DOI:10.13203/j.whugis2003.06.022
第 28 卷 第 6 期　　武汉大学学报·信息科学版　　Vol. 28 No. 6
2003 年 12 月　　Geomatics and Information Science of Wuhan University　　Dec. 2003

文章编号:1671-8860(2003)06-0723-05　　文献标识码:A

Galileo 卫星定位系统相位组合观测值的模型研究

王泽民[1]　柳景斌[1]

(1　武汉大学测绘学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)

摘　要:简要介绍了 Galileo 系统,然后在模糊度保持为整数的前提下,论述了由 Galileo 系统的四个频率载波进行测量的组合观测值的一般定义,并对有关的误差影响进行了分析,最后根据一定的组合标准讨论了具有特定性能的组合观测值,并给出了一些典型的组合,分析了它们可能的应用。

关键词:Galileo 系统;组合观测值;误差分析

中图法分类号:P228.42

Galileo 系统分为星座、地面控制和用户三大部分,它由 4 个射电频率调制 10 种信号,包括引导信号和数据信号,在不同的服务等级下,这些信号的可获得性是不同的。系统还提供 SAR (search and rescue)信号,用于搜救服务。4 个射电频率分别为 E2-L1-E1(1 575.42MHz)、E6(1 278.75MHz)、E5b(1 207.14MHz(1 196.91MHz ~1 207.14MHz,待定))、E5a(1 176.45MHz[1])。

Galileo 系统的投入运行以及 GPS 系统的现代化,使未来全球卫星导航定位应用更加广泛。可以预见,Galileo 系统在高精度定位和实时导航定位应用中,最需要解决的就是上述 4 种或其中几种载波相位观测值的整周模糊度的确定问题,以及如何有效地削弱电离层延迟的影响。根据 GPS 应用的经验,具有相应特性的组合观测值能有效地解决上述问题。为此,本文先给出了 Galileo 系统一般的组合观测值的定义,然后讨论了相应的观测值误差,最后给出了几组有用的组合观测值。

为书写方便,本文用相应符号表示上述 4 种载波的频率和波长:E2-L1-E1 记为 L_1,其频率为 f_1,波长 $\lambda_1=0.19$m;E6 记为 L_2,其频率为 f_2,波长 $\lambda_2=0.235$m;E5b 记为 L_3,其频率为 f_3,波长 $\lambda_3=0.249$m;E5a 记为 L_4,其频率为 f_4,波长 $\lambda_4=0.255$m。

1　载波相位组合观测值的定义

不考虑多路径误差和对流层延迟等其他误差项,引入电离层延迟项,各载波观测值的电离层延迟(长度)有如下关系。令 L_1 的电离层延迟为 I_1,则 L_2、L_3、L_4 的电离层延迟分别为:

$$I_2=q_2^2I_1,\ I_3=q_3^2I_1,\ I_4=q_4^2I_1 \tag{1}$$

式中,$q_i=f_1/f_i$,$i=2,3,4$。载波相位观测方程(单位:m)为:

$$\begin{aligned}L_1&=\rho-\lambda_1N_1-I_1+\varepsilon_{L_1}\\L_2&=\rho-\lambda_2N_2-I_1q_2^2+\varepsilon_{L_2}\\L_3&=\rho-\lambda_3N_3-I_1q_3^2+\varepsilon_{L_3}\\L_4&=\rho-\lambda_4N_4-I_1q_4^2+\varepsilon_{L_4}\end{aligned} \tag{2}$$

相应的组合观测值定义为:

$$\begin{aligned}L_c=&\alpha L_1+\beta L_2+\mu L_3+\delta L_4=\\&(\alpha+\beta+\mu+\delta)\rho-(\alpha\lambda_1N_1+\\&\beta\lambda_2N_2+\mu\lambda_3N_3+\delta\lambda_4N_4)-\\&I_1(\alpha+\beta q_2^2+\mu q_3^2+\delta q_4^2)+\varepsilon_{L_c}\end{aligned} \tag{3}$$

