

2022 长春站卫星激光测距观测报告

摘要：简要介绍了 2022 年长春站卫星激光测距（SLR）的总体观测情况，统计了本年度国际常规联测卫星的观测情况及一些特殊实验目标的观测情况，对本年度新增添国际联测卫星的观测情况进行了统计，针对全年观测数据的观测弧段和标准点数量进行了统计，并分析了长春站的环境条件变化情况以及数据精度情况。同时长春站为了提高系统的测距能力及系统的稳定性，对系统也进行了一定的改进和升级。总体来说，2022 年长春站 SLR 系统运行平稳，取得了良好的观测成绩。

关键词：卫星激光测距，常规观测，系统升级

1 常规观测概况

1.1 2022 年长春 SLR 总体观测情况

2022 年，经过长春站卫星激光测距研究室全体成员对激光测距系统的维护与升级，卫星激光测距系统保持稳定的测距能力，再次取得优异的观测成绩。在 2022 年底国际激光测距服务组织数据中心公布的全年观测数据统计排名中，长春站总的观测数据量位居世界第二位，高轨卫星观测数据量位居世界第一位。如图 1.1.1 和图 1.1.2。

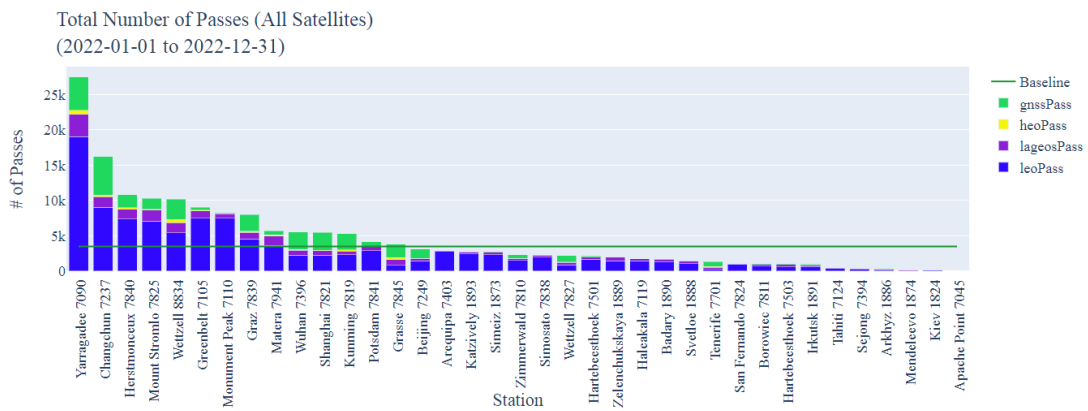


图 1.1.1 国际卫星激光测距台站总观测数据统计图

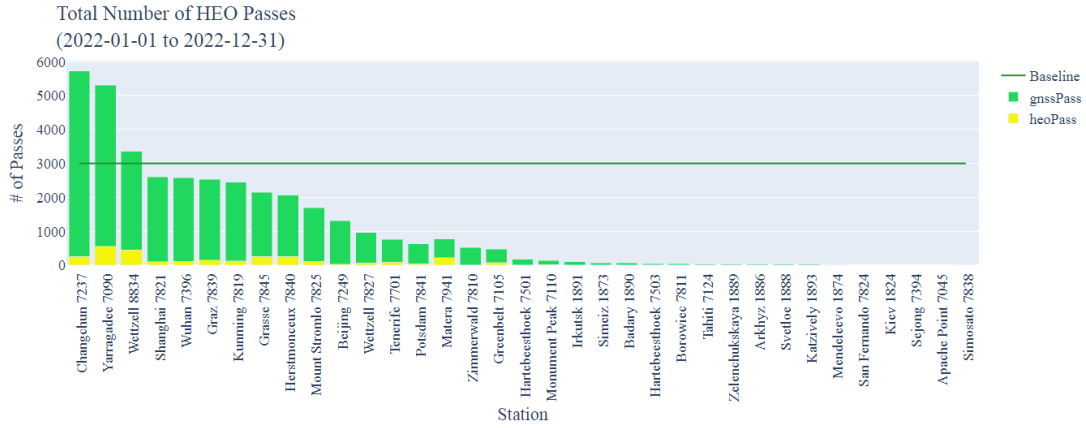


图 1.1.2 国际卫星激光测距台站高轨卫星观测数据统计图

2022 年，长春站 KHz 卫星激光测距系统共获得观测数据总量达到 19413 圈，有效观测数据点数超过 3.8 亿。其中白天观测数据总量达到 4126 圈，单月观测数据最多为 2820 圈，单月白天观测数据最多达到 924 圈，单日观测数据最多达到 163 圈。表 1.1.1 为 2022 年长春站全年 SLR 观测数据结果统计表。从全年的观测数据统计结果中，可以看出全年观测数据结果最多的月份是 1 月，观测数据超过 2800 圈，其次是 10 月、12 月、9 月和 11 月，观测数据量均超过 2000 圈，观测数据较少的月份主要集中在 4 月、5 月、6 月和 7 月，观测数据量不到 1000 圈，主要原因是因为天气条件较差。

表 1.2.1 2022 年长春站 SLR 观测数据结果统计表

月份	观测数量		
	白天圈数	夜间圈数	总圈数
1	393	2427	2820
2	346	1435	1781
3	185	1069	1254
4	75	818	893
5	165	672	837
6	39	268	307
7	112	737	849
8	435	1229	1664
9	924	1254	2178

