

# 2013 年长春站卫星激光测距观测报告

**摘要：**简要介绍了 2013 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；针对 GNSS 卫星、不同轨道高度卫星及国内卫星的观测情况进行了统计分析；对近三年的部分卫星观测情况进行了比较和分析。本年度针对 SLR 数据的短期稳定性不佳等问题，对系统进行了升级和改造，将近地靶应用到测距系统中，减小了大气对系统差的影响；增加了系统差以提高系统的稳定性；发现探测器（C-SPAD）温度变化对系统差的影响并采取了一定的措施进行解决。

**关键词：**卫星激光测距，常规观测，系统改造

## 一、常规观测概况

2013 年，长春站千赫兹（KHz）激光测距系统运行平稳，测距能力不断提高，特别是白天的测距能力不断提升，实现了白天对远地卫星的常规观测。在 2013 年国际激光测距网（ILRS）数据中心四个季度公布的全球观测数据统计排名中，长春站连续三次位居第二位，具有明显的领先优势。长春站在对国际联测卫星的观测同时，对我国发射的卫星观测任务也进行全力支持，并取得了突出的观测成绩。

### 1.1 2013 年常规观测统计结果

2013 年，长春 SLR 取得了优异的观测成绩，创多个历史新高：观测数据总圈数达到 14134 圈，超过 2.1 亿个有效观测数据点，超过历史年观测数据量；白天观测数据达到 3910 圈；单月观测数据最多达到 1928 圈；单日观测数据最多达到 124 圈，创下历史单日观测的最好成绩。表 1.1.1 为 2013 年长春站全年 SLR 观测数据统计表。

表 1.1.1. 2013 年长春站 SLR 数据统计表

| 月份 | 观测数量 |      |      |
|----|------|------|------|
|    | 白天圈数 | 夜间圈数 | 总圈数  |
| 1  | 182  | 1035 | 1217 |
| 2  | 264  | 988  | 1252 |

|    |      |       |             |
|----|------|-------|-------------|
| 3  | 284  | 896   | 1180        |
| 4  | 267  | 625   | 892         |
| 5  | 352  | 521   | 873         |
| 6  | 264  | 439   | 703         |
| 7  | 290  | 422   | 712         |
| 8  | 263  | 662   | 925         |
| 9  | 613  | 862   | 1475        |
| 10 | 342  | 1119  | 1461        |
| 11 | 295  | 1221  | 1516        |
| 12 | 494  | 1434  | <b>1928</b> |
| 总计 | 3910 | 10224 | 14134       |

