

RINEX 观测数据文件格式及其应用

冯胜涛^{1,2}, 刘志广¹, 占伟¹, 朱爽¹, 宋惠军¹

(1. 中国地震局第一监测中心, 天津 300180; 2. 中国科学技术大学地球与空间科学学院, 合肥 230026)

摘要:全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System, GNSS)的应用日趋广泛,然而各接收机生产商提供的
数据记录格式各不相同。国际上普遍采用 RINEX(一种与接收机无关的转换格式)格式数据作为数据后处理的
标准输入。RINEX 格式从其出现至今经过了一系列演化,诞生了不同的版本。在实际应用中涉及不同版本的数据
时。尤其是编程读写 RINEX 文件时,对读写数据格式定义的不恰当可能造成严重的错误。本文集中对 RINEX 迄
今为止广泛应用的几个版本的观测数据文件的标准格式进行说明,并就不同版本 RINEX 格式观测数据文件的应
用进行比较,结合我国正在建设的北斗卫星导航系统(BDS)引出关于数据文件格式方面的一些认识。

关键词:RINEX;观测数据文件;数据转换格式;GNSS

中图分类号:P315.63 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-1375(2014)01-0038-09

0 引言

与接收机无关的转换格式(the Receiver Independent Exchange Format, RINEX),最初由伯尔尼
大学天文学院为方便转换由不同生产商制造的接收
机采集的数据而开发。随着其应用的推广,至今已
有三个主要版本发布,各个版本还有不同的子版本,
主要有:RINEX Version 1(版本 1)于 1989 年第五
届国际大地测量关于卫星定位的研讨会上提出;
RINEX Version 2(版本 2)于 1990 年在关于使用
GPS 精密定位的第二次国际研讨会上提出。与
Version 1 相比,Version 2 主要增加可以包含由不
同卫星系统获得的数据。RINEX Version 2 有几个
子版本:Version 2.10;对版本 2 做了微小改变,主
要包括允许使用非整数秒的采样率以及把信号强度
作为新的观测量;Version 2.11;主要包含为 L2C 伪
距观测量定义的 2 个字符的观测码以及对 GEO
NAV MESS 文件做的一些调整;Version 2.20;主
要用于 IGS 的 LEO 试验项目中空载接收机数据的
转换而定制的非官方版本。

而 RINEX Version 3(版本 3)于 2007 年发布。
为了提升文件包含多种类型数据的能力,如使数据
文件中包含多个导航卫星系统,而不同系统数据又
有不同观测类型的情况,对数据文件的结构做出了
较大调整。为了满足多种需要,还将之前版本每行

数据记录最多只能有 80 个字符长度的限制取消。
其数据文件中还可以包含非官方的 Version 2.20
的空载接收机的数据的相关定义。另外,随着
RINEX 格式的推广应用,还有其他类似 RINEX 的
转换格式文件类型诞生,如:IONEX, ANTEX 等。

接收机生产商一般提供各自数据文件与不同版
本的 RINEX 格式文件的转换供用户选择。在选用
哪种版本的 RINEX 格式的问题上,各数据提供者
有不同看法,提供的数据结果也有差别。本文详细
介绍上述几种常用版本的 RINEX 文件格式,总结
各版本的优势。结合我国正在建设的全球导航卫星
系统—北斗导航卫星系统,就 GNSS 观测数据的存
储格式提出建议。

1 RINEX 主要应用版本观测数据文 件格式说明

对于一般 RINEX 观测数据文件,国际上推荐
的命名惯例为:ssssdddf.yyo,其中:ssss 为 4 个字
符表示的测站名,ddd 为第 1 条数据记录的年积日,
f 为 UTC 时间一天里生成文件的序列号(“0”表示
文件里包含当天所有数据),yy 为 2 位整数表示的
年份,而 o 则表示文件为观测数据文件。RINEX 3
对于记录时长 15 分钟的高频数据文件,推荐使用的
文件名为:ssssdddhmm.yyo,其中 ssss 为 4 字符测

收稿日期:2013-07-18

基金项目:公益性地震行业科研专项(项目编号:201308009)

作者简介:冯胜涛(1983—),男(汉族),在读研究生,助理工程师,主要从事 GPS 测量与数据分析。E-mail:fengshengtao@sina.com.

