引文格式：唐晓霏,张士柱,厉芳婷,等. 基于TEQC的HBCORS GNSS数据质量评估方法与影响因素分析[J]. 地理空间信息, 2024, 22(1): 106-108. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.01.025

基于 TEQC 的 HBCORS GNSS 数据质量评估方法与影响因素分析

唐晓霏[1]，张士柱[1]，厉芳婷[1]，赵　鹏[1]，魏以宽[1]
（1. 湖北省测绘工程院，湖北 武汉 430074）

摘　要：研究了基于TEQC软件的数据质量评估方法，并分析了其影响因素。基于实验区域91个基准站31 d连续观测数据，采用该方法探究了数据有效率、多路径效应等对GNSS数据质量的影响；分析了设备性能和周围观测环境等质量影响因素。结果表明，部分基准站观测数据质量呈下降趋势，可为GNSS基准站选址、观测环境的评估、维护和相关标准制定提供重要依据。

关键词：TEQC；GNSS；数据质量；多路径效应
中图分类号：P228.4　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）01-0106-03

HBCORS GNSS Data Quality Evaluation Method and Influencing Factor Analysis Based on TEQC

TANG Xiaofei[1], ZHANG Shizhu[1], LI Fangting[1], ZHAO Peng[1], WEI Yikuan[1]
(1. Hubei Institute of Surveying and Mapping Engineering, Wuhan 430074, China)

Abstract: In this paper, we studied a data quality evaluation method based on TEQC software, and analyzed its influencing factors. Taking the one month GNSS observations from 91 continue observation reference stations as the experimental data, we tested the proposed quality evaluation method, and explored the impact of data efficiency and multipath effect on GNSS data quality. The results show that the data quality for some GNSS stations is declining with time varying, which can provide a reference for the selection of GNSS base stations, observation environment evaluation, relevant standards formulation and updating in the future.

Key words: TEQC, GNSS, data quality, multipath effect

GNSS观测数据由卫星导航定位基准站通过连续观测生成[1-2]，观测过程中会受到误差源干扰，导致数据质量变差，直接影响成果解算精度，因此对原始观测数据质量进行检测是实际生产中不可缺少的环节[3-4]。GNSS数据质量分析受到相关学者的密切关注，李军[5]等对东北亚地区52个GPS台站4年的观测资料进行了质量检测，并统计分析了检测结果；聂兆生[6]等对HBCORS系统数据进行了质量评估；徐梦林[7]等研究了树木遮蔽对GNSS基准站观测的影响；丁超[8]等分析了我国沿海GNSS业务化观测系统东部海区91个GPS观测站2009—2015年连续观测数据的质量，探究了观测数据的多路径效应与周跳比、信噪比的相关性，并分析了观测数据质量对解算结果精度的影响；刘志敏[9]等采用L1伪距、L2伪距多路径效应，L1载波、L2载波信噪比和周跳比5个评价指标对CORS站点数据进行了质量检核。

多路径误差是高精度GNSS测量中必须考虑的误差源[10]。HBCORS已连续运行10多年，基准站原始观测数据质量缺乏相应评估，因此本文对数据质量进行了检测评估，并进一步分析了多路径等相关指标对数据质量的影响。

1　数据来源与预处理

本文收集了2022年3月91个HBCORS基准站接收机的GNSS连续观测原始数据。原始数据起止时间为UTC时间2022-03-01 00:00（年积日60）—2022-03-31 23:59（年积日90）；观测时段为00:01—23:59，时段长不少于23.5 h，观测内容为GNSS卫星的伪距（C/A码、P码）和各频率载波相位（L1、L2）。

利用GNSS接收机提供的数据转换工具进行格式转换，默认生成RINEX版本为2.11或2.10的标准o文

收稿日期：2022-10-14。
项目来源：湖北省自然资源厅科研计划资助项目（ZRZY2022KJ29）。
第一作者简介：唐晓霏（1985—），工程师，主要从事CORS运营维护和北斗高精度位置服务平台建设等工作，E-mail：394287797@qq.com。

件，基准站观测数据文件以年积日为单位，每天形成一个标准RINEX格式观测数据文件，数据采样间隔为30 s。观测数据文件命名方式为四字符站编号+年积日+时段号.年度o，四字符站编号应唯一，如XXXX0600.22o。

