

基于 GPS 罗经的感潮河段 ADCP 测验精度研究

张美富, 刘大伟, 王真祥, 刘桂平

(长江水利委员会长江口水文水资源勘测局, 上海 200136)

摘要 ADCP 内置罗经受外部磁场影响, 导致测验精度降低, 而 GPS 罗经具有不受磁场分布影响、不受速度和纬度影响、没有累积误差等优点。通过在感潮河段进行圆检验、正交断面走航测验, 分别采用 ADCP 内置罗经与 GPS 罗经对测验精度进行分析对比, 结果表明 GPS 罗经有效提高了测验精度。

关键词 ADCP 内置罗经 GPS 罗经 流量测验

中图分类号: P228.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-4097(2010)06-0032-03

1 引言

在多年的技术实践中, 了解到制约 ADCP 走航测验单次流量测验精度至少有两个显著因素: (1) ADCP 的内部磁罗经易受外界铁磁体的影响, 导致流向测验错误; (2) 当断面存在河床底部走沙时, 会造成 ADCP 底跟踪错误, 导致流速流向全部错误。

近年来, 测试技术的发展进步为解决这一问题提供了可靠的技术支持, 如基于 GPS 技术的 GPS 罗经具有不受磁场分布影响、不受速度和纬度影响、没有累积误差等优点, 用 GPS 罗经替代 ADCP 内部罗经, 可避免因 ADCP 内部磁罗经受铁质船体影响、受测区外部变化的磁场影响等多种因素影响 ADCP 罗经精度的问题。采用“GPS 跟踪”来代替 ADCP“底跟踪”测量水体流速, 可以避免由于河床底沙移动而导致 ADCP 流速测验的错误。本文通过比测试验, 主要研究采用 GPS 罗经与 ADCP 内部罗经对测验精度的影响。

2 试验方法与目的

2.1 设备安装与率定

2010 年 8 月 14 日(阴历七月初五, 中潮), 在长江口杨林水位站下游约 3 km 的长江石化码头附近实施比测试验。ADCP 外接的 GPS 使用 Leica SR530 双频 GPS, 采用自主差分 RTK 模式进行精密导航定位; 外接 GPS 罗经采用 THALES 3011 型 GPS 罗经; ADCP 为瑞江 300kHz ADCP; 测船采用木质测船。

ADCP 安装于测船右舷中部, 外接 GPS 位于 ADCP 正上方。GPS 罗经安装在驾驶舱右上方,

基线大致平行于船轴线方向。安装完成后进行 GPS 罗经校正, 主要进行 GPS 罗经精度测试及校准, GPS 罗经校准可由人工校准和自动校准两种方法完成。自动校准较难完成, 推荐采用人工校准。

2.2 方法及目的

2.2.1 圆检验比测

选择水流较慢, 河床平坦的美孚码头与石化码头之间的浅水区, 采用 GPS 精密定位导航, 分别采用内部罗经和 GPS 罗经, 按照 ADCP 内部罗经校验方法, 沿着圆形轨迹逆时针走航测试。在导航软件的指引下, 完成闭合的圆形轨道走测。

2.2.2 正交断面走航比测

在浅水区选择长约 1 km 的纵、横 2 条断面, 纵、横断面基本互相垂直。在纵、横断面上分别进行 ADCP 走航测验, 每条断面都实施无间歇往返两次测验, 即一个测回, 以期在较短的时间内流场基本没有太大的变化, 便于作往返测验数据对比。

采用正交断面测验的目的是为了分析 ADCP 内部罗经在测船的东、西、南、北 4 个方向受影响的情况。全程比测过程中, 同步记录 RTK 施测的船体姿态数据。

3 成果整理及分析

野外试验共获得 14 组 ADCP 走航测验数据, 其中采用内部罗经数据 9 组, 采用 GPS 罗经数据 5 组。在 ADCP 试验过程中, 安装在测船上的 GPS 始终处在 RTK 模式下并全程记录了它们的定位数据。

3.1 ADCP 圆检验数据分析

按照 ADCP 罗经的校验方法实施圆检验, 分别采用 ADCP 内部罗经和 GPS 罗经完成同一圆轨迹的走航测试。

测次 GPSLJ2_013R 使用 ADCP 内部罗经与 GGA 参考, 测验数据轨迹线基本闭合, 起终点相距 2.38 m, 与 HYPACK 导航数据基本一致。而采用底部参考模式测船轨迹则不能闭合, 起终点相距 282m。测次 GPSLJ2_012R 使用外部 GPS 罗经, 分别采用底部参考和 GGA 参考, 测验数据轨迹线基本一致, 采用底部参考起终点相距 9.07 m, 采用 GGA 参考起终点相距 8.49m, 与 HYPACK 导航数据基本一致。