式中,$(\alpha+\beta+\mu+\delta)\rho$ 为组合观测值对应的几何距离。令这一几何距离不随组合观测值的不同而变化,且组合后的整周模糊度仍为整数,则有:

$$\alpha+\beta+\mu+\delta=1 \tag{4}$$

$$L_c=\rho-\lambda N-\eta I+\varepsilon_{L_c} \tag{5}$$

其中,

$$\lambda N=\alpha\lambda_1N_1+\beta\lambda_2N_2+\mu\lambda_3N_3+\delta\lambda_4N_4 \tag{6}$$

$$\eta=\alpha+\beta q_2^2+\mu q_3^2+\delta q_4^2$$

由式(6)得:

$$\begin{aligned}N=&(\alpha\lambda_1/\lambda)N_1+(\beta\lambda_2/\lambda)N_2+\\&(\mu\lambda_3/\lambda)N_3+(\delta\lambda_4/\lambda)N_4\end{aligned} \tag{7}$$

收稿日期:2003-09-09。

项目来源:国家自然科学基金资助项目(49904001)。

为了使组合观测值的整周模糊度保持整数特性,则要求

$$i=\alpha\lambda_1/\lambda,\ j=\beta\lambda_2/\lambda,\ k=\mu\lambda_3/\lambda,\ m=\delta\lambda_4/\lambda \tag{8}$$

为整数。可选取适当的 i、j、k、m 整数组合,得到不同的组合观测值,对应的组合观测值的模糊度为:

$$N=iN_1+jN_2+kN_3+mN_4 \tag{9}$$

式中,i、j、k、m 为整数,显然 N 也为整数。相应的 α、β、μ、δ为:

$$\alpha=i\lambda/\lambda_1,\ \beta=j\lambda/\lambda_2,\ \mu=k\lambda/\lambda_3,\ \delta=m\lambda/\lambda_4 \tag{10}$$

将式(10)代入式(4),可得组合观测值的波长为:

$$\lambda=\frac{\lambda_1\lambda_2\lambda_3\lambda_4}{i\cdot\lambda_2\lambda_3\lambda_4+j\cdot\lambda_1\lambda_3\lambda_4+k\cdot\lambda_1\lambda_2\lambda_4+m\cdot\lambda_1\lambda_2\lambda_3} \tag{11}$$

由 $\lambda=c/f$, c 为光速,则式(11)变为:

$$\lambda=c/(if_1+jf_2+kf_3+mf_4) \tag{12}$$

则组合观测值的频率 f 为:

$$f=if_1+jf_2+jf_3+mf_4 \tag{13}$$

2 误差分析

2.1 对流层延迟

对流层延迟量与频率大小无关,可设 L_1、L_2、L_3、L_4 载波的相位观测值的对流层延迟均为 T_0,将式(10)代入式(3)得:

$$L_c=(i\lambda/\lambda_1)L_1+(j\lambda/\lambda_2)L_2+(k\lambda/\lambda_3)L_3+(m\lambda/\lambda_4)L_4 \tag{14}$$

则组合观测值的对流层延迟为:

$$T_c=(i\lambda/\lambda_1)T_0+(j\lambda/\lambda_2)T_0+(k\lambda/\lambda_3)T_0+(m\lambda/\lambda_4)T_0 \tag{15}$$

考虑式(11)可得:

$$T_c=T_0 \tag{16}$$

即组合观测值与单个载波观测值受相同的对流层延迟影响。

2.2 电离层延迟

根据式(3)组合观测值的定义,可得组合观测值的电离层延迟 I_c 为:

$$I_c=(i\lambda/\lambda_1)I_1+(j\lambda/\lambda_2)I_2+(k\lambda/\lambda_3)I_3+(m\lambda/\lambda_4)I_4 \tag{17}$$

将式(1)代入式(17),得:

$$I_c=R_{i,j,k,m}\cdot I_1 \tag{18}$$

其中,

$$R_{i,j,k,m}=\frac{i+jf_1/f_2+kf_1/f_3+mf_1/f_4}{i+jf_2/f_1+kf_3/f_1+mf_4/f_1}$$

以本文前面给出的频率值代入,得:

$$R_{i,j,k,m}=\frac{i+154j/125+77k/59+154m/115}{i+125j/154+59k/77+115m/154} \tag{19}$$

式(19)说明组合观测值的电离层延迟与其组合方式有关。

2.3 观测噪声

根据误差传播定律,组合观测值的随机噪声(单位:周)可表示为:

$$\sigma_{\phi_{i,j,k,m}}=\sqrt{i^2\sigma^2_{\phi_1}+j^2\sigma^2_{\phi_2}+k^2\sigma^2_{\phi_3}+m^2\sigma^2_{\phi_4}} \tag{20}$$

