

2009年上海天文台卫星激光测距 观测报告

张忠萍, 陈菊平, 吴志波, 张海峰, 李 朴

(中国科学院上海天文台, 上海 200030)

摘 要: 介绍了2009年上海天文台卫星激光测距观测、伺服控制系统改造及高精度高重复频率卫星激光测距进展。

关 键 词: 卫星激光测距; 伺服系统改造; kHz 测距; 观测报告

中图分类号: P228.5

1 常规观测概况

2009年度上海天文台卫星激光测距常规观测可分为两个阶段, 1-9月用5 Hz激光器观测, 10-12月用高重复频率(kHz)激光器观测。全年获得有效观测圈数1624圈, 总观测点数25240217点, 其中, kHz测距759圈24895092点。表1显示了低重复频率和高重复频率的观测结果。由表可看出, 对于5 Hz重复频率测距, 每圈平均点数为399点; 采用高重复频率测距后, 每圈平均点数提高了两个数量级, 并实现了高轨卫星的测量, 如GLONASS、ETALON、GPS36和中国导航卫星COMPASS-M1等。全年有观测的天数为182 d, 其中由于天气不好, 仅获得1~2圈资料的天数为37 d。表1是2009年测量圈数和点数统计, 表2是观测天数和圈数的逐月统计。10月及以后为高重复频率统计结果, 由于天气原因, 2月和6月观测天数比较少。

本年度被加入观测的卫星有BLITS、GOCE卫星。BLITS卫星为“迷你”卫星, 重量仅为7.5 kg, 轨道高度约为832 km, 轨道倾角为 98.77° , 其一半球体镀有反射介质, 作为激光反射器, 主要用于研究地球物理学、地球动力学和相对论领域里的科学问题。GOCE是一颗用于地球重力场和海洋环流探测的卫星, 目的是精确描绘地球的重力场和大地水准面, 轨道高度约为295 km, 轨道倾角为 96.7° , 携带七块光学反射镜。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115的卫星也被加入到本年度观测目标中^[1]。

2 伺服控制系统改造

上海天文台佘山激光测距望远镜的伺服控制系统属于模拟伺服系统, 已使用近十年, 很多器件都已经老化或不灵敏。2006年, 使用了新的伺服驱动器, 跟踪性能获得一定提高, 但

收稿日期: 2010-05-11; 修回日期: 2010-06-29

资助项目: 国家自然科学基金(10973029); 上海市空间导航与定位技术重点实验室(06DZ22101)

表 1 2009 年上海天文台卫星激光测距观测统计表

卫星	低重复频率 (1-9 月)		高重复频率 (10-12 月)	
	圈数	点数	圈数	点数
Lageos-1	34	5 473	53	1 381 836
Lageos-2	20	2 347	37	991 767
AJISAI	142	81 463	95	5 041 284
ETALON-1	0	0	16	238 183
ETALON-2	0	0	4	21 935
GIOVE-1	0	0	1	1 007
GIOVE-2	0	0	6	28 878
STARLETTE	104	43 162	81	3 030 501
STELLA	66	13 573	45	2 061 338
ERS-2	54	21 531	35	1 393 922
BEACON-C	156	133 092	73	3 645 915
GPS36	0	0	2	13 868
CHAMP	20	1 936	10	128 661
GLONASS-102	1	128	15	284 603
GLONASS-115	0	0	21	302 280
GLONASS-109	0	0	15	160 822
JASON-1	55	6 166	51	1 448 298
JASON-2	55	7 787	50	1 600 669
GRACE-A	16	1 222	23	601 412
GRACE-B	30	2 435	27	302 903
ENVISAT	51	14 786	31	997 413
Larets	46	9 448	27	490 203
TerraSAR-X	4	465	14	389 239
COMPASS-M1	0	0	10	202 906
GOCE	0	0	4	76 142
Oicets	2	111	0	0
BLITS	0	0	13	59 107
总计	865	345 125	759	24 895 092

表 2 2009 年卫星激光测距逐月统计表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	总计
天数	17	5	18	21	22	9	11	9	13	20	17	20	182
圈数	155	30	116	165	174	34	36	45	110	221	225	313	1 624

限于编码器性能,跟踪误差大于 $5''$,且稳定性较差。在国家重大工程“中国大陆构造环境监测网络”项目的支持下,2009年,我们选用英国 ReniShaw 高精度圆光栅编码器,替代原来的光学编码器,配合 PC 接口卡,结合本组自行研制的外围接口电路及控制软件,完成了对伺服控制系统的改造。

