

Design and Application of Inclined H-ADCP Probe Installation Platform

Rufu Zhou, Xiaobo Li, Jinghong Xie, Qinghua Li

Jingjiang Bureau of Hydrological and Water Resources Survey, Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Jingzhou Hubei
Email: 598340222@qq.com

Received: Jun. 26th, 2019; accepted: Jul. 17th, 2019; published: Jul. 29th, 2019

Abstract

The installation of ADCP flow on-line monitoring probe is mainly divided into three categories: bottom-mounted, horizontal and non-contact. This paper describes the development and application of an installation platform for H-ADCP probe, which can be used in remote online flow monitoring of rivers with complex bank slope, unstable river bed and large variation of water level. The platform consists of a reinforced concrete base, an inclined track, a driving, a probe mounting bracket, a driving device, a power transmission system and a brake fixing device etc. Its advantages are the unlimited bank slope conditions, stable installation, flexible lifting, easy operation and maintenance, low cost of construction and operation. It provides a certain reference value for the installation of H-ADCP probe for on-line flow monitoring of small and medium rivers.

Keywords

H-ADCP, Inclination Type, Flow Automatic Monitoring, Installation Platform, Development and Application

一种倾斜式H-ADCP探头安装平台的设计与应用

周儒夫, 李小波, 谢静红, 李清华

长江水利委员会水文局荆江水文水资源勘测局, 湖北 荆州
Email: 598340222@qq.com

收稿日期: 2019年6月26日; 录用日期: 2019年7月17日; 发布日期: 2019年7月29日

摘要

ADCP流量在线监测探头部分安装主要分坐底式、水平式、非接触式三大类。本文讲述了一种多用于岸坡复杂、作者简介: 周儒夫, 男, 教授级高级工程师, 注册测绘师, 主要从事河道测绘及水文测验技术与质量管理工作。

文章引用: 周儒夫, 李小波, 谢静红, 李清华. 一种倾斜式 H-ADCP 探头安装平台的设计与应用[J]. 水资源研究, 2019, 8(4): 389-396. DOI: 10.12677/jwrr.2019.84045

河床不稳定、水位变幅大的河道内实施流量远程在线自动监测 H-ADCP 探头安装平台的研制与应用。该平台包括钢筋混凝土基座、倾斜式轨道、行车、探头安装支架、驱动装置、动力传输系统及刹车固定装置等,其优点不受岸坡条件限制,探头安装稳固、升降灵活,操作简单、易于保养维护,且建设及运行成本低,为中小河流流量在线监测 H-ADCP 探头的安装提供一定的参考价值。

关键词

H-ADCP, 倾斜式, 流量自动监测, 安装平台, 研制运用

Copyright © 2019 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

走航式 ADCP 已广泛应用于各种流量测验,与常规流速仪相比,具有测验时间短、分辨率高、收集资料完整、测验精度高及信息量大等特点,尤其适合于流态复杂条件下的水文测验[1]。但走航式 ADCP 也存在流量测验频次少、劳动成本高、航行安全风险大及无法实现流量自动化采集等缺点[2] [3]。目前随着水文监测自动化快速推进,以“互联网 + 水文监测”方式逐步克服现行水文监测各个环节相对独立、闭塞、未形成有机整体的短板,大幅提高监测产品时效性,更好发挥水文服务功能[4],因此率先开展流量远程在线自动监测势在必行。

关于 ADCP 流量自动监测研究成果主要有:刘正伟等[5]以底座式 ADCP 配合滑轮、钢索、绞盘等设备构成的探头支撑系统,可实现对探头的维护、检修、更换、安装及调试,适用于中泓流速小于 5 m/s 的中小河流;杜兴强等[6]采用在主洪道上修建栈桥建立直立式 H-ADCP 监测台,适用于河床相对稳定的流量在线监测;徐志国等[7]采用贴底式水下 ADCP 探头自动沉浮支架系统,通过实时水位和二线能坡法流量计算模型计算出实时流量,系统整体较为复杂;陈卫等[8]研发了通用 H-ADCP 流量在线监测系统,从软件上实现 H-ADCP 远程控制在线监测及数据传输。本文在前期研究成果基础上,研制了一种倾斜式 H-ADCP 水下探头安装平台,有效解决了河道内岸坡复杂、河床不稳定、水位变幅较大条件下实现流量在线自动监测,为中小河流流量在线监测 H-ADCP 探头的安装提供一定的参考价值。