式中,σ_{ϕ_1}、σ_{ϕ_2}、σ_{ϕ_3}、σ_{ϕ_4} 分别为 ϕ_1、ϕ_2、ϕ_3、ϕ_4 相位观测值的随机测量噪声,主要为测相误差。若令

$$\sigma^2_{\phi_1}=\sigma^2_{\phi_2}=\sigma^2_{\phi_3}=\sigma^2_{\phi_4}=\sigma^2_0 \tag{21}$$

则组合相位观测值的测量噪声(单位:周)为:

$$\sigma_{\phi_{i,j,k,m}}=\sqrt{i^2+j^2+k^2+m^2}\cdot\sigma_0 \tag{22}$$

若以 m 为单位,σ_{L_1}、σ_{L_2}、σ_{L_3}、σ_{L_4} 分别为以长度单位记的观测噪声,则相应的组合观测值的观测噪声(单位:m)为:

$$\sigma_{L_{i,j,k,m}}=\sqrt{\alpha^2\sigma^2_{L_1}+\beta^2\sigma^2_{L_2}+\mu^2\sigma^2_{L_3}+\delta^2\sigma^2_{L_4}} \tag{23}$$

由上面的讨论可以看出,若以周为单位,组合观测值的随机测量噪声总是比单个载波相位观测值的大;若以 m 为单位,则组合观测值的随机测量噪声有可能比单个载波相位观测值的小。

3 组合观测值的筛选

3.1 组合观测值的筛选标准

3.1.1 波长标准

波长的大小对确定整周模糊度至关重要,波长越长,确定整周模糊度越容易,反之,对于短波长的组合观测值则较难确定其整周模糊度。这里讨论一类组合观测值,它们的优点是具有较长的波长,从而使得在解算整周模糊度时,能够以较快的速度和较高的可靠性确定这类观测值的整周模糊度,进而确定各单个载波相位观测值的整周模糊度。

考虑式(11),长波长组合观测值波长满足:

$$\lambda=\frac{\lambda_1\lambda_2\lambda_3\lambda_4}{i\cdot\lambda_2\lambda_3\lambda_4+j\cdot\lambda_1\lambda_3\lambda_4+k\cdot\lambda_1\lambda_2\lambda_4+m\cdot\lambda_1\lambda_2\lambda_3}>\lambda_4 \tag{24}$$

故可得不等式:

$$\lambda_1\lambda_2\lambda_3>i\cdot\lambda_2\lambda_3\lambda_4+j\cdot\lambda_1\lambda_3\lambda_4+k\cdot\lambda_1\lambda_2\lambda_4+m\cdot\lambda_1\lambda_2\lambda_3>0 \tag{25}$$

相应地得:

$$1-(qi+rj+sk)>m>-(qi+rj+sk) \tag{26}$$

为保证 m 取整数, 则由式(26)知:

$$m=[-(qi+rj+sk)] \tag{27}$$

式中, $[(\circ)]$ 为向 $+\infty$ 方向的取整函数。其中, $q=\lambda_4/\lambda_1=154/115$, $r=\lambda_4/\lambda_2=25/23$, $s=\lambda_4/\lambda_3=118/115$。

相应地, 组合观测值的波长可写为:

$$\lambda(i,j,k)=\frac{\lambda_4}{(qi+rj+sk)+[-(qi+rj+sk)]} \tag{28}$$

由于 q、r、s 均为两整数的比值, 因此含有取整函数的式(28)为周期函数:

$$\begin{aligned}&(qi+rj+sk)+[-(qi+rj+sk)]=\\&(q(i+P_1)+r(j+P_2)+s(k+P_3))+\\&[-(q(i+P_1)+r(j+P_2)+s(k+P_3))]\end{aligned} \tag{29}$$