站代码或低轨卫星(LEO)接收机或天线的代码,ddd为年积日,h代表一天中第n个小时的字符(a为00时到01时,b为01时到02时,……,x为23时到24时),mm为该小时内的起始分钟(取:00,15,30或45),yy为2位数表示的年份,而o则表示文件为观测数据文件。

从 SOPAC(Scripps Orbit and Permanent Array Center)网站(<http://sopac.ucsd.edu/>)可以下载1990年以后的一些测站观测数据文件。其保留的数据文件多使用2.10或2.11版本,也有部分Version 2的数据。一般情况下实际使用数据文件很少会用到Version 2之前的版本,下面就RINEX Version 2、2.10、2.11、2.12、Version 3及3.01版本的观测数据文件的格式逐行进行说明。使用FORTRAN 95/2003标准的程序中读写格式定义为例(为叙述简便以输出为例,输入时情况同输出):

An :表示以 n 个字符的宽度来输出字符串,如: $A2$ 表示输出2个字符宽度的字符串,例如“y2”;

$Fn.m$:表示以 n 个字符宽输出浮点数,小数点后占 m 个字符宽度,如F12.9表示输出浮点数带小数点及负号共有12位数字,而小数点后有9位数字,例如-0.123456789;

$In[m]$:表示以 n 个字符宽输出整数,至少输出 m 位数字(不足以“0”补齐),如I3.3表示以3个字符宽输出3位表示的数字,例如012;(方括号表示可选,In则仅表示输出占 n 个字符宽的整数即 n 位整数,不足也不需以“0”补齐)

nX :表示向右跳过 n 个字符的宽度,如:2X表示输出位置向右移动2个字符;

Tn :表示输出位置移动到本行第 n 列,如:T5表示移动到本行第5列开始输出。

1.1 RINEX Version 2 观测数据文件格式

RINEX的每种文件类型都包含有文件头部分和数据部分。文件头位于文件的开头包含整个文件的信息。文件头每行的第61~80个字符为该行的标签。文件头部分除了个别行的位置固定外,其他行出现次序可以自由调整。其中“RINEX VERSION / TYPE”必须位于文件第一行。默认情况“WAVELENGTH FACT L1/2”行要出现在给各个卫星定义波长因子的记录之前。而如果“# OF SATELLITES”行在文件头部分出现的话,其后要紧跟相应的“PRN / # OF OBS”对应的行的记录。“END OF HEADER”必须位于文件头的最后。

表1 RINEX Version 2 观测数据文件格式说明

文件头标签(文件头每行61~80个字符)	对该行内容的定义(文件头每行1~60个字符)	读写格式定义(fmt=)
RINEX VERSION/TYPE	RINEX 版本号/文件类型('O'为观测数据文件) 卫星系统:空格或'G'表示GPS; 'R'表示GLONASS; 'T'表示NWSS Transit; 'M'表示多种系统	(I6,14X,2(A1,19X))
PGM / RUN BY / DATE	创建此文件的工程名/创建此文件的执行者名称/文件创建日期	(3A20)
COMMENT(可选)	注释信息,可以有任意多行,都以此标签结尾	(A60)
MARKER NAME	天线标志名称	(A60)
MARKER NUMBER(可选)	天线标志号	(A20)
OBSERVER / AGENCY	观测者姓名/单位名称	(A20,A40)
REC # / TYPE / VERS	接收机号/接收机类型/版本(如内置软件版本)	(3A20)
ANT # / TYPE	天线号/天线类型	(2A20)
APPROX POSITION XYZ	测量标志的近似坐标(WGS84)	(3F14.4,18X)
ANTENNA; DELTA H/E/N	天线高/天线中心相对测量标志在东向,北向的偏心距(米)	(3F14.4,18X)
WAVELENGTH FACT L1/2	L1/L2 波长因子(1:整周模糊度;2:半周模糊度;0:单频设备) 列表中接下来的卫星数(0:默认波长因子,最大为7,如果多于7颗卫星重复记录)	(7(3X,A1,I2),18X)