一套完整的光栅测角系统包括光栅码盘、读数头、电子细分盒以及 PC 接口卡,如图 1 所示。光栅码盘作为标尺光栅,读数头作为指示光栅和莫尔条纹的光电检测,细分盒完成对测量信号的电子细分,接口卡将细分盒的增量信号转化成位置信息。

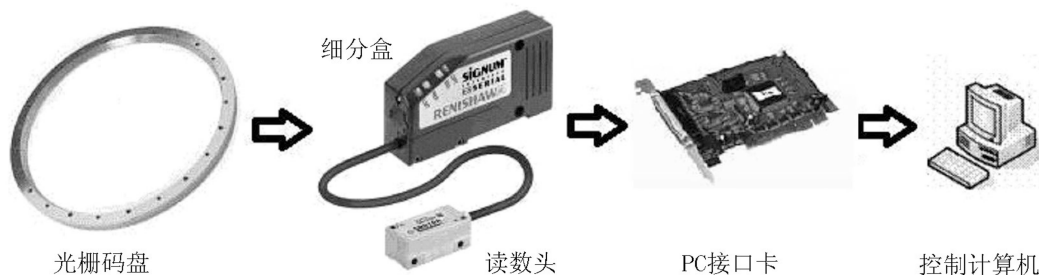


图 1 基于光栅编码器的测量系统结构图

ReniShaw 编码器具有锥面安装方式,可以纠正旋转轴的偏心,不仅确保极佳的精度,还可对圆环的形状及所有安装误差进行方便有效的精细调整^[2]。本设计选用 300 mm 的光栅码盘,配合 200 倍的细分盒,系统精度为 $0.5''$,分辨率达 $0.01''$ 。为了降低偏心率对编码器读数的影响,确保编码器的高精度,常采用 2 个位置对称的读数头来共同完成方位的采集;对于高度的采集,由于仅在 90° 范围内运行,仅需采用单读数头采集。高精度、高灵敏度的测角系统中,输出信号容易受到外界干扰,故选用抗干扰能力强的 PC 接口卡来读取位置信息。

图 2 为改造后伺服控制系统跟踪一圈 Ajisai 卫星的跟踪误差图,左图为方位跟踪误差,右图为高度跟踪误差,左纵坐标代表位置,右纵坐标为跟踪误差。从图中可以看出,跟踪误差基本稳定在 $1'' \sim 2''$,较之改造前 ($> 5''$),跟踪精度和跟踪稳定性明显提高。另外,对于方位,由于采用两个对称读数头读取以降低偏心率的影响,因而跟踪效果比高度更好一些。

3 高精度 kHz 卫星激光测距常规化

同低重复频率卫星激光测距相比,kHz 卫星激光测距具有测距回波点多、目标捕获快、标准点精度高的优点,已成为卫星激光测距技术前沿。2009 年 9 月底,在国家重大工程“中国大陆构造环境监测网络”及国家自然科学基金的支持下,上海天文台引进美国 Photonics Industries 公司脉宽小于 25 ps、单脉冲能量 $2 \sim 3$ mJ、重复频率为 1 kHz 的激光器,配合自行研制的分辨率为 5 ns 的 kHz 距离门控电路及测距控制软件^[3],于同年 10 月开展了 kHz 卫星激光常规测距,成为国际上两个开展 2 kHz 重复频率激光测距的台站之一。利用 kHz 卫星激光常规测距,测距质量以及测距能力都比之前的低重复频率卫星激光测距有很大提高,对一些高轨卫星,比如 GIOVE、COMPASS-M1、ETALON、GLONASS 等,均获得了多圈有效测量数据。图 3 显示了低重复频率与 kHz 重复频率单次测量精度平均值的变化情况,图中标有倒三角的位置为低重复频率与高重复频率观测时间分界点。由图可看出,采用高重复频率

