

2016 年长春站卫星激光测距观测报告

摘要：简要介绍了 2016 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，对本年度新增添卫星的观测情况进行了统计，并分析了环境条件变化情况。长春站在增加数据观测量的前提下，不断改进系统的稳定性。同时，开展了空间碎片激光测距的研究工作，获得了有效的观测数据结果，拓展了卫星激光测距技术的研究领域。

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 2016 年 SLR 总体观测情况

2016 年，经过长春站卫星激光测距研究室全体成员对测距系统的升级与维护，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，并创多个历史新高。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，长春站稳居世界第二位，并在高轨卫星的观测中取得第一名的优异观测成绩。

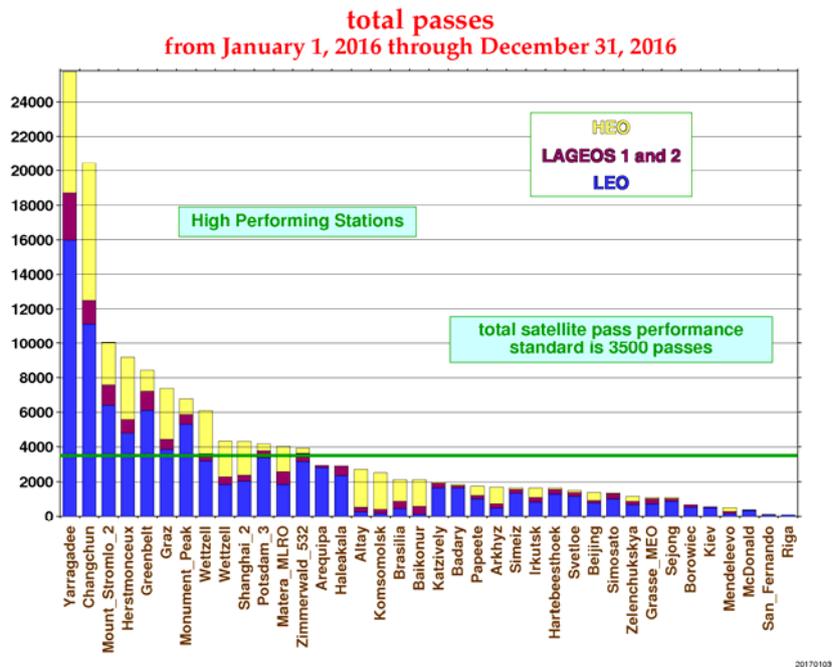


图 1.1.1 国际卫星激光测距台站总观测数据统计结果

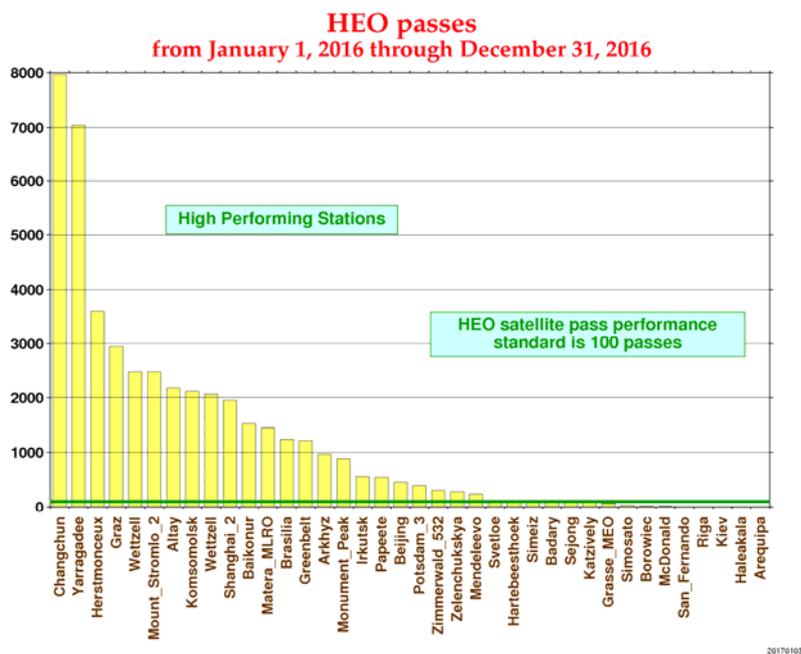


图 1.1.2 国际卫星激光测距台站高轨卫星观测数据统计结果

2016 年，长春站 KHz 卫星激光测距系统共获得观测数据总量达到 23454 圈，获得历史最好观测数据量，有效观测数据点数超过 2.8 亿。其中白天观测数据总量达到 7525 圈，单月观测数据最多为 3749 圈，单月白天观测数据最多达到 1035 圈，单日观测数据最多达到 176 圈，创下历史观测的最好成绩。表 1.1.1 为 2016 年长春站全年 SLR 观测数据统计表。