文件头标签(文件头每行 61~80 个字符)	对该行内容的定义(文件头每行 1~60 个字符)	读写格式定义(fmt=)
# / TYPES OF OBSERV	文件中的观测类型的数目/观测类型	(16,9(4X,A2))
INTERVAL(可选)	以秒为单位的采样间隔	(16,54X)
TIME OF FIRST OBS	第一组观测数据记录时间	(516,F12.6,18X)
TIME OF LAST OBS(可选)	最后一组观测数据记录时间	(516,F12.6,18X)
# OF SATELLITES	文件中记录观测数据的卫星数	(16,54X)
PRN / # OF OBS	PRN(卫星号)/在“# / TYPES OF OBSERV”记录中标注的每种观测类型的观测数	(3X,A1,12,916)
END OF HEADER	文件头的最后部分,文件头结束标识	(60X)

Version 2 数据记录部分格式说明

历元开始的记录	历元:2 位数表示的年,月,日,时,分; 小数点后保留 7 位浮点数表示的秒; 历元标识(0:正常,1:前一历元 and 这个历元间发生电力故障,>1 对应事件标识); 当前历元记录卫星数/PRN(卫星号)列表(多于 12 个则需换行); 接收机钟差(可选)	(5(1X12),F11.7,2I3,12(A1,I2),F12.9)
观测数据	分行列出记录到的每颗卫星的观测数据(每行观测数据类型按照头文件给出观测类型的次序) 若观测类型数超过 5 个(80 字符)则换行记录这组观测数据 失锁指示 映射到(1~9)指标标识的信号强度	(m(F14.3,211)) m 为头文件里“# / TYPES OF OBSERV”行定义观测类型数目

```

2          OBSERVATION DATA          RINEX VERSION / TYPE
ARGO2RX v 8.2      jdean          1998/02/26      PGM / RUN BY / DATE
NGS ARGO .dat file translated into RINEX      COMMENT
Header information from MIT station.info      COMMENT
Hobart MiniMac      MARKER NAME
                  CIGNET          OBSERVER / AGENCY
                  Minimac 2816AT      REC # / TYPE / VERS
                  Macrometer X-Dipole      ANT # / TYPE
-3950184.0010 2522364.5265 -4311588.5063      APPROX POSITION XYZ
0.0000      0.0000      0.0000      ANTENNA: DELTA H/E/N
1          1          WAVELENGTH FACT L1/2
3          L1      C1      L2      # / TYPES OF OBSERV
30          INTERVAL
90          4      10      0      0      0.000000      TIME OF FIRST OBS
90          4      10      23      59      30.000000      TIME OF LAST OBS
END OF HEADER
90 4 10 0 0 0.0000000 0 5 13 12 3 19 14
-.905 6 19758654.579 -.807 7
-.927 4 20783696.423 -.730 5
-.467 4 18891732.742 -.353 7

```

图 1 RINEX Version 2 数据示例(示例数据下载自 SOPAC 网站截取其中部分:<http://sopac.ucsd.edu/>)