顾及 q、r、s 的具体取值, 可知 i、j、k 的周期分别为 $P_1=115$, $P_2=23$, $P_3=115$。同时考虑到组合观测值的随机误差, 根据式(22)和式(23), 要使组合观测值的随机误差尽可能小, 应使 i、j、k、m 的绝对值尽可能小, 由此可得 i、j、k 的取值范围分别为:

$$i\in[-57,58],\ j\in[-11,12],\ k\in[-57,58] \tag{30}$$

且 i、j、k 不同时为 0。

为了用数字量化组合观测值的这一特性, 定义一种衡量指标——波长参数, 即组合观测值的波长与 L_1 载波的波长之比:

$$a_\lambda=\lambda/\lambda_1=f_1/(if_1+jf_2+kf_3+mf_4) \tag{31}$$

波长参数越大, 表示组合观测值的波长越长。

3.1.2　弱电离层延迟标准

由式(3)知, 组合观测值的电离层延迟为:

$$I_c=I_1(\alpha+\beta q_2^2+\mu q_3^2+\delta q_4^2)=$$

$$I_1\frac{\lambda}{\lambda_1}(i+jq_2+kq_3+mq_4)$$

要使电离层延迟较小, 则 $|i+jq_2+kq_3+mq_4|$ 要尽量小。为了适当减少搜索范围, 令 $|i+jq_2+kq_3+mq_4|<1$, 变换后得:

$$\frac{-1-(i+jq_2+kq_3)}{q_4}<m<\frac{1-(i+jq_2+kq_3)}{q_4} \tag{32}$$

其中, $q_4=\lambda_4/\lambda_1=154/115$, 则 m 的取值范围为:

$$\left|\frac{i+jq_2+kq_3}{q_4}-\frac{-1-(i+jq_2+kq_3)}{q_4}\right|=\frac{2}{q_4}\approx1.5>1$$

则 m 可能的取值有两个:

$$m^I=\left[\frac{-1-(i+jq_2+kq_3)}{q_4}\right] \tag{33}$$

$$m^X=\left[\frac{1-(i+jq_2+kq_3)}{q_4}\right] \tag{34}$$

$[(\circ)]$ 为向 $-\infty$ 方向的取整函数。

将 m 的取值分别代入式(11), 得:

$$\lambda(i,j,k,m^I)=\frac{\lambda_4}{(qi+rj+sk)+\left[\frac{-1-(i+jq_2+kq_3)}{q_4}\right]} \tag{35}$$

$$\lambda(i,j,k,m^X)=\frac{\lambda_4}{(qi+rj+sk)+\left[\frac{1-(i+jq_2+kq_3)}{q_4}\right]} \tag{36}$$

式中, q、r、s 同前。式(35)、(36)均没有明显的周期性, 而当 $i=77$, $j=125$, $k=-59$ 时, $m^I=m^X=-115$, 此时将 i、j、k、m 代入式(19)得 $R_{i,j,k,m}=0$, 即电离层延迟为 0。显然, 当 $i=-77$, $j=-125$, $k=59$ 时, $m^I=m^X=115$, 也有 $R_{i,j,k,m}=0$, 则选取 $i\in[-77,77]$, $j\in[-125,125]$, $k\in[-59,59]$, $m\in[-115,115]$ 为讨论范围, 且 i、j、k、m 不同时为 0, 超出这一范围的 i、j、k、m 组合并不能给出这类观测值更多的特性。同时也必须承认, 在上述范围内的许多组合是不独立的。

同样, 用电离层延迟参数 α_{ion} 来衡量组合观测值的电离层延迟特性, 定义为组合观测值的电离层延迟与 L_1 载波相位观测值电离层延迟之比, 即

$$\alpha_{\text{ion}}=I_c/I_1=R_{i,j,k,m}=\frac{i+154j/125+77k/59+154m/115}{i+125j/154+59k/77+115m/154} \tag{37}$$

α_{ion} 越小, 则组合观测值的电离层延迟越小。

3.1.3　噪声标准

另一项评价组合观测值的指标是随机噪声。令 $\sigma_{L_1}^2=\sigma_{L_2}^2=\sigma_{L_3}^2=\sigma_{L_4}^2=\sigma_0$(m), 并将式(10)代入式(23)可得:

$$\sigma_{LC}(\text{m})=\sqrt{(i\lambda/\lambda_1)^2+(j\lambda/\lambda_2)^2+(k\lambda/\lambda_3)^2+(m\lambda/\lambda_4)^2}\,\sigma_0(\text{m}) \tag{38}$$

以下讨论时, 令 L_1 的观测噪声 $\sigma_{L_1}=\sigma_0=0.001$m。

3.2　组合观测值的筛选

3.2.1　长波长组合观测值

从式(13)可知, 所有可能的组合观测值的最小频率为10.23MHz, 对应的最长波长为29.26m。根据本文上一节确定的搜索范围, 搜索所有的组合。在每一个可能的长波长对应的一系列组合中, 找出电

