

前 言

本标准是在国家测绘局 1975 年 3 月发布的《大地重力测量细则》(修订本)和 CH/T 2003—1999《国家一等重力测量规范》的基础上,结合最新科研和生产成果制定的。

本标准从 2000 年 8 月 1 日起实施。

本标准的附录 A 和附录 B 都是标准的附录。

本标准由国家测绘局提出并归口。

本标准由国家测绘局测绘标准化研究所负责起草。

本标准主要起草人:张耀民、戴其潮、杨震岱、王忠良。

中华人民共和国国家标准

加密重力测量规范

GB/T 17944—2000

Specifications for the dense gravity measurement

1 范围

- 1.1 本标准规定了在陆地上进行加密重力测量的布测原则、精度要求、施测方法等。
- 1.2 本标准适用于在全国范围内进行加密重力测量,其他区域性的均匀重力测量可参照执行。

2 引用标准

GB 12897—1991 国家一、二等水准测量规范
GB/T 17942—2000 国家三角测量规范
GB/T 17943—2000 大地天文测量规范
CH 1001—1991 测绘技术总结编写规定
CH 1002—1995 测绘产品检查验收规定
CH 1003—1995 测绘产品质量评定标准
CH/T 1004—1999 测绘技术设计规定
CH 2001—1992 全球定位系统(GPS)测量规范
CH/T 2003—1999 国家一等重力测量规范
CH 8016—1995 全球定位系统(GPS)测量型接收机检定规程

3 布测原则

3.1 目的与任务

3.1.1 加密重力测量是为各种科学目的对有关区域在各级重力控制点的基础上加密一定的重力点所进行的重力测量。

3.1.2 加密重力测量主要用于测定地球重力场的精细结构,为大地测量学、地球物理学、地质学、地震学、海洋学和空间技术等领域所需的重力异常、垂线偏差、高程异常和空间扰动引力场等提供地球重力场数据。

3.1.3 国家加密重力测量的主要任务是:

- a) 为在全国建立 $5' \times 5'$ 的国家基本格网(对于个别大片重力测量空白区域的困难地区可以建立 $30' \times 30'$ 格网)的数字化平均重力异常模型而进行的全面重力测量;
- b) 为精化大地水准面,采用天文、重力、GPS 水准测量方法确定全国范围的高程异常值而进行的加密重力测量;
- c) 为内插大地点的天文大地垂线偏差而进行的局部加密重力测量;
- d) 为精密水准测量正常高系统改正而进行的局部加密重力测量。

3.2 采用基准

3.2.1 加密重力测量的重力基准采用“1985 国家重力基本网系统”。

3.2.2 加密重力点的大地坐标采用“1980 西安坐标系”;平面坐标采用高斯平面坐标系,并按六度国家质量技术监督局 2000-01-03 批准

2000-08-01 实施

分带。

3.2.3 加密重力点的高程系统采用正常高系统,高程基准采用“1985 国家高程基准”。

3.2.4 正常椭球采用“1975 国际椭球”。

3.3 精度要求

3.3.1 加密重力点相对于起算点的重力联测中误差不得超过 $0.60 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$, 困难地区可放宽到 $1.00 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$; 当需要联测二等重力点(包括引点)时,二等重力点相对于起算点的重力联测中误差不得超过 $0.30 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ 。

3.3.2 天文重力水准以及 GPS 重力水准测量的布设精度能满足以大地原点至国家最远点推算高程异常累计中误差不得超过 1.0 m 的要求,且布设路线每条边的重力改正项的中误差不得超过 $0.020 \sqrt{s} \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ (式中: s ——路线边长, km)。

3.3.3 对于 $5' \times 5'$ 国家基本格网的平均空间重力异常中误差一般不应超过 $5.0 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$, 困难地区可放宽至 $10.0 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$; 对于 $30' \times 30'$ 格网的平均空间重力异常中误差一般不应超过 $3.0 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ 。

3.3.4 加密重力点的点位相对于国家天文大地点的平面点位中误差不得超过 100 m, 相对于精度不低于国家四等水准点的高程点的中误差一般不应超过 1.0 m, 困难地区可放宽到 2.0 m。