表 1.1.1 2016 年长春站 SLR 数据圈数统计表

| 月份 | 观测数量 | | |
|----|------|------|------|
| | 白天圈数 | 夜间圈数 | 总圈数 |
| 1 | 1035 | 2714 | 3749 |
| 2 | 775 | 1911 | 2686 |
| 3 | 646 | 1472 | 2118 |
| 4 | 778 | 1095 | 1873 |
| 5 | 802 | 1075 | 1877 |
| 6 | 447 | 720 | 1167 |
| 7 | 477 | 668 | 1145 |
| 8 | 612 | 1122 | 1734 |
| 9 | 472 | 935 | 1407 |
| 10 | 585 | 1526 | 2111 |

| | | | |
|-----------|-------------|--------------|--------------|
| 11 | 504 | 1336 | 1840 |
| 12 | 392 | 1355 | 1747 |
| 总计 | 7525 | 15929 | 23454 |

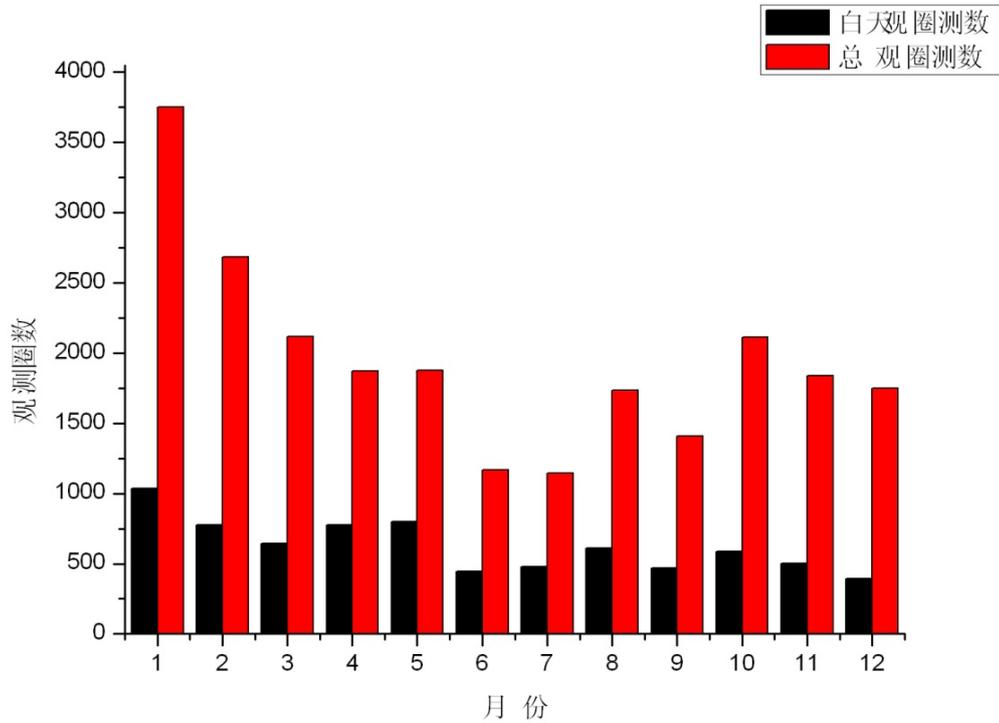


图 1.1.3 2016 年长春 SLR 观测数据统计结果

1.2 2016 年 SLR 总体观测情况

从 2006 年到 2016 年我站全年白天和总的观测数量逐年稳步增长，特别是 2009 年实现白天测距以来，观测数据量更是有很大的突破。经过不断对测距系统的升级与改进，整体的测距能力明显提升，白天的观测能力也稳步提升。

