

利用地基 GPS/MET 反演内蒙古中部地区 大气水汽含量

达布希拉图^{1,2} 苏立娟²

(1. 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古气象科学研究所)

提 要: 利用内蒙古中部地区地基 GPS/MET 水汽监测网(三部双频 GPS/MET)资料, 用水汽解算原理和 GAMIT 数据解算程序, 分析研究内蒙古中部地区大气水汽含量, 结合气象探空和双通道微波辐射计资料进行对比分析。

关键词: GPS/MET 反演 水汽 布网规划

引 言

地基 GPS 遥感大气水汽技术是 1990 年代发展起来的一种全新的大气观测手段。它利用地基高精度 GPS 接收机, 通过测量 GPS 信号在大气中湿延迟量的大小来遥感大气中水汽总量。通过地面 GPS 水汽遥感监测, 可以获得很高时空分辨率、达到毫米精度的水汽资料, 以填补探空资料在时间空间分辨率上的不足。这种信息, 对短时、强对流天气预报及改进数值预报模式精度, 提高预报准确率具有很好的应用前景。

内蒙古气象科学研究所 2007 年引进了三套 Trimble NET RS 双频 GPS 接收机安装在呼和浩特, 经调试后三套设备同时在同一地点进行采集数据试运行。在该地同时配有地基微波辐射计、探空站等探测仪器, 由于仪器是在试运行中, 因此本文利用三套 Trimble NET RS 采集的 29 个小时的有限资料, 采用相应的预报星历, 用 GAMIT 软件解算分析水汽并与同一时段的地基微波辐射计、探空观测水汽值进行了对比分析。利

用多年(1971—2003)内蒙古地区 12 个高空站探空资料和天气系统观测资料从内蒙古地区水汽的分布、天气系统及水汽路径、地形等角度分析了 GPS 的布局问题。

1 观测资料对比分析

1.1 三套 GPS/MET 解算的水汽值对比

三套 Trimble NET RS 双频 GPS 接收机安装在同一地点, 因此本文将三套仪器的观测解算值做了对比分析。如图 1, 从观测解算的结果可以看出: 三套仪器的观测结果总体上是一致的, 但也有细节的差别, 将三组数据分别求差值发现三组解算后的数据差在 2mm 范围内。

1.2 GPS/MET 与微波辐射计对比

将三套 Trimble NET RS 双频 GPS 观测解算后的水汽值进行算术平均作为 GPS/MET 的水汽观测值, 然后跟 23.8GHz 的微波辐射计探测反演的大气水汽总量进行对比。如图 2, 结果表明, 总体上, 两种仪器

观测的水汽变化的趋势是一致的。但微波辐射计观测反演的水汽总量比 GPS 解算的值偏小，平均偏小 6.4mm。

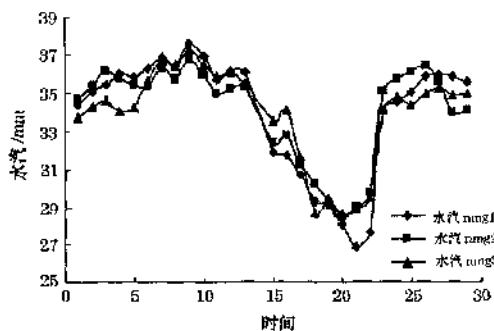


图 1 8月3日08—21时和4日01—15时
GPS解算的水汽值 (mm)

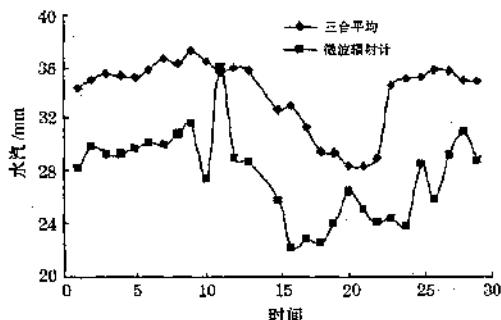


图 2 2007年8月3日08—21时和4日01—15时
GPS/MET与微波辐射计对比 (mm)