3.4 布点原则

3.4.1 加密重力点的布设方案应根据不同用途和重力场的特征以及不同地形类别进行确定。

3.4.2 重力异常代表误差系数是反映重力场等位面起伏变化的特征之一,是加密重力点布设方案的重要依据,空间重力异常代表误差系数按下式计算:

$$C = \Delta H / (90 \sqrt{d}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: d ——最小格网的边长, km;

ΔH ——最小格网中的最大高差, m。

对于 $30' \times 30'$ 格网,可划分成 $5' \times 5'$ 的分格网,分别计算出各分格网的空间重力异常代表误差系数,取平均值作为 $30' \times 30'$ 格网的空间重力异常代表误差系数。

3.4.3 地形类别与代表误差系数的对应关系按表 1 执行。

表 1 地形类别与代表误差系数

地形类别	代表误差系数	
	布格异常 \leq	空间异常 \leq
平原	0.5	0.5
丘陵	0.7	0.8
小山区	0.8	1.4
中山区	1.0	2.3
大山区	1.3	3.5
特大山区	1.6	5.0

3.4.4 加密重力点应尽量均匀布设在重力场特征点和已有的大地点(三角点、天文点、水准点、GPS 点)上。在经济发达地区和重力场变化大的地区应尽量增大布设密度。

3.4.5 在垂线偏差变化剧烈和垂线偏差大的地区,除应在一等天文大地点上布设加密重力点外,根据内插垂线偏差的精度要求,应在天文大地点周围布设合适的加密重力点。

3.4.6 在山区沿二等和二等以上水准路线在每个水准点上应布设加密重力点。对于国家一、二等水准路线上布设加密重力点应按照 GB 12897 中的规定布设。

3.4.7 对于全面重力测量,在一般地区每 $5' \times 5'$ 应布设一个加密重力点,在困难地区可适当放宽。在山区对于 $30' \times 30'$ 格网进行全面重力测量的最低布点密度按表2执行,并均匀布设在格网不同高程的地方,且布点的平均高程值与格网平均高程互差不得大于 ± 200 m。

表2 山区布点密度

类 别	地 区	布 设 点 数			
		小山区	中山区	大山区	特大山区
一	交通方便、大地点多	6	9	12	16
二	青藏、沙漠边境等交通困难地区	6	9	9	12
三	特殊困难地区	4	6	9	9

3.4.8 天文重力水准测量应在全面重力测量的基础上进行。在天文点周围 $15' \times 15'$ 的区域内应适当加密重力点。

3.4.9 GPS重力水准测量应在全面重力测量的基础上采用GPS定位和GPS水准测量方法测定重力点的坐标和高程。

3.5 重力联测

3.5.1 加密重力测量的起算点为各级重力控制点。若重力基本点和一等重力控制点密度不够时,可布设二等重力点,其点位可根据加密重力测量需要确定。二等重力点的施测应根据本标准的有关规定按照CH/T 2003中的一等重力测量相应规定执行。

3.5.2 重力测线应形成闭合或附合路线,即从高级重力控制点或者待定点出发,测定若干点后再返回起始点,或者从一高级重力控制点出发附合到另一高级重力控制点上,且闭合或者附合时间对于二等重力测量一般不应超过36 h,困难地区可放宽到48 h;加密重力测量一般不应超过60 h,困难地区可放宽到84 h。

3.5.3 二等联测起算点为重力基本点、一等重力点或其引点。二等联测的附合路线和闭合环路线中的二等重力点数不得超过4个,在支测路线中允许支测2个二等重力点。一般情况下,二等联测应尽量采用三程循环法,即 $A-B-A$, $B-A-B$ 作为两条测线计算。当零漂稳定时,允许在困难地区个别二等测线中加测加密重力点。