2　数据评价方法

GNSS原始数据质量检测普遍采用UNAVCO开发的TEQC软件包。TEQC是一个操作简单但功能强大的GNSS数据预处理软件，主要包含数据格式转换、数据编辑和数据质量检测3个功能[11]。本文通过数据有效率（DAR）、L1波段多路径效应（MP_1）、L2波段多路径效应（MP_2）3个指标评价GNSS基准站的数据质量，其中DAR可反映接收机接收信号的稳定性，MP_1、MP_2可反映L1和L2载波上的伪距和相位综合多路径影响。根据参考文献[5]，各指标的计算公式为：

$$\mathrm{DAR}=\frac{N_1}{N} \tag{1}$$

$$MP_1=P_1-\left[1+\frac{2}{\alpha-1}\right]\varphi_1+\left[\frac{2}{\alpha-1}\right]\varphi_2 \tag{2}$$

$$MP_2=P_2-\left[\frac{2\alpha}{\alpha-1}\right]\varphi_1+\left[\frac{2\alpha}{\alpha-1}-1\right]\varphi_2 \tag{3}$$

式中，N_1为观测时间内有效数据的历元数；N为观测时间内观测数据总历元数；P_1、P_2分别为L1、L2码伪距观测量；φ_1、φ_2分别为L1、L2载波相位观测量；α为频率f_1和f_2之比的平方；TEQC结果文件给出的为MP_1、MP_2的均方差值。

3　实验结果分析

3.1　实验区域

HBCORS已连续运行10多年，基准站原始数据的多路径效应呈逐年递增趋势。为了解GNSS基准站观测环境以及接收机等设备老化对数据质量的影响，本文对2022年3月91个HBCORS基准站GNSS连续观测数据进行质量检测，并分析评估多路径等相关指标对数据质量的影响。

3.2　质量评估结果

利用TEQC对2022年3月91个HBCORS基准站每天的GPS和GLONASS观测数据进行质量检测，计算得到每天的MP_1、MP_2和DAR等结果。由于篇幅所限，表1仅列出了部分基准站31 d数据DAR、MP_1、MP_2的平均值。2011年HBCORS参考站工程报告中选址环境测试数据结果表明，所有站点的DAR、MP_1、MP_2均100%满足设计要求。参考文献[6]利用TEQC统计了76个HBCORS台站2011–07–01—2012–09–30全部基准站观测数据（4个台站数据因网络通信等问题未获取全部数据），计算得到每天的MP_1、MP_2和DAR等结果，并生成各台站每天的质量检测报告。结果表明，HBCORS的DAR优于85%的占97.3%，HBCORS的MP_1、MP_2值低于0.5的分别占98.7%、99.74%。选取2017–08–31和2018–01–20的24 h原始观测数据进行质量分析，结果表明，HBCORS的DAR优于85%的占98.75%，HBCORS的MP_1、MP_2值低于0.5的分别占78.75%、73.75%。

表1　基准站数据质量统计

站点序号	DAR/%	MP_1	MP_2
1	93	0.4	0.5
2	87	0.5	0.6
3	93	0.3	0.4
4	93	0.3	0.3
5	88	0.4	0.4
6	80	0.6	0.4
7	93	0.3	0.4
8	83	0.5	0.6
9	86	0.4	0.6
10	86	0.5	0.6
11	91	0.3	0.2
12	92	0.3	0.2
13	93	0.3	0.2
14	86	0.3	0.2
15	93	0.3	0.2
16	93	0.4	0.5
17	93	0.4	0.4
18	93	0.4	0.4
19	93	0.3	0.4
20	93	0.3	0.4
…	…	…	…
82	89	0.7	0.9
83	96	0.6	0.5
84	93	0.3	0.3
85	96	0.7	0.7
86	94	0.3	0.4
87	92	0.4	0.5
88	92	0.6	0.5
89	86	0.4	0.5
90	85	0.3	0.3
91	89	0.4	0.4

3.3　分析讨论

3.3.1　质量统计分析

1）基准站原始数据的DAR总体稳定，DAR均值除8个站点在80%~85%外（占比8.79%），其余各站均

在85%以上，且各站点DAR日均值变化不大，接收机信号较稳定，满足国家标准[12-14]中的技术要求。

2）基准站多路径效应较稳定，MP_1均值除35个站点大于0.5外（占比38.46%），其余各站均小于等于0.5；MP_2均值除33个站点大于0.5外（占比36.26%），其余各站均小于等于0.5。

3）将2010年建站选址的环境测试结果、参考文献[6]的数据结论与2018年24 h原始观测数据进行质量对比，再结合表1进行分析，结果表明，随着观测年限的增加，少部分站点DAR逐年降低，超过总站点数1/3的站点MP_1、MP_2均值呈逐年增加趋势，说明基准站多路径效应影响明显、观测数据质量逐渐变差。