1.2 RINEX Version 2.10 与 2.11 观测数据文件格式

Version 2.10 与 version 2 相比有一些改变,读写 RINEX version 2 的程序用于处理 2.10 的

RINEX 文件时格式定义不做相应改变可能发生错误。现将 2.10 版格式对照 version 2 的不同列入表 2。

表 2 RINEX 观测数据文件 Version 2.10 较 Version 2 改变部分格式说明

文件头标签 (文件头每行 61~80 个字符)	对该行内容的定义(文件头每行 1~60 个字符)	读写格式定义(fmt=)
RINEX VERSION/TYPE	同 version 2, 格式定义改变	(F9.2,11X,2(A1,19X))
WAVELENGTH FACT L1/2	默认的 L1/L2 波长因子(1:整周模糊度;2:半周模糊度;0:单频设备) 列表中接下来的卫星数(0:默认波长因子,最大为 7,如果多于 7 颗卫星重复记录) 必须出现在为各个卫星说明波长因子值之前	(2I6,I6)
WAVELENGTH FACT L1/2(可选)	根据卫星号(或 PRNs)列出波长因子(如果其值与默认值不同) 赋值 L1/2 波长因子的卫星数目 赋值波长因子的卫星号	(2I6,16,7(3X,A1,12))
INTERVAL(可选)	以秒为单位的采样间隔	(F10.3)
TIME OF FIRST OBS	第一组观测数据记录时间 时间系统(GPS 代表 GPS 时,GLO 为 UTC 时间) 在 GPS/GLONASS 混合数据文件里强制声明。 在纯 GPS 数据文件里默认 GPS;在纯 GLONASS 数据文件默认为 GLO	(5I6,F13.7,5X,A3)
TIME OF LAST OBS(可选)	最后一组观测数据记录时间 加入时间系统标识	(5I6,F13.7,5X,A3)
RCV CLOCK OFFS APPL(可选)	应用实施获取的接收机钟差改正历元、码和相位观测值 1:改正; 0:未改正(默认);	(16)
LEAP SECONDS(可选)	自 1980 年 1 月 6 日以来的跳秒数	(16)
Version 2.10 数据记录部分格式说明		
历元开始的记录	历元:2 位数表示的年,月,日,时,分; 小数点后保留 7 位浮点数表示的秒; 历元标识(0:正常,1:前一历元 and 这个历元间发生电力故障,>1 对应事件标识); 当前历元记录卫星数/PRN(卫星号)列表(多于 12 个则需换行); 接收机钟差(可选)	(1X,12.2,4(1X12), F11.7,2X,11,13,12 (A1,12),F12.9) 如需接行则用(32X,12 (A1,12)) (m(F14.3,211)) m 为头文件里“# / TYPES OF OBSERV” 定义观测类型数目
观测数据	同 version 2	

Version 2.11 主要是为了方便的在文件中包含伽利略系统数据和一些新的 GPS 观测值,相对 2.10 在观测数据文件格式上几乎没有什么改变。

1.3 RINEX version 2.12

Version 2.12 较前期版本的改变主要有:相位

周偏移,GPS 和 GLONASS G1,G2 及北斗系统新的观测码,北斗卫星系统的系统码,伽利略系统导航信息文件,数据记录顺序等因素。现将 2.12 版格式对照 version 2 的不同列入表 3。

```

2.10      OBSERVATION DATA   G (GPS)          RINEX VERSION / TYPE
teqc 2000Mar27  WCDA Data collecting20000410 01:35:53UTC PGM / RUN BY / DATE
Solaris 2.7|Ultra 2|cc SC5.0|=+|*Sparc          COMMENT
teqc 2000Mar27  WCDA Data collecting20000410 01:35:45UTC COMMENT
teqc 2000Mar27  WCDA Data collecting20000409 01:35:08UTC COMMENT
albh WCDA-ACP  927000  Victoria BC Canada      MARKER NAME
40129M003                                           MARKER NUMBER
PGC-WCDA      GEOL. SURV. CANADA                OBSERVER / AGENCY
2025          AOA BENCHMARK ACT  3.3.32.2N 1k99/07/28 REC # / TYPE / VERS
95174         AOAD/M_T           EMRA          ANT # / TYPE
-2341332.8990 -3539049.4720  4745791.3840  APPROX POSITION XYZ
          0.1000          0.0000          0.0000  ANTENNA: DELTA H/E/N
          1      1                                           WAVELENGTH FACT L1/2
          7      L1  L2  C1  P1  P2  S1  S2          # / TYPES OF OBSERV
          30.0000                                           INTERVAL
2000      4      9      0      0      0.0000000      GPS      TIME OF FIRST OBS
                                           END OF HEADER

00 4 9 0 0 0.0000000 0 6G17G23G 6G22G10G26
-5400083.639 9 -4207851.503 9 20457102.632 20457102.334 20457101.636
270.000 297.000
-11197789.043 6 -8725503.231 5 22524566.706 22524566.323 22524568.240
87.000 69.000
-20716734.528 9 -16142882.046 7 20886019.974 20886020.058 20886019.815
247.000 156.000
-8450263.264 5 -6584607.779 5 22671926.050 22671925.451 22671926.650
71.000 46.000
-5657041.412 4 -4408050.563 4 23472983.274 23472983.474 23472988.493
38.000 31.000
-7766987.389 4 -6052171.247 4 22767598.327 22767598.751 22767602.350
38.000 42.000

```

图 2 RINEX version 2.10 观测数据文件的示例(示例数据下载自 SOPAC 网站截取其中部分: <http://sopac.ucsd.edu/>)