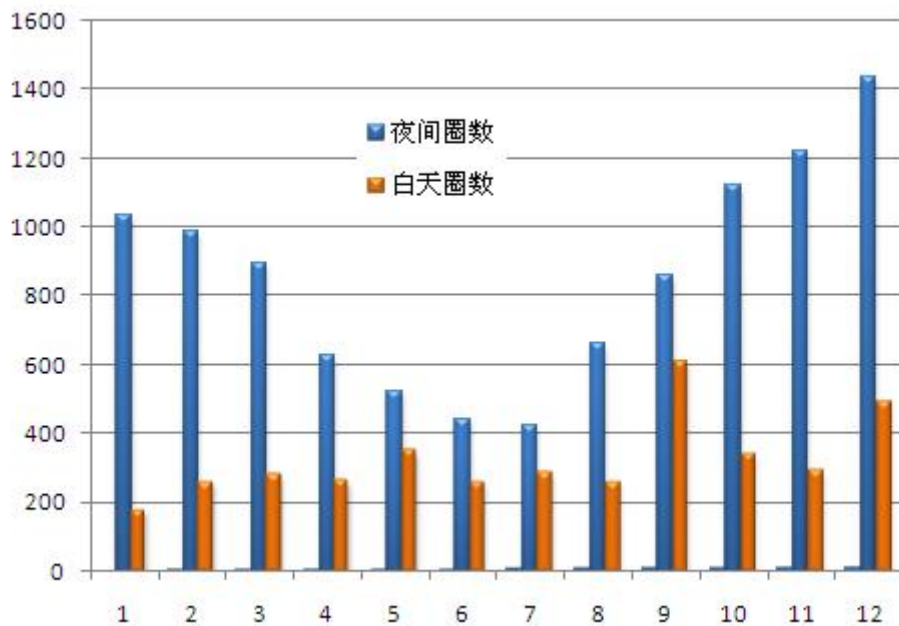


图 1.1 2013 年长春站按月观测数据统计结果

2013 年共有 286 天获得了有效的观测数据，其中约占全年总天数的 78%，其中单日观测圈数为 3 圈及以下为 15 天，平均每月的观测天数超过 23 天，在九月份一共观测了 29 天，全年空气质量总体良好，浮尘天气很少，偶遇恶劣天气。

表 1.1.2. 有效观测天数统计结果

| 观测圈数区间 | 有效天数 |
|--------|------|
|--------|------|

|            |    |
|------------|----|
| 1 圈-10 圈   | 34 |
| 11 圈-20 圈  | 28 |
| 21 圈-30 圈  | 22 |
| 31 圈-40 圈  | 36 |
| 41 圈-50 圈  | 25 |
| 51 圈-60 圈  | 39 |
| 61 圈-70 圈  | 31 |
| 71 圈-80 圈  | 19 |
| 81 圈-90 圈  | 25 |
| 91 圈-100 圈 | 14 |
| 100 圈及以上   | 13 |

## 1.2 GNSS 卫星观测数据统计

2013 年，长春站加大了对 GNSS 卫星的观测，远地卫星的观测数量达到 6283 圈（其中 LAGEOS 卫星为 1190 圈），特别是白天观测远地卫星的能力明显提高，达到 709 圈（其中 LAGESOS 卫星 338 圈）。对于 2013 年印度新发射的导航卫星 IRNSS-1A（轨道高度为 42164km），由于长春站的地理位置，该颗卫星经过长春站的最大仰角只有  $24^\circ$ ，我站也获得了有效的数据。

表 1.2.1. 2012 年和 2013 年 GNSS 观测数据统计结果

| 卫星名称     | 轨道高度 (km)   | 2012 年<br>总观测圈数 | 2013 年<br>总观测圈数 |
|----------|-------------|-----------------|-----------------|
| GLONASS  | 19140       | 2214            | 3597            |
| GPS      | 20030       | 40              | 104             |
| COMPASS  | 21500—42163 | 270             | 458             |
| GIOVE    | 23916       | 103             | 497             |
| QZS      | 32000-40000 | 75              | 170             |
| IRNSS-1A | 42164       |                 | 2               |