1.3 三种资料对比

由于探空一天仅在 08:00 和 20:00 时有探测资料，本文所选取的时段中仅有三个时次有对应的探空资料，因此仅对这三个时次进行了 GPS、探空、微波辐射计三种资料进行了对比。如图 3，结果表明：GPS 和微波辐射计观测的水汽变化趋势完全相同，且水汽总量均高于探空观测值，其中 GPS 观测的值最高。但由于数据序列短，所以还不能完全说明问题。

2 内蒙古地区水汽空间分布状况

内蒙古自治区 12 个探空站可降水量从多到少依次为：通辽、赤峰、索伦、海拉尔、呼和浩特、锡林浩特、临河、东胜、二连、乌拉特中旗、巴彦淖尔、额济纳（如图 5、图 6 所示）。即总体呈现从东到西、从北到南依次减少。

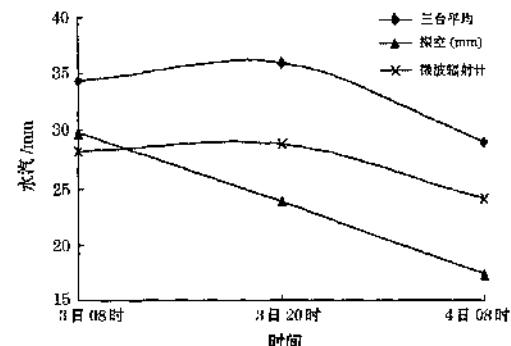


图 3 三个时次四种资料对比 (mm)



图 4 内蒙古自治区 12 个探空站地理分布图

从表 1 可以看出内蒙古全区可降水量差异比较大，其中在内蒙古西部差异相对最小，可能是由于该地区属于荒漠地区，下垫面条件比较均一，3.5 个经度间相差 12mm，阿盟与巴盟间水汽差异较大，3 个经度间相差 67mm，这可能与地形有关，阿盟东部与巴彦淖尔市之间有贺兰山阻挡，这

表 1 相邻探空站之间的可降水量(水汽)差异(数据为前站与本站的差)

海拉尔	索伦	通辽	赤峰	锡林郭勒	二连浩特	呼和浩特	东胜	乌兰察布	临河	巴彦淖尔	额济纳
-24.18	-72.98	51.32	66.00	28.51	-62.37	45.79	13.19	-40.00	67.19	12.02	

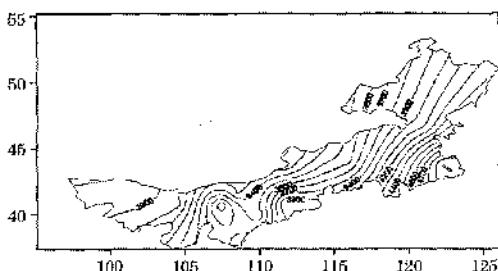


图5 内蒙古地区水汽分布图 (mm)
(1971—2003年平均)

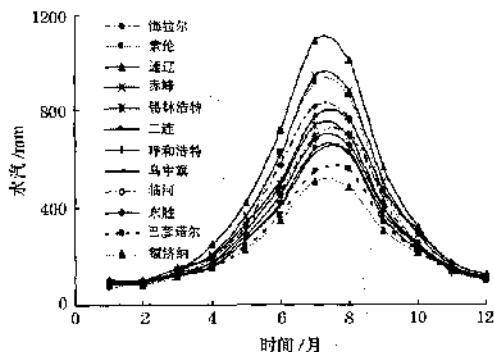


图6 12个探空站多年月平均可降水量 (mm)

种地形的作用可能造成了山前山后水汽条件的巨大差异。临河与乌中旗之间距离较近(1.1个经度、0.8纬度)，但水汽相差40mm，也与地形有关。乌中旗在乌拉山(阴山山脉的一部分)后，其海拔高度为1289.8m，而临河的海拔高度为1040.8m，相差近250m。除了高度的差异外，临河地处乌拉山前，地形的阻挡也是水汽差异较大的重要原因。东胜与乌中旗海拔均比较高，距离较近，因此水汽差异较小。南部的水汽略多于北部。呼和浩特与东胜间相差45.79mm，可能由于东胜地处鄂尔多斯高原海拔达1459m，比呼和浩特高近300米。锡林浩特与二连浩特均属于草原下垫面条件比较均一，因此虽然东西相距4个经度但水汽相差不大。呼和浩特与二连浩特、索伦与通辽类型相似，东西距离较小，但南北相距