2. 工作基本原理

H-ADCP 测流系统固定在河流的岸边水下一固定高程,水平发射某一频率的声波。根据多普勒频移原理,对发射和接收的信号进行处理,可以得到某一水层的流速分布,将该水层某一水平段的平均流速 V_i (即指标流速)与断面平均流速 V_m (可采用常规流速仪测定)建立率定关系曲线或回归方程,再借助断面水位 - 面积关系曲线,推算出相应断面流量[9]。

H-ADCP 的指标流速 (V_i) 与断面平均流速 (V_m) 的关系:

$$V_m = f(V_i) \quad (1)$$

在水流较为复杂情况下,也可按照不同的测量单元剖面范围回放处理 H-ADCP 指标流速数据,建立多组相关模型进行分析,最终确定指标流速与断面平均流速的相关关系。

河流过水断面面积与水位的函数关系:

$$A = f(H) \quad (2)$$

根据断面平均流速(1)乘以过水断面面积(2)得到实时流量:

$$Q = A \times V_m \quad (3)$$

式中: V_m 为断面平均流速, m/s; V_i 为水平式 ADCP 指标流速, m/s; H 为断面实时水位, m; A 为实时水位下断面面积, m^2 ; Q 为流量, m^3/s 。

3. 平台的设计

利用人工转动发轮盘, 通过轴连杆带动两个驱动轮转动, 一个为上下驱动轮, 使行车做上下运动, 一个为刹车驱动轮, 控制行车上的刹车。手摇发轮盘使行车上下运动时, 搬动离合器使上下驱动轮与轴连杆结合, 使刹车驱动轮与轴连杆分离, 行车上下运动到位后, 搬动离合器将上下驱动轮与轴连杆分离, 紧固手刹将上下驱动轮固定; 同时搬动离合器将刹车驱动轮与轴连杆结合, 手摇发轮盘通过轴连杆, 带动刹车驱动轮, 控制行车上的刹车, 将行车固定在轨道上, 紧固手刹, 把刹车驱动轮固定, 搬动离合器使刹车驱动轮与轴连杆分离。由于钢丝绳是固定长度, 驱动轮带动钢丝绳的运动, 是靠摩擦力的作用, 加上钢丝绳的使用及受热胀冷缩的影响, 因此需增加一个加力装置。加力装置由一个转向轮和一根槽钢组成。倾斜式 H-ADCP 安装平台主要包括: 钢筋混凝土基座、轨道、行车、H-ADCP 安装支架、驱动装置(手摇盘, 驱动轮, 离合器, 手刹)、动力传输系统(转向轮, 钢丝绳)、刹车固定装置(偏心轮, 轴连杆)等, 其构造设计如图 1 所示。

在河岸边固定两根平行槽钢作为上下移动的轨道, 轨道为直线倾斜式, 轨道的长度, 倾斜角度根据河岸地形而定, 设计如图 2 所示。在轨道上安装一个行车, 行车可以沿着轨道上下运动, 行车与轨道采用紧密接触式, 到仪器安装位置后固定。在行车上方安装 H-ADCP 探头, 用三根可调不锈钢螺栓固定 H-ADCP 探头, 可以上下、左右调节 H-ADCP 探头的方位。行车上下分别固定一根钢丝绳的两端, 钢丝绳通过岸上转向轮, 驱动轮组成一个回路, 驱动轮的转动, 带动行车作上下循环运动。

