

# 2021 长春站卫星激光测距观测报告

**摘要：**简要介绍了 2021 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，2021 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 2021 年长春 SLR 总体观测情况

2021 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 2021 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和高轨卫星观测数据量均位居世界第二位，如图 1.1.1 和图 1.1.2。

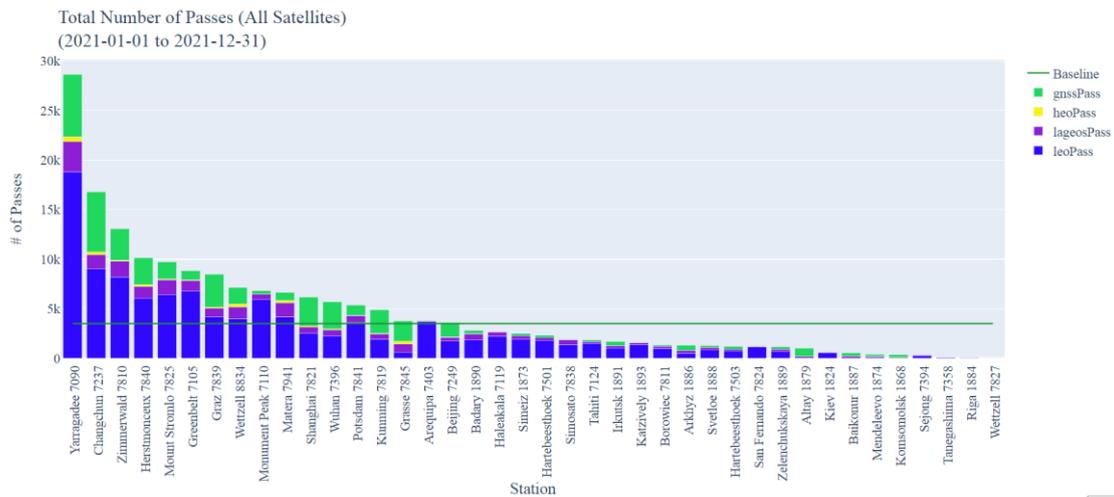


图 1.1.1 国际卫星激光测距台站总观测数据统计图

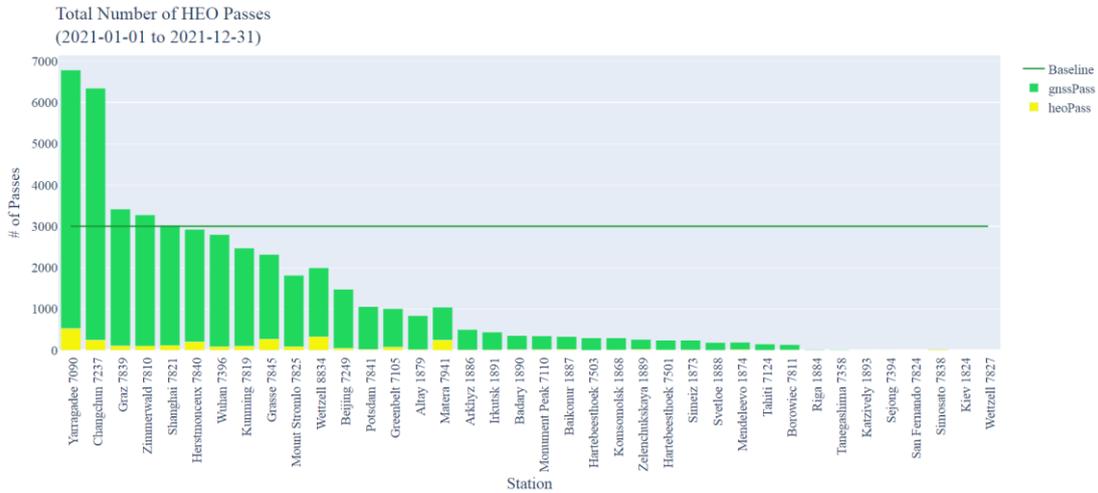


图 1.1.2 国际卫星激光测距台站高轨卫星观测数据统计图

2021 年，长春站 KHz 卫星激光测距系统共获得观测数据总量达到 18421 圈，有效观测数据点数超过 3.3 亿。其中白天观测数据总量达到 3478 圈，单月观测数据最多为 3269 圈，单月白天观测数据最多达到 669 圈，单日观测数据最多达到 169 圈。表 1.1.1 为 2021 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 12 月，观测数据超过 3000 圈，其次是 2 月、3 月、10 月和 11 月，观测数据量达到近 2000 圈，观测数据较少的月份主要集中在 6 月、7 月、8 月和 9 月，观测数据量不到 1000 圈，主要原因是因为天气条件较差。

表 1.1.1 2021 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	510	1922	2432
2	430	1554	1984
3	541	1264	1805
4	365	896	1261
5	144	920	1064
6	154	436	590
7	85	623	708
8	91	604	695
9	93	659	752

