

doi: 10.11720/wtyht.2018.1122
姜作喜,张虹,屈进红,等.基于交叉点不符值统计的航空重力测量质量评估方法[J].物探与化探,2018,42(3):616-623.http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1122
Jiang Z X,Zhang H,Qu J H,et al.A quality evaluation method of airborne gravity survey based on statistics of discrepancies between measurements at intersection points[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2018,42(3):616-623.http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1122

基于交叉点不符值统计的航空重力 测量质量评估方法

姜作喜^{1,2},张虹³,屈进红^{1,2},王志博¹,王鑫¹,王蓬^{1,2}
(1.中国国土资源航空物探遥感中心,北京 100083;2.国土资源部 航空地球物理与遥感地质重点实验室,北京 100083;3.北京信息科技大学 经济管理学院,北京 100192)

摘要:介绍了一种航空重力测量质量评估方法,即通过统计一个架次飞行的测线与全区所有切割线交叉点空间重力异常不符值均方差得到架次/测线精度指标,以实现对每架次测量质量进行量化评估的目的。利用该方法对 3 个 GT-1/2A 航空重力测区原始数据按架次进行了计算和统计,得出了架次/测线精度指标统计分布规律,为航空重力测量质量控制提供了新的方法和参考指标。
关键词:航空重力;交叉点;不符值;均方差;质量控制
中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2018)03-0616-08

0 引言

航空重力测量由于技术复杂,测量过程有较多的不确定性^[1],因此野外数据测量质量量化评价与控制较困难。如果航空重力测区内地面重力测量工作充分,有较高质量的地面重力数据,利用航空重力架次测量数据与地面数据进行比对^[2-4],可以达到检验、控制航空重力测量数据质量的目的。但在实际工作中,航空重力测量主要用于在地面工作程度不高的海陆交互区或者沙漠戈壁区域进行普查,导致测区内高质量的重力数据资料缺失或不易搜集。

在 GT-1/2A 航空重力测量中,重复线或基线测量^[2]一般用来评价航空重力仪动态测量的重复性和一致性,也可用于对某条测线进行质量检查,但对于大面积测量、测线较多的情况,考虑到成本及效率,无法对每条测线进行重复检查。对于一个架次或每条测线的测量质量,目前通常根据架次漂移、飞行高度、偏航、GPS 数据质量、超量程点数等指标,结合以往经验进行判断,缺少量化评估方法。航空磁

测中四阶差分方法^[5-6]可以识别测线中的尖峰型、阶跃型等高频假值,评价测线质量,实现对每条测线的质量控制,但由于航空重力测量结果是经过滤波的半波长达数千米的低频信号^[7-9],无法借鉴四阶差分法对航空重力测线数据进行质量评估与控制。

参考加拿大 Sander 公司质量控制方法^[10]和航空磁测总精度评价方法^[5],笔者提出了基于交叉点误差统计的航空重力架次/测线质量评价方法,即统计一个架次内所有测线与均匀横切(例如间隔 10 km 或 5 km)所有测线的切割线交叉点处观测值不符值^[11]均方差,架次所有交叉点不符值均方差为架次测量精度,每条测线上交叉点不符值均方差为该测线测量精度;利用每条切割线的交叉点不符值的平均值对切割线数据进行水平调整(消除不同架次间仪器测量水平差异),然后重新进行交叉点不符值均方差统计,分别计算得到水平调整后的架次/测线精度指标。笔者开发了实用化的架次/测线精度计算软件,对 3 个 GT-1/2A 航空重力测区原始数据进行了计算和统计,得出了 3 个测区的架次/测线精度指标分布规律,为今后同类型航空重力测量质量评价提供了参考。

1 架次/测线精度计算方法

1.1 原始测量精度

根据投影坐标计算测线与切割线交叉点位置,交叉点通常不与测点重合,可以采取线性插值的方式计算交叉点位置上测线及切割线上对应的空间重力异常值^[12-13],进而计算得到交叉点处测线与切割线空间重力异常不符值。参考有关文献算法^[2,5],采用均方误差公式

σ = ±√(1/(2 × M × N) × ∑_{j=1}^M (∑_{i=1}^N δ_{ji}^2)) (1)

计算架次测量精度。式中:δ_{ji}为该架次第j条测线上第i个与切割线交叉点空间重力异常不符值,j=1,2,⋯,M,i=1,2,⋯,N;M为测线总数,N为一条测线与切割线交叉点总数。由于测线长度可能不同,每条测线的N值不一定相同。

架次内第j条测线原始测量精度采用公式

σ_j = ±√(1/(2 × N) × ∑_{i=1}^N δ_{ji}^2) (2)