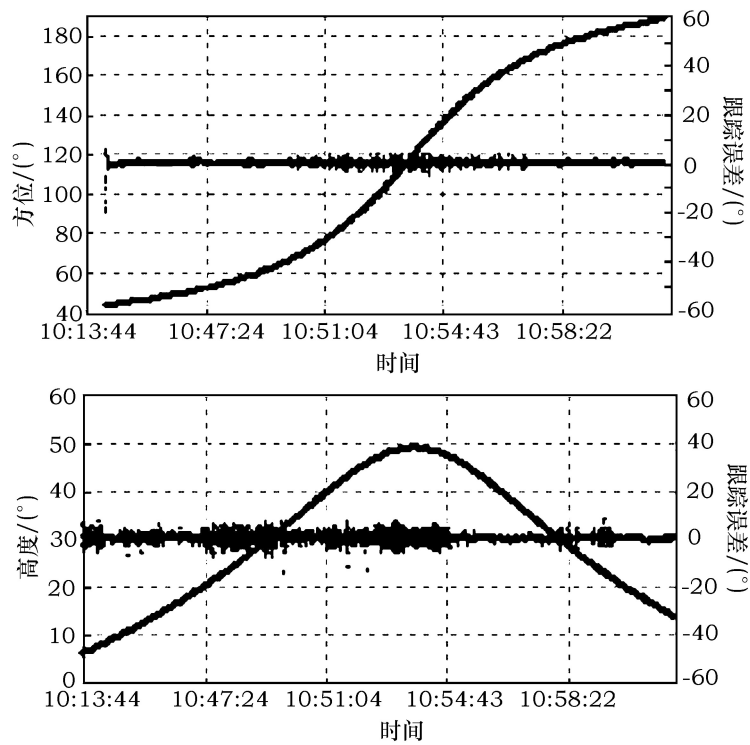


图2 跟踪卫星时的位置残差图

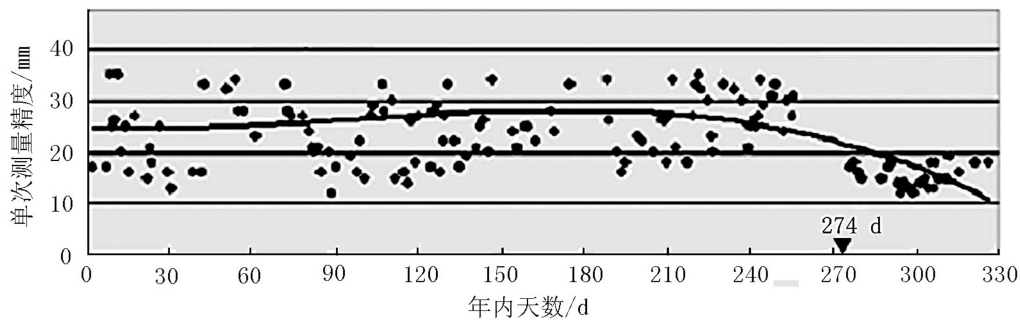


图3 低重复频率与高重复频率单次测量精度变化

测距后, 单次测量精度明显改善, 且还有进一步提高的空间。

4 总 结

在国家重大工程项目支持下, 我们成功对激光测距伺服跟踪系统进行了改造, 跟踪性能得到大幅度提高。高重复频率激光测距的成功开展, 提高了上海天文台卫星激光测距技术水平, 使上海天文台成为国际上为数不多的具有常规高重复频率激光测距能力的台站。另外, 激光测距技术在空间碎片高精度观测中的优势已受到有关部门的重视, 我们在已有的空间碎片激光测距试验基础上, 正积极深入地展开空间碎片激光测距技术研究。

致谢 上海天文台激光测距站常规运行中, 得到了杨福民研究员和陈婉珍高工的指导和支

持, 在此表示感谢, 同时还感谢孟文东、秦思、石海龙和曹广忠为激光站常规运行所做出的工作。

参考文献:

- [1] http://ilrs.gsfc.nasa.gov/satellite_missions/list_of_satellites/index.html
- [2] <http://www.renishaw.com.cn/zh/optical-angle-encoders-6434>
- [3] 卫星激光测距应用团组. 中国科学院上海天文台年刊, 2009, 30: 33

Report on Satellite Laser Ranging Observations at Shanghai Astronomical Observatory in 2009

ZHANG Zhong-ping, CHEN Ju-ping, WU Zhi-bo, ZHANG Hai-feng, LI Pu
(*Shanghai Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200030*)

Abstract: The report on satellite laser ranging observations at Shanghai Astronomical Observatory in 2009 is given. The paper also presents servo system improvement and the realization of satellite laser ranging with kilohertz repetition rate.

Key words: satellite laser ranging; servo system improvement; kilohertz ranging; observation report