离层延迟和观测噪声均较小的组合观测值,如表1。

表1 典型的长波长组合观测值

Tab.1 Typical Widelane Combinations

i	j	k	m	λ/m	λ/λ_1	α_{ion}/m	I/m	σ_{LC}/m
0	1	−3	2	29.260	154.00	−0.77	−77	0.5761
1	−4	1	2	14.630	77.00	4.26	426	0.3612
0	−1	4	−3	14.630	77.00	−2.24	−224	0.3923
0	0	1	−1	9.753	51.33	−1.75	−175	0.0726
0	1	−2	1	7.315	38.50	−1.50	−150	0.0943
1	7	−32	24	2.251	11.85	0.005	0.5	0.4812
3	−6	−11	14	1.222	6.42	−0.001	−0.1	0.1221
1	−1	0	0	1.009	5.31	−1.23	−123	0.0075
1	1	−1	−1	0.636	3.35	−1.38	−138	0.0067

表1中,L_1的电离层延迟量一般为50~150m,I则是假设L_1的电离层延迟量为100m时,组合观测值相应的电离层延迟量;σ_{LC}是假设$\sigma_{L_1}=0.001$m时组合观测值的观测噪声。

长波长组合观测值的优势是整周模糊度相对容易确定,可用于解算基线时快速确定整周模糊度,其中组合$\phi_{1,7,-32,24}$和$\phi_{3,-6,-11,14}$的波长较长,而同时它们的电离层延迟和观测噪声很小,二者之和小于0.5周,对于快速确定整周模糊度是很好的选择。

3.2.2 削弱电离层延迟的组合观测值

令$\alpha_{ion}(m)<0.001$,可将m级的电离层延迟削弱到mm级以下,此时得到如表2所示的一组观测噪声较小的组合观测值,表中各项的意义同表1。

表2 典型的削弱电离层延迟组合观测值

Tab.2 Typical Reduced-Iono Combinations

i	j	k	m	λ/m	λ/λ_1	α_{ion}/m	I/m	σ_{LC}/m
11	3	−1	−10	0.037	0.19	−0.000075	−0.0075	0.0029
6	−3	−11	9	0.103	0.54	0.000195	0.020	0.0085
3	3	0	−5	0.112	0.59	0.000204	0.0204	0.0039
4	3	−10	4	0.108	0.57	−0.000254	−0.0254	0.0068
0	16	−11	−4	0.121	0.64	0.000362	0.0362	0.0126
2	3	10	−14	0.116	0.61	0.000561	0.0561	0.0107
5	−3	−1	0	0.106	0.56	−0.000603	−0.0603	0.0033
3	−6	−11	14	1.222	6.42	−0.000681	−0.0681	0.1221

对于100m左右的电离层延迟,表中各种组合将它削弱至cm级,观测噪声也在1cm左右,对于模糊度解算和导航定位都具有重要意义。需要特别指出的是,组合$\phi_{3,-6,-11,14}$不仅具有较长的波长(1.222m),而且电离层延迟很小($\alpha_{ion}(m)<0.001$),观测噪声也相对较小(约为0.1周),对于解算模糊度和导航定位是一个重要的组合。

4 结论与建议

用双差法解算短基线(<10km)时,两站的大气延迟相关性较强,可通过求差消弱它的影响。此时要寻求适当的组合观测值能够快速且可靠地确定整周模糊度,以满足快速定位对定位速度和精度的要求,这样的组合观测值应该有较高的观测精度和较长的波长。对照表1,$\phi_{0,1,-2,1}$、$\phi_{0,0,1,-1}$、$\phi_{1,-1,0,0}$是较好的几种组合。