3.5.4 重力联测的仪器数和合格段差数按表3执行。

表3 仪器和段差数

等 级	LCR型重力仪		其 他 仪 器	
	仪器数	段差数	仪器数	段差数
二等	1	2	2	4
加密	1	1	2	2

3.5.5 当联测中误差超限时,应舍去分群的超限段差观测值,并补测相应段差;舍去的段差数不得超过总段差数的三分之一,否则应重测整条测线。

3.6 技术设计

加密重力测量布测前必须进行技术设计。技术设计要求、内容和审批程序按照CH/T 1004执行。

4 重力仪的技术要求

4.1 重力仪的选用

二等重力点及加密重力点的重力联测可以采用石英弹簧重力仪(如:ZSM、Worden)或金属弹簧重力仪(如:LCR)。

4.2 重力仪的检验与调整

4.2.1 重力联测作业前及作业期间至少每隔一个月按规定项目进行一次检验与调整。

4.2.2 对于 LCR 型重力仪的检验与调整按 CH/T 2003 执行。

4.2.3 对于石英弹簧重力仪须进行如下检验与调整：

- a) 面板位置的检查与调整(见附录 A)；
- b) 纵、横水准器的检验与调整(见附录 A)；
- c) 亮线灵敏度的检验与调整(见附录 A)；
- d) 测量范围的调整(见附录 A)。

4.3 重力仪格值标定

4.3.1 对于新出厂和经过修理的重力仪须进行格值标定。用于作业的重力仪每两年应进行一次格值标定。

4.3.2 格值标定场一般应采用国家级重力基线场。对于 LCR-G 型重力仪必须在国家基本(准)点间或国家级长重力基线场进行比例因子标定,并采用飞机作为运输工具。

4.3.3 允许在国家短基线场上对 LCR-G 型重力仪的比例因子进行检测,当检测结果与以前的标定结果互差与比例因子之比值不大于 2×10^{-4} 时,可以不进行标定而采用以前的标定结果。

4.3.4 重力仪格值标定条件按表 4 执行。

表 4 格值标定条件

条 件	LCR-G 重力仪	LCR-D 重力仪	其他重力仪
段差数	2,检测时为 4	6	8
段差互差 \leq	$0.04 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$	0.04 格	2 格
相对中误差 \leq	5×10^{-5}	1×10^{-4}	6×10^{-4}
超限处理	重测	补测不得超过 2 个段差	补测不得超过 2 个段差

4.3.5 格值或比例因子按下式计算：

$$C = C' \times \Delta G / \Delta g \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中： C' ——近似格值或比例因子；

ΔG ——测段已知重力差；

Δg ——重力段差平均观测值,重力段差计算按 7.1 执行。

4.3.6 格值或比例因子测定相对中误差按下式计算：

$$m_c / C = m_\Delta / \Delta g \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： m_Δ ——重力联测中误差,计算按 7.1.6 执行；

Δg ——重力段差平均观测值。

4.4 重力仪的性能试验

4.4.1 对于新出厂和每年作业前的重力仪须进行性能试验,并要求在重力仪的检验与调整之后进行。

4.4.2 静态试验

4.4.2.1 试验应在无外界干扰、地基稳定、温度变化小的室内进行。

4.4.2.2 每间隔 30 min 读一次数,连续观测 16 h 以上。在观测过程中,LCR 型重力仪应保持在松摆状态。

4.4.2.3 读数加固体潮改正后,绘制静态零漂曲线。

4.4.3 动态试验

4.4.3.1 试验应在重力差不小于 $50 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ 的 A、B 两点间接往返对称观测法进行,且不少于三个往返。

4.4.3.2 按照 7.1 要求进行计算,并分别计算出各台重力仪的联测中误差,以及按下式计算出每台重力仪之间的一致性中误差：

$$m = \sqrt{[VV]/(n-1)} \dots\dots\dots (4)$$

式中：V——某台重力仪的平均重力段差与各台重力仪平均重力段差之差；

n——重力仪台数。

4.4.3.3 仪器间的一致性中误差必须达到仪器所用最高等级的重力点联测精度的要求。

4.5 重力仪的维护

4.5.1 建立严格的重力仪交接手续，明确责任，对重力仪的安全负责。

4.5.2 重力仪入库时要擦拭干净，附件齐全，存放中要注意防潮。

4.5.3 重力仪长途运输时要采取防震措施，并有专人负责，杜绝意外事故。

4.5.4 使用重力仪时动作要轻、稳，严禁碰撞。

4.5.5 禁止将重力仪大角度倾斜或卧置，严禁在松摆情况下搬运 LCR 型重力仪。

4.5.6 遇有重力仪粘摆时，可用手指轻击面板，禁止用工具敲击面板。

4.5.7 重力仪发生故障时，应仔细分析原因，细心排除，不允许盲目拆卸。排除一般故障时应由有经验的的操作人员进行。重大故障必须送回大队，并附有详细报告。

5 重力观测

5.1 观测前的准备

5.1.1 LCR 型重力仪的测前准备：

- a) 必须在 24 h 前给仪器通电恒温，给电池充电；
- b) 至少在观测前 30 min 切断充电电源，换上电池电源；
- c) 检查仪器的光学读数系统、水准器及照明是否正常；
- d) 静放的仪器必须运动 5 min 后方可观测；
- e) 各种工具及有关资料、函件是否齐全。