表 3 RINEX 观测数据文件 Version 2.12 较 Version 2 改变部分格式说明

文件头标签 (文件头每行 61~80 个字符)	对该行内容的定义(文件头每行 1~60 个字符)	读写格式定义(fmt=)
RINEX VERSION/TYPE	同 version 2, 格式定义改变	(F9.2,11X,2(A1,19X))
WAVELENGTH FACT L1/2(可选)	默认的 L1/L2 波长因子(1:整周模糊度;2:半周模糊度;0:单频设备) 列表中接下来的卫星数(0:默认波长因子,最大为 7,如果多于 7 颗卫星重复记录) 必须出现在为各个卫星说明波长因子值日之前	(216,16)
WAVELENGTH FACT L1/2(可选)	根据卫星号(或 PRNs)列出波长因子(如果其值与默认值不同) 赋值 L1/2 波长因子的卫星数目 赋值波长因子的卫星号	(216, 16, 7 (3X, A1, 12))
INTERVAL(可选)	以秒为单位的采样间隔	(F10.3)
TIME OF FIRST OBS	第一组观测数据记录时间 时间系统(GPS 代表 GPS 时,GLO 为 UTC 时间) 在 GPS/GLONASS 混合数据文件里强制声明。 在纯 GPS 数据文件里默认 GPS;在纯 GLONASS 数据文件默认 为 GLO	(516,F13.7,5X,A3)
TIME OF LAST OBS(可选)	最后一组观测数据记录时间 加入时间系统标识	(516,F13.7,5X,A3)

文件头标签 (文件头每行 61~80 个字符)	对该行内容的定义(文件头每行 1~60 个字符)	读写格式定义(fmt=)
RCV CLOCK OFFS APPL (可选)	应用实施获取的接收机钟差改正历元、码和相位观测值 1:改正; 0:未改正(默认);	(16)
LEAP SECONDS(可选)	自 1980 年 1 月 6 日以来的跳秒数	(16)
SYS/PHASE SHIFT	相位偏移改正 卫星系统码(G/R/E/S/C) 载波相位观测码 使用的改正值(周) 卫星列表	(A1, 1X, A1, 2X, F8, 5, 2X, 12. 2, 10(1X, A3)) 若需接行使用“(18X,10 (1X,A3))”

Version 2.12 数据记录部分格式说明

历元开始的记录	同 Version 2, 格式不同	(1X, 12. 2, 4(1X12), F11. 7, 2X, 11, 13, 12 (A1,12),F12. 9) 接行用“(32X, 12(A1, 12))”
---------	-------------------	--

1.4 RINEX version 3 及 3.01

Version 3 及后续版本相对 version 2 版本有了较大改变。如 version 2 数据记录部分,年份只用 2 位数字表示,仅在文件头里 TIME OF FIRST OBS 用 4 位数字记录年份。而 version 3 用 4 位数字表示年份。观测码的改变:version 1 和 2 为 2 个字符,version 3 为 3 个字符(增加了信号生成属性码)。观测码的 3 个字符依次为:

数据类型:有 C 代表伪距观测, L 载波相位观测, D 多普勒效应, S 信号强度

带宽/频率:1, 2, …… , 8

属性:跟踪模式或信道,如 C, Y, I, Q 等。

Version 3 也包含了信号强度码。文件头中增加了时区标识、标志类型、信号强度单位、缩放因子、半波长观测、半周模糊度、相位中心信息等。具体内容及格式见表 4。

表 4 RINEX 观测数据文件 Version 3 较 Version 2 改变部分格式说明

文件头标签 (文件头每行 61~80 个字符)	对该行内容的定义(文件头每行 1~60 个字符)	读写格式定义(fmt=)
RINEX VERSION/TYPE	RINEX 版本号/文件类型('O'为观测数据文件)卫星系统: G: GPS; R:GLONASS;S:SBAS,有效荷载;E:Galileo;M:表示多种系统	(F9. 2, 11X, 2(A1, 19X))
PGM / RUN BY / DATE	同 version2, 日期部分包含 3~4 个字符的时区码	(3A20)
MARKER TYPE	测量标志类型,如 GEODETIC 表示地固高精度测量标志等	(A20, 40X)
ANTENNA: DELTA X/Y/ Z(可选)	载体上天线参考点(在体固坐标系中)位置(m)	(3F14. 4, 18X)
ANTENNA: PHASECENTER(可选)	平均相位中心到天线参考点的位置(m)	(A1, 1X, A3, F9. 4, 2F14. 4)
ANNTENNA: B. SIGHT XYZ(可选)	垂向上天线坐标方向与 GNSS 卫星方向	(3F14. 4)
ANTENNA: ZERODIR AZI (可选)	固定天线零方向的方位角($^{\circ}$)	(F14. 4)