10	588	1833	2421
11	436	1732	2168
12	428	1813	2241
总计	4126	15287	19413

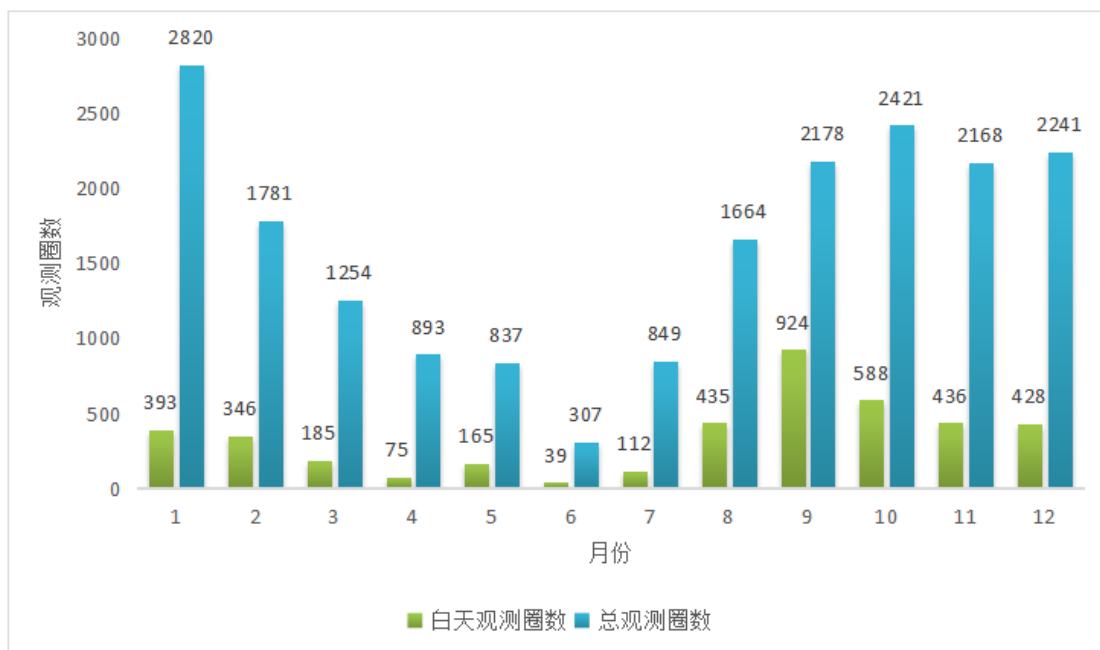


图 1.1.3 2022 年长春站 SLR 月观测数据统计图

1.2 观测目标情况

2022 年，长春站共观测国际国内卫星 104 颗，并获得了有效观测数据。包括低轨道观测目标 35 颗，地球动力学卫星 LAGEOS-1 和 LAGEOS-2，以及高轨道卫星 65 颗，其中包括中国的北斗导航系列卫星、美国的 GPS 导航卫星、欧洲伽利略导航卫星、俄罗斯的 GLONASS 系列导航卫星、日本的 QZSS 系列导航卫星及印度的 IRNSS 导航卫星等。

1.3 国内卫星观测情况

2022 年长春站继续对我国发射带激光角反射器的卫星观测任务进行全力支持，在国内卫星激光测距联测任务中取得了突出的观测成绩，为我国卫星的精密定轨做出了突出贡献。

表 1.3.1 2022 年长春站获得国内卫星数据结果列表

卫星名称	总观测圈数
Beidou3m2	96
Beidou3m3	108
Beidou3m9	115
Beidou3m10	117
COMPASS-G1	478
COMPASS-I3	166
COMPASS-I5	149
COMPASS-M3	115
COMPASS-I6B	167
HY-2B	416
HY-2C	545
HY-2D	603
长征二号火箭体 (X1)	104
长征二号火箭体 (X2)	51
X3t4a	46
X4t4b	45
总计	3321

1.4 2022 年新增卫星统计结果

本年度国际 ILRS 共增加了 4 颗联测卫星，长春站积极参与联测并获取了优异的观测成绩。新增联测卫星分别为欧洲伽利略卫星 Galileo-223、Galileo-224、激光相对论卫星 2 号 Lares-2 卫星、地表水/海洋地形 (SWOT) 任务卫星，长春站于 2023 年 2 月初开始联测 SWOT 卫星。

表 1.4.1 长春站 2022 年新添加卫星观测数据统计表

卫星名称	轨道高度 (km)	观测圈数 (pass)
Galileo-223	23220	75
Galileo-224	23220	70
Lares-2	5890	233
SWOT	850-890	0

1.5 2022 年观测数据弧段统计

为了提高观测数据质量，长春站加强了对每圈观测数据弧段和标准点数量的观测，2022 年全年观测数据圈数达到 19413 圈，观测数据点数超过 3.8 亿个。通过对全年数据的统计分析，近地星全年观测弧段最长的为 Lageos1 卫星，累计获得 406809 秒观测数据，其次为 Lageos2、Aisai 卫星等。

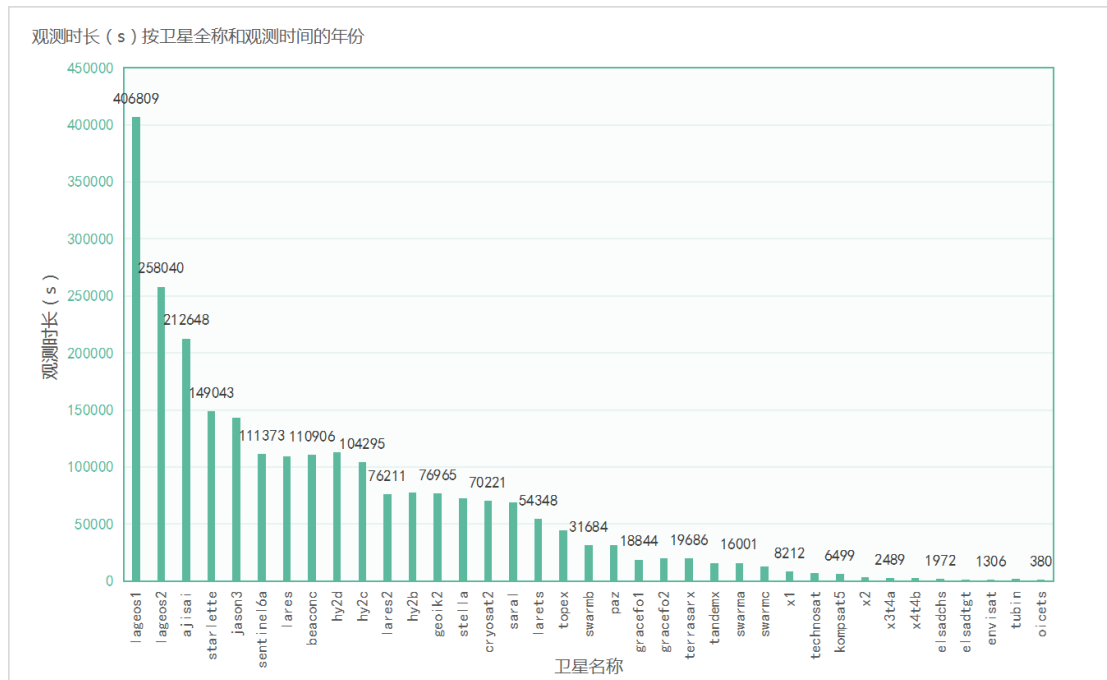


图 1.5.1 LAGEOS 和近地卫星累计观测时长

导航星观测数据量最多的为我国的北斗 CompassG1 卫星，共获得 97265 秒的观测数据。除此以外，同系统之间的卫星获得的观测数据比较平均，IRNSS 卫星全年观测数据弧段较少。