10	180	1844	2024
11	216	1621	1837
12	669	2600	3269
总计	18421	3478	14943

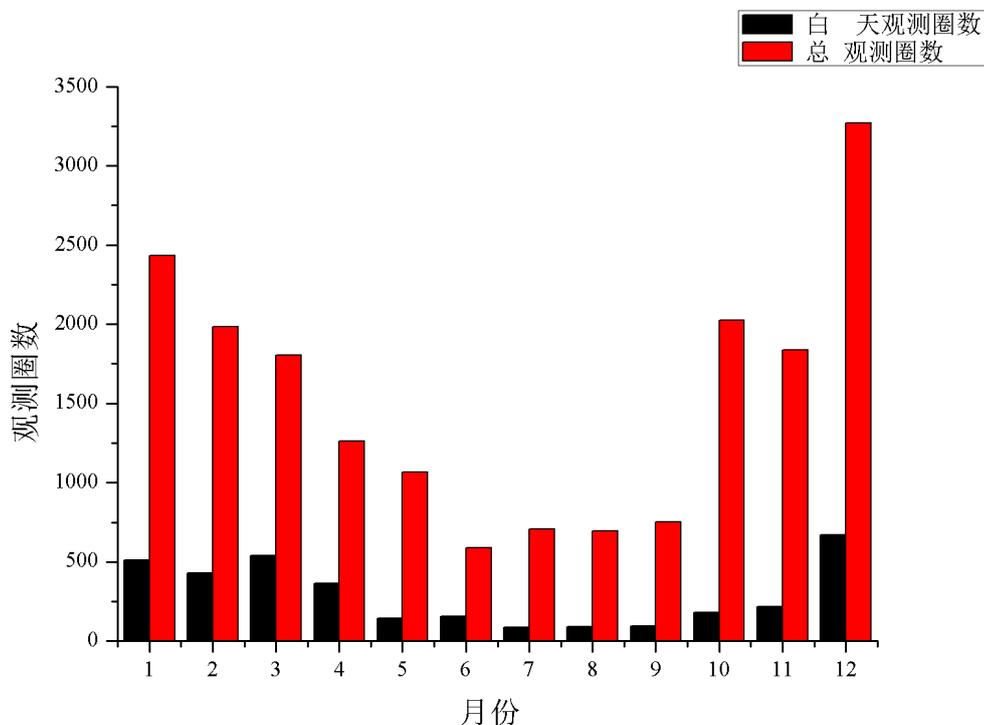


图 1.1.3 2021 年长春站 SLR 月观测数据统计图

## 1.2 观测目标情况

2021 年，长春站共观测国际国内卫星 95 颗，并获得了有效观测数据。包括低轨道观测目标 30 颗，地球动力学卫星 LAGEOS-1 和 LAGEOS-2，以及高轨道卫星 93 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

2021 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 2021 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	99
Beidou3m3	98
Beidou3m9	121
Beidou3m10	109
COMPASS-G1	421
COMPASS-I3	176
COMPASS-I5	171
COMPASS-M3	101
COMPASS-I6B	200
HY-2B	383
HY-2C	568
HY-2D	308
长征二号火箭体 (X1)	132
长征二号火箭体 (X2)	83
总计	2970

#### 1.4 2021 年新增卫星统计结果

本年度国际 ILRS 共增加了 2 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德国的遥感卫星 TUBIN 和我国的海洋二号 D 卫星。

表 1.4.1 长春站 2021 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)
HY-2D	971	308
TUBIN	522-536	14

#### 1.5 2021 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，2021 年全年观测数据圈数达到 18421 圈，观测数据点数超过 3.3 亿个。通过对全年数据的统计分析，全年观测弧段最长的为 LAGEOS1 卫星，累计获得

379459 秒观测数据，其次为 LAGEOS-2、AJISAI 卫星等。

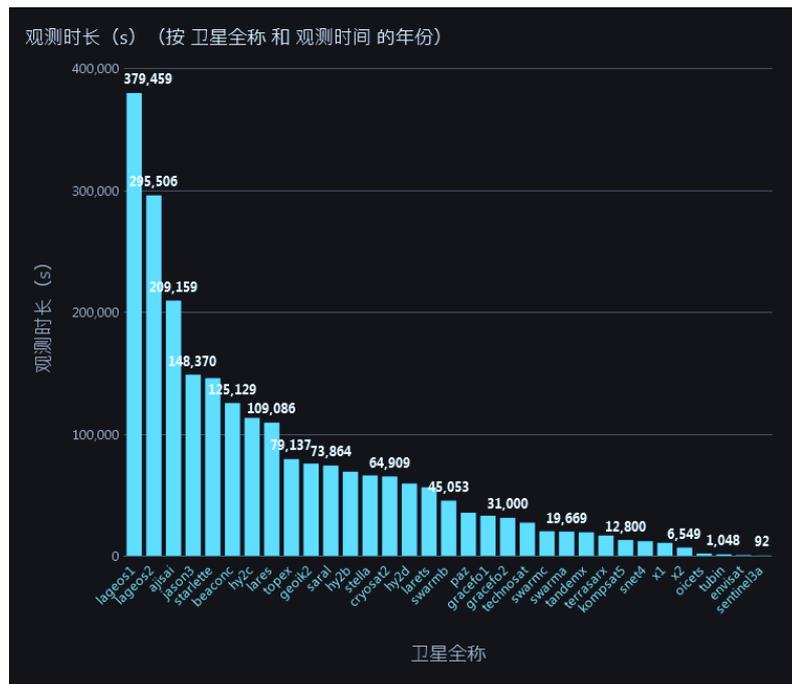


图 1.5.1 LAGEOS 和近地卫星累计观测时长

导航星观测数据量最多的为我国的北斗 CompassG1 卫星，共获得 112394 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。