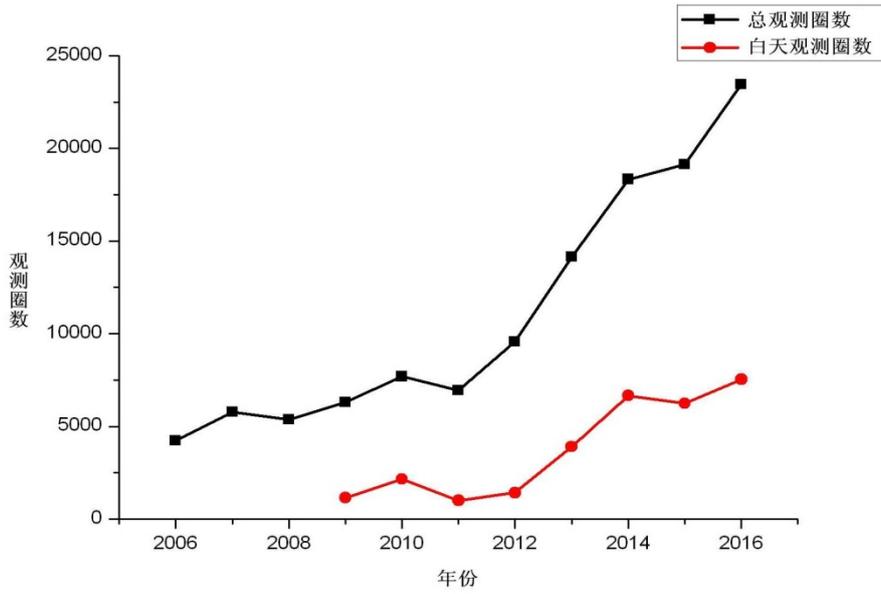


图 1.2.1 2006 年-2016 年长春 SLR 观测数据量变化

1.3 观测目标情况

2016 年, 长春站共观测国际国内联测目标数 94 颗, 并获得了全部卫星的有效观测数据。包括低轨道观测目标 32 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 1.3.1 2016 年长春站观测目标列表

| 序号 | 卫星名称 | 轨道高度 |
|-----|-----------|------------------------------|
| 1. | Ajisai | LEO (低轨卫星) 轨道高度 1500km 以下 |
| 2. | Beacon-C | |
| 3. | Cryosat-2 | |
| 4. | Envisat | |
| 5. | Grace-A | |
| 6. | Grace-B | |
| 7. | HY-2A | |
| 8. | Jason-2 | |
| 9. | Jason-3 | |
| 10. | Kompsat-5 | |
| 11. | LARES | |
| 12. | LARETS | |

| | | | |
|-----|-------------|--|------------|
| 13. | OICETS | | |
| 14. | Sentinel3A | | |
| 15. | Starlette | | |
| 16. | Stella | | |
| 17. | SARAL | | |
| 18. | STSAT2C | | |
| 19. | Swarm-A | | |
| 20. | Swarm-B | | |
| 21. | Swarm-C | | |
| 22. | SpinSat | | |
| 23. | STPSat2 | | |
| 24. | Topex | | |
| 25. | Tandemx | | |
| 26. | Terrasarx | | |
| 27. | X1 | | |
| 28. | X2 | | |
| 29. | tiangong1 | | |
| 30. | Tiangong2 | | |
| 31. | PN-1A | | |
| 32. | Z32 | | |
| 33. | Lageos-1 | | 6000km 左右 |
| 34. | Lageos-2 | | |
| 35. | Etalon-1 | | 19100km 左右 |
| 36. | Etalon-2 | | |
| 37. | Glonass-41 | | 19140km |
| 38. | Glonass-100 | | |
| 39. | Glonass-101 | | |
| 40. | Glonass-102 | | |
| 41. | Glonass-103 | | |
| 42. | Glonass-105 | | |
| 43. | Glonass-106 | | |
| 44. | Glonass-107 | | |
| 45. | Glonass-109 | | |
| 46. | Glonass-116 | | |
| 47. | Glonass-117 | | |
| 48. | Glonass-118 | | |
| 49. | Glonass-119 | | |
| 50. | Glonass-120 | | |
| 51. | Glonass-121 | | |
| 52. | Glonass-122 | | |
| 53. | Glonass-123 | | |
| 54. | Glonass-124 | | |
| 55. | Glonass-125 | | |