5.1.2 石英弹簧重力仪的测前准备：

- a) 检查各工作系统是否正常；
- b) 根据测线的安排，估算各待定点与起测点的概略重力差，调好起测点的仪器读数，尽量避免在测线中调测程。

5.2 观测程序

5.2.1 LCR 型仪器的观测程序：

- a) 清理场地，消除不安全因素；
- b) 安置底盘和仪器。将仪器小心地从仪器箱中提出，轻置在底盘上，并使仪器的横水准器和磁北方向平行；
- c) 精确整平仪器；
- d) 松摆，并将亮线调到读数线附近；
- e) 读数：一般应该在松摆 5 min 后按下面程序进行读数，并使读数轮沿同一方向归零：
 - 1) 顺时针(或逆时针)转动读数轮，使亮线精确对准读数线(或使检流计、数字电压表归零)，读取计数器和读数轮读数；
 - 2) 反方向转动读数轮半圈，再顺时针(或逆时针)转动读数轮归零，读取第二次读数；
 - 3) 重复上面操作，读取第三次读数。
- f) 每次读数后，立即记录读数和时时间，时间记录至整分；
- g) 锁摆并把仪器装箱；
- h) 检查手簿记录；
- i) 观测结束。

5.2.2 石英弹簧重力仪的观测程序：

- a) 安置底盘;
- b) 整平仪器;
- c) 顺时针方向旋转读数轮使亮线精确对准零线,读取读数轮读数;
- d) 反方向转动读数轮一圈,再顺时针旋转读数轮使亮线精确归零,读取第二次、第三次读数;
- e) 检查纵、横水准器是否居中,若偏离大于 0.2 格,则重新整平仪器、读数;
- f) 每次读数后,立即记录读数和时间,时间记至整分;
- g) 检查手簿记录并把仪器装箱;
- h) 观测结束。

5.3 观测中的注意事项

- 5.3.1 观测过程中的各项操作必须谨慎,严禁碰撞仪器。
- 5.3.2 仪器安置在底盘上以后,观测员不得离开,以防意外。
- 5.3.3 LCR 型重力仪观测中,读数轮转动一圈以上时必须先锁摆。禁止在松摆时挪动仪器。
- 5.3.4 LCR 型重力仪在工作过程中必须保持连续恒温,不得断电,如需更换电池,至少在观测前 30 min 更换。
- 5.3.5 一测线中,除石英弹簧重力仪的测程外,其余均不得进行调整。
- 5.3.6 石英弹簧重力仪在读数时应尽量避免计数器的极限位置。
- 5.3.7 测线中仪器静放 3 h 以上时,必须在静放前后读数,按静态零漂计算。
- 5.3.8 测线闭合观测前,若发现读错、记错或仪器受到猛烈震动时,应返回前一站重测,按静态零漂计算。
- 5.3.9 测站上应注意仪器的防晒、防淋。

5.4 观测要求

- 5.4.1 在控制点上观测时仪器应置于标志中心,多台仪器同时观测时应靠近标志中心。
- 5.4.2 在加密点上作重复观测或检查观测时,仪器应置于同一位置且同一高度上。
- 5.4.3 加密点在各类三角点或水准点上观测而仪器不能置于标石上时,可以在标石旁观测,但必须在记录中注明仪器至标石的高度。
- 5.4.4 测站上各类仪器的读数均估读到 0.1 格,三次读数的互差不得大于 0.5 格。若超过限差可补测一次,仍超限时,需重新整平仪器后重测。

6 坐标和高程测定

6.1 一般规定

6.1.1 各类重力点均须测定坐标和高程。

6.1.2 坐标测定一般可采用如下方法:

- a) 图上量测法;
- b) 交会法;
- c) 导线法;
- d) 锁网形法;
- e) GPS 定位法。

6.1.3 高程测定一般可采用如下方法:

- a) 高程导线法;
- b) 独立交会点高程法;
- c) GPS 水准法。

6.1.4 观测仪器可采用 DJ2、DJ6 型经纬仪和 II、III 级测距仪,以及相应的全站型电子速测仪或精度不低于 $10\text{ mm} + 3 \times 10^{-6} D$ 的 GPS 定位接收机。

6.1.5 坐标和高程测定中除按本标准规定外,其他诸如观测方法,以及对观测仪器的检验等均按第2章中引用的相应标准执行。

6.1.6 坐标和高程测定的限差按表5执行。

表5 坐标和高程测量限差

类 别	限 差 名 称	限 差		备 注
		DJ2	DJ6	
水平角观测	测回数	1	2	
	半测回归零差	12"	24"	
	2C 变动范围	18"	36"	
	各测回同方向较差	12"	24"	
	三角形闭合差	60"		
	导线起算点新旧角较差	30"		
垂直角观测	测回数	2	4	
	指标差之差	15"	24"	
	各测回垂直角较差	10"	15"	
测距	测回数	2		
	测距相对精度	1/20 000		
坐标计算	点位闭合差,m	5		n 为方位角的传递次数
	方位角闭合差	$20''\sqrt{n}$		
	导线全长相对闭合差	1/15 000		
高程计算	往返高差较差,m	$0.14\sqrt{D}$		D 为往返测边长 km
	独立点最大高程较差,m	2		L 为路线长度 km
	高程闭合差,m	$0.1\sqrt{L}$		

6.1.7 坐标高程点分为三级。一级点的起算控制点为国家三角点和国家水准点,其他各级点均可在高一级点控制基础上进行布测。所有锁网形坐标点、附合或闭合导线坐标高程点、GPS点均可作为一、二、三级点,交会坐标点、独立高程点可作为二、三级点、支导线坐标高程点只可作为三级点。交会坐标点和独立高程点不得作为锁网形点和导线坐标高程点的起算控制点。

6.2 图上量测法

6.2.1 图上量测坐标所采用的地形图其比例尺一般不应小于1:5万,特殊地区可放宽到1:10万。

6.2.2 重力点应选择在图上可靠、明显的地面目标和地物点上。点位的判别和坐标量测应有第二人检查,两人量测结果互差不大于图上0.3mm。

6.2.3 地形图上量测坐标的部位不应有褶皱。

6.3 交会法

6.3.1 交会法坐标测定可采用四个已知点的后方交会、三个已知点的前方交会和侧方交会,即观测三个角的单三角形。

6.3.2 各种交会点的交会角不应小于30°或大于150°;困难时,个别交会角不得小于20°或大于160°。后方交会点不得位于三个已知构成的圆周附近,即两个交会角与所对已知角之和不得在170°~190°之间。