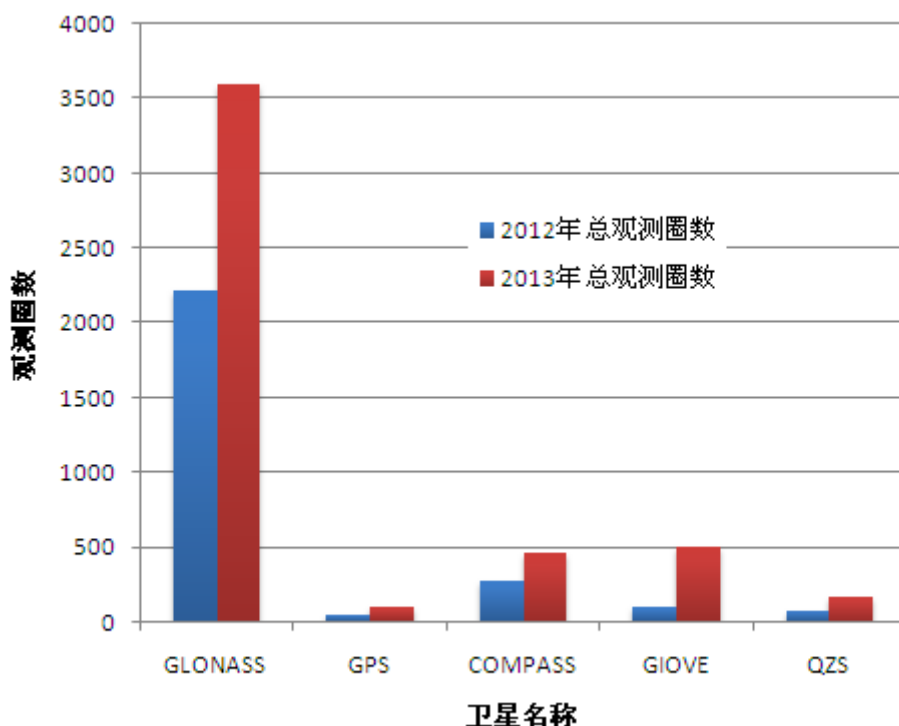


图 1.2 2012 年和 2013 年 GNSS 观测数据比较图

从 2012 年和 2013 年 GNSS 观测数据比较图中可以看出长春站在 GNSS 卫星的观测上，2013 年的观测数据量明显增加。

### 1.3 2013 年国内卫星观测情况

2013 年，长春站在国内卫星的观测上也进行全力支持并取得了有效的成绩，为国内卫星的精密定轨及其他任务提供了大量的有效的卫星激光测距数据。

表 1.3.1 2013 年长春站观测国内卫星情况

| 卫星名称       | 轨道高度(km) | 观测圈数 |     | 有效数据点数  |         |
|------------|----------|------|-----|---------|---------|
|            |          | 白天   | 总计  | 白天      | 总计      |
| HY-2A      | 971      | 192  | 339 | 2352712 | 5328355 |
| COMPASS-M3 | 21528    | 1    | 86  | 2018    | 227803  |
| COMPASS-G1 | 42163.9  |      | 128 |         | 298783  |
| COMPASS-I3 | 42161.2  | 2    | 119 | 2596    | 233572  |
| COMPASS-I5 | 42161.2  |      | 125 |         | 341582  |
| 总计         |          | 195  | 669 | 2357326 | 6131312 |

#### 1.4 2013 年新增卫星统计结果

本年度长春站新增添了 8 颗国际联测的卫星并成功获得有效的数据，包括印度的 IRNSS-1A 地球同步轨道卫星、欧洲的 Swarm 系列卫星、美国军方的 STPSat2 卫星、法国的 SARAL 卫星、韩国的 KOMPSAT-5、STSAT-2C 卫星，新增添的近地卫星由于轨道比较低，预报不是很好，数据的距离偏差和时间偏差都比较大，数据识别比较困难，长春站克服了这一难题并获得了有效的观测数据。获得的观测数据统计结果如表 1.4.1。

表 1.4.1 长春站 2013 年新添加卫星观测数据统计表

| 卫星        | 轨道高度 (km) | 圈数  | 点数      |
|-----------|-----------|-----|---------|
| IRNSS-1A  | 42164     | 2   | 1906    |
| KOMPSAT-5 | 550       | 98  | 1103709 |
| SARAL     | 814       | 260 | 4878103 |
| STSAT-2C  | 300-1500  | 12  | 83471   |
| STPSat2   | 650       | 10  | 36022   |
| Swarm-A   | 460       | 17  | 182455  |
| Swarm-B   | 460       | 21  | 83098   |
| Swarm-C   | 530       | 18  | 231937  |

#### 1.5 2013 年 SLR 取得的观测成绩

2013 年，国际激光测距网 (ILRS) 数据中心在四个季度公布的全球观测数据统计排名中，在总的观测数据量上长春站连续三次位列第二名，在低轨卫星、LAGEOS 卫星及高轨卫星的观测中，均位于世界前三名。