| | | |
|-----|-------------|-----------------|
| 56. | Glonass-126 | |
| 57. | Glonass-127 | |
| 58. | Glonass-128 | |
| 59. | Glonass-129 | |
| 60. | Glonass-131 | |
| 61. | Glonass-132 | |
| 62. | Glonass-133 | |
| 63. | Glonass-134 | |
| 64. | Glonass-135 | |
| 65. | Glonass-136 | |
| 66. | Galileo-101 | 23220km |
| 67. | Galileo-102 | |
| 68. | Galileo-103 | |
| 69. | Galileo-104 | |
| 70. | Galileo-201 | |
| 71. | Galileo-202 | |
| 72. | Galileo-203 | |
| 73. | Galileo-204 | |
| 74. | Galileo-205 | |
| 75. | Galileo-206 | |
| 76. | Galileo-208 | |
| 77. | Galileo-209 | |
| 78. | Galileo-210 | |
| 79. | Galileo-211 | |
| 80. | Compass-G1 | 21528km-42164km |
| 81. | Compass-is1 | |
| 82. | Compass-is2 | |
| 83. | Compass-I3 | |
| 84. | Compass-I5 | |
| 85. | Compass-M3 | |
| 86. | CompassI6b | |
| 87. | Compass-ms1 | |
| 88. | Compass-ms2 | |
| 89. | QZS-1 | 32000km-40000km |
| 90. | Irns-1a | 42164km |
| 91. | Irns-1b | |
| 92. | Irns-1c | |
| 93. | Irns-1d | |
| 94. | Irns-1e | |

1.4 国际、国内卫星联测情况

1、国际卫星联测情况

ESA 发起的 GREAT（引力红移）实验，进行 Galileo-201（星载氢钟）联测任务；与此同时，ILRS Space Debris Study Group 发起的 TOPEX、OICETS 目标观测任务，用于空间目标自旋的研究，长春站也获得了大量的观测数据。

2、国内卫星联测情况

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。主要包括：

- 国内失控“天宫一号”卫星国内联测任务；
- 国内“天宫二号”运行测试联测任务；
- 国内“资源三号-2”卫星联测任务；
- 国内北斗 Compass-I6b、Compass-G7、Compass-M3S 卫星联测任务；
- 授时中心基于 Compass-Is1 卫星长春站并置观测任务；
- 我国海洋-2A 卫星、PN-1 卫星国际联测；
- 北斗导航卫星（G1、I3、I5、I6B、IS1、IS2、MS1、MS2、M3）国际联测。

表 1.4.1 2016 年长春站观测国内卫星情况

| 卫星名称 | 观测数据量 | |
|------------|--------|-------|
| | 白天观测圈数 | 总观测圈数 |
| CompassG1 | 23 | 452 |
| Compassis1 | 1 | 89 |
| Compassis2 | | 74 |
| CompassI3 | 8 | 170 |
| CompassI5 | 10 | 141 |
| CompassM3 | 16 | 128 |
| CompassI6b | 5 | 59 |
| Compassms1 | 0 | 82 |
| Compassms2 | 1 | 67 |
| HY2A | 287 | 445 |

| | | |
|------|----|-----|
| X1 | 5 | 195 |
| X2 | | 195 |
| Tg1 | 8 | 22 |
| Tg2 | 11 | 52 |
| Pn1a | 18 | 69 |
| Z32 | | 29 |

1.5 2016 年新增卫星统计结果

本年度长春站新增加了 11 颗国际联测卫星并成功获得有效的观测数据，包括北斗导航卫星 Compass-i6b 卫星，印度区域导航卫星系统（IRNSS）中的 IRNSS-1e 卫星。另外增加的还有欧洲的 Galileo-206、208、209、210、211 卫星，俄罗斯的 Glonass-135、Glonass-136 卫星。

表 1.5.1 长春站 2016 年新添加卫星观测数据统计表

| 卫星名称 | 圈数 |
|-------------|-----|
| Compass-i6b | 59 |
| IRNSS-1e | 112 |
| Glonass-135 | 68 |
| Glonass-136 | 79 |
| Galileo-206 | 141 |
| Galileo-208 | 112 |
| Galileo-209 | 129 |
| Galileo-210 | 63 |
| Galileo-211 | 58 |
| Jason3 | 882 |
| Sentinel3A | 360 |