文件头标签 (文件头每行 61~80 个字符)	对该行内容的定义(文件头每行 1~60 个字符)	读写格式定义(fmt=)
ANTENNA: ERODIR XYZ (可选)	载体上天线零方向 三方向矢量	(3F14,4)
CENTER OF MASS: XYZ (可选)	载体重心(xyz 方向,m)	(3F14,4)
SIGNAL STRENGTH UNIT(可选)	信号强度观测量的单位	(A20,40X)
SYS/# / OBS TYPES	卫星系统码/指定卫星系统中不同观测类型数目/观测类型	(A1,2X,I3,13(1X,A3)) 接行用“(6X,13(1X,A2))”
INTERVAL(可选)	以秒为单位的采样间隔	(F10,3)
TIME OF FIRST OBS	第一组观测数据记录时间	(516,F13,7,5X,A3,9X)
TIME OF LAST OBS(可选)	最后一组观测数据记录时间	(516,F13,7,5X,A3,9X)
SYS / DCBS APPLIED(可 选)	卫星系统码(G/R/E/S) 应用不同码偏移改正的工程名 改正源	(A1,1X,A17,1X,A40)
RCV CLOCK OFFS APPL (可选)	应用实施获取的接收机钟差改正历元、码和相位观测值 1:改 正;0:未改正(默认);	(16)
SYS / SCALE FACTOR(可 选)	卫星系统码 存储观测量使用前划分因子(1,10,100,1000) 涉及观测量类型数目(0 或空格表示所有观测类型) 观测类型列表	(A1,1X,14,2X,12,12 (1X,A3)) 观测量类型多于 12 需接行 使用“(10X,12(1X,A3))”
SYS / PCVS APPLIED(可 选)	卫星系统码 应用相位中心变化改正的工程名 改正源	(A1,1X,A17,1X,A40)
LEAP SECONDS(可选)	跳秒数	(16)
# OF SATELLITES(可选)	文件中记录观测数据的卫星数	(16,54X)
PRN / # OF OBS(可选)	PRN(卫星号)/在“# / TYPES OF OBSERV”记录中标注的每 种观测类型的观测数	(3X,A1,12,2,916) 如需接行则用“(6X,916)”

Version 3 数据记录部分格式说明

数据记录标识:>	历元:4 位数表示的年,2 位数的月,日,时,分;小数点后保留 7 位浮点数表示的秒; 历元标识(0:正常,1:前一历元 and 这个历元间发生电力故障,> 1 对应特殊事件); 当前历元记录卫星数/PRN(卫星号)列表(多于 12 个则需换行); 当天历元有效卫星数 接收机钟差(秒,可选)	(A1,1X,14,4(1X,12,2), F11,7,2X,11,13,6X, F15,12)
历元开始的记录	卫星号 观测数据,失锁指示,信号强度 可选内容历元表示为: 2~5 时可选事件记录特殊事件卫星数 6 时,周跳记录	(A1,12,2,m(F14,3, 211)) m 为头文件里“SYS/ # / OBS TYPES”行里定义观 测类型数目

```

3.00          OBSERVATION DATA      M          RINEX VERSION / TYPE
G = GPS R = GLONASS E = GALILEO S = GEO M = MIXED COMMENT
XXRINEXO V9.9 AIUB          20060324 144333 UTC PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A MIXED RINEX FILE VERSIOIN 3.00 COMMENT
The file contains L1 pseudorange and phase data of the COMMENT
geostationary AOR-E satellite (PRN 120 = S20) COMMENT
A 9080 MARKER NAME
9080.1.34 MARKER NUMBER
BILL SMITH ABC INSTITUTE OBSERVER / AGENCY
X1234A123 GEODETIC          1.3.1 REC # / TYPE / VERS
G1234 ROVER ANT # / TYPE
4375274. 587466. 4589095. APPROX POSITION XYZ
.9030 .0000 .0000 ANTENNA: DELTA H/E/N
0 RCV CLOCK OFFS APPL
G 5 C1C L1W L2W C1W S2W SYS / # / OBS TYPES
R 2 C1C L1C SYS / # / OBS TYPES
S 2 L1B L5I SYS / # / OBS TYPES
S 2 C1C L1C SYS / # / OBS TYPES
18.000 INTERVAL
G APPL_DCB xyz.uvw.abc//pub/dcb_gps.dat SYS / DCBS APPLIED
DBHZ SIGNAL STRENGTH UNIT
2006 03 24 13 10 36.0000000 GPS TIME OF FIRST OBS
END OF HEADER

> 2006 03 24 13 10 36.0000000 0 5 -0.123456789012
G06 23629347.915 .300 8 -.353 4 23629347.158 24.158
G09 20891534.648 -.120 9 -.358 6 20891545.292 38.123
G12 20607600.189 -.430 9 .394 5 20607600.848 35.234
E11 .324 8 .178 7
S20 38137559.506 335849.135 9
> 2006 03 24 13 10 54.0000000 0 7 -0.123456789210