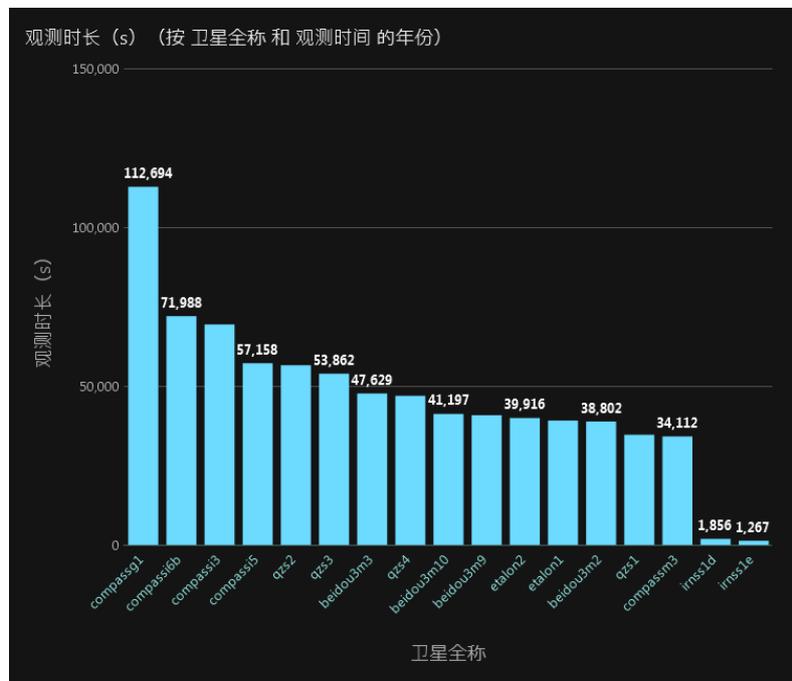


图 1.5.2 Compass/QZS/Etalon/Irnss1 卫星累计观测时长

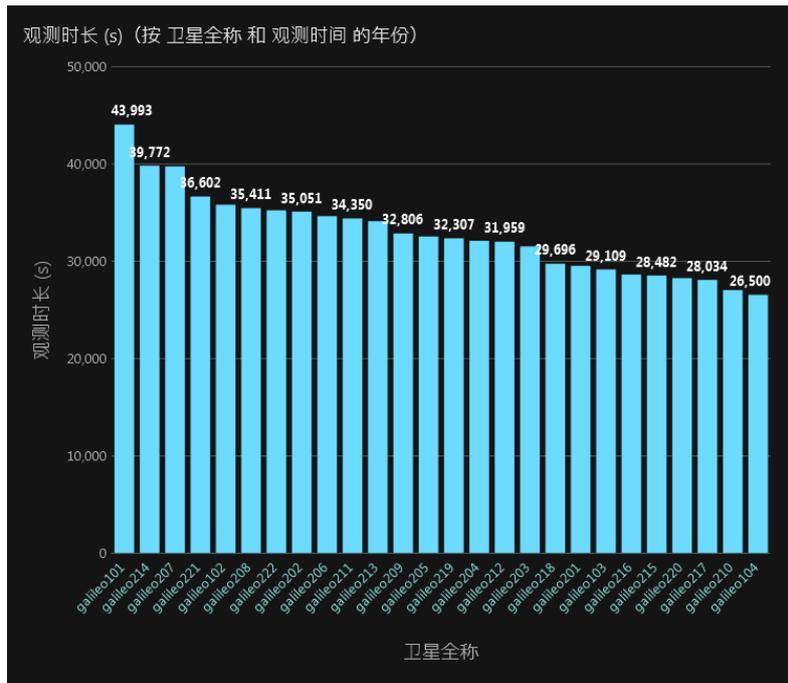


图 1.5.3 GALILEO 卫星累计观测时长

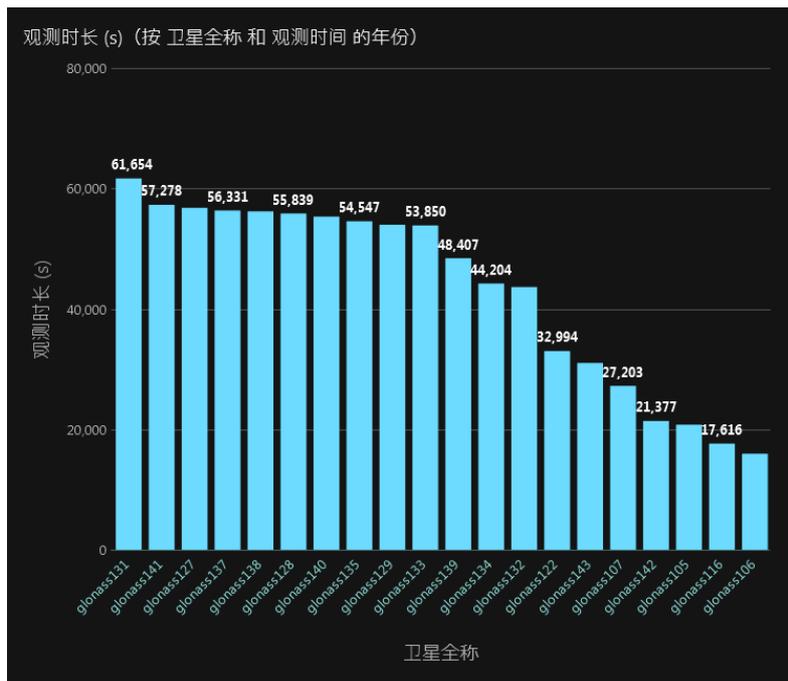


图 1.5.4 GLONASS 卫星累计观测时长

## 1.6 2021 年观测数据标准点统计

2021 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 Jason3，全年共获得 10324 个标准点，获得标准点最少的卫星为 Sentinel-3A 卫星，只获得了 6 个标准点。