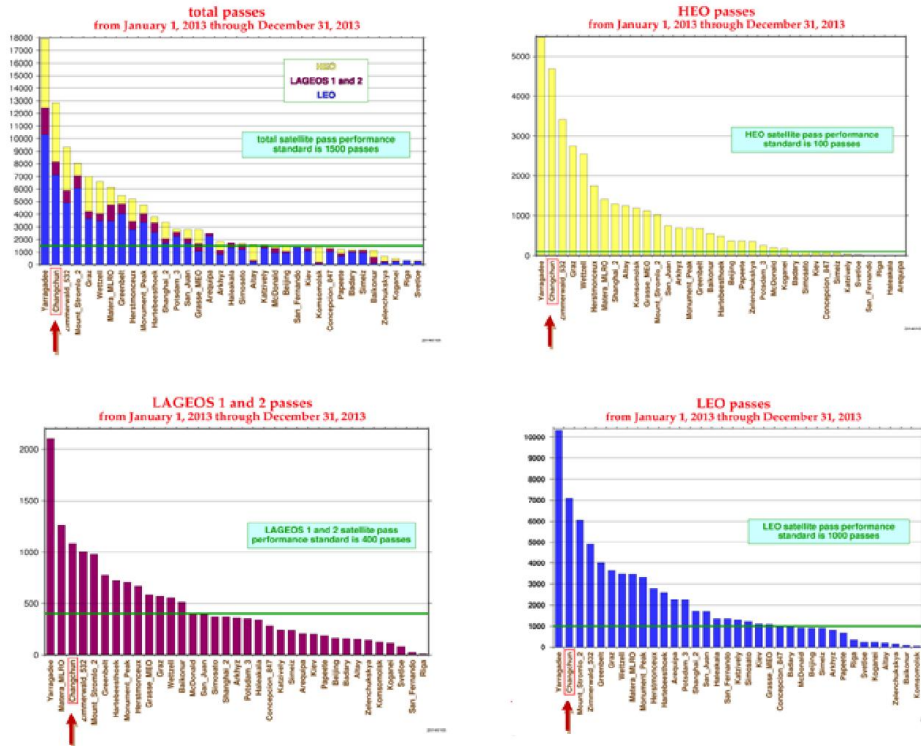


图 1.5.1 国际数据中心 2013 年第四季度观测数据统计排名

国际数据中心每周的分析报告统计结果中，长春站在低轨卫星、LAGEOS 卫星及高轨卫星的观测中，数据的观测量都有明显的优势。

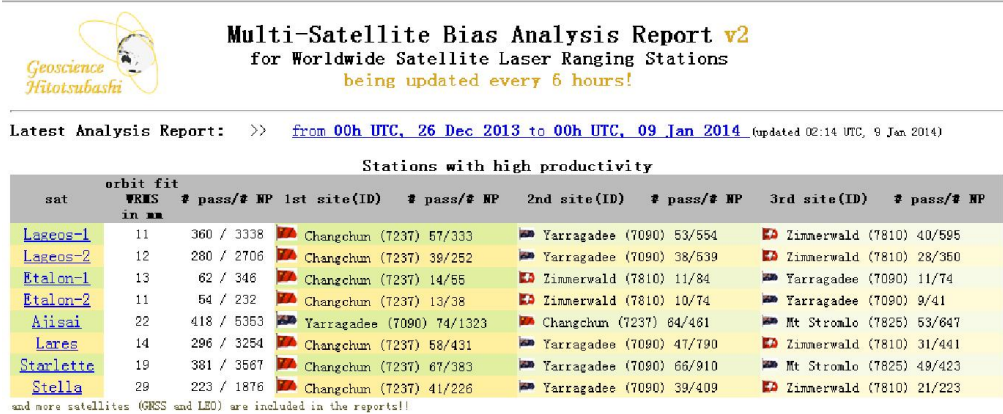


图 1.5.2 国际数据中心每周分析结果

2013 年，在欧洲数据中心(EDC)对 CRD 数据的统计分析结果中，长春站的 FULLRATE 数据点数远远超过国际上其他台站的数据点数。

Stations vs. Observations

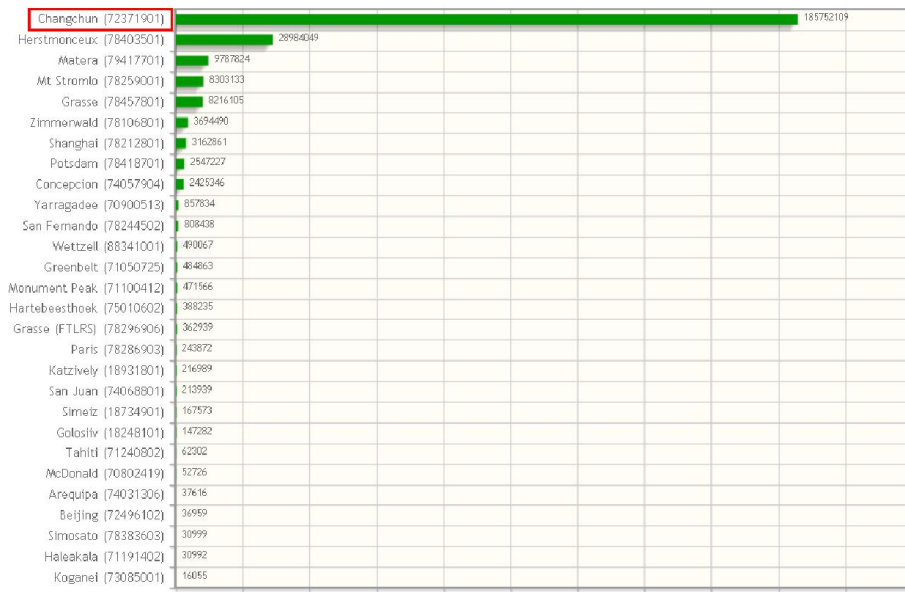


图 1.5.3 2013 年全年 FULLRATE 数据点数统计结果

## 1.6 近三年观测数据比较

### 1、不同轨道高度卫星比较结果

长春站测距系统经过不断的升级改造，测距能力不断的提升，从近三年观测数据统计结果可以看出 LAGEOS 卫星、低轨道卫星及高轨卫星观测数量都明显增多。

表 1.6.1 长春站 2013 年不同轨道卫星观测数据表

| 卫星分类          | 低轨卫星  | LAGEOS | 高轨卫星 |
|---------------|-------|--------|------|