1.6 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。2016 年共有 302 天获得了有效的观测数据，其中约占全年的 82.7%，平均每月的观测天数超过 25 天。整体来说，全年空气质量良好，浮尘天气较少。

表 1.6.1 2016 年有效观测天数统计结果

| 月份 | 观测天数 |
|----|------|
| 1 | 31 |
| 2 | 29 |
| 3 | 27 |
| 4 | 24 |
| 5 | 25 |
| 6 | 23 |
| 7 | 22 |
| 8 | 26 |
| 9 | 21 |
| 10 | 29 |
| 11 | 22 |
| 12 | 23 |
| 总计 | 302 |

表 1.6.2. 2016 年有效观测天数统计结果

| 圈数区间 | 2016 年有效天数 |
|-----------|------------|
| 1 圈-10 圈 | 18 |
| 11 圈-20 圈 | 17 |
| 21 圈-30 圈 | 12 |
| 31 圈-40 圈 | 20 |
| 41 圈-50 圈 | 18 |
| 51 圈-60 圈 | 18 |
| 61 圈-70 圈 | 31 |

| | |
|------------|-----|
| 71 圈-80 圈 | 20 |
| 81 圈-90 圈 | 31 |
| 91 圈-100 圈 | 26 |
| 100 圈及以上 | 91 |
| 总计 | 308 |

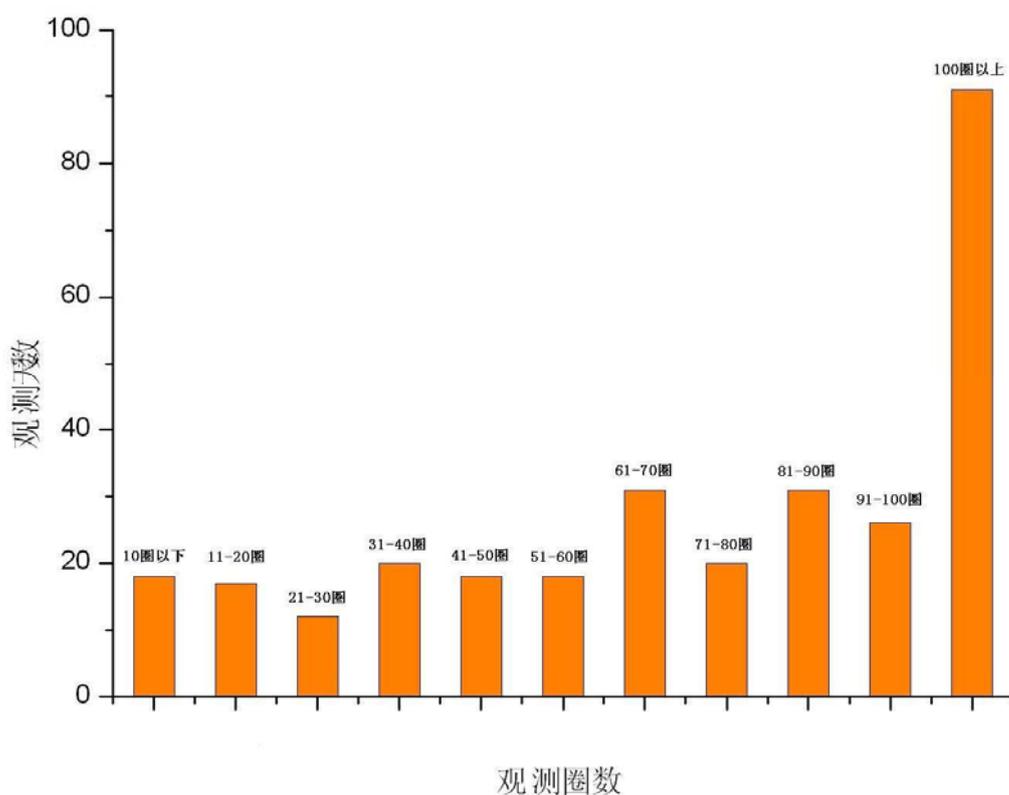


图 1.6.1 2016 年有效观测天数统计结果

表 1.6.3. 近四年有效观测天数统计结果比较

| 圈数区间 | 2013 年有效天数 | 2014 年有效天数 | 2015 年有效天数 |
|-----------|------------|------------|------------|
| 1 圈-10 圈 | 34 | 29 | 31 |
| 11 圈-20 圈 | 28 | 20 | 24 |
| 21 圈-30 圈 | 22 | 24 | 22 |
| 31 圈-40 圈 | 36 | 16 | 22 |
| 41 圈-50 圈 | 25 | 25 | 22 |