计算。式中:δ_{ji}为第j条线上第i个与切割线交叉点空间重力异常不符值,i=1,2,⋯,N;N为第j条线与切割线交叉点总数。

1.2 切割线水平调整后测量精度

不同架次飞行时,由于仪器状态及飞行条件不同,如飞行高度、测量点位等存在差异,造成仪器测量值存在水平差异^[2,14-16]。在一个架次飞行期间,由于飞行状态、仪器状态基本一致,测线间水平差异较小。全区切割线数据采集通常分多个架次完成,且架次时间间隔可能较长,所以全区切割线与每个架次测线间通常会存在水平差异。因此为了准确衡量测量质量,利用每个架次内的测线数据对全区切割线场值进行水平调整,即求每条切割线上与该架次内各测线所有交叉点空间重力异常不符值的平均值,作为该切割线的水平调整量,切割线空间重力异常扣除水平调整量后得到水平调整后的切割线空间重力异常,之后再利用测线数据和水平调整后的全区切割线数据代入式(1)、式(2)分别计算水平调整后的该架次/测线测量精度。第j条切割线水平调整量计算公式为:

δ_j = 1/N ∑_{i=0}^N δ_{ji}, (3)

式中:δ_{ji}为第j条切割线上第i个与测线交叉点空间重力异常不符值,i=1,2,⋯,N;N为第j条切割线与测线交叉点总数。切割线水平调整计算公式为:

g'_j = g_j - δ_j。 (4)

式中:g_j为第j条切割线原始空间重力异常,δ_j为式(3)计算得到的第j条切割线水平调整量,g'_j为第j条切割线水平调整后的空间重力异常。

2 软件实现

基于 Windows 系统利用 Visual Studio C++软件开发环境开发了架次/测线测量精度计算软件。首先从测量数据库中选取需要统计的架次测线和全部切割线的坐标和场值信息输出到文本文件,计算程序读入文本文件,提取测线和切割线的投影坐标信息和空间重力异常值,之后使用搜索算法计算交叉点位置^[17]。通过两步法计算交叉点位置,首先利用切割线和测线两个端点位置和平均点距计算粗略交叉位置,然后在粗略交叉点位置附近搜索得到精确的交叉点位置。利用线性插值算法得到交叉点位置的空间重力异常值^[12-13],计算公式为:

g_x = g₀ + (g₁ - g₀) × (P_x - P₀) / (P₁ - P₀) , (5)

式中:g_x为测线/切割线交叉点位置空间重力异常值,P_x为测线/切割线交叉点位置坐标,P₀、P₁为测线/切割线上离交叉点位置最近的两个测点的坐标,g₀、g₁为测线/切割线上离交叉点位置最近的两个测点的空间重力异常值。

计算测线、切割线交叉点位置上空间重力异常差值,即为交叉点位置空间重力异常不符值,代入式(1)~(4)求取架次/测线原始精度及切割线水平调整后精度,将计算结果输出到报告文件。软件计算流程如图1所示。

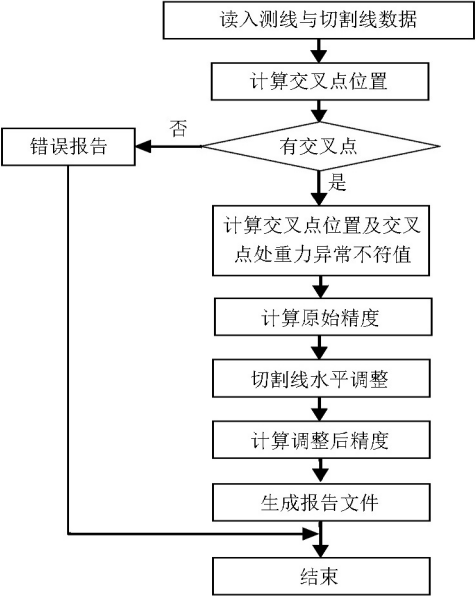


图1 架次/测线精度计算流程

3 实例计算

3.1 3 个测区数据计算与统计

使用前文提出的计算方法及架次/测线精度计算软件对 3 个 GT-1/2A 航空重力测区架次数据进行计算和统计,3 个测区编号为 A1、A2、A3,其中 A1 为近海海域测区,A2、A3 为以平缓地形为主的内陆测区。3 个测区设计飞行地速均为 220 km/h,空间重力异常解算使用的滤波窗口为 100 s(空间分辨率半波长约 3 km)。交叉点高度阈值设置为 50 m^[1],即高度差大于 50 m 的交叉点不参与计算。参与统计的架次至少包含 2 条测线,如果某架次只含 1 条测线,则归入时间临近的架次计算,尽量减小测线间水平差异。

A1 测区使用 GT-1A(SN09)航空重力仪进行测量,飞行平台为 CESSNA 208 型水陆两用固定翼飞机,距离海面高度 400 m 平飞;切割线共 28 条,间距