| 白天圈数          | 3201  | 338    | 371  |
| 夜间圈数          | 4650  | 852    | 4722 |
| 总计            | 7851  | 1190   | 5093 |
| 白天占总圈数百分比 (%) | 40.8% | 28.4%  | 7.3% |

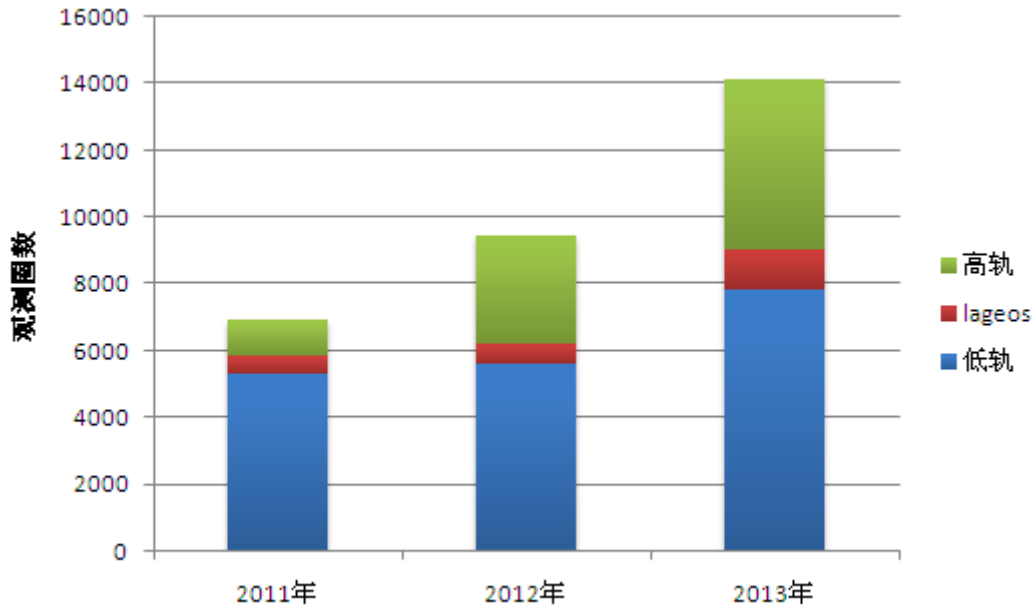


图 1.6.1 近三年长春站不同轨道高度观测数据统计图

表 1.6.2 近三年长春站不同轨道观测数据较前一年数据提升量

| 不同轨道卫星    | 2012 年较 2011 年数据提升量 | 2013 年较 2012 年数据提升量 |
|-----------|---------------------|---------------------|
| 低轨卫星      | 5.7%                | 40.2%               |
| LAGEOS 卫星 | 13.1%               | 88.3%               |
| 高轨卫星      | <b>198.6%</b>       | 58.9%               |
| 总观测量      | 36.2%               | 49.8%               |

