

# 2008 年上海天文台卫星激光测距观测报告\*

上海天文台卫星激光测距应用团组

(中国科学院上海天文台, 上海 200030)

## 提 要

介绍了 2008 年上海天文台卫星激光测距常规观测, 非合作空间目标激光测距试验和双向激光测距模拟试验。

关键词: 卫星激光测距 — 常规测距 — 非合作目标测距 — 双向测距 — 模拟试验

分类号: P228.5

## 1 常规观测概况

2008 年度上海天文台卫星激光测距观测获得总观测圈数为 1582 圈, 总观测点数为 641840, 有观测的天数为 172 天。其中由于天气不好, 仅获得 1-2 圈资料的天数, 为 27 天。表 1、表 2 分别是 2008 年测距圈数、点数统计和逐月统计, 图 1 为每月圈数/天数统计图。其中, 2 月份因激光器整修没有进行观测。

表 1 2008 年上海天文台卫星激光测距观测统计表

Table 1 Statistics of SLR Observation during 2008

卫星	圈数	点数	卫星	圈数	点数
AJISAI	253	130074	GRACE-A	40	5651
BEACON-C	322	163329	GACE-B	42	4112
CHAMP	28	4761	JASON-1	70	17771
ETALON-1	12	2747	JASON-2	56	8118
ETALON-2	6	868	LAGEOS-1	106	87478
ENVISAT	93	22313	LAGEOS-2	79	51542
ERS-2	94	33144	Larets	78	17679
GPS36	1	905	Oicets	8	1230
Glonass-99	4	622	STELLA	110	35606
Glonass-102	1	246	Starlite	121	37306
Glonass-109	2	598	TerraSAR-X	13	2524
GFO-1	43	13216			
			总计:	1582	641840

收稿日期: 2009-06-09; 修回日期: 2008-07-03

\* 天文联合基金(No. 10778634)面上项目; 上海市空间导航与定位技术重点实验室项目(No. 06DZ22101)资助课题。

表 2 2008 年卫星激光测距逐月统计表

Table 2 The distribution of the number of passes of the SLR observational targets in 2008

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	总计
天数	7	0	5	5	18	9	24	25	22	16	18	23	172
圈数	75	0	32	27	193	49	245	176	182	134	175	294	1582

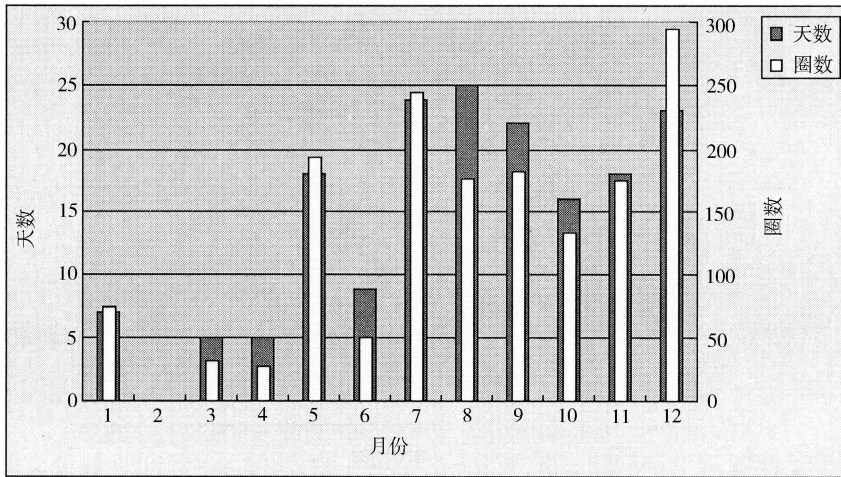


图 1 每月圈数/天数统计图

Fig. 1 The distribution of the number of passes and days of the SLR Observation per month in 2008

本年度加入观测的卫星有日本 JAXA 发射的 Oicets 卫星,该卫星主要完成在轨瞄准、捕获和跟踪技术测试以及与欧洲航天局(ESA)的“阿蒂米斯”ARTEMIS 静止卫星开展光通信试验。该卫星轨道高度约为 610 km,六块光学反射镜,轨道倾角为  $97^{\circ}.83$ 。另外,俄罗斯空间局管理的全球导航卫星系统 GLONASS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)中的编号为 102 和 109 的卫星也作为本年度观测目标。