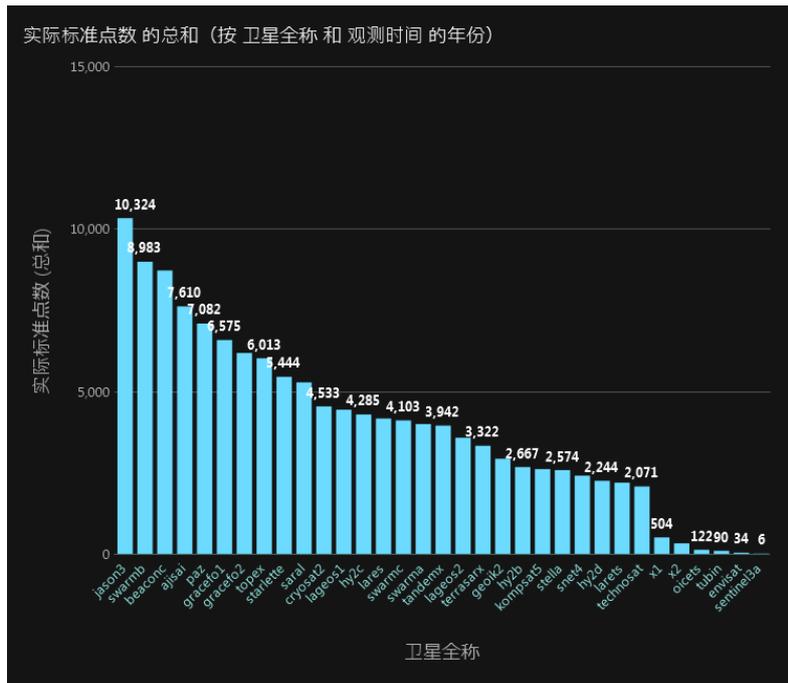


图 1.6.1 LAGEOS 和近地卫星标准点数

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 1129 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。