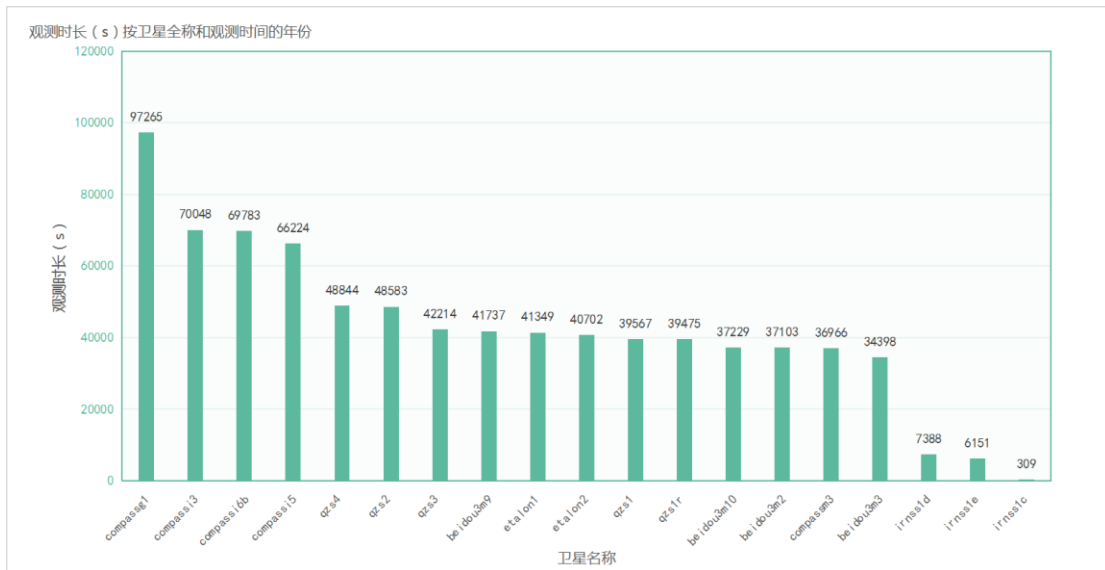


图 1.5.2 Compass/QZS/Etalon/Irns 卫星累计观测时长

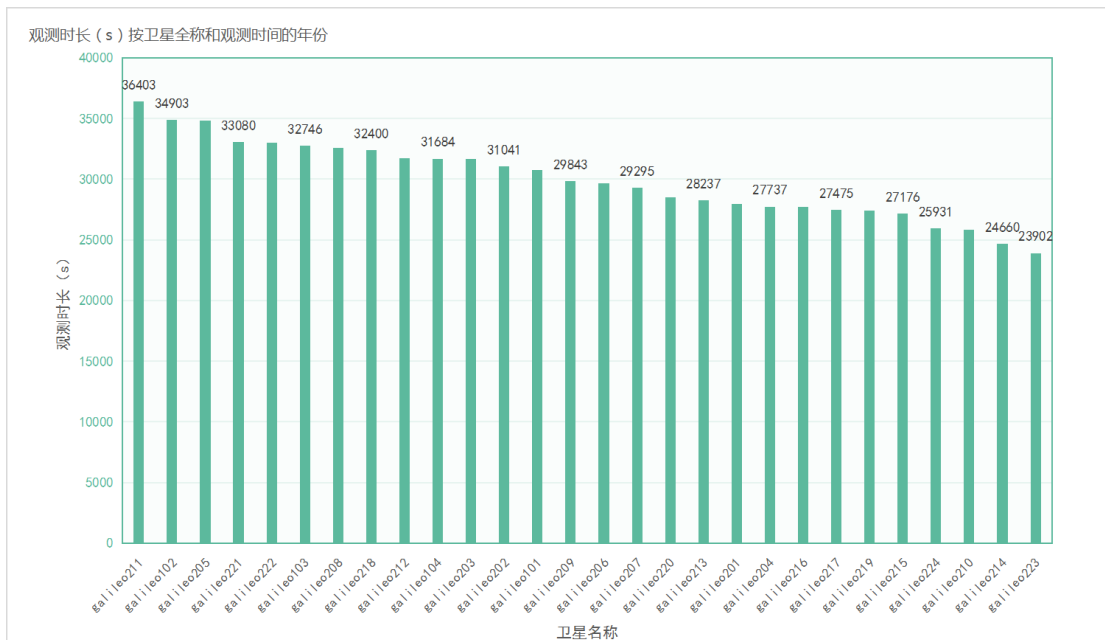


图 1.5.3 GALILEO 卫星累计观测时长

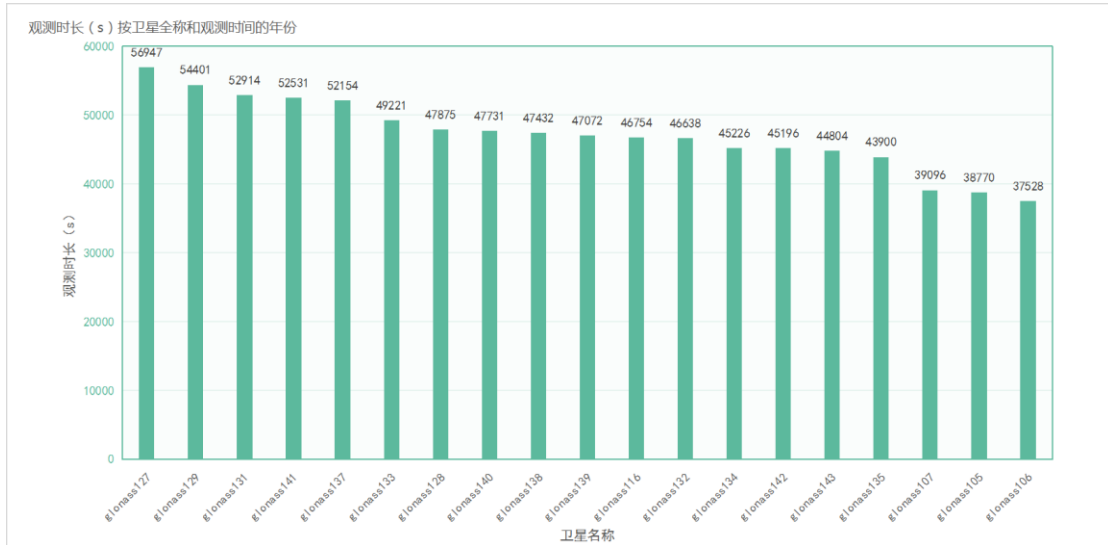


图 1.5.4 GLONASS 卫星累计观测时长

1.6 2022 年观测数据标准点统计

2022 年，全年获得的观测数据标准点数量和观测弧段的时长基本相符，获得标准点数量最多的为近地卫星 Sentinel6a，全年共获得 21882 个标准点，获得标准点最少的近地卫星为 Oicets 卫星，只获得了 24 个标准点。

