

# 2017 年长春站卫星激光测距观测报告

**摘要：**简要介绍了 2017 年长春站卫星激光测距（SLR）的总体观测情况及取得的观测成绩，统计了本年度国际常规联测卫星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，并分析了长春站的环境条件变化情况以及数据精度。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。

**关键词：**卫星激光测距，常规观测，系统改造

## 一、常规观测概况

### 1.1 2017 年长春 SLR 总体观测情况

2017 年，经过长春站激光测距研究室全体成员对测距系统的升级改造与维护，长春卫星激光测距系统测距能力稳步提升，再次取得优异的成绩。在国际激光测距服务组织数据中心公布的全年全球观测数据统计排名中，长春站位居世界第二位。

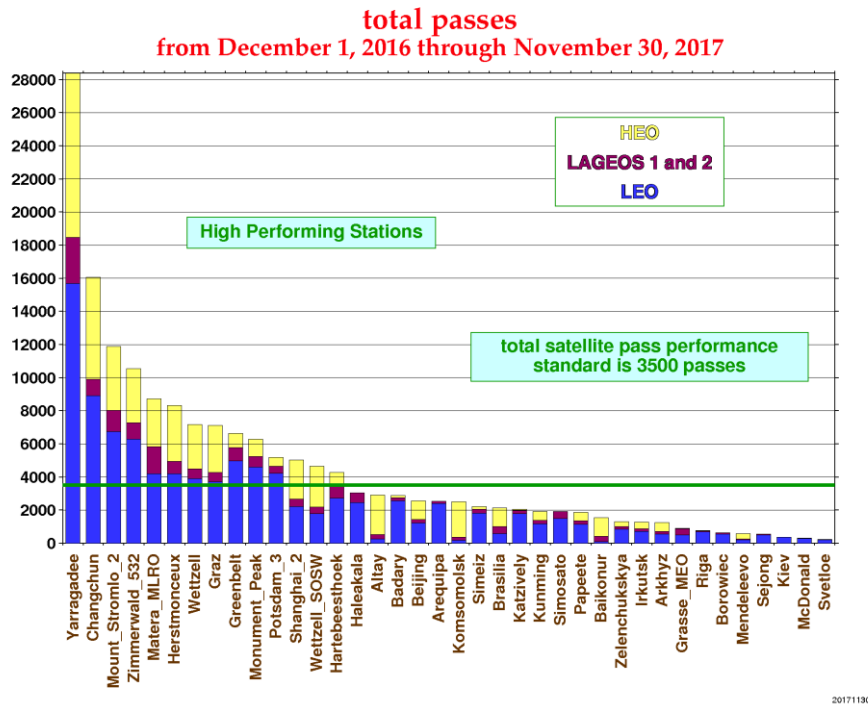


图 1.1.1 国际卫星激光测距台站总观测数据统计结果

2017 年，长春站 KHz 卫星激光测距系统共获得观测数据总量达到 17898 圈，有效观测数

据点数超过 1.8 亿。其中白天观测数据总量达到 5789 圈，单月观测数据最多为 2263 圈，单月白天观测数据最多达到 747 圈，单日观测数据最多达到 154 圈。表 1.1.1 为 2017 年长春站全年 SLR 观测数据结果统计表。

表 1.1.1 2017 年长春站 SLR 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	518	1514	2032
2	456	819	1275
3	283	808	1091
4	508	882	1390
5	213	212	425
6	431	716	1147
7	508	564	1072
8	502	625	1127
9	<b>747</b>	1343	2090
10	737	1526	<b>2263</b>
11	525	1417	1942
12	361	1683	2044
总计	<b>5789</b>	<b>12109</b>	<b>17898</b>