以上不同试验条件下 ADCP 测验数据表明: ADCP 内部磁罗经很容易受外磁场的影响, 即使采用木质测船也不能消除外磁场的影响: 测船的航向不同, 外磁场对 ADCP 内部罗经的影响也不同。当 ADCP 采用 GPS 罗经时, 底跟踪模式和 GGA 参考模式的测验轨迹线基本一致, 在圆检验测验过程中 GC-BC 的数据基本固定不变, 这一特性将有利于构建测验配置文件的磁偏角(Mag Variation)参数。

通过修改 ADCP 配置文件的罗经各参数, 修改罗经偏置, 包括磁偏角(Mag Variation)、3# 探头夹角(Beam 3)、一周周长差比值(One Cycle k)、一周矢距方位角(One Cycle Offset)等参数, 在底跟踪模式下, 流量不变、流速标量不变, 流向改变, 底跟踪起终点距离改变; 修改上述参数, 采用 GGA 参考的流量、流速、流向都改变, 起终点距离不变。

3.2 ADCP 走航测验数据

为了比较采用 ADCP 内部罗经和 GPS 外部罗经进行 ADCP 流量测验的异同点, 分别采用 ADCP 内部罗经和 GPS 外部罗经在正交的两条断面上无间歇地往返实施走航测验。

同 ADCP 圆校验所显现的问题一样, 在比测过程中, ADCP 磁罗经受外磁场影响的程度与 ADCP 所处测船的方位有关。为了对比采用不同罗经对 ADCP 流速测验的影响, 选择纵横面的交点作为固定垂线, 提取 ADCP 在固定垂线附近的实测分层流速流向数据。

在全部走航测验数据里分两种配置提取垂线 60 m 范围内的实测分层东向和北向流速数据, 经多组平均计算后获得各单元水层的实测流速, 再取各分层流速的算术平均得到实测垂线平均流速, 将东向和北向流速合成计算成流速流向。

3.2.1 内部罗经测验数据

在走航测验比测中, GC-BC 值同采用内部罗经做圆校验情况相同, 测船沿不同的断面和沿同一断面不同的航向实施走航测验时, 底跟踪和 GGA 跟踪所得到的矢距是不同的, 表现在 GC-BC 值差异很大, BC/GC 值变动也很大, 而且一般都小于 1, 说明由底跟踪积分的测验矢距小于 GPS 定位的累积矢距。

尽管在精密 GPS 导航下, 测船往返路线基本重合, 但是采用 ADCP 内部罗经得到的测船移动轨迹的往返方向是不重合的, 最大相差 56.3 度, 这种不重合性表现为往返测测船轨迹线方向明显不一致。通过采用不同航向对一个固定垂线流速流向的计算, 可以看出 ADCP 内部罗经受外磁场影响后对实测流向的影响。

采用 winriver 软件将罗经设置页的各项磁偏角设全设为 0(即“未纠偏”), 提取指定垂线各航次的实测单元流速, 见表 1“未纠偏”列的数据(在“未纠偏”的配置条件下):

表 1 采用 ADCP 内部罗经垂线纠偏前后实测流速表

文件名	未纠偏底参考		纠偏后底参考		纠偏后 GGA 参考	
	垂线流速	垂线流向	垂线流速	垂线流向	垂线流速	垂线流向
LJ000	31.2	163.1	31.2	132.2	32.9	138.1
LJ001	49.7	125.7	49.7	138.5	50.0	124.2
LJ002	37.6	145.9	38.0	157.8	42.5	151.4
LJ003	31.7	153.3	31.7	142.1	38.3	143.9
LJ004	5.5	257.1	5.7	95.9	12.6	116.0
LJ005	25.8	355.3	25.8	342.3	21.7	347.5
LJ006	30.1	2.2	30.1	331.3	29.7	310.4
LJ007	40.0	311.5	39.9	325.4	45.0	348.0

表 1 可以看出, 使用 ADCP 内部罗经在不采用“纠偏”条件下, 不同航向测到的测点流向存在较大差异。垂线落潮流流向最小 126°, 最大 163°, 涨潮流流向最小 312°, 最大 2°, 这对成果质量显然是有影响的。

为了改善上述由于 ADCP 内部罗经受外磁场影响而带来的测点流向往返测不一致的问题, 利用 ADCP 作圆校验的数据, 计算 winriver 软件罗经偏置改正参数。其中本地区真北与磁北偏角值采用 -5°作为已知数据设置。