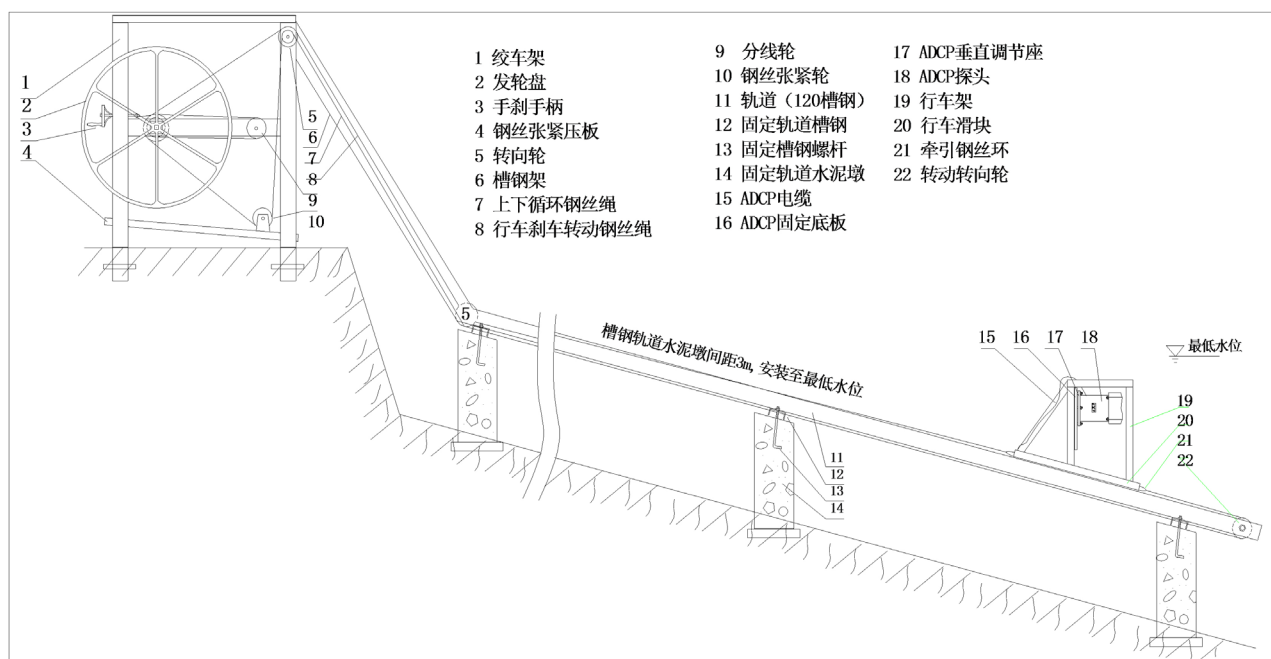


Figure 1. General design of inclined H-ADCP installation platform

图 1. 倾斜式 H-ADCP 安装平台设计总图

轨道: 采用两根平行的镀锌槽钢, 轨道长度不受限制, 根据需要而定, 轨道外宽为 600 mm, 内宽为 500 mm,

轨道固定在底座的槽钢上，轨道低端封闭，安装两个转向轮，轨道的顶端与绞车支架相连。轨道要求：平行、平整、直线、接缝进行处理。

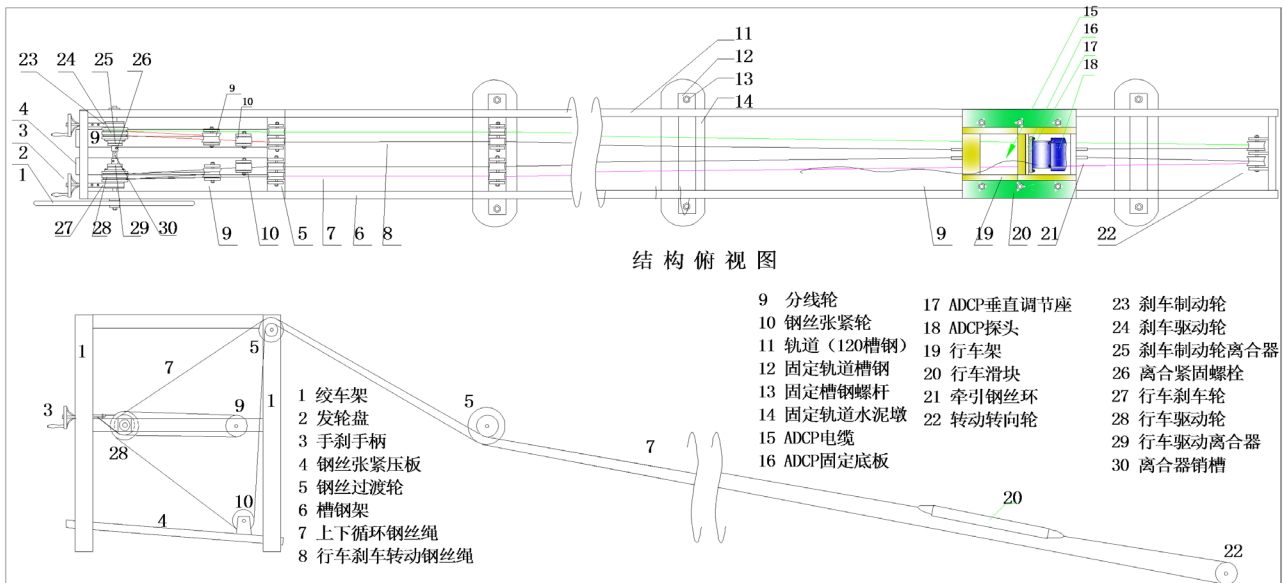


Figure 2. Design drawing of traction wire rope winding for rolling stock

图 2. 行车牵引钢丝绳缠绕设计图

行车：为 0.6 * 0.6 m 平板支架，支架上设有垂直于水平方向的钢板，用于安装 H-ADCP 探头，并设有探头保护装置。行车与轨道为接触式滑动，行车的上下两端与上下牵引的不锈钢钢丝绳连接。行车下方安装有刹车装置，并与绞车控制刹车的不锈钢钢丝绳连接。

转向轮：共有 10 个转向轮，由于有两个转向轮长期泡在水中，考虑到锈蚀和卡沙等原因，采样无轴承转向轮，用 120 mm 的尼龙棒加工转向轮直接套在不锈钢轴上，即可解决了锈蚀和卡沙的问题，又减少了维护工作。

在轨道的低端安装 2 个转向轮，在顶端转弯处安装 4 个转向轮，绞车安装 2 个分线轮，加力装置安装 2 个转向轮。转向轮为无轴承式，用直径为 120 mm 的呢绒棒加工而成，轴用直径为 25 mm 的不锈钢圆材加工。具体设计如图 3 所示。