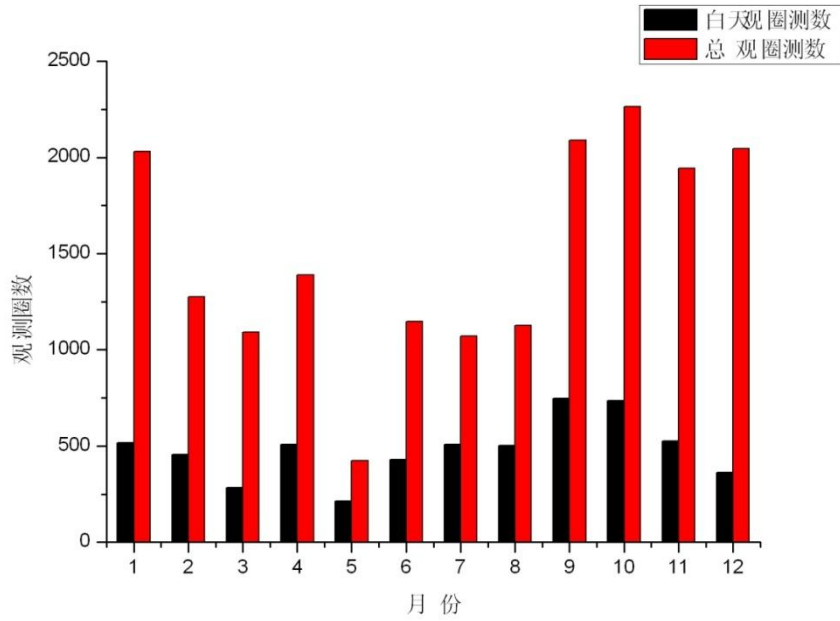


图 1.1.2 2017 年长春 SLR 白天和夜间观测数据统计图

## 1.2 观测目标情况

2017 年，长春站共观测国际国内常规联测卫星 85 颗，并获得了有效观测数据。包括低轨道观测目标 23 颗，地球动力学卫星 LAGEOS-1 和 LAGEOS-2，以及高轨道卫星 60 颗，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 导航系列卫星、日本的 QZSS 导航系列卫星及印度的 IRNSS 导航系统卫星等。

表 1.2.1 2017 年长春站常规观测目标列表

序号	卫星名称	轨道高度 (km)
1.	Ajisai	小于 1500km
2.	Beacon-C	
3.	Cryosat-2	
4.	HY-2A	
5.	Geo-IK-2	
6.	Jason-2	
7.	Jason-3	
8.	KOMPSAT-5	
9.	LARES	
10.	Larets	
11.	Sentinel-3A	
12.	Starlette	
13.	Stella	

14.	SARAL		
15.	STSAT-2C		
16.	Swarm-A		
17.	Swarm-B		
18.	Swarm-C		
19.	SpinSat		
20.	TechnoSat		
21.	TanDEM-X		
22.	TerraSAR-X		
23.	PN-1A		
24.	LAGEOS-1		5860km/5620km
25.	LAGEOS-2		
26.	Etalon-1		19120km
27.	Etalon-2		
28.	GLONASS-101	19140km	
29.	GLONASS-102		
30.	GLONASS-103		
31.	GLONASS-105		
32.	GLONASS-106		
33.	GLONASS-107		
34.	GLONASS-116		
35.	GLONASS-117		
36.	GLONASS-118		
37.	GLONASS-119		
38.	GLONASS-120		
39.	GLONASS-121		
40.	GLONASS-122		
41.	GLONASS-125		
42.	GLONASS-126		
43.	GLONASS-127		
44.	GLONASS-128		
45.	GLONASS-129		
46.	GLONASS-131		
47.	GLONASS-132		
48.	GLONASS-133		
49.	GLONASS-134		
50.	GLONASS-135		
51.	GLONASS-136		
52.	Galileo-101	23220km	
53.	Galileo-102		
54.	Galileo-103		
55.	Galileo-104		
56.	Galileo-201	17000km-26210km	

57.	Galileo-202	23220km
58.	Galileo-203	
59.	Galileo-204	
60.	Galileo-205	
61.	Galileo-206	
62.	Galileo-207	
63.	Galileo-208	
64.	Galileo-209	
65.	Galileo-210	
66.	Galileo-211	
67.	Galileo-212	
68.	Galileo-213	
69.	Galileo-214	
70.	COMPASS-G1	
71.	COMPASS-IS1	37790.2km
72.	COMPASS-IS2	
73.	COMPASS-I3	
74.	COMPASS-I5	
75.	COMPASS-I6B	35677km
76.	COMPASS-M3	21500km
77.	COMPASS-MS1	
78.	COMPASS-MS2	
79.	QZS-1	32000km-40000km
80.	QZS-2	
81.	QZS-3	36000km
82.	QZS-4	32000km-40000km
83.	IRNSS-1C	42293km
84.	IRNSS-1D	
85.	IRNSS-1E	35786km