## 2 非合作空间目标激光测距试验

非合作空间目标是指不带激光反射器的卫星或在空间中遗留的航天器残骸(或称空间碎片)。由于该类目标对发射过去的激光光束只能靠表面反射,仅有极少部分的激光能量能返回到 SLR 观测站,返回信号的检测十分困难。只有加大激光发射的能量,压缩激光光束的发散角,才有可能使 SLR 站收到足够的回波信号,进行有效测距。为开展非合作空间目标的激光测距,我们对测距系统进行了如下改造:1)选用了一台重复频率为 20Hz、能量为 2J、脉宽小于 50ns 的调 Q Nd:YAG 高功率激光器;2)折轴发射系统(coude)原有的 7 块反光镜重新进行加工和镀膜,以便能够承受高功率和大能量;3)使用了测量精度达 10ps 的事件计时器;4)发射望远镜口径从 15cm 改成 21cm,提高发射光束的准直性能;5)考虑到观测的目标运行速度快,预报精确度低,对控制软件进行了改进,可提供多档(0.1 $\mu$ s,0.2 $\mu$ s,0.3 $\mu$ s,0.5 $\mu$ s,1.0 $\mu$ s)距离门控切换,以方便观测人员快速搜索。在搜索阶段使用较大档次的距离门,在获得有效回波信

号后,为减少噪声的干扰,减小距离门,该方法在实际的观测试验中起到了很好的作用。

经过上述系统改造后,2008 年 7 月,我们成功实现了对俄罗斯和美国火箭残骸空间目标的激光测距,其中最远距离达 938km。由于激光器的脉宽原因,测距精度在 60 ~ 80cm 之间。表 3 列出了实验的测量结果,其中俄罗斯和美国火箭残骸国际编号分别为 17912 和 30778。图 2 为 2008 年 7 月 7 日测量结果残差图,图 3 为与图 2 对应的距离变化图。该试验的成功开展为今后实现对小目标、远空间目标激光测距打下了基础。

表 3 非合作空间目标激光测距实验结果一览表

Table 3 The statistics of results for un-cooperative target laser ranging experiments

观测日期/UTC	目标国际编号	有效点数	精度/cm	弧段/s	最远距离/km
2008.07.07/12:50	17912	127	76	84	938
2008.07.17/19:48	30778	79	83	38	871
2008.07.18/19:30	30778	170	68	68	849