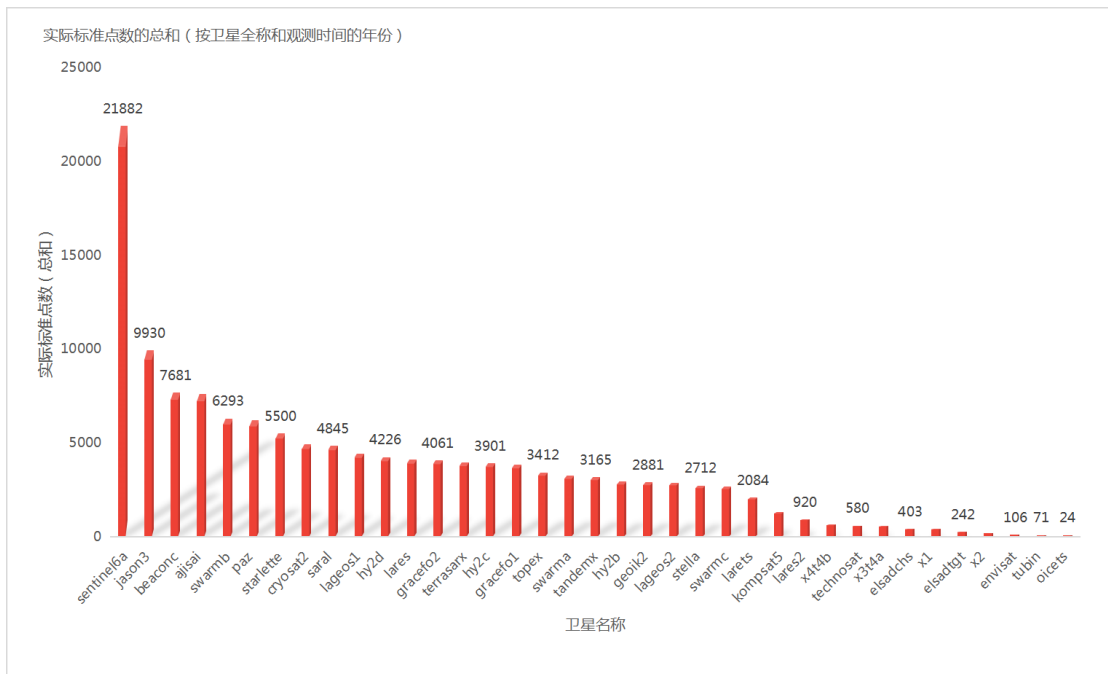


图 1.6.1 LAGEOS 和近地卫星标准点数

导航星观测数据标准点数量最多的为我国的北斗 CompassG1 卫星，共获得 1218 个标准点数据。除此以外，同系统之间的卫星获得的观测数据比较平均，

IRNSS 系列卫星全年观测数据弧段较少。

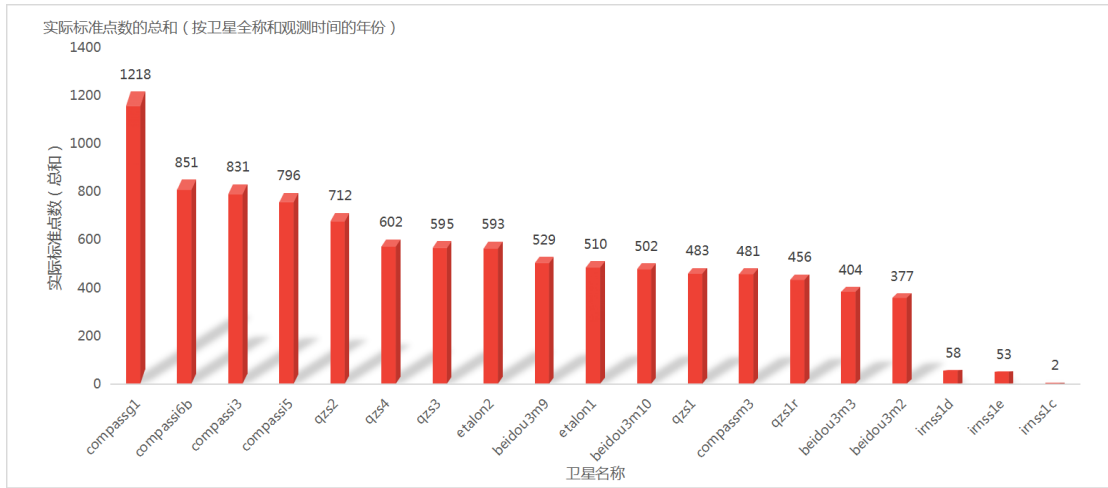


图 1.6.4 Compass/QZS/Etalon/Irnss1 卫星标准点数

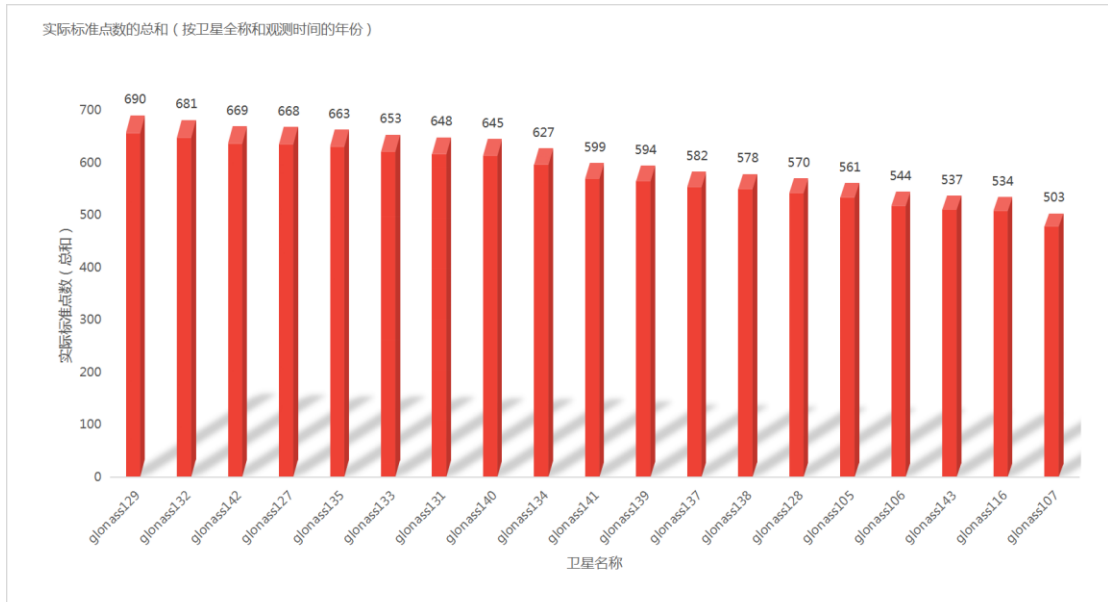


图 1.6.2 GLONASS 卫星标准点数

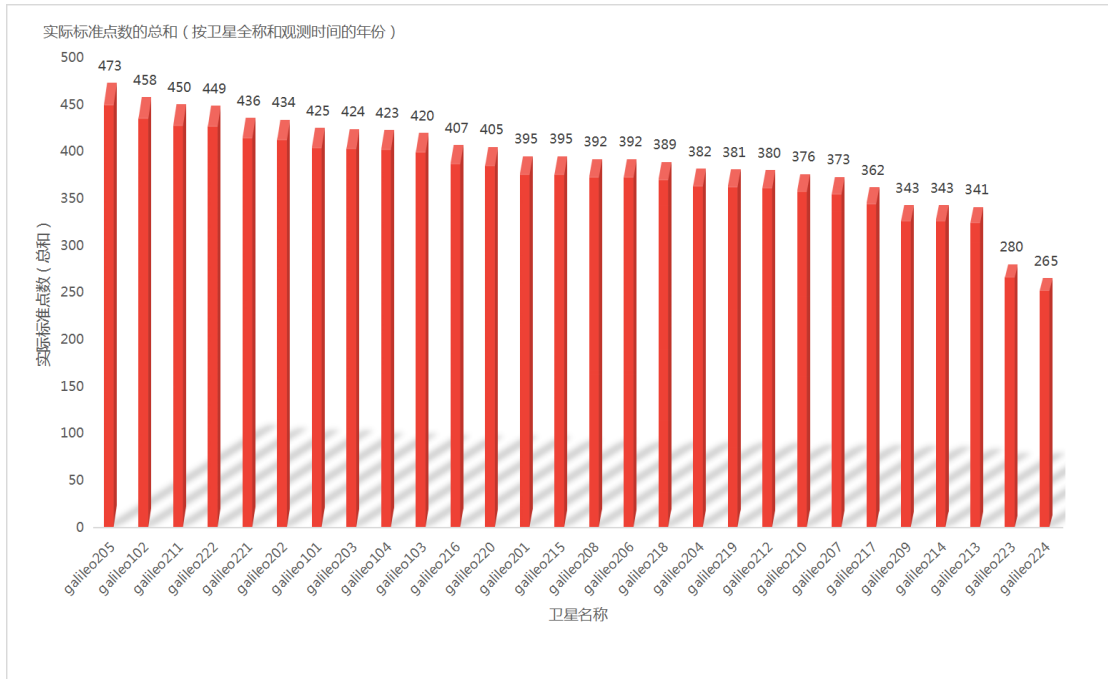


图 1.6.3 GALILEO 卫星标准点数

2 长春 SLR 环境条件情况分析

2.1 有效观测天数分析

长春 SLR 站位于吉林省长春市净月潭西山，地理位置优越，大气环境良好。2022 年共有 267 天获得了有效的观测数据，其中约占全年的 73.2%，平均每月的观测天数超过 22 天，其中单日获得 10 圈以下数据共有 23 天，单日观测数据超过 100 圈达到 82 天，占总观测圈数的 30%。整体来说，全年空气质量良好，扬尘天气较少。