6.4 导线法

6.4.1 导线布设一般采用附合导线形式,在大地点稀少的地区可按闭合导线或支导线形式布设。导线

边长用电磁波测距仪测定。

6.4.2 在导线起闭点上一般应联测两个已知方向,两已知方向之间的新旧角比较不得超过 $30''$,困难时也可只测一个已知方向。

6.4.3 导线测量一般应与高程导线测量同时进行,其导线的图形条件与高程导线要求一致。

6.5 锁网形法

6.5.1 锁网形应起始于两点,闭合于两点,困难时也可起始于一点闭合于另一点。

6.5.2 锁网中的三角形个数不得超过 15 个。全长不得超过 150 km。

6.5.3 锁网中的三角形图形条件应满足 6.3.2 的要求。

6.6 GPS 定位和 GPS 水准法

6.6.1 GPS 定位可采用 GPS 静态载波相位定位或快速静态定位方法。定位精度不得低于 E 级的精度要求。

6.6.2 对于 15~30 km 的基线边观测时段长度不得小于 10 min;小于 15 km 的基线边不得小于 5 min。

6.6.3 WGS84 坐标系与 1980 西安坐标系的坐标转换可采用精度不低于 5 m 的转换参数或在 GPS 网中至少联测三个国家天文大地点以便进行坐标转换。

6.6.4 在 GPS 网中须均匀联测一定数量的国家水准点,其水准点的布设密度一般应满足表 6 的要求。对于困难地区的水准点可放宽到 2 倍。

表 6 GPS 网中水准点的布设密度

地形类别	平原	丘陵	小山区	中山区	高山区	特大山区
间距,km	100	90	80	65	50	40
最少点数	6	6	5	4	3	3

6.6.5 GPS 网应尽量与附近的国家级 GPS 网点进行联测。

6.7 高程导线和独立高程法

6.7.1 高程导线应尽量布设成附合路线,困难地区也可布设成闭合路线或支导线。

6.7.2 高程导线全长不得超过 60 km,边长不得超过 3 km。支导线从起始点起算允许发展两条边。

6.7.3 独立高程应有两个起算点的一个对向一个单向,或三个起算点的三个单向垂直角测定。高程导线的垂直角应对向观测。

6.7.4 支导线、独立点的边长不应超过 10 km。困难时,个别边长可放宽至 15 km,边长放宽过的独立点不得作为起算控制点。

7 数据处理

7.1 测线计算

7.1.1 测站观测值的固体潮改正按下式计算:

$$\begin{aligned} \delta t = & -1.16[165.17F(B)(C/r)^3(\cos^2 Z - 1/3) \\ & + 1.37F^2(B)(C/r)^4\cos Z(5\cos^2 Z - 3) \\ & + 76.08F(B)(C_s/r_s)^3(\cos^2 Z_s - 1/3)] + 4.83 \\ & - 15.73\sin^2 \phi + 1.59\sin^4 \phi \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (5)$$

且: $F(B) = 0.998\,327 + 0.001\,67\cos 2B$

$\phi = \text{tg}^{-1}(0.993\,306\text{tg} B)$

式中: δt ——固体潮改正值, 10^{-8} ms^{-2} ;

B ——测站大地纬度(精确到角分);

C, C_s ——分别为地心至月心和至日心的平均距离, km;

r, r_s ——分别为地心至月心和至日心的距离, km;

Z, Z_s ——分别为测站点对月亮和对太阳的地心天顶距。

7.1.2 测站观测值的仪器高改正按下式计算:

$$\delta h = 0.3086h \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中: δh ——仪器高改正值, 10^{-5} ms^{-2} ;

h ——测站点的仪器高, m。

7.1.3 测站观测归算值按下式计算:

$$g' = RC + \delta t \times 10^{-3} + \delta h$$

式中: g' ——测站观测归算值, 10^{-5} ms^{-2} ;

R ——测站观测值, 格或 10^{-5} ms^{-2} ;

C ——格值, 或比例因子。

7.1.4 测站观测归算值按下式进行零漂改正计算:

$$g_i = g'_i + K(t_i - t_A) \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{且: } K = \frac{(G_B - G_A) - (g'_B - g'_A) - \sum(g'_D - g'_C)}{(t_B - t_A) - \sum(t_D - t_C)}$$

式中: G_A, G_B ——测线始、末点已知重力值, 10^{-5} ms^{-2} ;

g'_A, g'_B, g'_i ——测站始、末、待定点观测归算值, 10^{-5} ms^{-2} ;

g'_C, g'_D ——各静调点的始、末观测归算值, 10^{-5} ms^{-2} ;

t_A, t_B, t_i ——测线始、末、待定点的观测时间;

t_C, t_D ——各静调点的始、末观测时间。

7.1.5 重力段差和测线各待定点重力值按下式计算:

$$G_i = G_A + \Delta g_i \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{且: } \Delta g_i = g_i - g_A$$

式中: Δg_i ——重力段差, 10^{-5} ms^{-2} ;

G_i ——待定点重力值, 10^{-5} ms^{-2} 。

7.1.6 重力联测中误差按下式计算:

$$m_\Delta = \sqrt{[VV]/[n(n-1)]} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中: V ——重力段差与平均值之差, 10^{-5} ms^{-2} ;

n ——段差个数。

当段差数为 1 时, m_Δ 用重力闭合差的二分之一来计算。

7.1.7 重力点的重力值中误差按下式计算:

$$m_g = \sqrt{m_0^2 + m_\Delta^2} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中: m_0 ——起算控制点的重力值中误差, 10^{-5} ms^{-2} ;

m_Δ ——重力联测中误差, 10^{-5} ms^{-2} 。

7.2 重力异常计算

7.2.1 重力异常计算中的正常重力按下式计算:

$$\gamma_0 = 978\,332.68(1 + 0.005\,302\,4\sin^2 B - 0.000\,005\,8\sin^2 2B)$$

式中: B ——计算点的大地纬度。

7.2.2 空间异常按下式计算:

$$\Delta g_A = G - \gamma_0 + [0.3086(1 + 0.0007\cos 2B) - 0.72 \times 10^{-7}H]H \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中: G ——计算点的实测重力值, 10^{-5} ms^{-2} ;