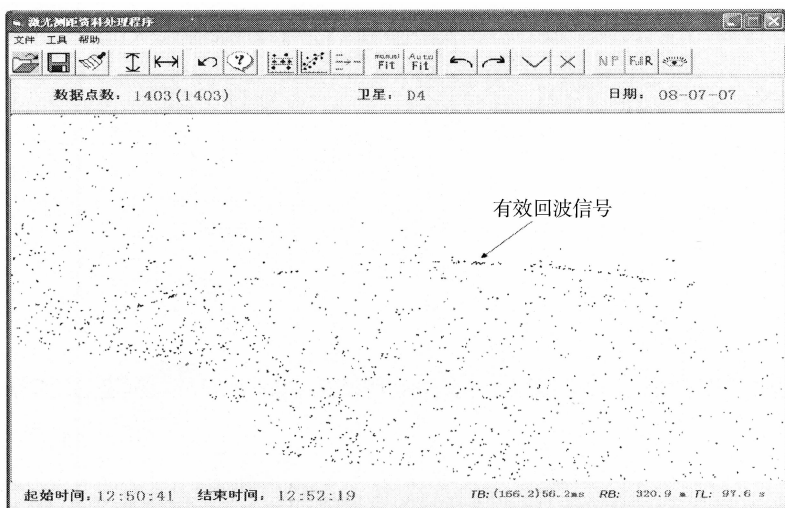


图 2 2008 年 7 月 7 日测量结果图

Fig. 2 The result of the experiments on July 7th, 2008

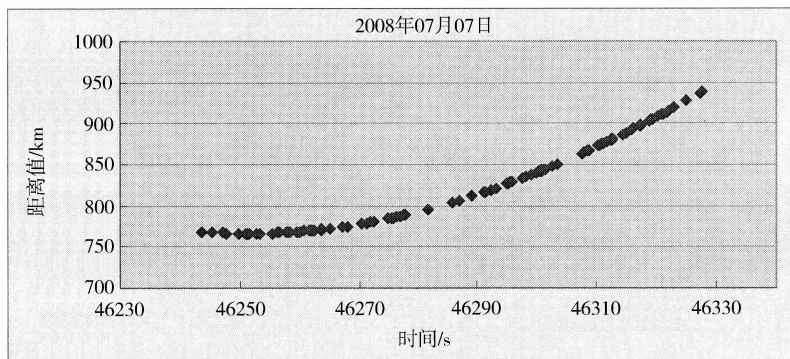


图 3 2008 年 7 月 7 日目标实测距离变化图

Fig. 3 The range variety of targets measured on July 7th, 2008

### 3 双向激光测距模拟试验

与常规 SLR 不同,双向激光测距不是接收空间飞行器目标上反射器的回波信号,而是空间飞行器上同样载有一套激光发射、接收及计时系统,地面站和空间飞行器分别发射激光信号,双方各自接收对方发射的激光信号。由激光测距雷达方程可知,常规反射式激光测距方式接收到的激光能量是按距离四次方呈反比衰减关系;而双向激光测距方式,由于激光信号是单向传输,其能量衰减变为与距离平方成反比关系。对于月球目标,由于距离远,激光信号经四次方反比衰减后,回波探测成功率极低,国际上只有极少数台站成功实现了月球激光测距。如采用双向激光测距方式,激光信号变为单向传输,能量衰减为平方反比关系,地面可接收到的光子数也将得到提高,这使得地面上大多数台站实现对月球或其他远距离空间飞行器的激光测距成为可能。近几年来这种测距方式已受到重视,国际激光测距服务中心(ILRS)在2004年专门成立了 Transponder 工作组,以推动双向激光测距技术研究。双向激光测距测量原理如图4所示<sup>[3]</sup>,只要知道地面站端和空间飞行器端的激光发射时刻( $t_{E1}$ 和 $t_{M1}$ )和双方激光到达时刻( $t_{E2}$ 和 $t_{M2}$ )四个时刻量,就可获得飞行器与地面站间的距离和两者的系统钟差。

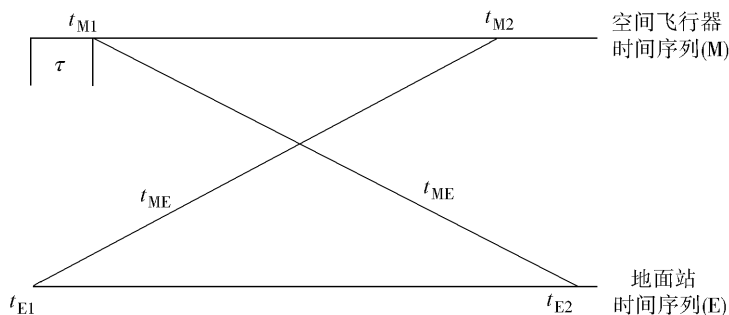


图4 双向激光测距测量原理

Fig. 4 The principle of two-way laser ranging

为在上海天文台现有60cm激光测距系统上开展双向激光测距模拟试验,进行了下列光学系统改造:1)采用两台激光器独立地向同一颗带有激光反射器卫星发射激光;2)使用单光子探测设备探测两个激光回波信号;3)应用两套时钟系统;4)采用两套计时系统分别记录两台激光器的发射和回波时刻。图5为模拟试验系统框图。

常规观测中所使用脉宽50ps、能量20mJ的锁模YAG激光器用于模拟飞行器端激光器;美国光谱物理公司的能量1J、脉宽10ns的调Q-YAG激光器用于模拟地面站激光器。两个激光器激光束汇聚到同一块分光镜,经同一个发射通道射向目标。采用两台计算机分别进行测距控制、数据采集等。为了进行比较,同时采集和保存了常规激光测距方式获得的卫星距离并显示到跟踪实时界面上,以判断卫星实时测量情况。