2017 年，除了常规的国际联测卫星，长春站还针对特殊的目标进行观测试验并取得了优异的观测成绩。包括 ILRS Space Debris Study Group 发起的 TOPEX、OICETS 目标观测任务，主要用于空间目标自旋的研究。在我国发射激光卫星观测任务中，特别是对国内失效“天宫一号”卫星激光观测任务中取得了突出的观测成绩，全年共获得 52 圈的观测数据，其中白天获得 15 圈的观测数据。同时针对两个长征火箭体列入日常的观测任务中进行观测，主要利用获得的观测数据进行空间碎片姿态研究。

表 1.2.2 2017 年长春站 SLR 特殊实验观测目标观测列表

序号	观测目标名称	观测圈数
1	ENVISAT	219

2	GRACE-A	158
3	GRACE-B	99
4	OICETS	46
5	TOPEX	490
6	Tiangong1	52
7	Tiangong2	66
8	长征二号火箭体 1	102
9	长征二号火箭体 2	55

### 1.3 国内卫星观测情况

长春站对我国发射带激光角反射器的卫星观测任务全力支持,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 2017 年长春站获得国内卫星数据结果列表

卫星名称	观测数据量	
	白天观测圈数	总观测圈数
COMPASS-G1	2	265
COMPASS-IS1	1	15
COMPASS-IS2		12
COMPASS-I3	17	135
COMPASS-I5	2	106
COMPASS-M3	6	73
COMPASS-I6B	10	121
COMPASS-MS1		15
COMPASS-MS2		8
HY-2A	197	344
长征二号火箭体 (X1)	1	102
长征二号火箭体 (X2)		55
<b>Tiangong1</b>	<b>15</b>	<b>52</b>
Tiangong2	24	66

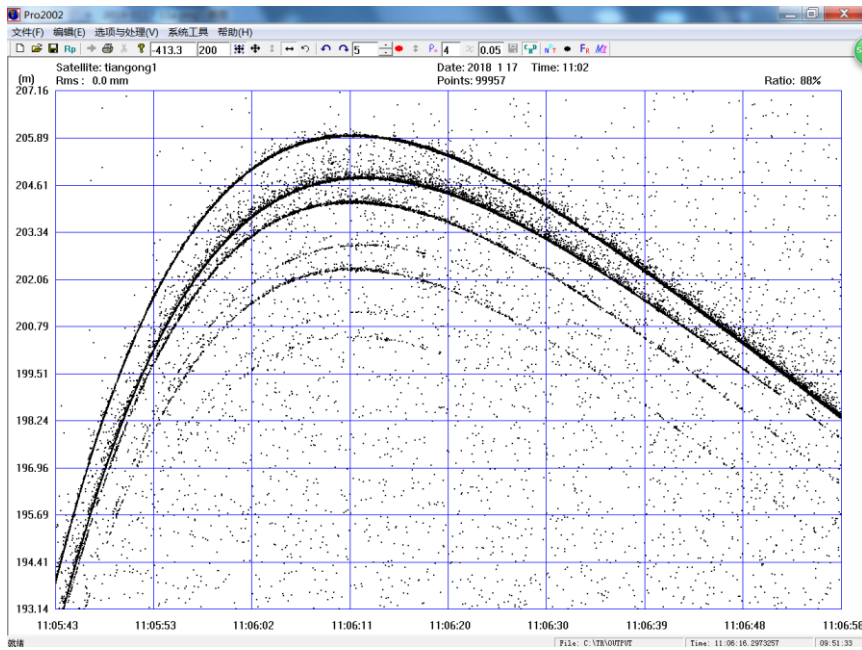


图 1.3.1 2017 年长春天宫一号卫星激光测距数据界面

### 1.4 2017 年新增卫星统计结果

本年度国际 ILRS 共增加了 9 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。新增联测卫星包括日本的导航卫星 QZS-2、QZS-3、QZS-4 卫星，欧洲的 Galileo-207、Galileo-212、Galileo-213、Galileo-214 卫星，以及 Geo-1K-2 和 TechnoSat 卫星。

表 1.4.1 长春站 2017 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-207	23220km	84
Galileo-212		79
Galileo-213		88
Galileo-214		85
Geo-1K-2	943.5-973.5km	111
QZS-2	32000-40000km	94
QZS-3	36000km	26
QZS-4	32000-40000km	24
TechnoSat	600km	34

## 1.5 长春 SLR 环境条件情况分析

### 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。因远离市区，背景光较小，观测环境良好。2017 年共有 285 天获得了有效的观测数据，其中约占全年的 78%，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 33 天。整体来说，全年空气质量良好，浮尘天气较少。