表 2.1.1 2022 年有效观测天数统计结果

月份	观测天数
1	29
2	25
3	17
4	19
5	22
6	15

7	19
8	23
9	25
10	26
11	23
12	24
总计	267

表 2.1.2. 2022 年有效观测天数统计结果

圈数区间	2022 年有效天数
1 圈-10 圈	23
11 圈-20 圈	17
21 圈-30 圈	16
31 圈-40 圈	22
41 圈-50 圈	14
51 圈-60 圈	17
61 圈-70 圈	19
71 圈-80 圈	18
81 圈-90 圈	19
91 圈-100 圈	20
100 圈及以上	82
总计	267

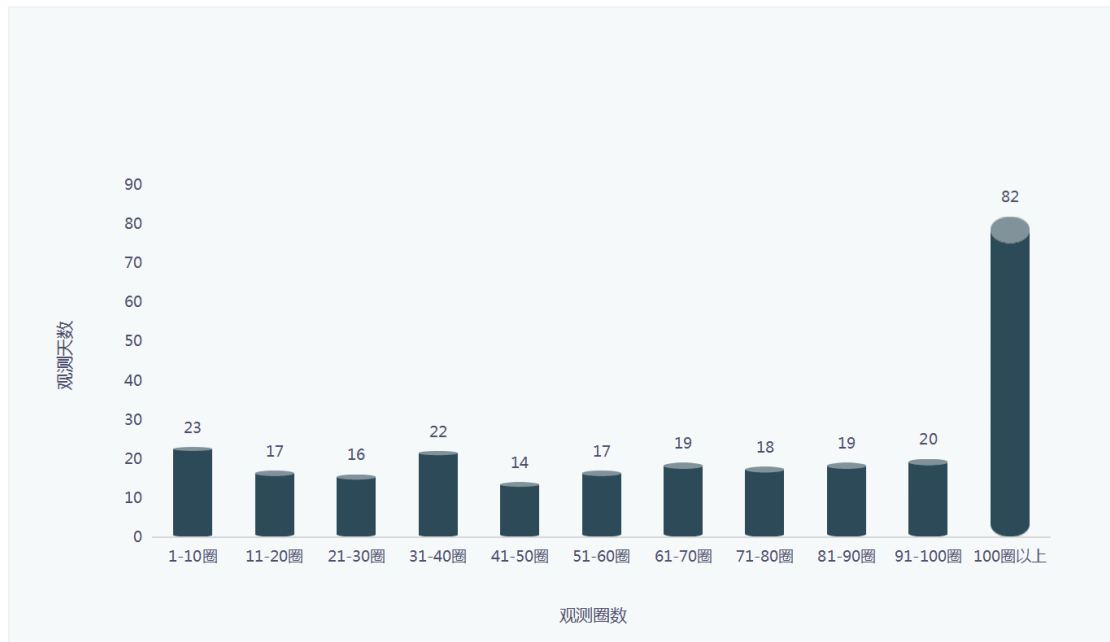


图 2.1.1 2022 年有效观测天数统计结果

2.2 气象条件情况分析

我站位于北纬 43.7905 度、海拔 274.2 米的山坡上，春季较短，干燥多风；夏季温热多雨，炎热天气不多；秋季凉爽，日夜温差较大；冬季漫长较寒冷，一年中有五个月温度平均值在 0℃ 以下。图 2.2.1、图 2.2.2 和图 2.2.3 分别是长春站全年的温度变化情况、湿度变化情况和气压变化情况。从图中可以看出全年最低温度可以达到 -26.7℃，最高温度可以达到 35.05℃，昼夜温差比较大。