3.3.2 影响因素分析与建议

GNSS观测要求视野开阔、无明显遮挡，但随着时间变迁和经济社会的快速发展，GNSS基准站的观测环境可能受到各种因素的干扰与影响，因此在进行基准站观测环境评估时，DAR、MP_1、MP_2可较准确地反映基准站周边环境的变化，站点维护人员除加强站点实地巡检以外，还可考虑更换接收机、天线和电缆等设备来改善站点数据质量。

为了解多路径效应逐年上升的原因，参考文献[8]对比分析了两个站点更换接收机前后的各项数据质量检测指标；为进一步分析HBCORS天线和电缆对数据质量可能存在的影响，2021年9月对JZ02更换了天线和电缆（更换前天线型号：TRM59800.00，更换后天线型号：TRM115000.00），分析更换前后各项数据质量检测指标发现，更换前MP_1、MP_2分别维持在0.60 m、0.58 m；而更换后MP_1、MP_2分别维持在0.52 m、0.56 m，说明更换新天线后多路径效应有所下降。

针对5个DAR、MP_1、MP_2等指标均不满足国家标准要求的站点，经实地巡检发现站点周边环境发生了重大变化，主要是房屋等建筑或高大树木遮挡，结合基础测绘“十四五”规划要求，建议后期尽快对上述站点重新选址进行迁建。针对21个DAR、MP_1、MP_2等3项中有两项指标不满足国家标准要求的站点，经实地巡检发现站点周边环境发生了较大变化，主要是城市建设扩张或高大树木遮挡，建议有条件的站点结合当地气象台站或地震台站搬迁计划将站点随迁，或通过更换配置抑径板的新型天线和接收机设备来改善数据质量。针对19个DAR、MP_1、MP_2等3项中有一项指标不满足国家标准要求的站点，经实地巡检发现站点周边环境未发生明显变化，建议可通过更换配置抑径板的新型天线和接收机设备来改善数据质量。

4 结 语

本文利用TEQC软件对2022年3月91个HBCORS基准站的GNSS连续观测数据进行质量检测，并分析了DAR、多路径效应等对GNSS数据质量的影响。结果表明，受观测环境变化、设备性能老化等因素影响，观测数据质量整体呈下降趋势，部分站点的数据质量不符合国家标准规范要求；根据本文分析结果，结合站点实际情况，通过基准站迁建、更换接收机设备或天线等措施可改善站点数据质量。由于时间关系，本文未对包含BDS卫星的观测数据进行质量分析，后期可通过相关研究来进一步的验证评估。研究结果对于后期GNSS基准站勘选、观测环境评估和相关标准更新具有一定的参考价值。

参考文献

[1] 全国地理信息标准化技术委员会. 卫星导航定位基准站术语:GB/T 39611-2020[S]. 北京:中国标准出版社,2020

[2] 全国地理信息标准化技术委员会. 卫星导航定位基准站网基本产品规范:GB/T 35767-2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017

[3] 许其凤. 空间大地测量学[M]. 北京:解放军出版社,2001

[4] 杨哲,戴吾蛟,余文坤,等. 不同观测环境中基于TEQC的GNSS数据质量分析[J]. 大地测量与地球动力学,2010,30(5):135-139

[5] 李军,王继业,熊熊,等. 东北亚地区GPS观测数据质量检测和分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2006,31(3):209-212

[6] 聂兆生,黄勇,刘刚,等. 湖北CORS系统数据质量评估分析[J]. 大地测量与地球动力学,2013,33(6):53-56

[7] 徐梦林,龚俊,汪贞杰,等. 树木遮蔽对GNSS基准站观测影响的分析[J]. 大地测量与地球动力学,2020,40(增刊1):37-40

[8] 丁超,周兴华,王朝阳,等. 东海区海洋观测站GPS数据质量检核和分析[J]. 海洋技术,2017,36(2):89-94

[9] 刘智敏,杨婷婷,黄超,等. 基于改进TEQC的区域CORS站点质量检核[J]. 测绘工程,2016,25(5):1-5

[10] Ray J K. Mitigation of GPS Code and Carrier Phase Multipath Effects Using a Multi-antenna System[D]. The University of Calgary,Canada,2000

[11] Estey L H, Meertens C M. TEQC: The Multi-purpose Toolkit for GPS/GLONASS Data[J]. GPS Solutions, 1999, 3(1): 42-49

[12] 全国地理信息标准化技术委员会. 全球导航卫星系统连续运行基准站网技术规范:GB/T 28588-2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012

[13] 全国地理信息标准化技术委员会. 卫星导航定位基准站网质量评价规范:GB/T 39614-2020[S]. 北京:中国标准出版社,2020

[14] 全国地理信息标准化技术委员会. 卫星导航定位基准站网运行维护技术规范:GB/T 39618-2020[S]. 北京:中国标准出版社,2020