γ_0 ——计算点在正常椭球面上的正常重力值, 10^{-5} ms^{-2} ;

H ——计算点的正常高, m。

7.2.3 布格异常按下式计算:

$$\Delta g_B = \Delta g_A - 0.111\ 6H \quad \dots\dots\dots(12)$$

8 资料整理与上交

8.1 成果记录

8.1.1 成果中的一切数字、文字记载应正确、清楚、整齐、格式统一。

8.1.2 野外观测的一切原始数据和记录项目,须在现场逐项完整地记录在规定格式的载体中,严禁转抄和补记。

8.1.3 凡在成果中更正错误时,应将错字用一横线整齐地划去,并在上方写上正确数字或文字,不得就字改字或使用橡皮,严禁连环改动数字。超限的读数用横线划去。整测站和整页成果作废,应用红铅笔斜线划去(由左上方至右下方),并注明原因。观测记录的点名、测微读数、观测时间不得更改。对记错 12 h 的观测时间和 LCR 型重力仪的标尺错误读数允许更改一次。

8.1.4 在计算机上记录的一切原始数据和计算结果应严格检查。用于计算的程序应严格调试并经审批方可使用。

8.2 成果整理

8.2.1 所有的记录、计算和成果说明等资料均应分别装订成册(或包装成袋),并以同期项目为单位统一包装。

8.2.2 装订成册的资料应按项目、时间统一编号和编写目录,并附有检查验收意见以及有关说明。

8.2.3 重力成果表按附录 B 规定的格式进行整理。

8.3 检查验收、质量评定和技术总结

重力测量作业完成后,应按照 CH 1003、CH 1002、CH 1001 要求进行检查验收、质量评定和技术总结。

8.4 上交资料

重力测量作业完成后须上交下列资料:

- a) 仪器检验和仪器调整、比例因子测定等记录和计算资料;
- b) 各种观测手簿、计算手簿、精度计算,重力成果表、计算程序说明等资料;
- c) 重力点点之记,委托保管书;
- d) 地形平均高求定和地形类别确定资料;
- e) 坐标、高程测定资料及量测坐标的地形图;
- f) 技术设计、技术总结、检查验收报告。

附录 A

(标准的附录)

石英弹簧重力仪的检验与调整方法

A1 面板位置的检验与调整

重力仪面板位置按如下步骤进行检验与调整:

- a) 将仪器整置水平;
- b) 顺(逆)时针转动纵水准器的脚螺旋,使仪器向前(或向后)倾斜(对观测者而言),同时观察横气泡的移动方向;
- c) 若横气泡向左(或向右)移动,则将仪器主体部分与外壳脱离并顺时针(或逆时针)方向转动一角度,再将仪器主体部分安装好;
- d) 重复 a)~c) 的步骤,直至顺时针或逆时针方向转动纵水准器的脚螺旋时,横气泡均居中为止。

A2 纵、横水准器的检验与调整

A2.1 出测前对仪器进行全面检查和调整时,采用测定气泡曲线的方法,其步骤如下(以纵水准器为例):

- a) 绘制一个直径约 5 cm 的圆度盘,将圆周分成 16 等份,以任一分划为零,沿顺时针方向标上 +1 ~ +8,沿逆时针方向标上 -1 ~ -8 等字样,把圆度盘粘在纵水准器脚螺旋上,使脚螺旋中心与圆度盘中心重合;
- b) 将仪器整置水平,在纵水准器脚螺旋上正对圆度盘零刻划处作一固定标志;
- c) 按顺序分别读出纵向脚螺旋在度盘各个刻划位置时仪器相应的读数;
- d) 以仪器倾角(纵脚螺旋的圆度盘刻划)为横坐标,仪器相应的读数为纵坐标,绘出仪器读数与仪器倾角的关系曲线——气泡曲线;
- e) 将纵脚螺旋上的固定标志对准气泡曲线上仪器读数的极大值相对应的圆度盘刻划处,调节纵水准器的调节螺丝,使气泡居中。