CHAL Average Temperature (UTC)

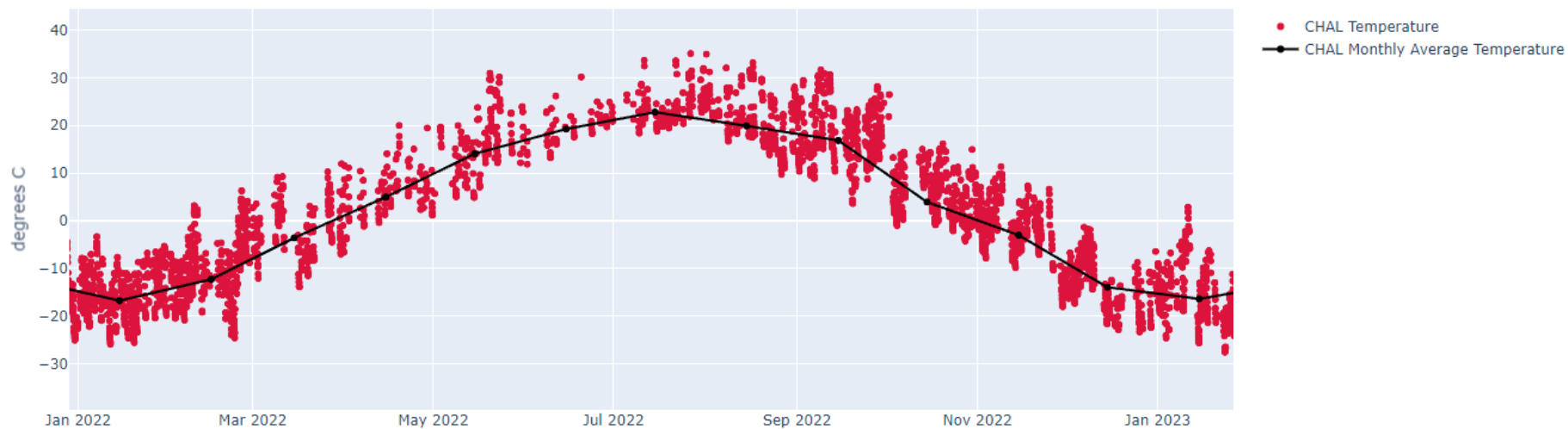


图 2.2.1 2022 年长春站全年温度变化情况

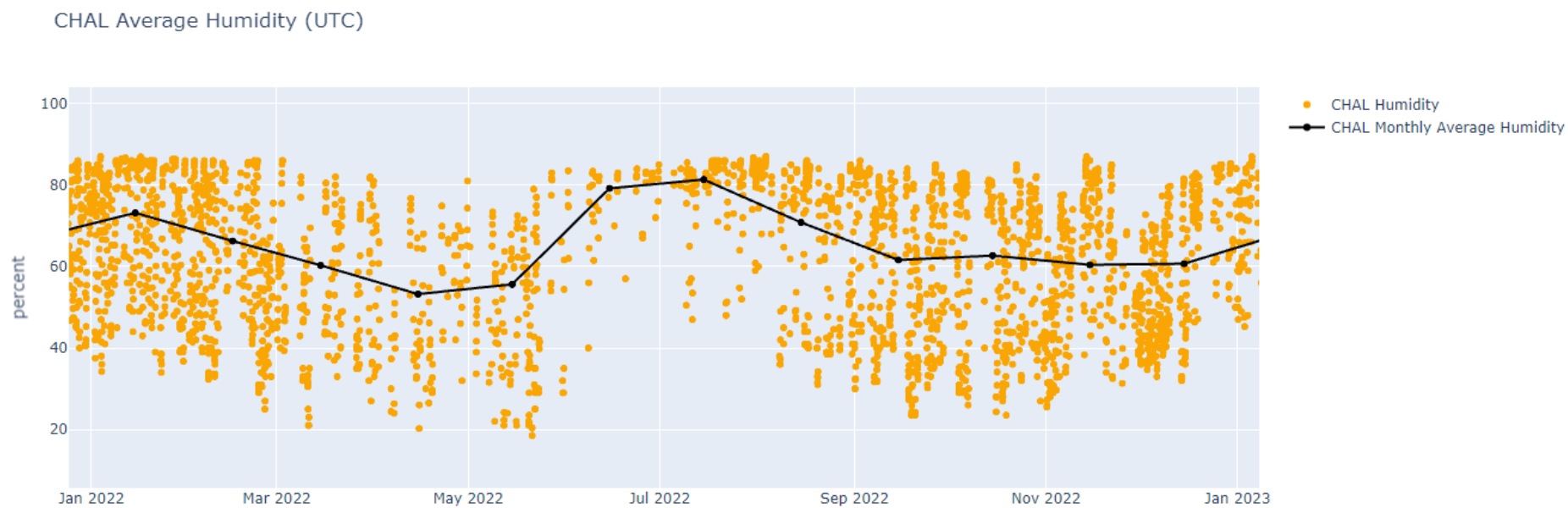


图 2.2.2 2022 年长春站全年湿度变化情况



图 2.2.3 2022 年长春站全年气压变化情况

3 观测数据结果精度稳定性分析

长春站采用重复频率为 1KHz 的激光测距系统，观测数据量及精度稳定性良好，没有较大的波动。2022 年 LAGEOS 卫星观测数据的全年平均精度为 10mm 左右，符合国际数据中心的统计分析结果。