从近三年的统计结果中，低轨卫星、LAGEOS 卫星、高轨卫星的观测数据量及总的观测数据量较前一年都有明显的提升，特别是在高轨卫星的观测上 2012 较 2011 年的观测数据量提升了 198.6%，2013 年较 2012 年观测数据量平均提升超过 50%。

## 2、单颗卫星比较结果

长春站实现千赫兹激光测距和白天测距以来，测距系统的探测能力不断提高，观测数据的数量也有明显的提升。从近三年的部分观测数据统计结果中可以看到，大部分卫星的观测数据量都在逐年上升。

表 1.6.3 近三年部分卫星观测结果比较

| 卫星名称    | 2011 年观测圈数 | 2012 年观测圈数 | 2013 年观测圈数 |
|---------|------------|------------|------------|
| Ajisai  | 631        | 683        | 943        |
| Grace-A | 193        | 209        | 276        |



|            |     |     |     |
|------------|-----|-----|-----|
| Grace-B    | 196 | 221 | 269 |
| BeaconC    | 534 | 497 | 727 |
| Lageos1    | 324 | 338 | 698 |
| Lageos2    | 235 | 294 | 492 |
| Etalon1    | 52  | 66  | 138 |
| Etalon2    | 46  | 70  | 127 |
| GPS36      | 20  | 28  | 77  |
| Glonass102 | 75  | 110 | 149 |
| GLONASS122 | 27  | 113 | 162 |
| GLONASS123 | 26  | 120 | 154 |
| GLONASS124 | 26  | 120 | 158 |
| CompassG1  | 22  | 69  | 128 |

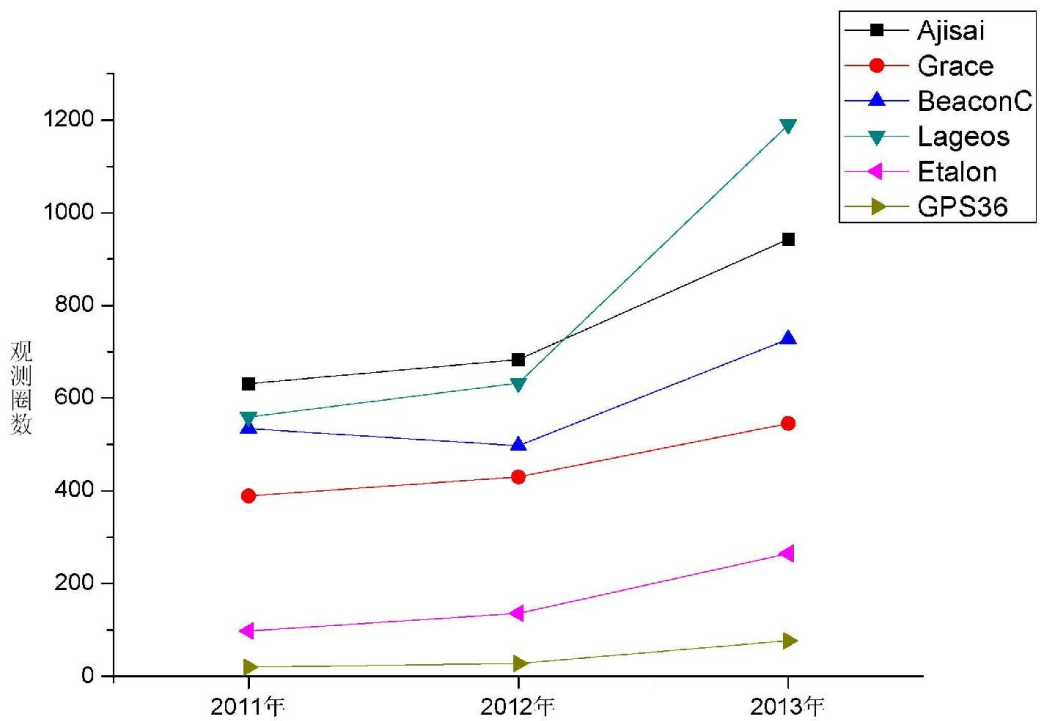


图 1.6.2 近三年部分卫星观测数量比较图

## 1.7 观测数据结果精度分析

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。2013 年 LAGEOS 卫星的标准点精度统计如图 1，LAGEOS 卫星标准点数据的点数统计如图 2。