| | | | |
|------------|-----|-----|-----|
| 51 圈-60 圈 | 39 | 29 | 28 |
| 61 圈-70 圈 | 31 | 31 | 30 |
| 71 圈-80 圈 | 19 | 23 | 36 |
| 81 圈-90 圈 | 25 | 23 | 15 |
| 91 圈-100 圈 | 14 | 36 | 29 |
| 100 圈及以上 | 13 | 51 | 49 |
| 总计 | 286 | 307 | 308 |

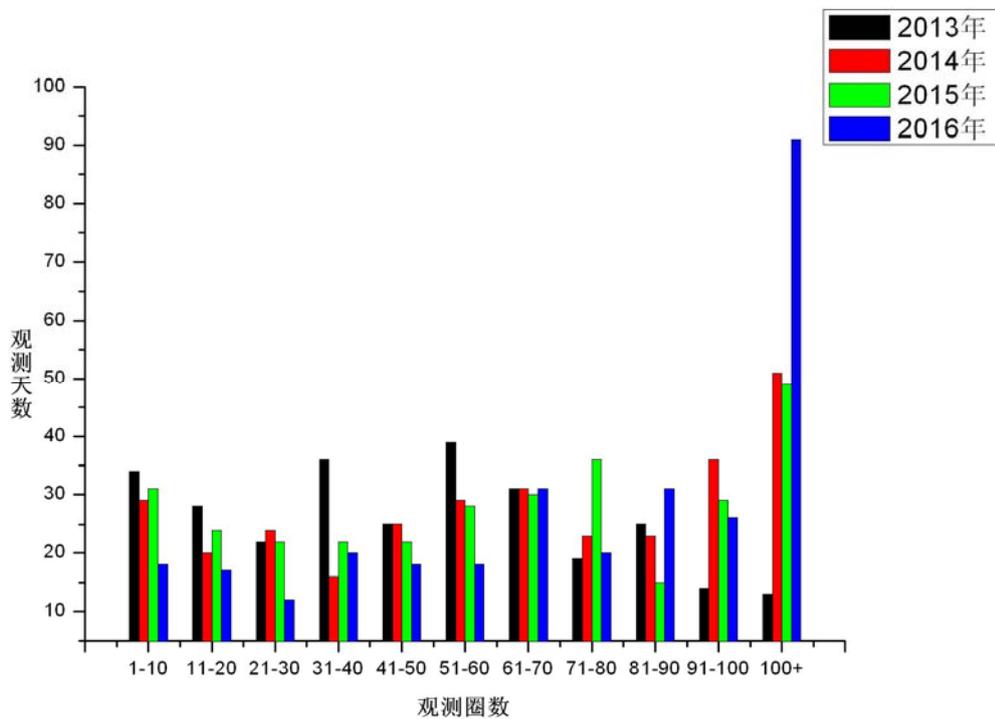


图 1.6.2 近四年有效观测天数统计结果比较

2、气象条件情况分析

我站位于北纬 43 度、海拔 274 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 -29.3℃，最高温度可以达到 38.6℃，昼夜温差比较大。

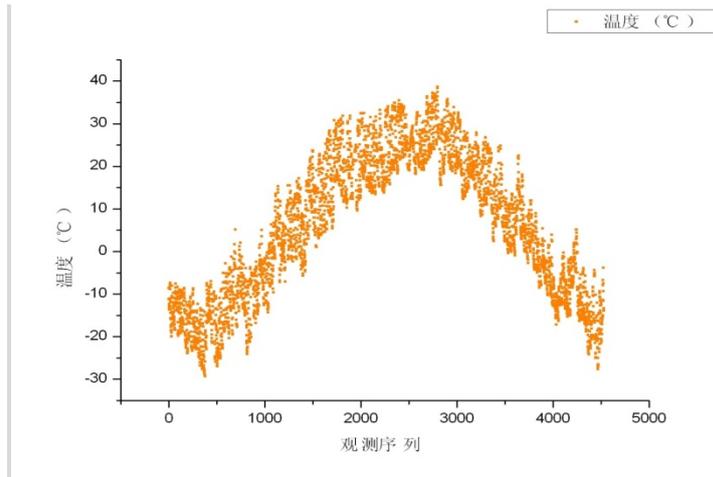


图 1.6.3 2016 年长春站全年温度变化情况

1.7 观测数据结果精度稳定性分析

1、2016 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。2016 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。