近3个纬度，因此水汽差异很大，达到62.37mm。这说明：内蒙古地区南北(纬度)造成的水汽条件的差异较东西(经)向大，另外，地形对水汽的影响也很大。因此，在内蒙古地区布设GPS站点时南北向的密度应大于东西向。在均一的下垫面条件下(如荒漠戈壁、草原)站点密度可以稀疏些。但在有山脉的地区水汽条件差异非常大，站点密度应当大些，尤其是山前山后，都应当多布些站。

3 天气系统及水汽路径

内蒙古地处北半球中高纬度，深居内陆，距海较远，水汽输入量少，特别是大兴安岭和阴山山脉阻挡了东南风北进，内蒙古全区大部时间处于西风环流控制之下，故呈现季风气候向大陆性气候过渡特征。

内蒙古地区主要受西来槽、蒙古系统、河套低涡、贝加尔湖系统、东北冷涡、冷切变、北槽南涡、暖湿切变的影响。月降水分布不均，就中部地区来讲，一年中近70%的降水集中在春夏季。本文以中部地区为例，分析了1971—2003年春夏季主要天气系统和水汽路径。

如图7，经分析发现，中部地区春夏季主要受西来槽、蒙古系统、河套低涡天气系统影响，天气系统主要来自北、西北、西南三个方向。水汽来源有来自西南方向、天气系统本身的、和本地的，大部分水汽来自西

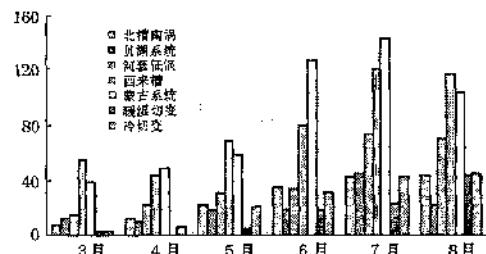


图7 3—8月各种天气系统出现的频率 (次)

南方向, 移动路径呈自北—南、西北—东南、西南—东北这三条路径。

因此根据中部地区主要天气系统和水汽路径应当在天气系统的来路和水汽来源路径上多布设 GPS/MET 站点。以呼和浩特为例, 应当在呼和浩特的北部、西北和西南方向加密布设站点。

4 结论与讨论

(1) 三套 Trimble NET RS 双频 GPS 接收仪器的观测结果总体上是一致的, 数据差在 2mm 范围内。

(2) GPS 和微波辐射计观测的水汽变化趋势完全相同, 且水汽总量均高于微波辐射计、探空观测值。

(3) 由于该设备仅试运行了 2 个月, 为了统一四种资料时间, 选取的资料的时间序列较短, 还不能完全说明问题, 还需要长时间的观测对比。

(4) 综上分析可得在内蒙古地区布设 GPS/MET 站点应注意以下基本原则:

南北向的密度应大于东西向; 均一的下垫面条件下(如荒漠戈壁、草原) 站点密度可以稀疏些; 有山脉的地区山前山后水汽条件差异非常大, 站点密度应当加大; 中部地区应当在北部、西北和西南方向加密布设站点; 另外, 由于内蒙古地区地域辽阔, 有些山区或荒漠地区无气象站甚至没有人烟会受到交通、通讯、电力等条件的限制, 因此在实际布设 GPS/MET 站时还应当结合具体情况点面结合选取有代表性的地方设立。

参考文献

- [1] 陈俊平, 王解先, 陆彩萍. GPS 监测水汽与水汽辐射计数据的对比研究. 大地测量与地球动力学, 2005, (3).
- [2] 毕研盟, 毛节泰, 刘晓阳, 等. 应用地基 GPS 遥感倾斜路径方向大气水汽总量. 地球物理学报, 2006, (2).
- [3] 周国君, 刘旭春, 潘雄. 利用 GPS 遥感哈尔滨地区大气综合水汽含量. 测绘与空间地理信息, 2006, (3).
- [4] 谷晓平, 王长耀, 蒋国华. 地基 GPS 遥感大气水汽含量及在气象上的应用. 气象科学, 2005, (5).