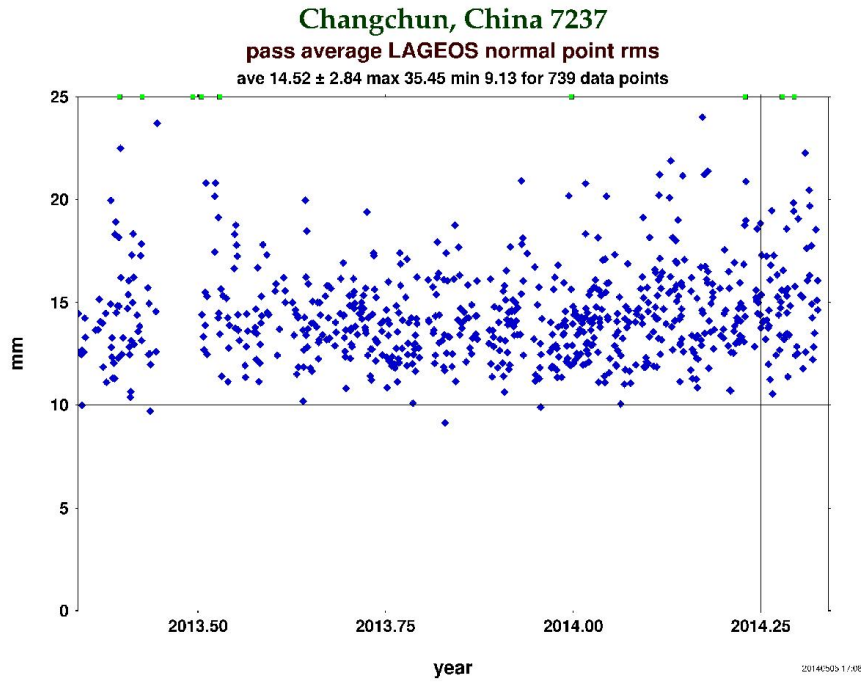


图 1.7.1 2013 年长春站 LAGEOS 卫星标准点精度统计结果

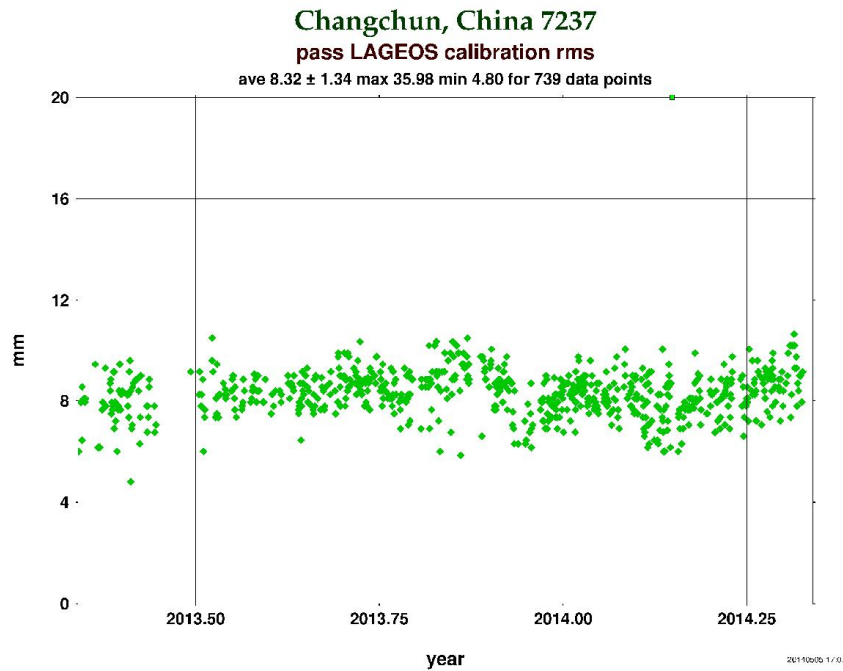


图 1.7.2 2013 年长春站 LAGEOS 卫星校靶精度

## 二、系统升级改造

### 2.1 近地靶应用

长春站原来采用位于测站1.2公里左右的远地靶进行系统差标校，由于远地靶距离比较远，受大气影响较大，虽然通过大气模型修正，也会带有误差，而引入的误差会影响到系统差，从而影响数据质量，通过国际数据中心的报告分析，带有误差的数据质量会影响系统稳定性，最终影响到卫星定轨，站坐标和地球参考框架。同时，远地靶数据获取需要人工干预而非全自动采集，既增加观测员的工作量又耽搁观测时段。为了改善系统的稳定性，提升数据质量，将近地靶应用到测距系统中。

采用近地靶后，长春站的系统延迟变化最大达到8~10cm左右。和采用远地靶时的计算结果进行比较，系统延迟的变化有所改善。



图 2.1. 近地靶实物图

### 2.2 探测器温度变化对系统差的影响

近地靶改造完成后，对地靶的观测数据进行了分析，发现地靶值会随着温度的变化而变化，最终通过一系列的实验，确认环境温度变化引起探测器温度变化会引起系统差变化。