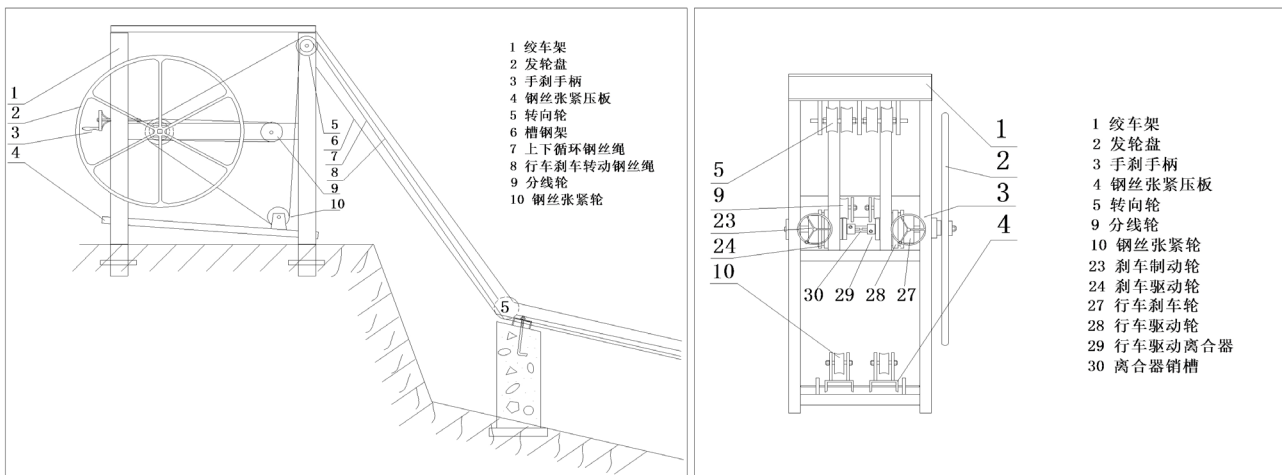


Figure 3. Steering wheel design

图 3. 转向轮设计图

绞车由两个双槽式驱动轮(带刹车盘)、离合器、轴连杆、刹车、发轮盘组成。具体设计图如图 4 所示。

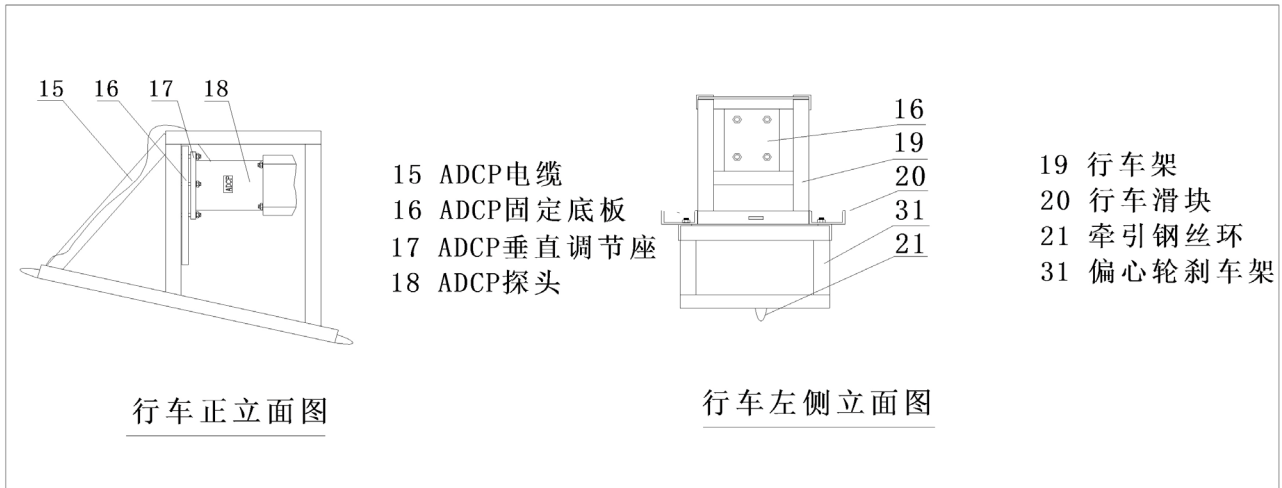


Figure 4. Drawing design of winch

图 4. 绞车行车设计图

行车的下方安装一套定位的刹车装置(如图 5)，刹车装置为两根轴及偏心轮组成，轴的两端分别固定一个渐近线式偏心轮，轴的转动，将行车的四个角卡在滑槽上，起到行车的固定作用。两根轴用钢片焊接后分别与一根钢丝绳的两端连接，与前面一根钢丝绳连接及运行方式相同，行车做上下运动时，刹车钢丝绳随行车一起做被动循环运动，行车运动到位，循环刹车钢丝绳，将行车固定在滑槽上。