长距离相对定位时,电离层延迟对定位结果有很大影响。在长距离相对定位的基线解算中,一般分两步来实现:首先确定长波长组合观测值的整周模糊度N_w,作为进一步解算模糊度的一个约束条件;然后使用削弱电离层延迟的组合观测值,并引入N_w,进一步解算得到削弱电离层延迟组合观测值的整周模糊度N_{IF}。长波长的组合观测值$\phi_{3,-6,-11,14}$和$\phi_{1,7,-32,24}$有较长的波长,电离层相位延迟很小,观测噪声也较小,可以较容易地确定它们的整周模糊度,并可作为长波长组合观测值引入,解算得到长波长的整周模糊度$N_{3,-6,-11,14}$或$N_{1,7,-32,24}$;然后再解算削弱电离层延迟的组合观测值的整周模糊度,其中$\phi_{6,-3,-11,9}$或$\phi_{3,3,0,-5}$的波长适中,电离层延迟和观测噪声较小,可以引入求得$N_{6,-3,-11,9}$或$N_{3,3,0,-5}$,并进一步计算得到各个载波的整周模糊度。

随着Galileo系统的建成并投入使用以及GPS系统的现代化,可以获得更多的载波相位观

测值,由此可以形成满足各种需要的组合观测值,对于提高导航定位的实时性和定位精度将有重要意义。应该进一步研究满足各种目的的算法,并有待系统建成后实际数据的检验。同时,由于 Galileo 系统将与 GPS 系统和 GLONASS 系统兼容,且 Galileo 系统和 GPS 系统共用两个载波频率(E2-L1-E1 和 E5a),因此不同系统间载波观测值的组合问题将有待深入研究。

参 考 文 献

1 http://www.ians.lu/archive/galileo/S59991.html

2 Han S W, Rizos C. The Impact of Two Additional Civilian GPS Frequencies on Ambiguity Resolution Strategies. http://www.gmat.unsw.edu.au.

3 刘基余, 李征航, 王跃虎, 等. 全球定位系统原理及应用. 北京: 测绘出版社, 1993

4 韩绍伟. GPS 组合观测值理论及应用. 测绘学报, 1995, 21(2): 8~13

5 韩绍伟. GPS 快速定位理论及数值结果. 武汉测绘科技大学学报, 1994, 19(2): 136~142

第一作者简介: 王泽民, 教授, 博士生导师。现主要从事空间大地测量及地球动力学研究。代表成果: 利用 GPS 在短基线上进行亚毫米级定位; 非连续变形分析与现代地壳运动研究等。

E-mail: zmwang@sgg.wtusm.edu.cn

Model of Inter-Frequency Combinations of Galileo GNSS

WANG Zemin[1] *LIU Jingbin*[1]

(1 School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

Abstract: This paper introduces Galileo system in brief, then presents a comprehensive study of the inter-frequency combinations of 4 Galileo carrier phase observations. This paper discusses some error impacts of Galileo combination observations, expatiates the method for defining the ranges of searching combination coefficients in detail, and accordingly lists two sets of applied inter-frequency combination observations with typical characters: widelane combinations and reduced-iono combinations. As a result, some valuable inter-frequency combinations are found.

Key words: Galileo system; combination observation; error analysis

About the first author: WANG Zemin, professor, Ph. D supervisor. His research orientations are geodesy and geodynamics. His main achievements include high precise GPS positioning for short baseline, discontinuous deformation analysis and modern crustal movement, etc.

E-mail: zmwang@sgg.wtusm.edu.cn

(责任编辑: 平子)

武汉大学代表参加第 5 次国际南极大地测量研讨会

武汉大学中国南极测绘研究中心主任鄂栋臣教授、研究生院副院长李斐教授及南极中心博士生张胜凯同学,应邀出席了在乌克兰利沃夫市召开的第 5 次国际南极大地测量研讨会(AGS' 03)。国际南极大地测量研讨会是国际南极研究科学委员会(SCAR)下属的地学常设工作组组织召开的年度会议。本次研讨会由乌克兰利沃夫理工大学和乌克兰南极中心联合举办,会议主题是"南极大地测量基础设施的现状与未来研究的展望"。参加该会议的有来自世界十多个国家的科研人员。

本次会议内容包括 2002/2003 年南极夏季大地测量活动、大气对南极 GPS 观测的影响、局部和区域大地测量控制网、南极大地坐标参考系的改进、南极重力、国际南极科学研究委员会南极新大地构造项目、南极大地测量基础设施项目业务会议和海平面监测等 8 个方面。鄂栋臣教授等提交的两篇论文"东南极格罗夫山 GPS 控制网的布设与数据处理"和"干涉合成孔径雷达在东南极格罗夫山的应用"被会议收录,并做口头报告。会议还对 2007 国际极地年提出了建设性意见,并决定下次研讨会(AGS' 04)将在意大利举行。