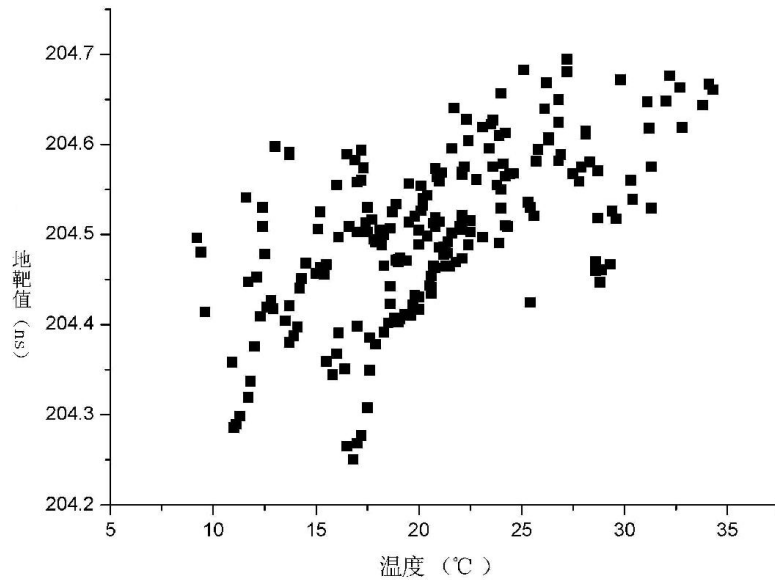


图 2.2. 地靶值随温度变化

特别是在白天观测时，探测器位于望远镜的接收终端内，环境温度将改变探测器的工作温度，进而引入额外的系统延迟。合理的做法是将探测器的工作环境控制其规定的范围内。在白天测距过程中，程序避免望远镜进入太阳区，阳光仍然会将望远镜副镜室晒热，造成探测器温度升高。将探测器用铝箔包好，把太阳光反射出去，但是效果不是很好，白天和夜间温差大会造成地靶值有很大的变化。因此，采取在接收望远镜前面加微孔，减少太阳光照射。

### 2.3 软件方面优化和改进

对测距系统的跟踪控制软件、目标预报及数据处理软件等进行了优化和改进，改进了测距控制软件的控件嵌入方式，增强了软件的可移植性、可靠性和整体性，使观测更加方便。新增了数据预处理软件的数据自动发送功能，提高观测人员的工作效率。

## 三、总结

主要对长春站 SLR 的观测情况进行了总体介绍。针对 SLR 数据的稳定性不佳等问题，将近地靶完全应用到测距系统中，并增加了系统延迟，发现探测器会影响系统差变化问题。