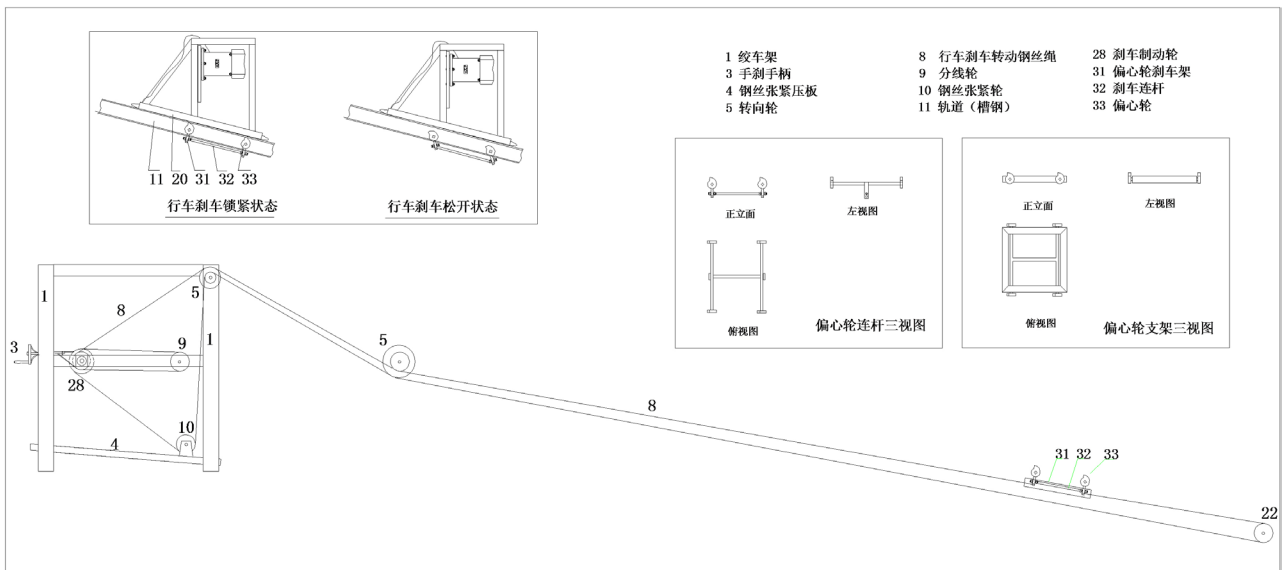


Figure 5. Brake design drawings

图 5. 刹车制动设计图

刹车装置: 两根长 0.55 m 直径 25 mm 的轴, 轴的两头安装偏心轮, 偏心轮的最大、最小半径分别为 47 mm、35 mm。钢丝绳牵动轴的运动, 偏心轮在不同的位置, 从而实现固定作用。

绞车: 为圆盘式手摇绞车, 手摇盘直径 1000 mm, 传动轴直径 40 mm。手摇盘转动带动两个驱动轮转动, 驱动轮为双槽, 并带有刹车盘, 直径为 160 mm, 驱动轮上设置刹车装置。为了增大驱动力, 增设加力装置。绞

车上安装了左右移动的离合器，便于驱动轮与转动轴分离。

H-ADCP 探头安装在水中，采集断面上一定范围内某一层水流的平均流速，安装时要求牢固、稳定，不能上下、左右晃动，保证纵摇、横摇接近于零，所测得的指标流速才准确。当 H-ADCP 出现故障时，则绞出水面于陆上维修。

4. 技术参数

- 1) 轨道外宽 60 mm，内宽 500 mm。
- 2) 转向轮直径 120 mm，不锈钢轴直径 25 mm，驱动轮直径 180 mm。
- 3) 行车为 600 * 600 mm 平板式 ADCP 探头安装平台。
- 4) 不锈钢钢丝绳直径 4 mm。
- 5) 平台制作材料：该平台主要材料：采用 120 mm 的镀锌槽钢，直径为 4 mm 的不锈钢钢索，直径为 φ120 mm、φ180 mm 尼龙棒，φ25 mm 不锈钢圆材，φ40 mm 镀锌管，钢筋混凝土基座。

5. 平台安装与运用

弥陀寺(二)站为国家基本站网，荆江三口分流虎渡河入口控制站，主要为荆江河段及洞庭湖防洪、水资源合理调配、河道整治提供水文资料。目前为水文缆道流速仪法测流，水位流量关系受长江上游洪水涨落和下游回水顶托影响，为绳套型，按流量连时序法布置测次及资料整编。