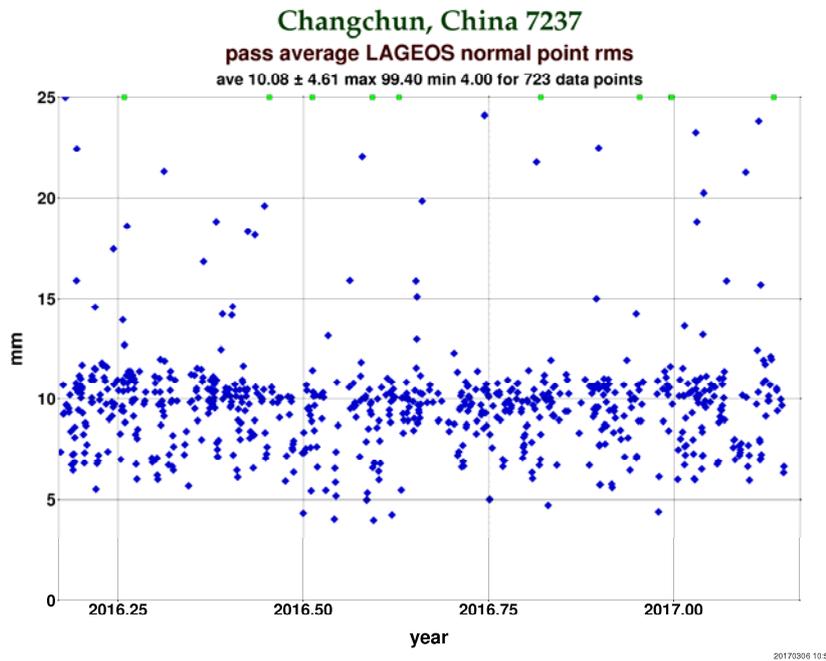


图 1.7.1 2016 年 LAGEOS 卫星的标准点精度统计



图 1.7.2 2016 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 2016 年进一步对系统进行了维修与改进。

(1) 激光器

维护美国 PI 的 KHz 激光器，2016 年底激光器工作时间超过 22000 多小时，平均输出功率约 1W。由于激光器 SESAM 等问题导致功率下降及不出光问题，进行两次激光器开盖调试，激光器恢复正常运行。

(2) 探测器

采取对探测器恒温，通过加热和风冷的方式，将其控制在规定的范围内 ($37 \pm 0.2^\circ\text{C}$)；

(3) 系统稳定性

针对系统差标校，采用窄带干涉滤光片、固定视场光阑大小、进行密集测靶、限制地靶回波等条件进行系统差标校。

三、2016 年空间碎片观测情况

2016 年 1 月，长春站 SLR 在 60cm 激光测距系统上继续开展了空间碎片激光测距的联合观测，共获得 7 个空间碎片观测目标的有效数据。

2016 年，利用现有的皮秒激光器（1KHz、1mJ），继续针对两颗回波率高的火箭体进行了加密观测，分别获得有效观测数据 195 圈和 195 圈。开展空间碎片 TLE 轨道参数改进研究，主要利用前两天的观测结果改进 TLE 轨道参数。

四、总结

本文主要介绍了 2016 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，SLR 共获得观测数据总量达到 23454 圈，超过历史年观测数据量，并在高轨卫星的观测上有突破性提高，特别是白天对高轨卫星的观测，共获得有效观测数据 2334 圈，其中 LAGEOS 卫星 553 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 2016 年进一步对系统进行了改进。同时，长春站在开展卫星激光测距的前提下，开展了空间碎片激光测距的研究工作，并获得了有效的观测数据结果，拓展了卫星激光测距技术的研究领域。