在 ADCP 罗经配置页, 将磁偏差项输入 -5, 其他项都设为 0, 在 GGA 参考下回放文件。由 BMG-GMG mag、BMG-GMG dir 与 GGA 参考下的 Length 的数据计算 One cycle k 和 One cycle offset

初始值:

One cycle k= “BMG- GMG mag” ÷“GGA 参考下的 Length” One cycle offset 采用“BMG- GMG dir” 数据将以上初始值输入到 ADCP 参数配置的对 应栏, 经回放, 查看罗经检查窗的“BMG- GMG mag”和“BMG- GMG dir” 两项的变化。先调整配 置页的 One cycle offset 值, 使“BMG- GMG mag” 最小, 再调整 One cycle k 值, 使“BMG- GMG mag” 更进一步减小, 并接近“Distance MG” 值, 经过 迭代, 确定 One cycle k 与 One cycle offset 改正数。

由此配置回放比测数据, 并分别采用底跟踪和 GGA 跟踪提取垂线的全部实测流速, 见表 3“ 纠偏 后底跟踪” 和“纠偏后 GGA 跟踪” 栏的流速数据。

从表 3 纠偏后底参考的流速数据看, 纠偏前后流 速标量数值没有变化, 但流向变化了, 落潮流流向在 132. 2°~ 157. 8° 之间, 比纠偏前变幅减小了 11. 8°; 涨 潮流流向在 325. 4°~ 342. 3° 之间, 比纠偏前变幅减小 了 33. 8°, 说明当 ADCP 采用内部罗经时, 在使用前进 行圆检验有利于提高流速测验的流向精度。

3. 2. 2 GPS 罗经测验数据

外业试验采用 GPS 罗经在 2 个正交断面上实 施走航测验, 每个断面往返各一次。采用 GPS 罗经 在相同断面进行往返走航测验, ADCP 的船轨迹线 基本重合, 往返测 BC- GC 值互差小于 1°。提取交 点位置各测次的分层流速见表 2 所示。

表 2 采用 GPS 罗经的垂线实测流速数据

文件名	垂线流速/ m/s	垂线流向/ °
LJ008	59. 8	330. 0
LJ009	55. 1	325. 7
LJ010	59. 0	317. 7
LJ011	70. 9	329. 3

从表 2 未纠偏底参考的流速数据看, 采用 GPS 罗经, 垂线涨潮流向在 317. 7°~ 330. 0° 之间, 变幅 12. 3°; 而表 1 中垂线采用 ADCP 内部罗经涨潮流 流向最小 312°, 最大 2°, 变幅 50°, 说明 GPS 罗经 施测流向的精度较采用 ADCP 内部罗经有显著 提高。

4 结论及建议

GPS 罗经具有不受磁场干扰, 不受船速及纬度 影响等特点。通过试验, 结果表明 ADCP 外接 GPS 罗经有利于提高 ADCP 流量测验精度。可得出以 下结论:

- (1) GPS 罗经可以替代 ADCP 的内部磁罗经, 作为 ADCP 的外部罗经使用;
- (2) 由于 GPS 罗经不受任何磁场的影响, 采用 GPS 罗经可以提高 ADCP 流向测验 精度;
- (3) 当 ADCP 采用内部罗经时, 在使用前进行 内部罗经圆检验, 并配置相应校验参数, 有利于提 高流向的测验精度。

参考文献

- 1 田淳, 刘少华. 声学多普勒测流原理及其应用[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003
- 2 李世镇, 林传真. 水文测验学[M]. 北京: 中国水利水电出 版社, 1993
- 3 GB50179- 93, 河流流量测验规范[S]. 北京: 中国计划出 版社, 1993
- 4 SL247- 1999, 水文资料整编规范[S]. 北京: 中国水利水 电出版社, 2000
- 5 韩友平, 黄双喜, 魏进春. ADCP 在长江内河流量比测 试验与精度研究[J]. 水利水文自动化, 2005(3): 1-12

Research on Precision of ADCP Discharge Measurement Using GPS Compass In Tide Reach

ZHANG Mei-fu, LIU Da-wei, WANG Zhen-xiang, LIU Gui-ping

(Yangtze Estuary Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Shanghai 200136, China)

Abstract External magnetic field influences internal compass of ADCP that brings on depressing precision of discharge measurement. GPS compass is provided with strongpoint of which is without infection of magnetic field, speed, latitude and cumulation error ect. Discharge measurement was done by aerial surveying rounded and crossed along using internal compass and GPS compass. Result indicates that discharge measurement is improving by using GPS compass.

Key words ADCP; inner compass; GPS compass; discharge measurement