10 km,测线间距 1 km,共飞行 132 个测线架次,完成 344 条测线。测线与切割线交叉点最大高度差为 36.0 m,交叉点原始异常最大不符值为 8.26 mGal,切割线水平调整后统计的交叉点异常最大不符值为 3.97 mGal。按架次进行精度指标统计,每个架次交叉点数不少于 15 个,架次原始精度最大值 2.16 mGal,不超过 1.4 mGal 架次数占比约为 91.7%;水平调整后架次精度均不超过 0.9 mGal,最大值 0.82 mGal,不超过 0.8 mGal 的架次数占比约为 99.3%,不超过 0.6 mGal 架次数占比约为 87.9%。架次原始测量精度及切割线水平调整后统计的架次精度对比如图 2 所示,精度值分布统计如图 3 所示。

A1 测区每条测线与切割线交叉点数不少于 5 个,测线原始精度最大值 2.5 mGal,不超过 1.4 mGal 测线数占比约为 90.1%;水平调整后统计的测线精度最大值 1.42 mGal,不超过 0.8 mGal 测线数占比约为 97.7%。344 条测线原始精度及切割线水平调整后统计精度如图 4 所示,精度值分布如图 5。

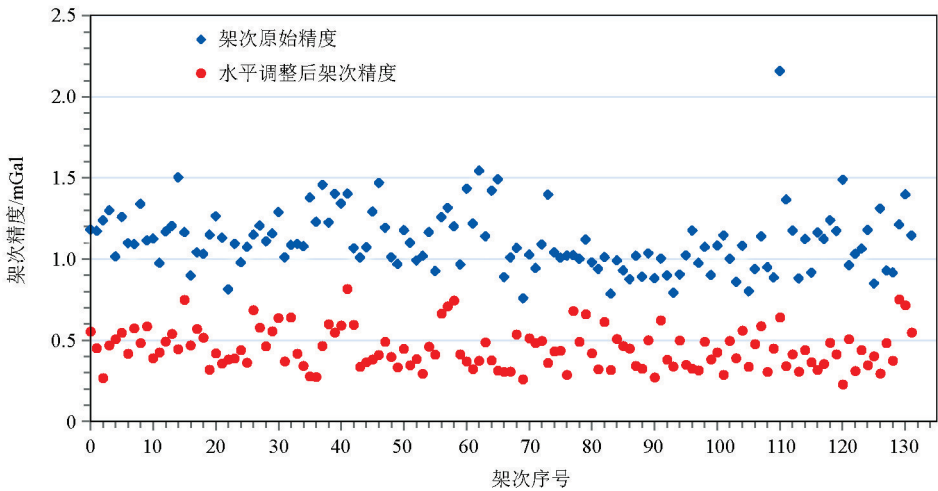


图 2 A1 测区架次原始精度、切割线水平调整后架次精度对比

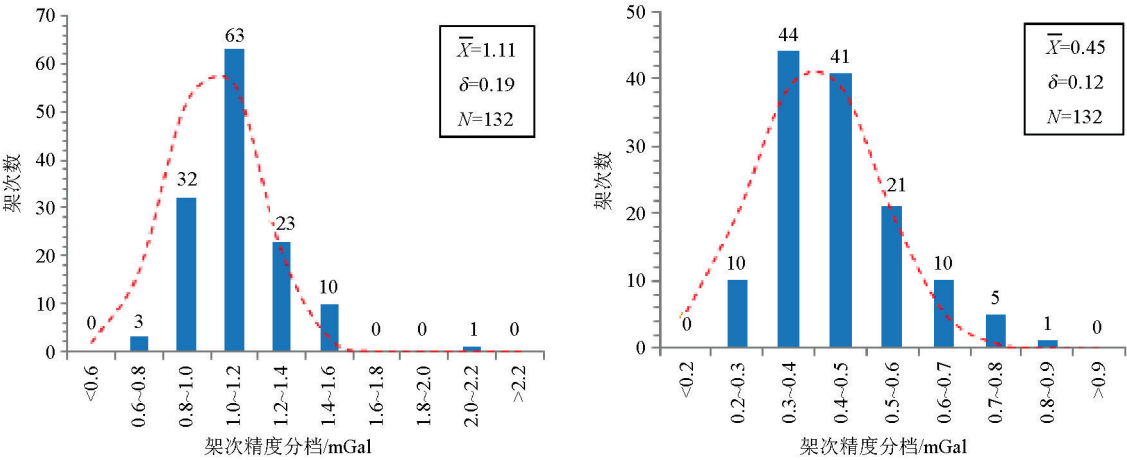


图 3 A1 测区架次原始精度(左)、切割线水平调整后架次精度(右)分布

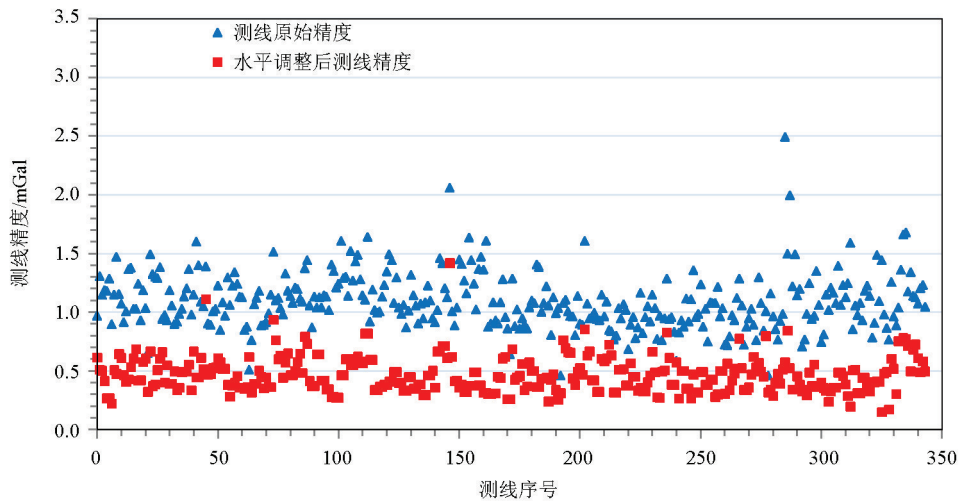


图 4 A1 测区测线原始精度、切割线水平调整后统计精度对比

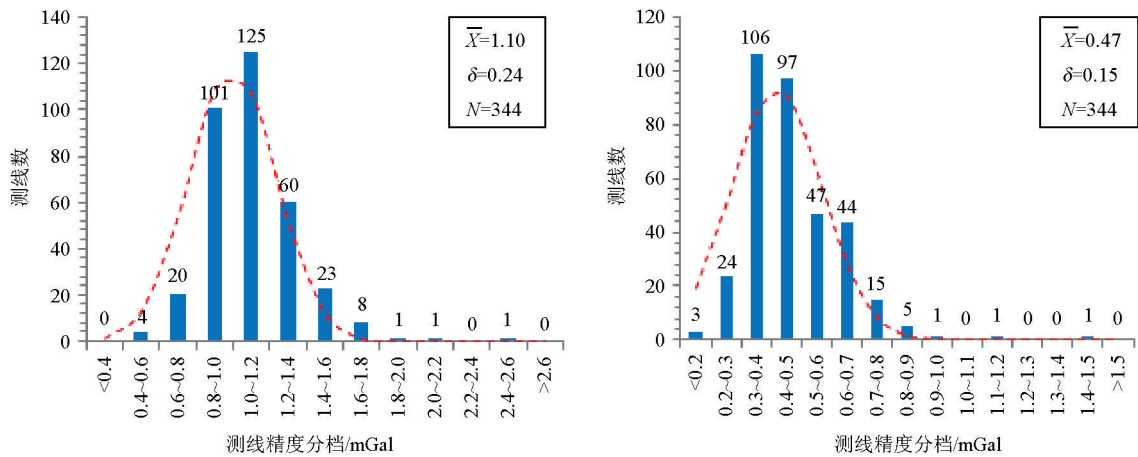


图 5 A1 测区测线原始精度(左)、切割线水平调整后测线精度(右)分布

A2 测区使用 GT-2A(SN015) 航空重力仪进行航空重力测量,飞行平台为 CESSNA 208B 型固定翼飞机,测区内地形平缓,以平飞为主,离地高度约 400~600 m,个别测线采取缓起伏方式飞行;切割线共 69 条,间距 5 km,方向为 EW 向,共完成了 121 个测线飞行架次,测线共计 458 条,线距 1 km,测线方向为 SN 向。测线与切割线交叉点高差不超过 49.9 m,原始交叉点异常最大不符值为 8.73 mGal,水平调

整后交叉点异常最大不符值为 5.63 mGal。经统计,架次交叉点数不少于 29 个,架次原始精度最大为 3.0 mGal,不超过 2.0 mGal 架次数占比约为 92.6%;切割线水平调整后统计的架次精度均不超过 1.0 mGal,最大值 0.94 mGal,不超过 0.8 mGal 架次数占比约为 98.3%。A2 测区架次原始测量精度分布如表 1,切割线水平调整后架次精度统计分布如表 2。

表 1 A2 测区架次原始精度统计分布

统计区间 mGal	<0.8	0.8 1.0	1.0 1.2	1.2 1.4	1.4 1.6	1.6 1.8	1.8 2.0	2.0 2.2	2.2 2.4	2.4 2.6	2.6 2.8	2.8 3.0	3.0 3.2	>3.2	总计
架次频率	0	26	36	19	16	8	7	2	1	3	2	0	1	0	121
占比/%	0	21.5	29.8	15.7	13.2	6.6	5.8	1.7	0.8	2.5	1.7	0	0.8	0	100

表 2 A2 测区切割线水平调整后架次精度统计分布

统计区间 mGal	<0.2	0.2 0.3	0.3 0.4	0.4 0.5	0.5 0.6	0.6 0.7	0.7 0.8	0.8 0.9	0.9 1.0	>1.0	总计
架次频率	0	5	14	38	30	20	12	1	1	0	121
占比/%	0	4.1	11.6	31.4	24.8	16.5	9.9	0.8	0.8	0	100

A2 测区每条测线与切割线交叉点数不少于 9 个,测线原始精度最大值 3.21 mGal,不超过 2.0 mGal 测线数占比约为 91.7%;切割线水平调整后统计的

测线精度最大值 1.43 mGal,不超过 0.8 mGal 测线数占比为 92.6%。458 条测线原始精度统计分布如表 3,切割线水平调整后统计的测线精度分布如表 4。

表 3 A2 测区测线原始精度统计分布

统计区间 mGal	<0.6	0.6 0.8	0.8 1.0	1.0 1.2	1.2 1.4	1.4 1.6	1.6 1.8	1.8 2.0	2.0 2.2	2.2 2.4	2.4 2.6	2.6 2.8	2.8 3.0	3.0 3.2	3.2 3.4	>3.4	总计
测线频率	0	16	95	125	77	44	34	29	12	6	6	7	4	2	1	0	458
占比/%	0	3.5	20.7	27.3	16.8	9.6	7.4	6.3	2.6	1.3	1.3	1.5	0.9	0.4	0.2	0	100

表 4 A2 测区切割线水平调整后测线精度统计分布

统计区间 mGal	<0.2	0.2 0.3	0.3 0.4	0.4 0.5	0.5 0.6	0.6 0.7	0.7 0.8	0.8 0.9	0.9 1.0	1.0 1.1	1.1 1.2	1.2 1.3	1.3 1.4	1.4 1.5	>1.5	总计
测线频率	0	17	77	113	113	75	29	23	7	2	1	0	0	1	0	458
占比/%	0	3.7	16.8	24.7	24.7	16.4	6.3	5.0	1.5	0.4	0.2	0	0	0.2	0	100

A3 测区测量仪器为 GT-2A(SN013)航空重力仪,飞行平台为 CESSNA 208B 型固定翼飞机,测区内以平原地形为主,西北部为山区,平原地区和山区采用不同高度平飞,平原地区平均离地高度 400~600 m,山区离地高度 400~1 500 m;切割线共 24 条,间距 10 km,切割线方向为东西向;共完成了 75 个测线飞行架次,共计 581 条测线,测线间距 0.5 km,测线方向为南北向。经统计,所有交叉点高度差均不

超过 48.7 m,每个架次交叉点数不少于 17 个,原始交叉点异常最大不符值为 6.50 mGal,水平调整后交叉点异常最大不符值为 4.69 mGal。架次原始精度最大值 1.7 mGal,不超过 1.4 mGal 架次数占比约为 94.7%;水平调整后架次精度最大值 0.83 mGal,不超过 0.8 mGal 架次数占比约为 98.7%。A3 测区架次原始精度统计分布如表 5,切割线水平调整后架次精度统计如表 6。

表 5 A3 测区架次原始精度统计分布

统计区间 mGal	<0.6	0.6 0.8	0.8 1.0	1.0 1.2	1.2 1.4	1.4 1.6	1.6 1.8	>1.8	总计
架次频率	0	13	24	17	17	3	1	0	75
占比/%	0	17.3	32.0	22.7	22.7	4.0	1.3	0	100

表 6 A3 测区切割线水平调整后架次精度统计分布

统计区间 mGal	<0.2	0.2 0.3	0.3 0.4	0.4 0.5	0.5 0.6	0.6 0.7	0.7 0.8	0.8 0.9	>0.9	总计
架次频率	2	4	11	27	11	14	5	1	0	75
占比/%	2.7	5.3	14.7	36.0	14.7	18.7	6.7	1.3	0	100

A3 测区的每条测线与切割线交叉点数不少于 5 个,测线原始精度最大为 2.33 mGal,精度不超过 1.6 mGal 测线数占比约为 93.8%;水平调整后测线

精度最大值 1.32 mGal,不超过 0.8 mGal 测线数占比约为 91.2%。581 条测线原始精度统计分布如表 7,切割线水平调整后统计的测线精度分布如表 8。

表 7 A3 测区测线原始精度统计分布

统计区间 mGal	<0.4	0.4 0.6	0.6 0.8	0.8 1.0	1.0 1.2	1.2 1.4	1.4 1.6	1.6 1.8	1.8 2.0	2.0 2.2	2.2 2.4	>2.4	总计
测线频率	4	39	115	148	115	78	46	26	6	2	2	0	581
占比/%	0.7	6.7	19.8	25.5	19.8	13.4	7.9	4.5	1.0	0.3	0.3	0	100

表 8 A3 测区切割线水平调整后测线精度统计分布

统计区间 mGal	<0.2	0.2 0.3	0.3 0.4	0.4 0.5	0.5 0.6	0.6 0.7	0.7 0.8	0.8 0.9	0.9 1.0	1.0 1.1	1.1 1.2	1.2 1.3	1.3 1.4	>1.4	总计
测线频率	14	59	115	135	92	64	51	21	10	11	5	3	1	0	581
占比/%	2.4	10.2	19.8	23.2	15.8	11.0	8.8	3.6	1.7	1.9	0.9	0.5	0.2	0	100

综合统计 3 个测区的数据分析结果,每个测区统计的架次数不少于 75 架次,每个架次统计交叉点数不少于 15 个,每个测区测线不少于 340 条,每条测线统计交叉点数不少于 5 个;3 个测区统计的原始交叉点空间异常不符值不超过 9.0 mGal,切割线水平调整后不超过 6.0 mGal;原始架次精度不超过 3.0 mGal,切割线水平调整后统计的架次精度不超过 1.0 mGal,原始测线精度不超过 3.5 mGal,切割线水平调整后统计的测线精度不超过 1.5 mGal。3 个测区统计的架次/测线原始精度最大值离散程度较

大,水平调整后统计结果最大值趋近一致,切割线水平调整后统计的精度指标更具有参考意义,可以作为判别架次/测线质量是否合格的参考指标之一。

所统计的 3 个测区涵盖了海洋和陆地两种地形条件,统计样本量大,统计结果能够体现测量数据的质量分布情况,基本反映了 GT-1/2A 航空重力仪在固定翼平台、大面积平飞测量条件下所应达到的架次/测线精度水平。3 个测区的统计情况汇总如表 9 所列。

表 9 3 个测区精度指标统计汇总

测区编号	测区地域	测量仪器	飞行平台	测线方向	飞行地速 km/h	滤波窗口 s	架次数	测线条数	切割线条数	切割线间距 km	测线间距 km	交叉点最大高差 m	交叉点异常最大不符值 mGal	水平调整后交叉点异常最大不符值 mGal	架次原始最大精度 mGal	架次水平调整后最大精度 mGal	测线原始最大精度 mGal	测线水平调整后最大精度 mGal
A1	海域	GT-1A (SN09)	CESSNA208	SN	220	100	132	344	28	10	1	36.0	8.26	3.97	2.16	0.82	2.50	1.42
A2	陆地	GT-2A (SN015)	CESSNA208B	SN	220	100	121	458	69	5	1	49.9	8.73	5.63	3.00	0.94	3.21	1.43
A3	陆地	GT-2A (SN013)	CESSNA208B	SN	220	100	75	581	24	10	0.5	48.7	6.50	4.69	1.70	0.83	2.33	1.32

3.2 指标验证实例

选择实际测量中已经通过其他途经验证为不合格的测线,使用架次/测线质量评价方法,按照前文统计的架次/测线精度指标作为评价标准,检验该方法是否可以判别测线质量情况。以 A2 测区中某架次作为验证架次,该架次共飞行了 6 条测线,通过检查 GPS 数据并结合经验判断的方式,分析其中的 5320 线存在较大假异常,判断为质量不合格,在之后的架次中对该线进行了重飞,重飞线各项质量指标均合格,重飞线编号 5321。将 5321 线数据存入 5320 线所在架次,采用前文架次/测线精度计算方

法进行统计。统计的架次原始精度为 1.59 mGal,未超过 3.0 mGal 的限值;水平调整后架次精度为 1.0 mGal,达到了 1.0 mGal 的限值。5320 线原始精度为 3.09 mGal,不超过 3.5 mGal 的参考指标,但该指标是 5321 线相同指标的 2.2 倍,是该架次最小指标的近 3 倍;5320 线水平调整后统计精度为 2.29 mGal,超过了 1.5 mGal 的参考指标。5320 线交叉点异常最大不符值也超过参考指标。该架次各线统计指标如表 10 所列。5320、5321 线空间重力异常及交叉点异常不符值对比如图 6。

表 10 A2 测区某架次测线精度及交叉点异常不符值统计

线号	原始精度/mGal		水平调整后精度/mGal		原始交叉点最大异常不符值/mGal		水平调整后交叉点最大异常不符值/mGal	
	统计值	是否达标 (≤3.5)	统计值	是否达标 (≤1.5)	统计值	是否达标 (≤9.0)	统计值	是否达标 (≤6.0)
5320	3.09	√	2.29	×	10.39	×	7.65	×
5321	1.43	√	0.66	√	3.25	√	2.35	√
5470	1.40	√	0.67	√	4.01	√	1.66	√
5471	1.29	√	0.67	√	4.01	√	2.09	√
5480	1.18	√	0.72	√	4.24	√	2.30	√
5500	1.11	√	0.65	√	3.66	√	1.92	√
5510	1.54	√	0.88	√	6.49	√	3.27	√

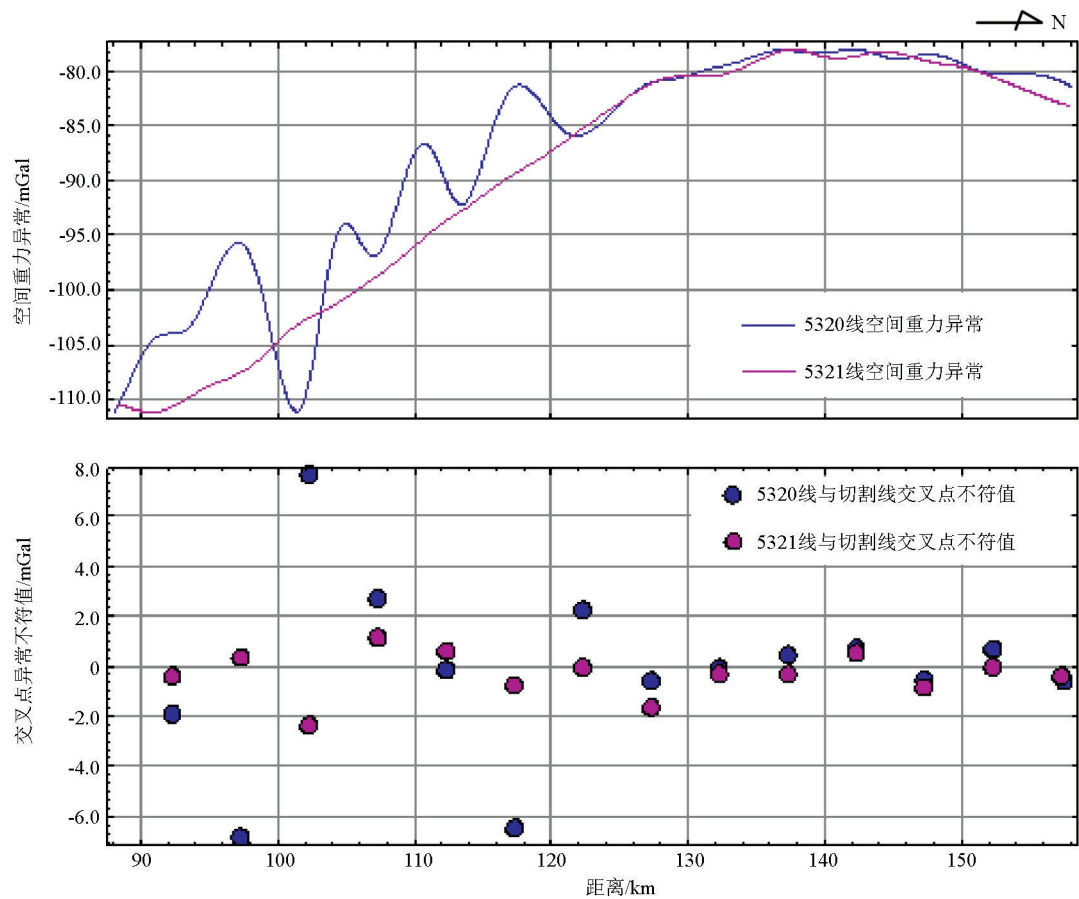


图 6 5320、5321 线空间重力异常及切割线水平调整后交叉点异常不符值对比

5320 线水平调整后测线精度、原始交叉点最大不符值、切割线水平调整后交叉点最大不符值 3 项指标均超出了参考上限指标,而 5321 及其他测线各指标均在参考指标范围内;图 6 中 5320 线南侧半线(约 30 km)与切割线交叉点不符值有 3 个超过 6.0 mGal,而北侧半线交叉点不符值基本与 5321 线相当,说明 5320 线南侧半线质量不合格,导致该线统计指标超限。

以往通过测量参数结合经验判断的方式进行质量控制存在较大的不确定因素,而且需要具备丰富的野外数据处理经验,而笔者提出的基于交叉点不符值误差统计的架次/测线质量评价方法是基于直接对重力异常数据的统计、量化评价方法,基本排除了人为误判的可能性,具有较好的可操作性,可以通过逐条测线、逐个交叉点具体量化分析,更客观地评价测线数据质量,是一种比较可靠的质量评价与控制手段。