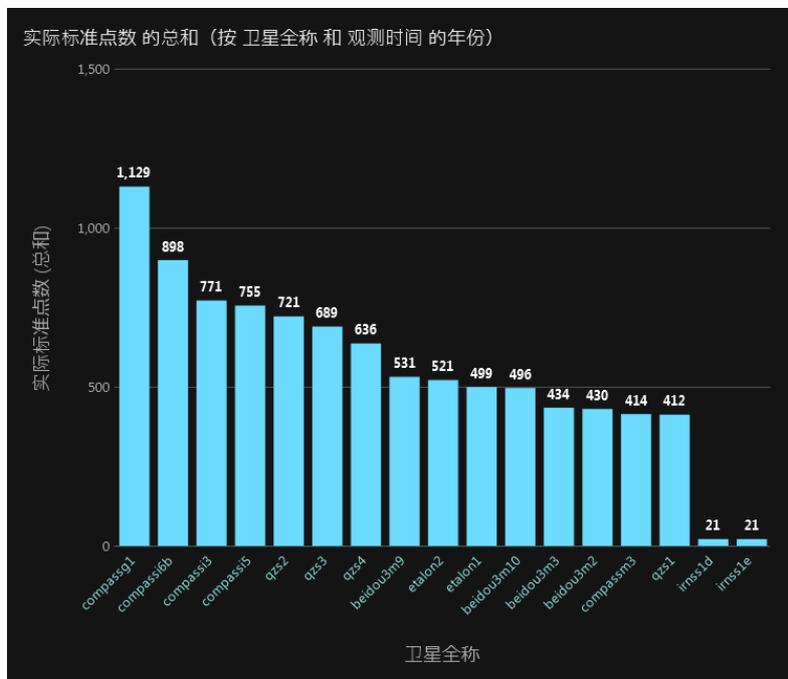


图 1.6.4 Compass/QZS/Etaion/Irnss1 卫星标准点数

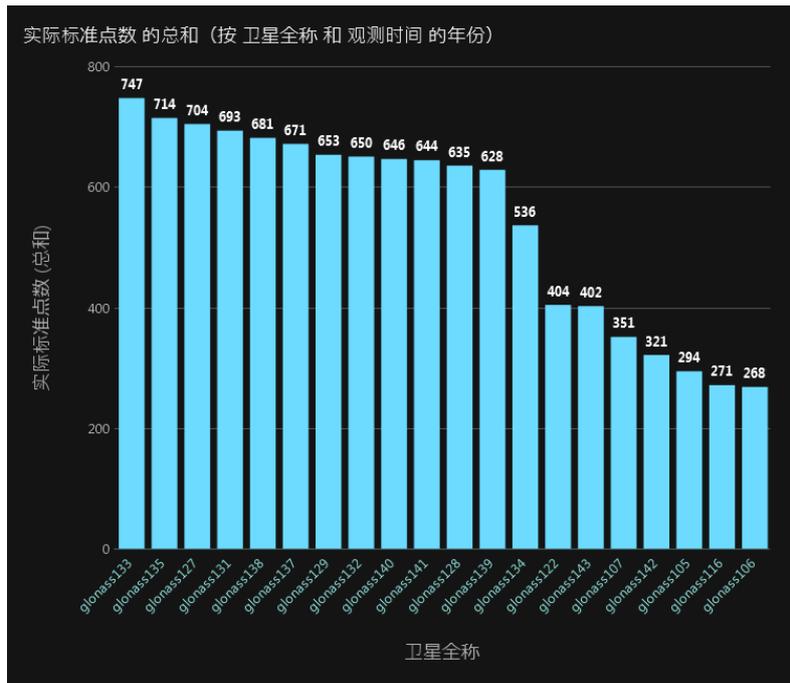


图 1.6.2 GLONASS 卫星标准点数

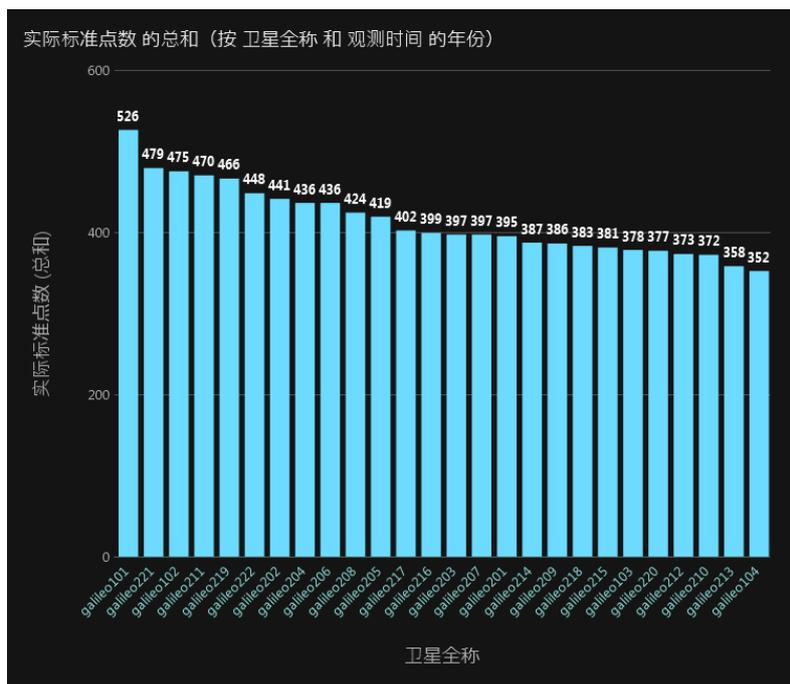


图 1.6.3 GALILEO 卫星标准点数

## 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。2021 年共有 279 天获得了有效的观测数据，其中约占全年的 76.4%，平均每月的观测天数超过 23 天，其中单日获得 10 圈以下数据共有 29 天，单日观测数据超过 100 圈达到 71 天，占总观测圈数的四分之一。整体来说，全年空气质量良好，浮尘天气较少。

表 2.1.1 2021 年有效观测天数统计结果

月份	观测天数
1	25
2	26
3	28
4	22
5	30
6	21
7	23
8	14
9	14
10	23
11	23
12	30
总计	279

表 2.1.2. 2021 年有效观测天数统计结果

圈数区间	2021 年有效天数
1 圈-10 圈	29
11 圈-20 圈	25
21 圈-30 圈	21
31 圈-40 圈	27

41 圈-50 圈	19
51 圈-60 圈	22
61 圈-70 圈	16
71 圈-80 圈	12
81 圈-90 圈	17
91 圈-100 圈	20
100 圈及以上	71
总计	279