```

图3 RINEX Version 3.00 观测数据文件^[4]

而版本 3.01 比 3 文件头部分格式改动较小。Version 3.01 多了“SYS/ PHASE SHIFTS”行记录,用于记录相位偏移改正。存储信息包括:卫星系统码,载波相位观测码,使用的改正(周),涉及的卫星数目,卫星列表。该行格为:“(A1,1X,A3,1X,F8.5,2X,12.2,10(1X,A3))”。如果记录的卫星数多于 10 颗,需接行则用:“(18X,10(1X,A3))”。可选的“LEAP SECONDS”行记录格式改为“(4I6)”。

2 不同版本 RINEX 版本比较及应用建议

从 RINEX Version 2 开始,文件可以包含快速静态测量和动态测量时不止一个测站的观测数据并允许在观测数据部分插入文件头。对于 Version 2 系列版本的观测数据文件建议循环使用字符串(长度应大于等于 80)变量读入每行的信息,根据文件头部分的标识可以获取相应的文件信息,如:RINEX 版本号,测站名称,天线高,观测起止时间,观测数据类型的数目等。在使用 GAMIT 数据后处理软件进行精密解算时要求详细的测站信息文件“station.info”。这时使用程序解读 RINEX 观测文件中的相关信息可以自动生成该文件。

对于 RINEX Version 3 及以后版本,可以根据各卫星系统定义的最大观测类型数量加上任意可能

的伪观测量。另外,RINEX 文件里目前定义为空格的部分都需要注意,版本更改可能引入新内容。

RINEX 不同版本观测数据文件中包含的信息量不同。一般而言,越是后续版本其内容越丰富。通过不同的格式定义可以解码并获取其中的信息。如果涉及不同版本之间的转换,作者认为应遵循以下两点建议:第一,在有接收机生产商提供的原始数据的情况下,建议使用生产商提供的转换软件重新生成所需版本;第二,如果不得不转换不同版本,则应充分考虑转换后信息丢失或不足的情况。根据本文格式说明可以读取并重新生成其他版本的观测数据文件,但转换后文件头中未定义项会发生丢失而转换前未定义项则转换后无法定义需要提示手动添加。因此,并不建议直接在 RINEX 不同版本之间使用程序转换。

RINEX Version 3 及以后版本在格式定义上具有明显优势,主要表现在其新添加的内容上。例如:包含了可以生成基于一个或多个频道组合的码观测量和相位观测量;按照不同卫星系统列出的观测量;标石类型信息;提供单独的半波长观测量观测码,记录半波长相位观测量等。这些因素都能有效的拓展观测信息,使相同条件下观测类型数目和观测值数量大大增加。相对只记录单一卫星系统数据的文件,它可以为后续处理提供更好的卫星图形因子(例如:GPS+GLONASS 观测相对单一 GPS 观测在纬