表 1.5.1 2017 年有效观测天数统计结果

月份	观测天数
1	27
2	19
3	19
4	26
5	11
6	24
7	24
8	23
9	29
10	27
11	28
12	28
总计	285



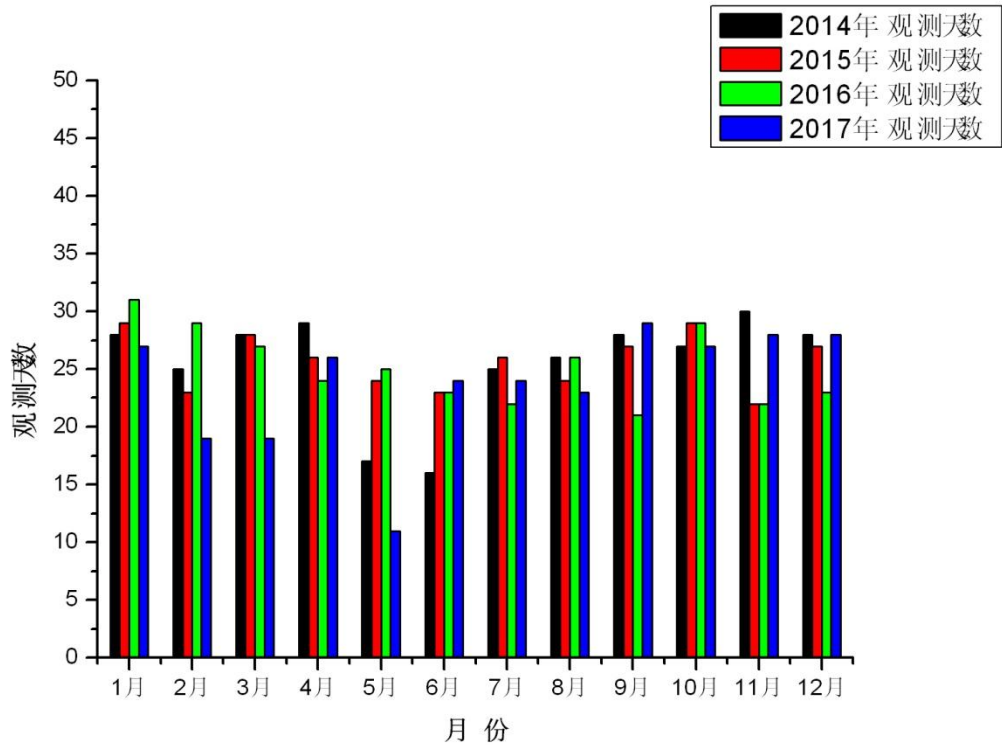


图 1.5.1 2017 年有效观测天数统计结果

从近四年每月的有效观测天数统计结果中可以看出，2014 年到 2017 年间，每月的观测数据天数基本相当，2017 年 5 月观测天数较少，原因是当月激光器水冷系统故障，维修一周多时间，导致测距系统无法正常工作。

表 1.5.2. 2017 年有效观测天数统计结果

圈数区间	2017 年有效天数
1 圈-10 圈	33
11 圈-20 圈	17
21 圈-30 圈	20
31 圈-40 圈	14
41 圈-50 圈	27
51 圈-60 圈	27
61 圈-70 圈	33
71 圈-80 圈	22
81 圈-90 圈	21