我们于2008年12月对多颗不同高度卫星成功进行了双向激光测距模拟试验。按照双向激光测距计算模型,根据所获得的四个时刻量计算了目标距离值。为验证双向激光测距计算模型,我们与常规测距方式获得的距离值进行了比较,两种距离值符合得很好。由于试验当中

使用了宽脉宽的激光器,其测距精度比常规激光测距要低一些,若也采用脉宽窄的激光器,就可进行测距精度的比较。模拟试验结果表明,双向激光测距方式可用于目标距离的测量,为该测距技术在月球空间探测中的应用提供了试验论证数据。

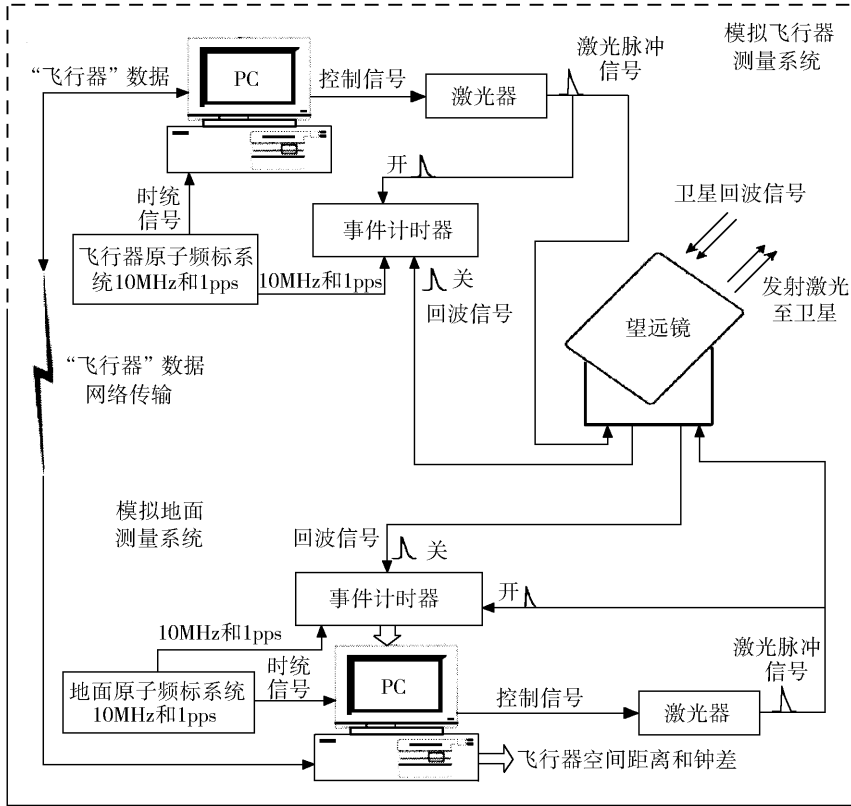


图 5 双向激光测距模拟试验系统框图

Fig. 5 The diagram of two-way laser ranging simulating experiments system

### 参 考 文 献

- [1] Pearlman M, Degnan J, Bosworth J. Advances in space Research, 2002, 30(2): 135 ~ 143
- [2] Greene B, Gao Y, Moore C *et al.* Laser Tracking of Space Debris, 13th International Workshop on Laser Ranging, Washington, D. C., USA, 2002, 7 ~ 11,
- [3] Degnan J. Asynchronous laser transponders for precise interplanetary ranging and time transfer. Journal of Geodynamics 34, 2002, 551 ~ 594,
- [4] Degnan J. Simulating Interplanetary Transponder and Laser Communications Experiments Via Dual Station Ranging To SLR Satellites. 15th International Workshop on Laser Ranging, Canberra, Australia, 2006: 80

# REPORT ON SATELLITE LASER RANGING OBSERVATIONS AT SHANGHAI ASTRONOMICAL OBSERVATORY IN 2008

Satellite laser ranging technique and application group at Shanghai observatory  
(Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030)

## Abstract

The report on satellite laser ranging observations at Shanghai Astronomical Observatory in 2008 is given. The paper also presents two experiments, the un-cooperative target laser ranging experiments and the two-way laser ranging simulating experiments.

**Key words** satellite laser ranging — routine laser ranging — un-cooperative target ranging — two-way ranging — simulating experiment