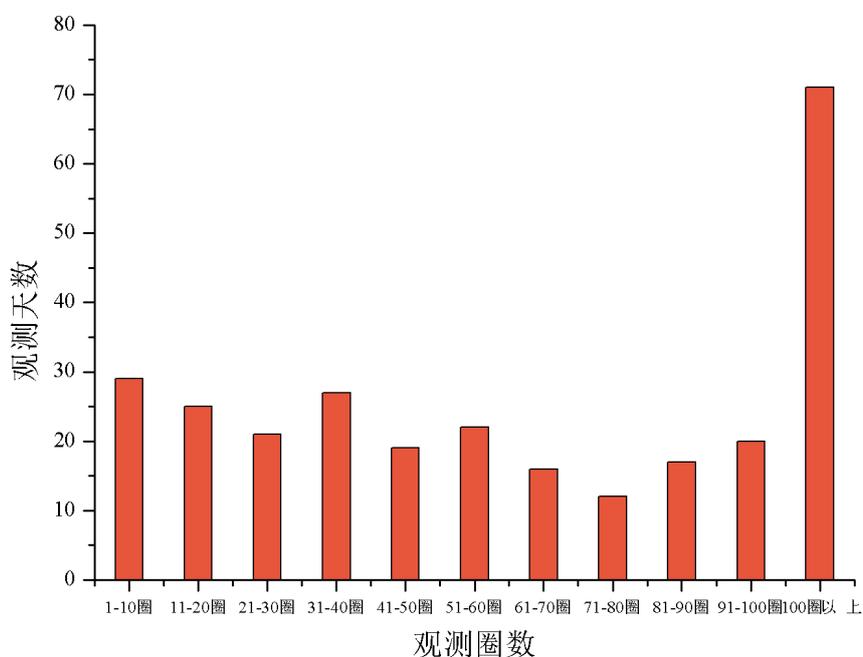


图 2.1.1 2021 年有效观测天数统计结果

## 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 -28.3℃，最高温度可以达到 36.3℃，昼夜温差比较大。

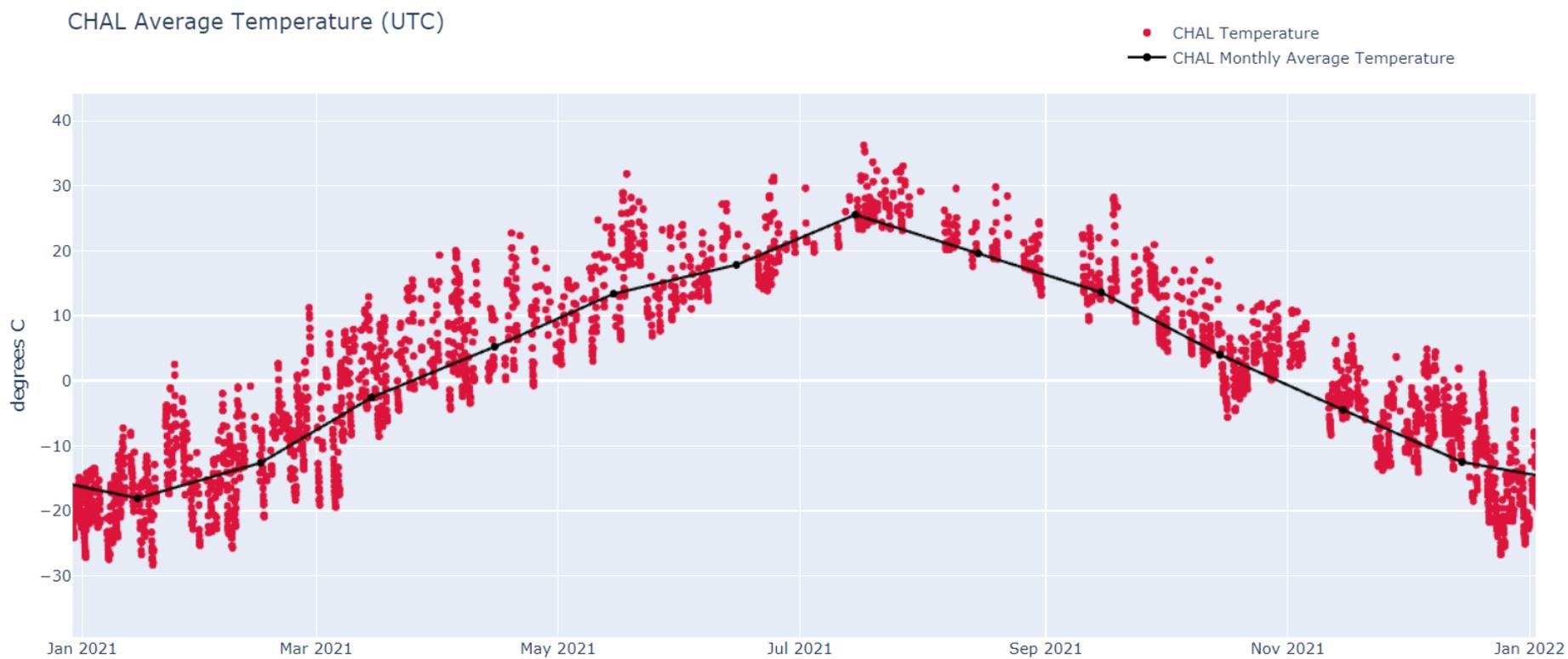


图 2.2.1 2021 年长春站全年温度变化情况

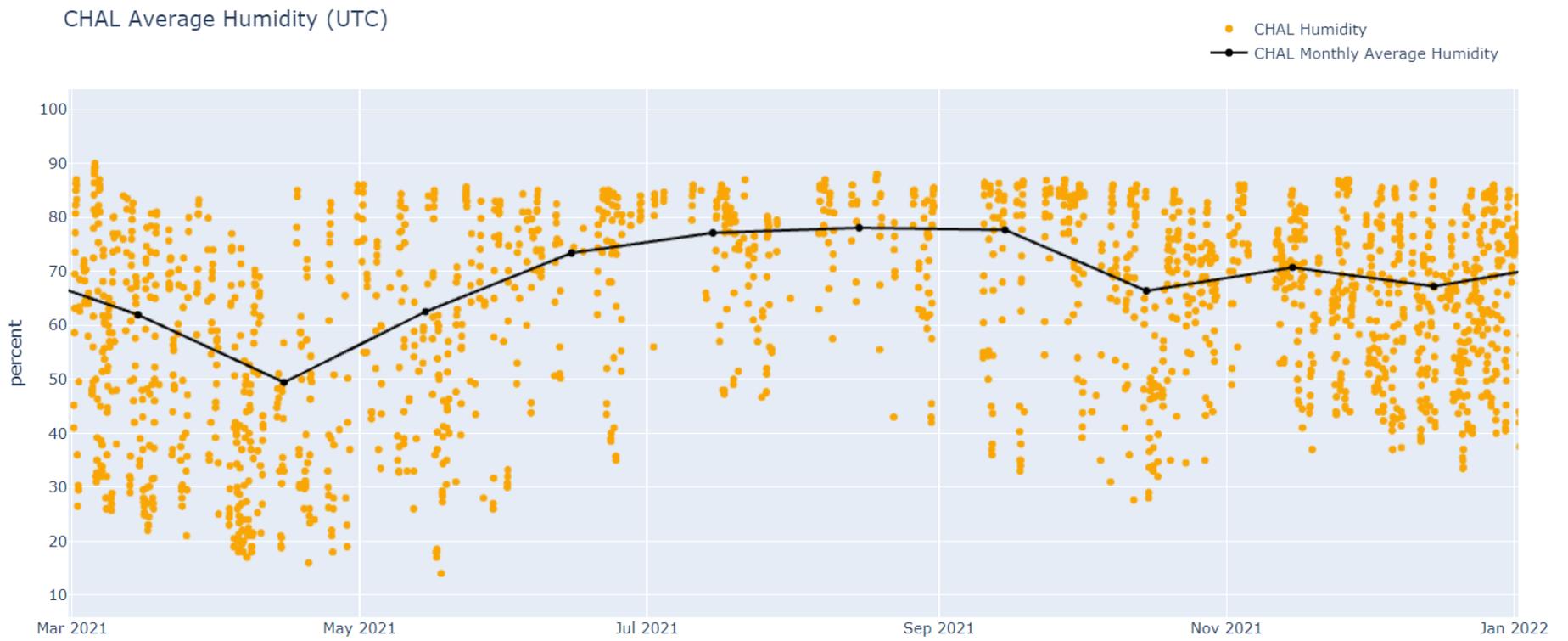


图 2.2.2 2021 年长春站全年湿度变化情况



图 2.2.3 2021 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。2021 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。