度高于 55° 时可降低 PDOP 值约 30%, 在中纬度地区也能降低 PDOP 值 15% 左右^[6], 更精确的整周模糊度解, 更好的消除电离层和对流层的影响。从而大大拓展应用卫星定位的覆盖区域, 有效提高卫星定位系统的精度和可靠性。另外, 其兼容载体上的接收机信息的特性, 为动态测量数据的标准化应用提供条件, 可以极大的拓展移动载体上高精度定位解算的发展空间, 为其更广泛的应用创造条件。可见, RINEX Version 3 及后续版本作为全球导航卫星系统的一种转换文件格式反过来可以有效拓展该领域的应用范围。我国的北斗卫星导航系统已于 2012 年 12 月 27 日正式开始向亚太地区提供连续无源定位和导航服务。并在同一天发布了北斗卫星导航系统空间信号接口控制文件, 为接收机生产商开发研制接收机提供了必要技术条件。北斗卫星导航系统的应用要结合世界其他卫星导航系统, 必然要求使用能兼容各系统的数据文件。实际应用中, 各接收机生产商应充分考虑所提供数据格式与不同版本的 RINEX 格式文件的转换。但是, 由于 RINEX 3 及其后续版本拥有之前版本格式所不具备的优越特性及其能有效拓展卫星导航系统的应用范围, 建议重视将接收机所采集数据转换为 RINEX 3 及其后续版本的数据格式。全球导航卫星系统在

交通运输, 海洋渔业, 水文监测, 气象测报等方面的应用都涉及移动载体接收卫星导航数据技术。随着其应用的推广, 未来必然会对高精度和高可靠性提出更高要求。例如在需要重点监控物品的运输过程, 船舶位置监控, 紧急救援, 渔船出入港管理等方面, 自动化和精细化程度的提高必然要求高精度的动态定位测量。这也正是 RINEX Version 3 及其后续版本可以充分发挥优势的方面。因此, 建议参考使用 RINEX Version 3 及其后续版本的文件格式存储北斗卫星导航系统的数据。

3 结论

RINEX 格式数据编码更加灵活, 尤其 RINEX Version 3 及其后续的 3.01 版本可广泛兼容 GPS、GLONASS、GALILEO、BDS 和 SBAS 等不同卫星系统的数据, 文件内容也更加丰富。移动载体上的数据记录信息的增加, 可以有效拓展导航卫星系统的应用范围, 也使 RINEX 格式文件应用范围大大拓展。其定义格式演变经验可以为我们借鉴, 应用到我国正在建设的北斗卫星导航系统中。使用更好的数据文件格式, 可以为其更灵活、更可靠、更高精度的应用提供支持。

参考文献:

- [1] Werner Gurtner. RINEX: The Receiver-Independent Exchange Format[J]. GPS World, 1994, 5(7): 48-52.
- [2] Gurtner W. RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2. 10[R]. 2002.
- [3] Gurtner W, L Estey. RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2. 11[R]. 2005.
- [4] Gurtner W, L Estey. RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 3. 00[R]. 2007.
- [5] 李征航, 黄劲松. GPS 测量与数据处理[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2005.
- [6] Springer T and R Dach. GPS, GLONASS and More[J]. GPS World, 2010, 21(6): 48-58.
- [7] 杨博, 陈阜超, 周伟, 等. GPS 连续站水平位置坐标时间序列插值的一种新方法[J]. 华北地震科学, 2010, 28(02): 22-27.
- [8] 谷守周, 秘金钟, 党亚民. 新一代 RINEX 标准格式及其应用[J]. 全球定位系统, 2009, 34(03): 52-58.
- [9] 张风霜, 武艳强, 韩月萍, 等. GPS 连续观测站基线与地震危险性分析[J]. 华北地震科学, 2010, 28(04): 15-23.

Observation Data Format of RIXEX and Its Application

FENG Sheng-tao^{1,2}, LIU Zhi-guang¹, ZHAN Wei¹, ZHU Shuang¹, SONG Hui-jun¹

(1. First Crust Movement Monitoring and Application Center, CEA, Tianjin 300180, China;

2. School of Earth and Space Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: Global navigation satellite system (GNSS) has been applied more and more widely, however the data record formats provided by different receiver manufacturers are quite different. The Receiver Independent Exchange Format RINEX is internationally used to format the standard import while post-processing data. Ever since it was proposed, RINEX has been optimized and several versions have been developed. Even the identical operation on different RINEX versions of data may look different, in which case the inappropriate definition of data format can lead to fatal errors. This paper introduces several versions of RINEX observation data which are most widely used so far, compares different versions of RINEX files and presents preliminary discussion on data file formats to be used in Chinese BeiDou Navigation Satellite System.

Key words: RINEX; observation data file; exchange format; GNSS