倾斜式 H-ADCP 探头平台安装在弥陀寺(二)站基本水尺断面上游 3.0 m 处。2017 年 06 月 21 日安装高程为 33.82 m，起点距 82.4 m；2017 年 8 月 12 日调整安装高程为 34.49 m，断面起点距 79.8 m；2018 年 05 月 22 日调整安装高程为 35.05 m，起点距 78.5 m。根据三角关系：

$$\tan \theta = \frac{y}{x} \tag{4}$$

其中： θ 为声束夹角的一半(H-ADCP 声束夹角一般为 1.5°)； x 为波束采样的水平距离； y 为波束采样平行于水面的垂直高度。

通过式(4)可计算出 H-ADCP 声束的相应安装高度及测量范围，详见表 1 及图 6 所示。

Table 1. Horizontal ADCP measurement range

表 1. 水平式 ADCP 测量范围

安装高度(m)	单元数(个)	测量距离(m)	波束角(θ)	Y(m)	高程(m)	
33.82	40	41.71	1.5°	0.55	34.37	33.27
	80	81.71		1.07	34.89	32.75
34.49	40	41.71		0.55	35.04	33.94
	80	81.71		1.07	35.56	33.42
35.05	40	41.71		0.55	35.60	34.50
	80	81.71		1.07	36.12	33.98

由于河道水位变幅较大，H-ADCP 探头固定在一个水位级，很难建立良好的水位 - 流量相关关系，需根据不同水位级调整 H-ADCP 探头高度，建立对应的水位 - 流量相关关系；再利用互联网 + H-ADCP，即电脑 - VPN - 服务器 - 专用软件对数据进行处理，得到实时流量，可实现流量远程在线自动监测；上传数据与水文整编软件接口，实现在线整编；与局属水情中心连接，即可实现实时流量报讯；也可利用 APP 便可查询历史及当前逐时水位 - 流量数据及变化曲线图。

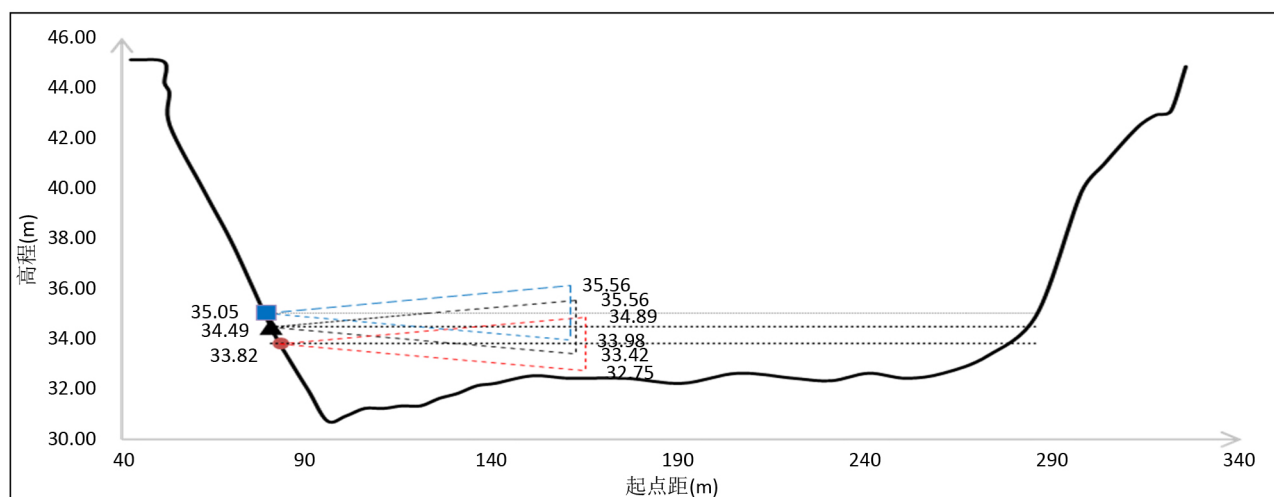


Figure 6. Diagram of H-ADCP measurement range

图 6. H-ADCP 测量范围示意图

6. 结束语

倾斜式 H-ADCP 探头安装平台是根据河流岸坡变化设计的一种上下灵活运行的固定式平台，可根据水位涨落的变化，上下移动 H-ADCP 探头，工程量小，适用性强，安装简单，操作简单，其主要优点：