91 圈-100 圈	13
100 圈及以上	58
总计	285

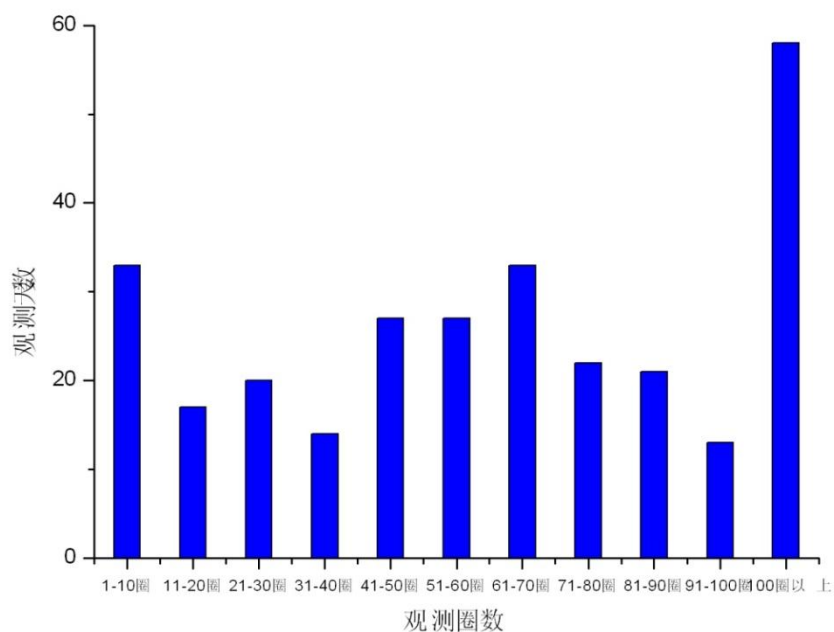


图 1.5.2 2017 年有效观测天数统计结果

表 1.5.3. 近四年有效观测天数统计结果比较

圈数区间	2014 年有效天数	2015 年有效天数	2016 年有效天数	2017 年有效天数
1 圈-10 圈	29	31	18	33
11 圈-20 圈	20	24	17	17
21 圈-30 圈	24	22	12	20
31 圈-40 圈	16	22	20	14
41 圈-50 圈	25	22	18	27
51 圈-60 圈	29	28	18	27
61 圈-70 圈	31	30	31	33
71 圈-80 圈	23	36	20	22
81 圈-90 圈	23	15	31	21