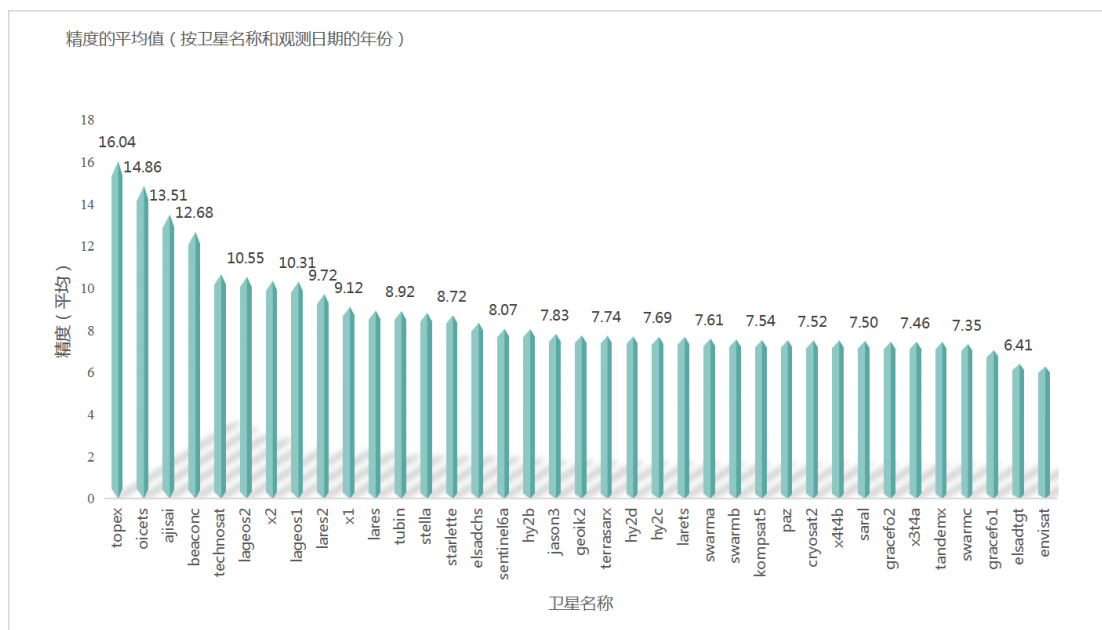


图 3.1.1 LAGEOS 和近地卫星观测数据平均精度（单位 mm）

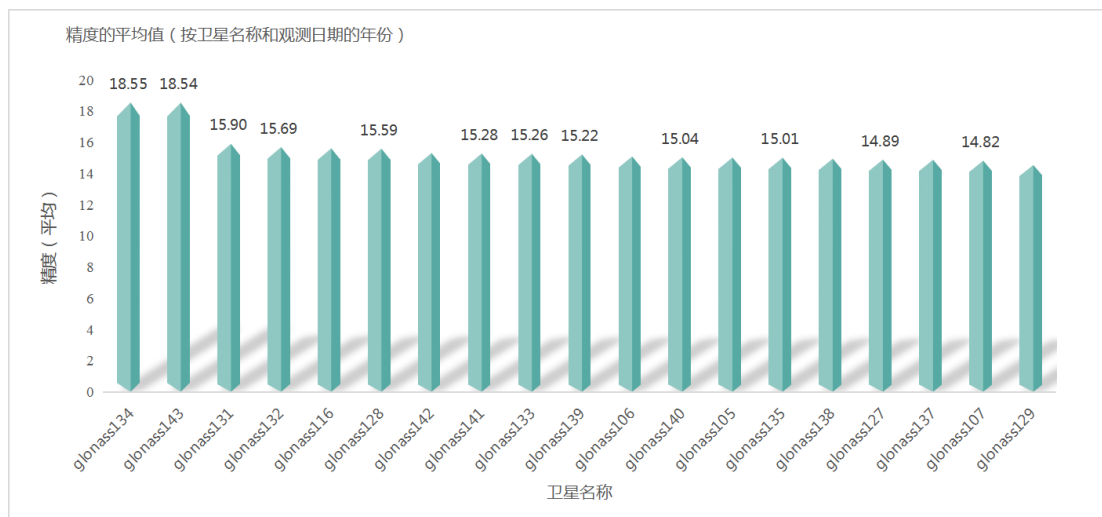


图 3.1.2 GLONASS 卫星观测数据平均精度（单位 mm）

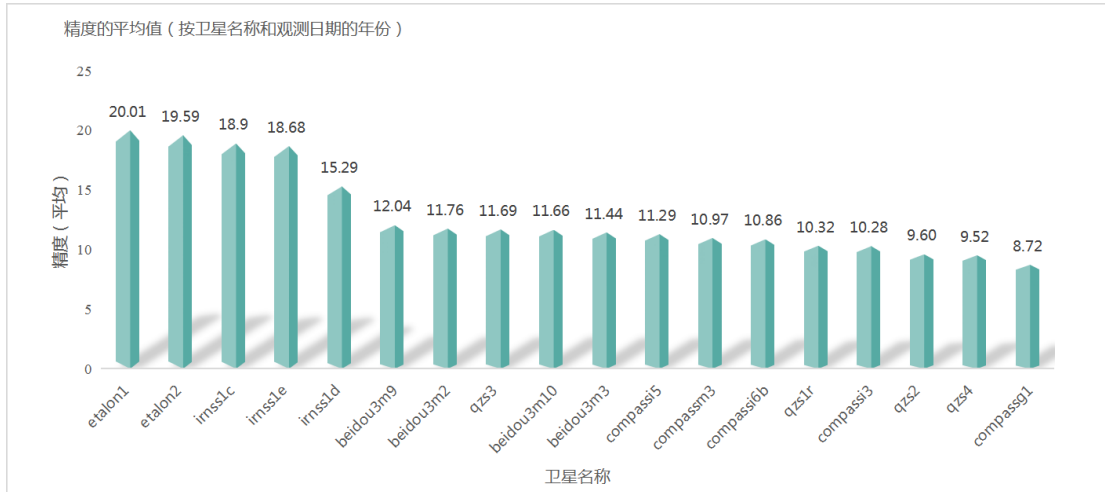


图 3.1.3 远地卫星观测数据平均精度 (单位 mm)

