.629		
	1937年6月17日	978.654	-24	978.630		
貴 陽	1937年6月20日	978.730	-24	978.706		
柳 州	1937年6月29日	978.868	-24	978.844	978.844	1935年4月7日
長 沙	1937年7月9日	979.191	-24	979.167		
衡 州	1937年7月8日	979.083	-24	979.059	979.060	1934年10月17日
南 昌	1937年7月14日	979.234	-24	979.210		
徐 家 匯	1937年7月17日	979.460	-24	979.436		

① P. Lejay, Comptes Rendus, t. 205 (1937), P. 429

表 5

站 名	测 量 日 期	g	用42号罐测的 g	
			g	日 期
徐 家 匯	1938年7月1日	979.436		
河內(印度—中國)	1938年7月12日	978.683	978.683	1935年4月14日
开 元	1938年7月17日	978.482	978.682	1935年4月25日
昆 明	1938年8月14日	978.370	978.484	1935年4月18日
	1938年8月28日	978.370	978.367	1935年4月21日
	1939年4月3日	978.370		
	1939年4月24日	978.370		
大 理	1938年11月4日	978.337		
	1939年3月6日	978.337		
保 山	1938年11月15日	978.404		
	1939年1月21日	978.404		
芒 市	1938年11月23日	978.576		
	1938年12月13日	978.585		
猛 卯	1938年12月2日	978.600		
	1938年12月11日	978.599		
蒙 化	1939年3月12日	978.392		
	1939年3月13日	978.390		
騰 衝	1938年12月24日	978.433		
	1939年1月15日	978.430		
千 石 澗	1939年2月15日	978.333		
	1939年2月27日	978.333		
鶴 慶	1939年2月15日	978.324		
	1939年2月16日	978.323		
楚 雄	1939年3月27日	978.403	978.398	1935年4月22日

擺所得的完全一样。

如前所述，这 510 号仪器在中國主要經過兩次的重力旅行。第一次，自 1931 年 3 月首途于徐家匯(上海)，去西南至昆明然後回來，整个途中恆溫器确实用來保持恆定的溫度。而在第二次旅行中，达到了差不多云南西部的所有部分，据作者所知，由于缺乏电源，恆溫器沒有任何机会可以使用，因此，溫度改正應該仔細做。令徐家匯作为仪器校正讀数适当的站，在上海至云南途中的少数过去用 42 号擺測的站重測了，以作驗證。于是為中國的一个方便的公式便是：

$$g = 984.591 - 42.414/T.^2 \quad (2)$$

除与 42 号擺先前的測量作比較外，510 号擺的精确度和准确度还進一步在兩次在中國的旅行中許多站上尽可能重复，以控制和校正。

表 4 給出了第一次旅行中，某些这种結果，表明重力值如何随時間增加或擺的周期如何增長。适当处理这个效应，就可繪出一長時間变化曲綫，由之計出改正 c 。經過改正后的重力值 g 一般是一致的，如在 g 行中所示。42 号擺曾到过的站是南京，長沙，柳州，衡州，相应的 g 值于是可作比較。

更多的資料，主要是在滇西的旅行中不只一次到过的站的 g 值，列在表 5 中，他將再次有助于說明 510 号擺的性能。

42 号和 510 号擺所提供重力数据的一般特性就討論到此为止。根据作者的看法，42 号比之 510 号应屬較好的一个仪器，因为他受溫度的影响較小。

地 圖

在說到計算工作的任何事以前，下面描述一下地圖是有益的。这些地圖提供了离測站或近或远的地形資料，对計算是必要的。这里我們必須毫不迟疑地批評：圖的來源和他們的可靠程度变化是这样大，他从一个地方到另一地方，从这一種圖到那一種圖可以很不相同。

所利用的圖絕大部分是作为近部的地形圖，即是从 A 帶直至 K 或 L

帶。屬於這一類的圖是這樣一些比例尺的等高綫圖：1:50 000和1:100 000，或有时1:200 000，1:300 000，1:250 000和1:1 000 000，主要是軍用的圖。在少数情況下，利用了更詳細的地形圖，例如：在南京，北京和天津，等重力站，那里可用为了民用的和工程的目的而詳細地測量过并小心地繪出來圖，比例尺为1:50 000和1:10 000的圖。

为远的地形K和L帶至第11帶采用了1:1 000 000 和 1:3 000 000的圖。在第11帶以外，地形就不再需要，因为海斯卡能(Heiskanen)^①和牛陀(Nuotio)出版了他們的从第10 到第 1 帶每个帶的改正表和圖，自測站經緯度便得到地形和均衡补偿的綜合校正。現在讓我們來分別考察各种圖。

1:50 000的圖：这种比例尺的圖不論其位置 and 細節一般都認為是中國最可靠的圖。它是中國陸地測量总局很科学地測量并恰当地描繪，虽然可以被我們利用的量并不多，但他們都占了大部分山区，例如：云南和山西省，在这些地方所設站的近部地形应当要求更具体的知道，这还算一幸事。他們不僅給出較好的地形数据，也帮助确定測站的高程的最佳值，后者的确知，对于計算是極為重要的，这些圖的等高綫是20米一条，这对高程讀数是相当令人滿意的。

1:100 000的圖：所有这些圖都實質上僅僅是預測的結果，其所示高程和位置比較不可靠。可是，作者所收集的里面，这类等高綫圖是最丰富的，占盖了差不多中國本部（包括东北）所有的省。于是，在我們有1:50 000 圖区域以外的重力站，我們实际上只能根据这部分圖來進行工作了，否則，对近帶高程的恰当估計，就不能進行。在这些圖上，地形等高綫距是50米。时常在省区相接的地方很不相合，因为这些圖是分別在不同省的权力指導下制出的。虽然有这样一些事实，他們对于現在的工作仍旧是可用的， 因为有两个簡單的理由：（1）只在起伏很平緩或在平原地区的站我們方利用它，例如所有的沿海和華中的各省，因此，估計近帶高程的誤差，对計算只產生很小的影

① W. Heiskanen And U. Nuotio, Topographic Isostatic World Maps of the Effect of the Hayford Zones 10, 9, 8 and 7 to 1. Publ. of Isost Institue № 3 (1938).