91 圈-100 圈	36	29	26	13
100 圈及以上	51	49	91	58
总计	307	308	302	285

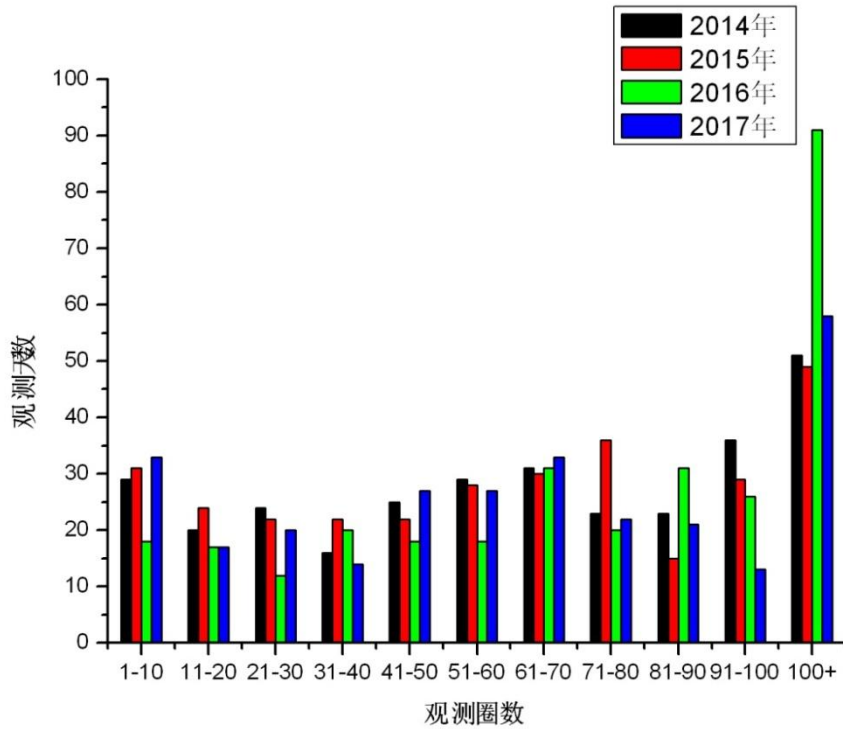


图 1.5.3 近四年有效观测天数统计结果比较

## 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，全年最低温度可以达到 -35℃，最高温度可以达到 38℃，昼夜温差比较大。

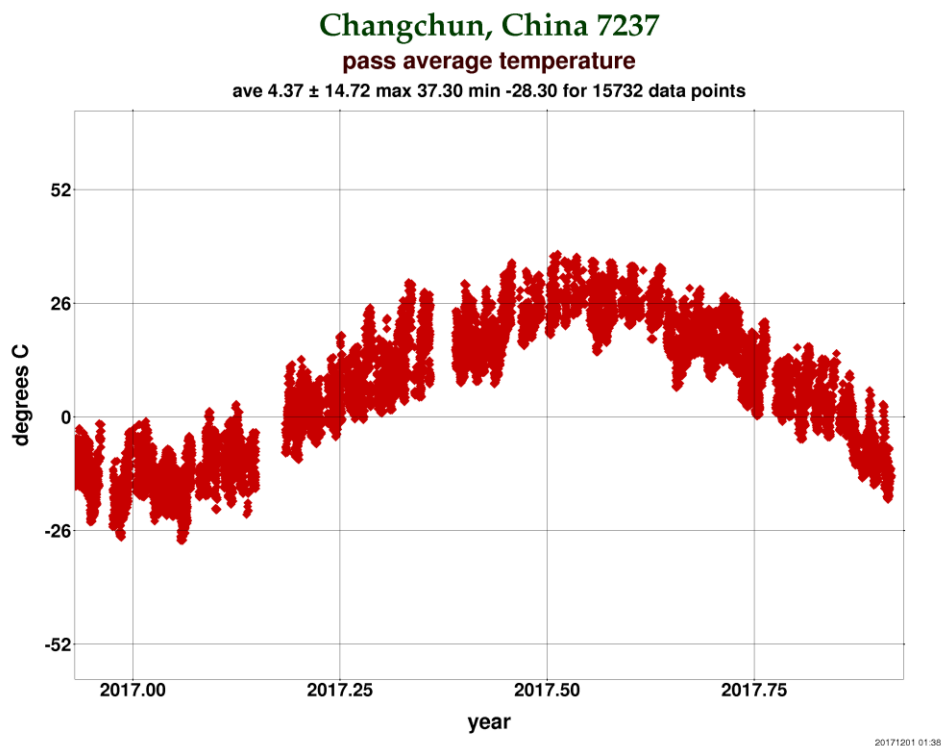


图 1.5.4 2017 年长春站全年温度变化情况



图 1.5.5 2017 年长春站全年湿度变化情况

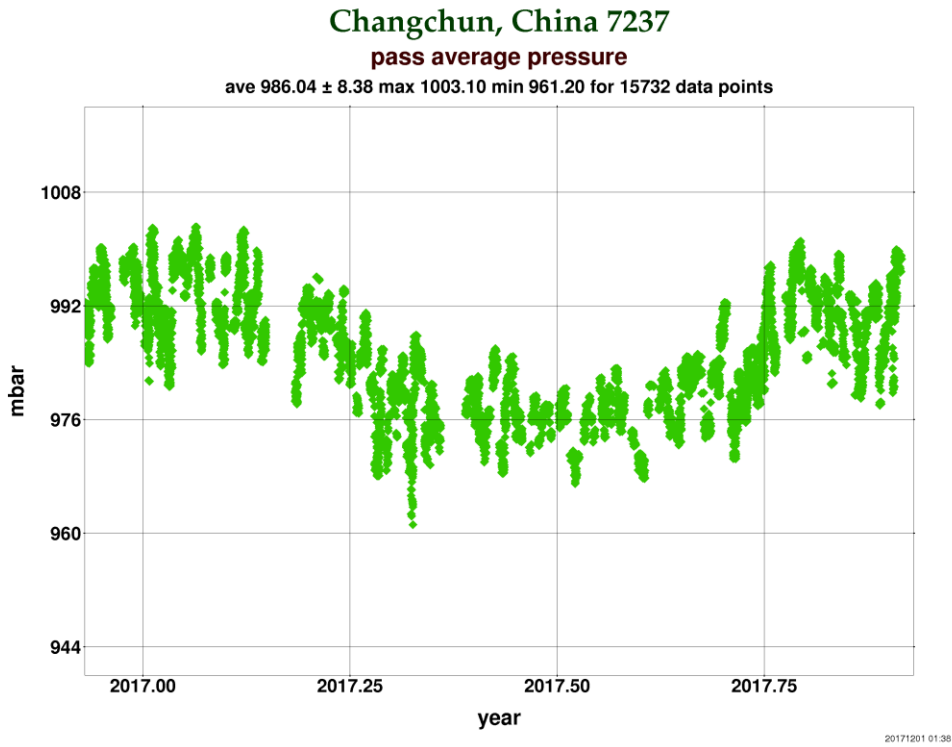


图 1.5.6 2017 年长春站全年气压变化情况

## 1.6 观测数据结果精度稳定性分析

### 1、2017 年长春站 SLR 数据精度

长春站采用 KHz SLR 系统，观测数据量及精度稳定性良好，没有较大的波动。2017 年 LAGEOS 卫星的标准点精度以及校靶精度统计分别如图 1.7.1 和图 1.7.2 所示。