横水准器的检查与调整步骤与纵水准器基本相同,不同点在于:在任选一个横水准器脚螺旋粘贴圆度盘,并做好固定标志后,在测定气泡曲线的过程中,不允许动另一个横脚螺旋;同时,每改变一次横脚螺旋的刻度以后,必须将纵水准器调居中后方可读数。

检验与调整中的注意事项如下:

- a) 在测定气泡曲线的过程中,须沿同一方向旋转脚螺旋,以消除脚螺旋隙动差的影响;
- b) 气泡调节以后,须进行复查;
- c) 纵气泡曲线往往不能测出一条完整的对称曲线,主要是仪器灵敏度与纵向倾角有关,当倾角增大到某个限度时,仪器零敏度会趋向无穷大而无法读数。

A2.2 野外作业中要定期按如下操作步骤检查纵、横气泡,现以横气泡为例:

- a) 将仪器整置水平,旋转计数器使亮线与零线重合。
- b) 旋转横水准器的脚螺旋,使横水准气泡向左(或向右)移动一格,观察亮线移动的方向;然后再旋转横水准器的脚螺旋,使横水准器向右(或向左)移动两格(即偏离居中位置一格),再观察亮线的移动方向。当移动横气泡时应始终保持纵气泡居中。
- c) 当横水准气泡向左和向右偏离时,若亮线均由零线向左移动,则横水准器位置正确。若横水准气泡向左和向右偏离时,亮线向不同方向移动,则应调节横水准器。
- d) 调整的方法:逐渐旋转横水准器脚螺旋,使亮线逐渐向右移动至最大距离,并不再向右移动,此

时调节横水准器的校正螺丝,使横气泡居中。

e) 校正后再按 a)~d) 步骤进行复查,直至横水准气泡向左和向右偏离时,亮线均向左移动,并两次向左移动的距离相等。

f) 纵水准器的检查、调整参照以上步骤进行。

A3 重力仪亮线灵敏度的检查与调整

A3.1 检查方法:

将仪器整平,分别读取亮线与零线重合时的计数器读数 S_0 和亮线与零线左、右一大格刻划重合时的计数器读数 S_{0+1} 、 S_{0-1} ,并进行记录。按下式计算灵敏度:

$$S_0 - S_{0+1} \text{ 或 } S_{0-1} - S_0$$

重力仪亮线的灵敏度在 16~20 格时,表示灵敏度合适。当小于 16 格时,灵敏度偏高;大于 20 格时灵敏度偏低。偏高或偏低均应进行调整。

A3.2 调整方法:

a) 将仪器整平,使亮线与零线重合;

b) 如需提高(或降低)灵敏度时,将目镜相对面板顺时针(或逆时针)方向旋转 $30^\circ \sim 60^\circ$ 的角度,此时亮线与零线必然交叉;

c) 目镜座不动,相对目镜座转动目镜筒,使亮线与零线平行。此时零线的位置改变;

d) 重新调整纵水准器,使新零位和水平位置一致;

e) 重新检查亮线灵敏度,若仍不符合要求,则重复 a)~d) 的步骤再次调节,直至符合要求为止。

A4 重力仪测量范围的调整

重力仪的测量范围按如下步骤进行调整:

a) 将仪器整平,把计数器的读数调到所需要的读数位置上;

b) 打开测程调节孔的孔塞,按下面的方向转动测程调节连杆,把亮线调到零线附近:

1) 当亮线在零线的右边时,逆时针方向转动调节连杆;

2) 当亮线在零线的左边时,顺时针方向转动调节连杆;

3) 转动调节连杆时,注意使其稳定;

c) 读取一组读数后,将仪器提起晃动几下,再重新调平仪器并读数,当两次读数之差在允许范围之内时,表明仪器已稳定,即可投入工作。

附 录 B
(标准的附录)
重力成果表格式

点 名	点 号	图幅号	B/X	m_s	G	备 注 (包括资料来源,改正说明等)
			L/Y		m_k	
			h			

日期:
