引文格式：顾贯永. 子网划分在陆态网解算中的应用分析[J]. 地理空间信息, 2023, 21(5): 114-116. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.05.028

子网划分在陆态网解算中的应用分析

顾贯永[1]
（1. 河南省有色金属地质勘查总院，河南 郑州 450052）

摘　要：针对GAMIT/GLOBK10.7软件对中国大陆构造环境监测网络（CMONOC）观测数据的限制问题（超过100个基准站观测数据解算报错），基于子网划分技术在CMONOC数据解算中的应用分析，采用不同子网划分方案对198个CMONOC基准站观测数据进行了同步解算。结果表明，相同解算服务配置情况下，不同子网划分方案对相同数量基准站观测数据的解算效率无显著影响；不同子网基线解算结果NRMSE值较接近，整体平均值在0.20以内，总体基线解算结果较好；采用“均方分布、随机抽取”的子网划分原则可使网平差结果精度更高、可靠性更强。

关键词：子网划分；CMONOC；基线解算；网平差；GAMIT/GLOBK
中图分类号：P228　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）05-0114-03

Application Analysis of Subnet Division in CMONOC Solution

GU Guanyong[1]
(1. Henan Nonferrous Metal Geological Exploration Institute, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Aiming at the problem of observation datalimitation of crustal movement observation network of China(CMONOC) by GAMIT/GLOBK10.7 software(error reporting in the calculation of observation data of more than 100 reference stations), based on the application analysis of subnet division technology in CMONOC data solution, we used different subnet division schemes to solve the observation data of 198 CMONOC reference stations synchronously. The results show that under the same solution service configuration, different subnet division schemes have no significant impact on the solution efficiency. The NRMSE values of baseline solution results of different subnets are relatively close, and the overall average value is within 0.20, so the overall baseline solution results are good. Adopting the subnet division principle of “mean square distribution and random sampling” can make the network adjustment result more accurate and reliable.

Key words: subnet division, CMONOC, baseline solution, network adjustment, GAMIT/GLOBK

中国大陆构造环境监测网络（CMONOC）服务于大地测量学、地震学、地球物理学等多学科，能提供气象预报、地震监测等职能，可应用于科学理论和应用研究、社会防灾减灾和国民经济等建设中。目前CMONOC由均匀分布在全国的260个连续运行基准站和2 000多个不定期观测区域站构成[1-3]。GAMIT/GLOBK是美国麻省理工和加州大学共同研发的一款开源的GNSS数据处理软件，因具备解算结果精度高、免费、功能强大的特点[4-5]，现被广泛应用于高校教学与科研机构科研中；但也存在一定的局限性，随着解算数据的增加，解算耗时骤增，且单日解不能超过100个基准站。基于此，国内外学者提出子网划分技术，即将整网化分为子网进行解算，再对解算结果进行联合处理，既提高了解算效率又解决了基准站数据的局限性[6-7]。张清华[7]等利用子网划分技术讨论了山东省连续运行卫星定位服务系统观测数据的解算方案，得出子网解算可提高整网解算效率且精度相当的结论；姜卫平[8]等以江苏省连续运行卫星定位服务系统观测数据为例讨论了大规模GNSS数据处理原则，提出了按照区域划分子网解算，再综合处理的解算方法；王虎[9]等构建了大规模GNSS网数据处理一体化方案，大规模GNSS网数据处理可按照地理属性或均匀分布进行子网划分，以提高解算效率与精度；李林阳[10]、郭亮亮[11]、涂纯二[12]等从空间段、地面段和数据规模3个方面梳理了大规模GNSS网的发展现状，归纳了GNSS网的解算策略，针对大规模GNSS数据处理仍需进一步研究。本文利用子网划分技术对CMONOC观测数据进行不同方案的子网划分，从解算时间、基线解算质

收稿日期：2022-03-20；修回日期：2022-05-25。
项目来源：河南省国土资源厅科技攻关资助项目（2016-08）。
作者简介：顾贯永（1984—），高级工程师，主要从事工程测量、大地测量、地籍测量和测绘地理信息等工作，E-mail：Lscchykjdlxx@163.com。

量、网平差结果等方面对比分析不同子网划分方案，旨在为大规格CMONOC数据解算提供参考。

1　数据来源与方案设计

实验过程中首先基于TEQC软件对CMONOC数据进行质量检核分析，选取观测质量较好、数据稳定的基准站作为实验数据源，并对196个测站进行子网划分。对CMONOC基准站进行子网划分时需考虑子网基准站数量及其分布、网形形状和大小、核心站位置分布等。由于本次实验中CMONOC基准站分布在70°~135°E、15°~55°N范围内，本文采用3种划分方案，具体为：①方案一，将CMONOC整网以35°N为界限，划分为南北两个子网，分别命名为“北子网”、“南子网”，“北子网”包含基准站102个，“南子网”包含基准站94个；②方案二，将CMONOC整网以105°E为界限，划分为东西两个子网，分别命名为“东子网”、“西子网”，“东子网”包含基准站96个，“西子网”包含基准站100个；③方案三，按照“均方分布、随机抽取”的原则对CMONOC整网进行抽稀，划分为两个子网，分别命名为“A子网”、“B子网”，各子网均包含基准站98个。

通过对比3种方案的基准站数量发现，各子网间的基准站数量相当，最多相差6个基准站。同时，在解算过程中引入同时段IGS观测数据（BJFS站、WUHN站、SHAO站、CHAN站）作为各子网的公共基准点。各方案在划分的各子网中进行基线解算，再分别对各子网进行单独平差和联合平差处理，以联合平差结果为参考值，选取最佳子网划分方案。3种方案的解算参数一致，截止高度角设置为10°、基线处理模式为RELAX、观测值选择LC+PC组合观测值可有效消除电离层影响，对流层延迟采用SAAS模型+GMF映射函数可削弱对流层的影响，坐标框架选择ITRF2014，海潮影响采用ES2004模型进行改正，下载对应的精密星历文件。

2　实验数据分析

本次实验采用Ubuntu 20.4操作系统、Inter i7 10400处理器，利用不同划分方案分别对相同时间段的CMONOC观测数据进行基线解算，并统计解算耗时可知，方案一耗时152 min，方案二耗时162 min，方案三耗时158 min，各方案耗时基本一致，说明对相同时间内相同基准站观测数据进行基线解算，不同子网划分对解算效率无显著影响。

标准化均方根误差（NRMSE）是GAMIT/GLOBK软件中用来表示基线解算结果中基线值偏离加权平均值的程度，通常认为NRMSE值越小，基线解算结果越好、精度越高；反之越差。对不同子网基线解算结果NRMSE值进行统计分析，结果如表1所示，可以看出，除西子网外，各子网基线解算NRMSE值的最大值均超过0.30，其是由观测数据质量较差引起的，各子网平均值较接近，整体在0.20以内，符合基线解算精度要求。

表1　NRMSE值统计表

类别		最大值	最小值	平均值
方案一	北子网	0.35	0.08	0.18
	南子网	0.33	0.05	0.17
方案二	西子网	0.28	0.10	0.15
	东子网	0.30	0.06	0.13
方案三	A子网	0.36	0.07	0.18
	B子网	0.35	0.07	0.16

将IGS站作为外部检验点，对不同子网基准点平差结果进行精度评估，并将不同子网平差结果与IGS公布数据进行对比分析，统计结果如表2所示，可以看出，方案一中“北子网”和“南子网”在*X*、*Y*、*Z*方向的平差坐标最大误差、最小误差、NRMSE值均较接近，在*X*、*Y*、*Z*方向的最大误差约为5 mm，“南子网”在*Z*方向的最小误差明显大于其他方向，为0.5 mm；方案二中“西子网”和“东子网”在*X*、*Y*、*Z*方向的平差坐标最大误差、最小误差、NRMSE值也均较接近；方案三中“A子网”和“B子网”在*X*、*Y*、*Z*方向的平差坐标最大误差、最小误差、NRMSE值明显小于方案一和方案二中各子网平差结果，“A子网”在*X*、*Y*、*Z*方向的最大误差分别为4.2 mm、5.5 mm、3.7 mm，“B子网”在*X*、*Y*、*Z*方向的最大误差分别为4.4 mm、5.7 mm、4.2 mm，与方案一、方案二的子网相比，最大误差精度提升了1~2 mm。

表2　坐标精度统计/mm

类别		最大误差			最小误差			NRMSE		
		X	*Y*	*Z*	*X*	*Y*	*Z*	*X*	*Y*	*Z*
方案一	北子网	5.2	6.3	5.5	0.1	0.2	0.1	1.7	1.5	1.7
	南子网	5.5	6.1	5.5	0.1	0.2	0.5	1.5	1.6	1.9
方案二	西子网	6.1	6.5	6.5	0.3	0.5	0.3	1.6	2.0	1.6
	东子网	5.7	7.0	6.1	0.5	0.3	0.5	1.5	1.8	1.7
方案三	A子网	4.2	5.5	3.7	0.2	0.3	0.2	1.2	1.4	1.1
	B子网	4.4	5.7	4.2	0.1	0.2	0.1	1.5	1.1	0.9

3　结　语

本文对大规模CMONOC数据进行了不同子网划

分，并比较了各方案在相同环境下的耗时、基线解算结果、网平差结果。结果表明，在相同解算服务配置下，不同子网划分方案对相同数量基准站观测数据的解算耗时相当，说明对解算效率无显著影响。各子网基线解算结果NRMSE值较接近，总体基线解算结果满足要求。方案三（最佳）中“A子网”在*X*、*Y*、*Z*方向的最大误差分别为4.2 mm、5.5 mm、3.7 mm，“B子网”在*X*、*Y*、*Z*方向的最大误差分别为4.4 mm、5.7 mm、4.2 mm，与其他方案的子网相比，最大误差精度提升了1~2 mm。