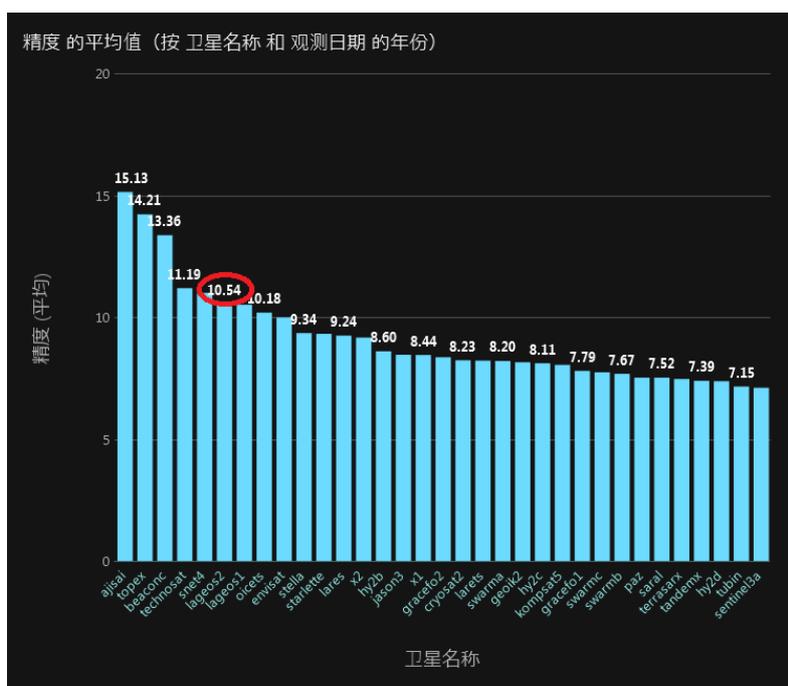


图 3.1.1 LAGEOS 和近地卫星观测数据平均精度（单位 mm）

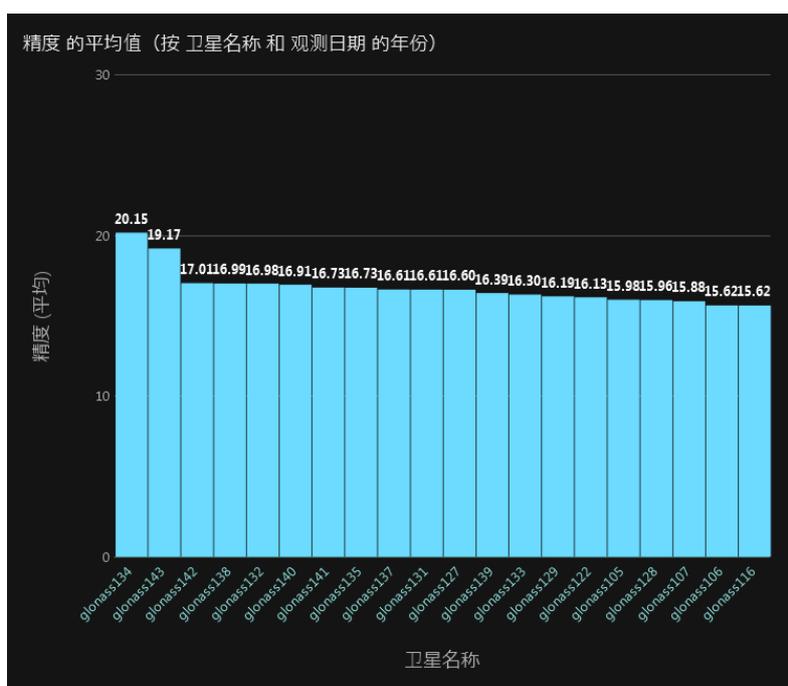


图 3.1.2 GLONASS 卫星观测数据平均精度（单位 mm）

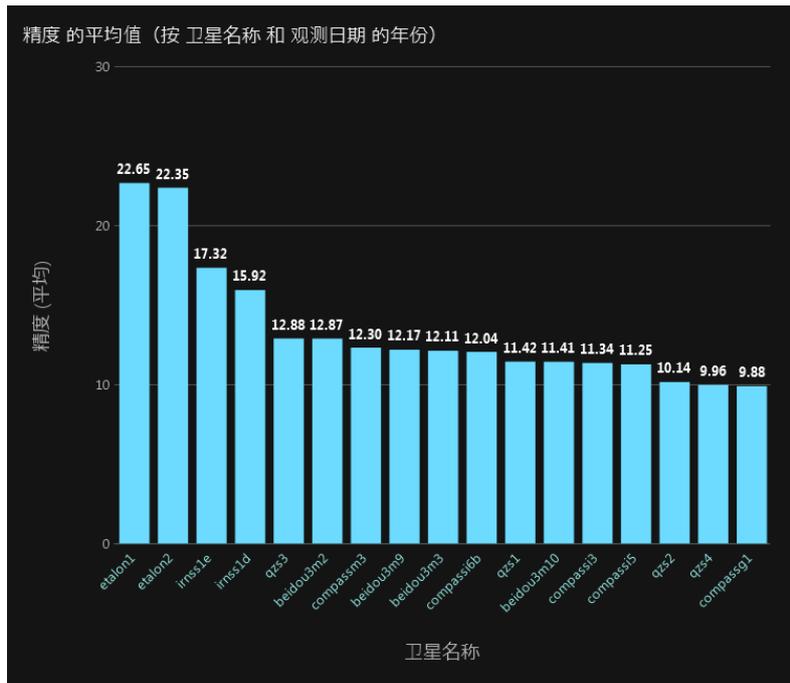


图 3.1.3 远地卫星观测数据平均精度 (单位 mm)

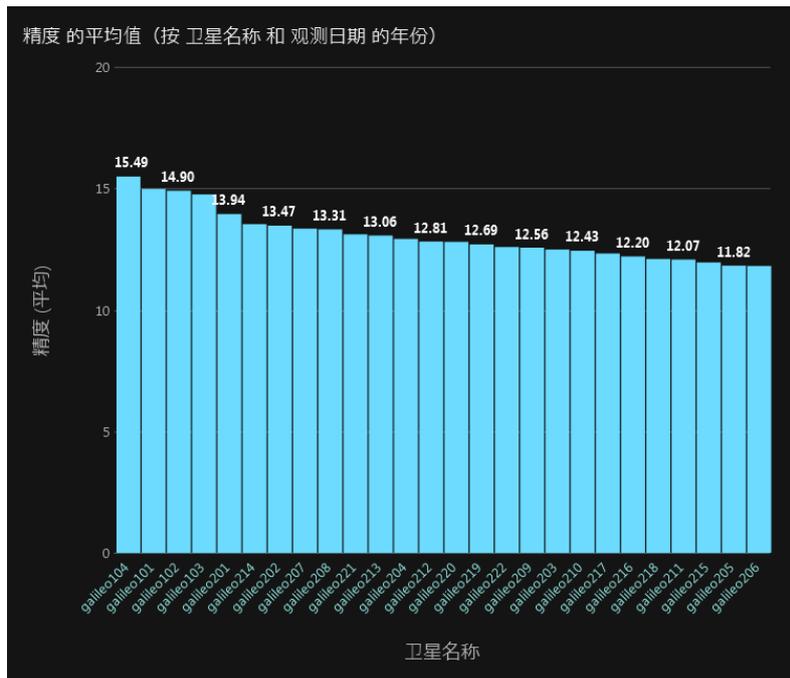


图 3.1.4 Galileo 卫星观测数据平均精度 (单位 mm)

#### 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 2021 年对系统也进行了一些升级与改进。

#### (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、白天北极星校准接收视场中心点的调整、Coude 光路精密调整等，开展系统综合指向偏差的应用。

(3) 更换激光器，采用具有更高输出功率和更好脉冲稳定性的 kHz 皮秒激光器进行常规观测。经过优化升级，SLR 系统的数据精度及稳定性得到了一定改善。

(4) 更换望远镜编码器方位 PWM 驱动器，望远镜方位跟踪恢复正常。

(5) 采用新研制的 FPGA/DSP 的测距控制距离门发生器，将 FPGA 输出的点火信号直接与点火线连接，不再使用原计算机控制点火增强板。

## 5 总结

本文主要介绍了 2021 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，观测数据总圈数和高轨卫星的观测圈数均位居世界第二位。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 2021 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，严格限定 LAGEOS 卫星的观测弧段、数据点数及数据处理方法。采用新研制的 FPGA/DSP 的测距控制距离门发生器。总体来说，2021 年长春站 SLR 系统运行平稳，取得了良好的观测成绩。