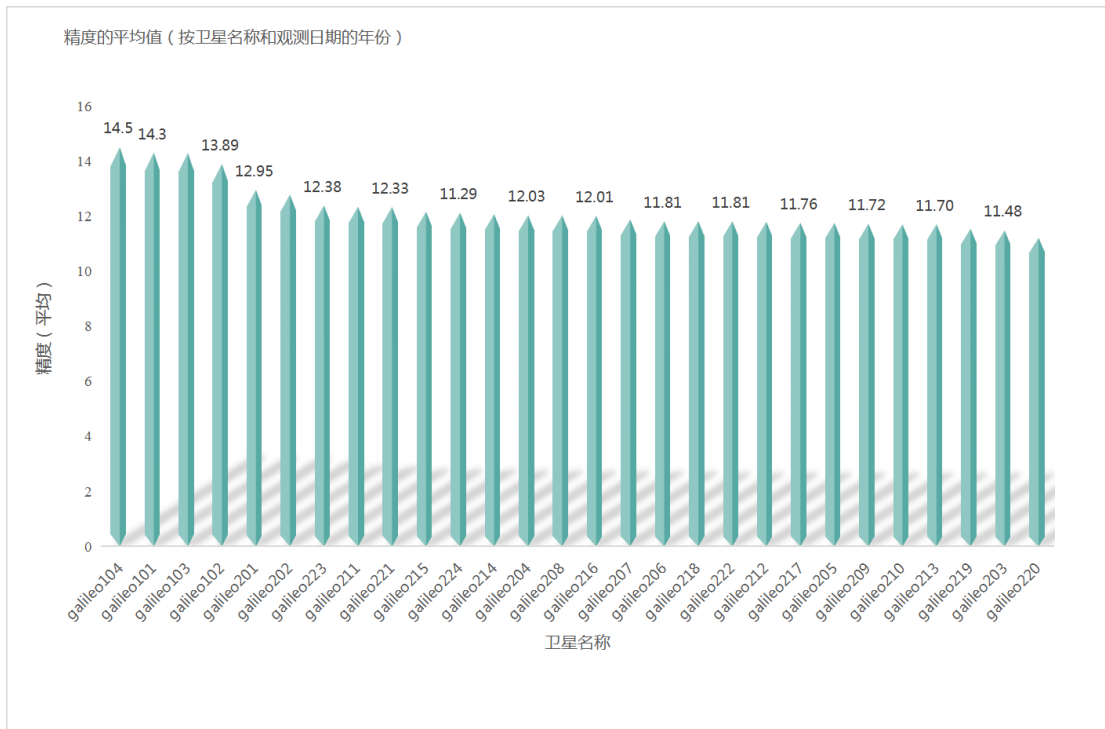


图 3.1.4 Galileo 卫星观测数据平均精度 (单位 mm)

4 系统升级改造及维护

为了进一步提高测距系统的测距能力与稳定性，长春站在 2022 年对激光测距系统进行了一些升级与改进。

1、系统常规维护

(1) 提高SLR系统稳定性

为了提升观测数据的稳定性，严格规定 LAGEOS 卫星的观测要求，限定观测弧段、数据点数及数据处理方法等。

(2) 提高 SLR 系统测距能力

定期进行 SLR 系统的精确调整，包括开展望远镜监视视场与接收视场重合监视的调整，定期进行 C-SPAD 探测器灵敏区精确调整、Coude 光路精密调整等，开展系统综合指向偏差的应用。

(3) 圆顶维护

定期更换圆顶滚轮，更换钢丝，打磨圆顶外围瓷砖防止磨损圆顶支撑臂，定期检查圆顶开关线路等。

(4) 望远镜维护

- 完成编码器光电信号的调试，解决了因编码器光电信号畸形引起望远镜跟踪抖动的问题。
- 解决电动可变光阑（IRIS）行程控制保护装置中电机故障。
- 解决限位拨爪故障。
- 解决伺服编码器灯故障，更换新的伺服编码器灯，并完成安装调试等工作。

2、系统硬件升级改造

(1) 望远镜防飞车实时自动反馈机构设计

为了防止伺服系统因编码器灯出现故障，导致望远镜飞车，设计伺服编码器防飞车装置。通过对编码器灯状态的监测，来控制伺服总电源的开关，防止望远镜出现飞车。

(2) 改进限位保护系统

改进限位开关的控制方式，防止限位开关出现无法复位现象，采用新的耐磨聚氨酯材料作为限位装置的步轮，完成安装调试，保障限位器有效计步。

(3) 监控安装

安装监控相机，保证值班观测人员随时查看激光间、圆顶天区、望远镜墩子、光路调整间的情况，保证观测人员在观测过程中可以监控到激光器等重要设备的情况。

3、系统软件升级改进

(1) SLR 系统环境重新部署

为适配新版 RGG，重新调整并部署了测距控制计算机与数据处理计算机上的 SLR 系统环境，使得测距控制计算机与数据处理机上的 SLR 系统软件可以正常运行。完成与新版 RGG 相匹配的测距控制软件升级，使得测距系统继续保持稳定的观测任务输出。

(2) 数据处理相关软件升级

- 预报下载功能升级：优化预报下载方案，缩短下载时间；基于时间偏差 TB 进行预报筛选下载，使得所用预报更有利于目标观测；新增下载白名单，可以指定下载预报与预报中心对应关系。
- 跟踪文件生成功能升级：将高轨卫星跟踪文件以 4h 时长进行分段，提升高轨卫星的观测数据更新频率，缩短了数据更新周期，有助于及时获取到最新的观测数据。
- 数据处理功能升级：对常规 SLR 测距系统软件数据处理功能进行升级，使系统具备同时直接生成 CRD v1.0 和 CRD v2.0。
- 系统标校功能升级：增加地靶数据处理结果有效性判断功能，有助于及时捕捉激光器、地靶等设备的异常状态，及时进行设备的保养与维护。
- CRD 数据上传功能升级：根据 ILRS 相关政策，增加 SLR 系统的 CRD v2.0 上传功能；根据 ILRS 对于上传文件的抓取策略，优化 SLR 系统的 CRD 文件上传机制，解决了大文件（frd 文件）上传数据不完整的问题。

(3) 完成观测数据可视化软件的开发

便捷获取关键数据，对观测综合状况进行分析，提升分析效率，把控观测状态，有助于及时发现问题，提高观测质量，提升观测任务量。

5 总结

本文主要介绍了 2022 年长春站卫星激光测距系统的总体观测情况，全年总体观测运行情况平稳，观测数据总圈数位居世界第二位，高轨卫星的观测圈数位居世界第一位。介绍了全年观测目标情况以及新增的观测目标情况，分析了国内卫星的观测情况，观测数据点数情况，观测数据结果精度稳定性情况以及长春站环境条件情况分析。为了保证测距系统的测距能力与稳定性，长春站在 2022 年

对系统进行了常规的升级和改进，定期进行 SLR 系统的精确调整，对圆顶和望远镜定期进行维护，严格限定 LAGEOS 卫星的观测弧段、数据点数及数据处理方法。重新调整并部署 SLR 系统环境使测距系统稳定输出数据，对数据处理相关软件进行升级，完成观测数据可视化软件的开发。总体来说，2022 年长春站 SLR 系统运行平稳，取得了良好的观测成绩。