4 结论

1) 利用架次/测线精度评价方法对 3 个固定翼飞行平台、大面积平飞条件下的 GT-1/2A 航空重力

测区数据进行了统计与分析,统计结果显示 GT-1/2A 航空重力测量架次原始精度应不超过 3.0 mGal,切割线场值水平调整后架次精度应不超过 1.0 mGal,测线原始精度应不超过 3.5 mGal,切割线水平调整后测线精度应不超过 1.5 mGal,交叉点异常不符值应不超过 9.0 mGal,切割线水平调整后交叉点异常不符值应不超过 6.0 mGal。3 个测区得到的统计指标接近,基本反映了 GT-1/2A 航空重力仪在相应测量条件下应达到的质量水平。利用测线数据对切割线空间重力异常进行水平调整后统计的架次/测线精度指标基本消除了不同架次间的水平误差,统计结果更具有参考意义。

2) 文中得出的 GT-1/2A 航空重力测量架次/测线精度指标统计分布规律是基于 3 个固定翼飞行平台、大面积平飞测区数据基础上得到的,可以作为同型号航空重力仪、类似测区、相同滤波尺度条件下航空重力测量质量评价与控制的参考指标之一。

3) 如果在航空重力测量中使用交叉点统计的方式进行测线质量控制,应先获取高质量的切割线空间重力异常数据,可以适当加密切割线,如采取 5 km 间距切割线分布,增加与测线交点数量,从而获取更准确的测线精度指标。

参考文献:

[1] 申慧群.航空重力测量质量评估要素分析[J].测绘科学与工程,2012,32(1):63-65.

[2] 郭志宏,熊盛青,周坚鑫,等.航空重力重复线测试数据质量评价方法研究[J].地球物理学报,2008,51(5):1538-1543.

[3] 孙中苗,翟振和,李迎春.航空重力测量的分辨率和精度分析[J].地球物理学进展,2010,25(3):795-798.

[4] 翟振和,孙中苗,李迎春,等.航空重力测量在近海区域的精度评估与分析[J].测绘学报,2015,44(1):1-5.

[5] DZ/T0142-2010 航空磁测技术规范[S].北京:中国标准出版社,2010.

[6] 李大明,徐国华.四阶差分法在高精度磁测中的应用[J].物探与化探,1990,14(1):42-46.

[7] 孙中苗.航空重力测量理论、方法及应用研究[D].郑州:解放军信息工程大学,2004.

[8] 孙中苗,夏哲仁,石磐,等.航空重力测量数据的滤波与处理[J].地球物理学进展,2004,19(1):119-124.

[9] 王静波,熊盛青,周锡华,等.航空重力测量系统研究进展[J].物探与化探,2009,33(4):369-373.

[10] Sander L, Elieff S. Quality control metrics for airborne gravity data. Sander Geophysics, Ottawa, Canada. <http://sgl.com/technicalpapers/Quality%20Control%20Metrics%20for%20airborne%20gravity%20data.pdf>.

[11] 李海.航空重力测量测线网平差的理论与方法[D].郑州:中国人民解放军信息工程大学,2002.

[12] 姜作喜,张虹,郭志宏.航空重力测量内符合精度计算方法[J].物探与化探,2010,34(5):672-676.

[13] 吕同富,康兆敏,方秀男.数值计算方法[M].北京:清华大学出版社,2008.

[14] Green A, Lane R. Estimating noise levels in AEM data[C]//Ade-laide: ASEG 16th Geophysical Conference and Exhibition, 2003.

[15] 骆遥,王林飞,何辉.航空地球物理勘探资料微调平处理[J].物探与化探,2012,36(5):851-855.

[16] Huang H. Airborne geophysical data leveling based on line-to-line correlations[J]. Geophysics, 2007, 73(3): F83.

[17] 戢锐,康双双,李川,等.基于 Matlab 的航空重力交叉点搜索[J].工程地球物理学报,2011,8(5):551-555.

A quality evaluation method of airborne gravity survey based on statistics of discrepancies between measurements at intersection points

JIANG Zuo-Xi^{1,2}, ZHANG Hong³, QU Jin-Hong^{1,2}, WANG Zhi-Bo¹, WANG Xin¹, WANG Peng^{1,2}
(1. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China; 2. Key Laboratory of Airborne Geophysics and Remote Sensing Geology, Ministry of Land and Resources, Beijing 100083, China; 3. Economy and Management College, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China)

Abstract: A kind of quality evaluation method in airborne gravity survey is proposed in this paper. The accuracy of the flight and survey line is quantified by calculating the root mean square of discrepancies between measurements at intersection points of survey line and all tie lines. Using this method, data of three survey areas measured by GT-1/2A gravimeter were analyzed, and the statistical distribution of the accuracy of flight and survey lines were obtained. This paper tries to provide a new method and evaluation indexes for quality control procedures in airborne gravity acquisition projects.

Key words: airborne gravity; intersection point; discrepancy; root mean square; quality control

(本文编辑:王萌,叶佩)