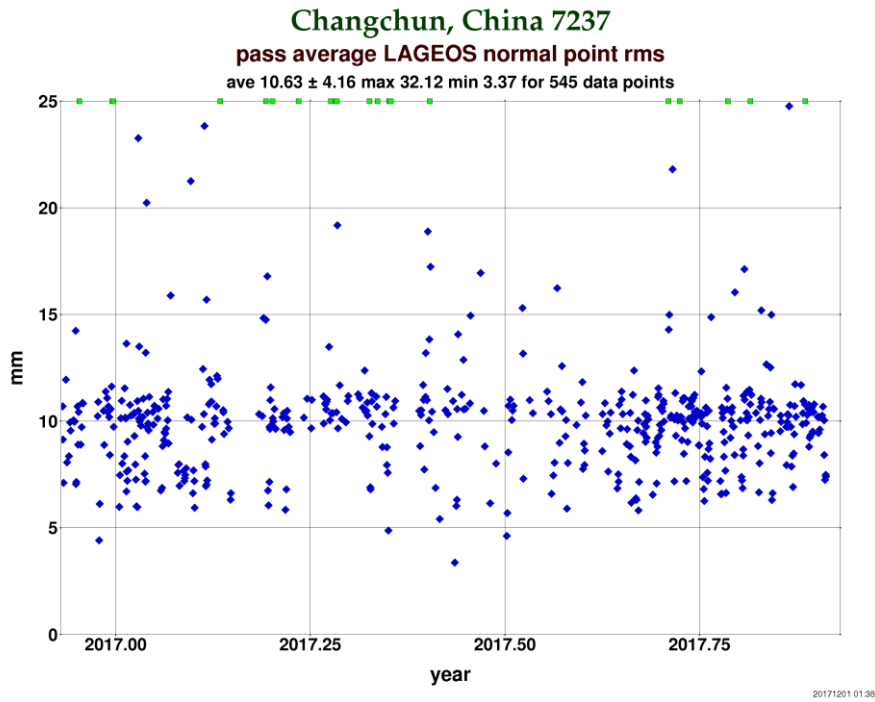


图 1.6.1 2017 年 LAGEOS 卫星的标准点精度统计



图 1.6.2 2017 年长春站 LAGEOS 卫星的校靶精度

## 二、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 2017 年进一步对系统进行了升级与改进。

### 1、激光器

由于美国 PI 激光器已经运行八年多时间，内部器件老化，故障增多，全年进行了多次调整，平均输出功率不足 1W。2017 年 8 月，将大恒公司的高重复频率激光器应用于卫星激光测距系统中开展常规卫星激光测距。



图 2.1.1 大恒公司激光器

### 2、应用事件计时器 A033

将事件计时器 A033 应用到卫星激光测距系统中，替换原来的事件计时器 A032，提高时间测量精度及稳定性，减小了测量死区时间。

### 3、PCI-RGG 控制板的应用

应用基于 PCI-E FPGA 开发的 RGG 控制板，与原有系统并行工作，主要用于锁存主波时刻和发送距离门控信号，通过 PCI 通讯协议传输主波时刻和距离门控时刻，以简化、有效的方式运行。