参考文献

[1] 刘晃,王志良,于景华. GAMIT/GLOBK 10.7与Bernese 5.2陆态网数据解算结果对比分析[J]. 测绘与空间地理信息,2022,45(1):84-86

[2] 刘备,王勇,娄泽生,等. CMONOC观测约束下的中国大陆地区MODIS PWV校正[J]. 测绘学报,2019,48(10):1 207-1 215

[3] 马下平.“陆态网络”并址站归心基线精密解算及GNSS基准站数据处理[J]. 测绘学报,2017,46(12):2 043

[4] 何月帆,聂桂根,武曙光,等. 不同版本的GAMIT超短基线数据解算精度分析[J]. 测绘工程,2021,30(5):18-22

[5] 关沧海,孟庆来,李畅,等. 基于Ubuntu的GAMIT/GLOBK快速安装与实例解算[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(增刊1):5-8

[6] 符平伟,黄克城. 基于GAMIT数据解算的CORS站点稳定性分析研究[J]. 测绘与空间地理信息,2021,44(1):126-129

[7] 张清华,郭金运,周长志,等. SDCORS高精度数据处理子网划分分析[J]. 全球定位系统,2017,42(1):82-89

[8] 姜卫平,赵倩,刘鸿飞,等. 子网划分在大规模GNSS基准站网数据处理中的应用[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2011,36(4):389-391

[9] 王虎,任营营,连丽珍,等. 大规模GNSS网数据处理一体化方案与中国大陆水平格网速度场模型构建研究[J]. 大地测量与地球动力学,2020,40(9):881-887

[10] 李林阳,张学东,黄娴,等. 大规模GNSS网发展及数据处理现状[J]. 测绘通报,2018(10):1-5

[11] 郭亮亮,李建文,刘瑞宁. 多系统GNSS观测数据质量检测与分析[J]. 地理空间信息,2018,16(3):39-42

[12] 涂纯二,江翠云,陈国恒. 江门市高精度GNSS控制网数据处理技术研究[J]. 地理空间信息,2021,19(4):37-40

（上接第47页）

的优化算法，利用阈值控制和几何平均数对多种结果进行了对比分析，利用ArcMap的二次开发库ArcPy开发了在线地理编码工具，实现了多源在线编码服务的融合与优化，提供了融合不同编码结果的思路，并能将该地理编码优化技术应用于实际生产工作中，满足了需要大量地理编码数据的工作需求，提高了实际地理编码工作效率。

参考文献

[1] 薛梅,向华. 基于无规则地址点的地理编码模型设计及实现[J]. 城市勘测,2011(4):5-8

[2] 张弘弢,肖炼,周尧,等. 多源在线地理编码与地名检索服务聚合方法[J]. 地理与地理信息科学,2020,36(4):1-7

[3] 程昌秀,于滨. 一种基于规则的模糊中文地址分词匹配方法[J]. 地理与地理信息科学,2011,27(3):26-29

[4] 杨丽.“数字湖北”中文地理编码数据库建设与服务共享[J]. 地理空间信息,2013,11(增刊1):37-39

[5] 郭会,宋关福,马柳青,等. 地理编码系统设计与实现[J]. 计算机工程,2009,35(1):250-252

[6] 彭明军,李宗华,刘辉,等. 基于中文分词的加权地理编码在COVID-19疫情防控空间定位中的应用[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2020,45(6):808-815

[7] 廖薇薇,柳林,周素红,等. 多源在线地理编码服务分类优化模型[J]. 热带地理,2018,38(2):255-263

[8] 程钢,郭玉祥,贾宝,等. 国内主流在线地图API分析及优化对策研究[J]. 测绘工程,2013,22(6):4-8

[9] 张剑,叶远智,翁宝凤. 面向智慧城市的高精度地名地址匹配方法[J]. 测绘与空间地理信息,2019,42(11):166-169

[10] 陈志云,刘敏纯,钟广锐,等. 基于多源数据的梅州市旅游资源综合评价分析[J]. 地理空间信息,2021,19(4):51-55

[11] 田沁,巩玥,亢孟军,等. 国内主流在线地理编码服务质量评价[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2016,41(10):1 351-1 358

[12] 黄亮平,李德平,周亮,等. 地类图斑与多源在线地图坐标粗匹配研究[J]. 地理空间信息,2021,19(5):10-14

[13] 邓卫平. 几何平均数与调和平均数那点儿事[J]. 调研世界,2013(8):64-65

[14] 马云岗. ArcPy在地理信息数据处理中的应用[J]. 华北自然资源,2019(5):78-80