### 4、50Hz-RS232 信号发生器的应用

研制 50HzTTL 信号发生器，产生 50Hz 与 1PPS 同步的信号，解决了基于 windows 的跟踪控制伺服数据包丢失而导致的望远镜跟踪抖动问题。

### 5、观测目标时间偏差实时显示

在跟踪观测中，基于 GFZ 的 CPF 时间偏差预报，应用长春 SLR 观测目标时间偏差预报

程序，根据不同的预报中心给出的预报和已有的观测数据结果给出实时的时间偏差，提高了测距的成功率。

Target	Provider	CPFs	CPFs	CPFs	CPFs
geok2	SPN	<a href="#">SPN5221</a> -23.9ms (0.3 / #7)	<a href="#">SPN5201</a> 17.8ms (1.3 / #22)	<a href="#">SPN5191</a> 67.7ms (1.0 / #36)	<a href="#">SPN5181</a> -26.4ms (1.0 / #38)
hy2a	SHA	<a href="#">SHA5221</a> -10.1ms (0.1 / #6)	<a href="#">SHA5211</a> -12.6ms (0.1 / #9)		
komsat5	KGS	<a href="#">KGS5221</a> -6.9ms (0.0 / #4)	<a href="#">KGS5211</a> 12.8ms (0.1 / #6)		
stsat2c	KAI	<a href="#">KAI5231</a> No Data	<a href="#">KAI5221</a> No Data	<a href="#">KAI5211</a> 250.5ms (Last / #2)	<a href="#">KAI5201</a> 2505.7ms (Last / #2)
swarma	ESA	<a href="#">ESA5221</a> 3.4ms (0.2 / #4)	<a href="#">ESA5211</a> 10.5ms (0.4 / #7)	<a href="#">ESA5201</a> 59.0ms (0.4 / #13)	<a href="#">ESA5191</a> 133.9ms (0.5 / #22)
swarmb	ESA	<a href="#">ESA5221</a> 1.5ms (Last / #2)	<a href="#">ESA5211</a> 2.1ms (0.3 / #7)	<a href="#">ESA5201</a> 15.9ms (0.3 / #14)	<a href="#">ESA5191</a> 31.4ms (0.3 / #26)
swarmc	ESA	<a href="#">ESA5221</a> 3.9ms (Last / #3)	<a href="#">ESA5211</a> 13.4ms (0.3 / #7)	<a href="#">ESA5201</a> 50.5ms (0.6 / #12)	<a href="#">ESA5191</a> 124.7ms (0.5 / #22)
technosat	AAS	<a href="#">AAS5221</a> 0.2ms (0.1 / #4)	<a href="#">AAS5211</a> 7.1ms (0.1 / #5)	<a href="#">AAS5201</a> -13.0ms (0.1 / #8)	<a href="#">AAS5191</a> -22.3ms (0.1 / #17)
technosat	DLR	<a href="#">DLR5221</a> -2.8ms (0.2 / #4)	<a href="#">DLR5211</a> 10.4ms (0.2 / #5)	<a href="#">DLR5201</a> 32.3ms (0.4 / #8)	<a href="#">DLR5191</a> 96.4ms (0.6 / #17)
tiangong1	CHO	<a href="#">CHO5221</a>	<a href="#">CHO5211</a>		

图 2.1.2 GFZ CPF 时间偏差预报

卫星名称	CPF预报	TB	日期
Ajisai	SGF 5221	-0.0ms	2018-01-22 02
BeaconC	SGF 5221	0.1ms	2018-01-22 02
Cryosat2	ESA 5221	1.0ms	2018-01-22 04
Envisat	DLR 5211	No Data	2018-01-21 14
HY2A	SHA 5221	-10.1ms	2018-01-22 01
Jason2	CNE 5221	0.2ms	2018-01-22 06
Jason3	CNE 5221	-0.8ms	2018-01-22 06
Komsat5	KGS 5221	-6.9ms	2018-01-22 00
Lageos1	SGF 5221	-0.2ms	2018-01-22 02
Lageos2	SGF 5221	-0.2ms	2018-01-22 02
LARES	SGF 5221	0.0ms	2018-01-22 02
LARETS	SGF 5221	-0.7ms	2018-01-22 02
OICETS	AAS 5211	No Data	2018-01-21 08
SARAL	CNE 5221	-0.0ms	2018-01-22 09
Sentinel3A	ESA 5221	1.0ms	2018-01-22 08
Starlette	SGF 5221	0.2ms	2018-01-22 02
Stella	SGF 5221	0.7ms	2018-01-22 02
STSAT2C	KAI 5231	No Data	2018-01-22 16
SwarmA	ESA 5221	3.4ms	2018-01-22 13
SwarmB	ESA 5221	1.5ms	2018-01-22 13
SwarmC	ESA 5221	3.9ms	2018-01-22 13
Tandemx	GFZ 5224	0.2ms	2018-01-22 23
TechnoSat	DLR 5221	-2.8ms	2018-01-22 10
Terrasarx	GFZ 5224	0.2ms	2018-01-22 21
tiangong1	CHO 5221	No Data	2018-01-22 00
Topex	AAS 5211	No Data	2018-01-21 08

图 2.1.3 长春 SLR 观测目标时间偏差预报



### 三、总结

本文主要介绍了 2017 年长春站卫星激光测距的总体观测情况，SLR 共获得观测数据总量达到 17898 圈，白天获得有效观测数据 5789 圈。为了进一步提高测距系统的测距能力与稳定性，长春站在 2017 年进一步对系统进行了改进，将大恒公司的高重复频率激光器应用于激光测距系统中，应用 PCI-RGG 控制板与原有系统并行工作，利用研制 50Hz 信号发生器，解决跟踪控制伺服数据包丢失而导致的望远镜跟踪抖动问题，同时将观测目标时间偏差实时显示应用到实时观测中，提高了测距的成功率。