1) 探头安装平台与轨道采用紧密接触式平行滑道，防止漂浮物或河流泥沙卡死不能上下滑行，增加了行车与滑槽的稳定性，上下运动的灵活性。

2) 行车与轨道采用四角偏心轴刹车定位装置，连接牢固，稳定性好，确保 H-ADCP 的稳定性，H-ADCP 与行车采用平面三点定位调节固定，可以根据 H-ADCP 的要求，灵活调节纵横摇，提高 H-ADCP 测验精度。

3) 转向轮采用无轴承，尼龙轮与不锈钢轴直接连接，长期工作在水中，不生锈，不卡沙，运转灵活，不需维护。

4) 该安装平台不受地形及河床条件限制，适用性强。

5) 该平台增加电动自控装置，可实现远程控制 H-ADCP 探头的上下运行。

6) 整体结构设计合理，建设及运行成本低，且操作简单易于维护保养。

国家重点研发计划专题

堤防工程风险识别和监测预警技术研究(2017YFC1502604)，洞庭湖与鄱阳湖多目标调控关键技术(2017YFC405305-1)。

参考文献

- [1] 朱巧云. ADCP 与流速仪在洋山港的比测分析[J]. 人民长江, 2007, 38(8): 132-133+152.
ZHU Qiaoyun. ADCP and Velocimeter in Yangshan Port. Yangtze River, 2007, 38(8): 132-133+152. (in Chinese)
- [2] 韦立新, 蒋建平, 曹贯中. 南京水文实验站 ADCP 流量测验方法改进研究[J]. 水利水电快报, 2017(6): 11-14.
WEI Lixin, JIANG Jianping and CAO Guanzhong. Improvement of ADCP flow measurement method at Nanjing Hydrological Experimental Station. Express Water Resources & Hydropower Information, 2017(6): 11-14. (in Chinese)
- [3] 宋政峰, 席占平. 走航式 ADCP 流量测验主要误差来源及其控制[J]. 水文, 2016, 36(1): 58-65.
SONG Zhengfeng, XI Zhanping. The main error sources and control of ADCP flow measurement by navigational mode. Journal of China Hydrology, 2016, 36(1): 58-65. (in Chinese)
- [4] 王俊. 基于“互联网+”的长江水文监测体系研究[J]. 长江技术经济, 2018(2): 70-74.

- WANG Jun. The Yangtze River hydrological monitoring system based on “Internet+”. *Technology and Economy of Changjiang*, 2018(2): 70-74. (in Chinese)
- [5] 刘正伟, 陆德智, 朱云武, 陈明德, 张丽花. 一种底座式 ADCP 流量自动监测探头支撑装置的研制与应用[J]. *水文*, 2016, 36(2): 82-84.
LIU Zhengwei, LU Dezhi, ZHU Yunwu, CHEN Mingde and ZHANG Lihua. Development and application of supporting equipment for base plate ADCP discharge automatic monitoring probe. *Journal of China Hydrology*, 2016, 36(2): 82-84. (in Chinese)
- [6] 杜兴强, 沈健, 樊铭哲. H-ADCP 流量在线监测方案在高坝洲的应用与改进[J]. *水文*, 2018, 38(6): 81-83.
DU Xingqiang, SHEN Jian and FAN Mingzhe. Application and improvement of H-ADCP online flow monitoring scheme in Gaoba Island. *Journal of China Hydrology*, 2018, 38(6): 81-83. (in Chinese)
- [7] 徐志国, 张白. 天然河道自动流量监测贴底式水下 ADCP 探头自动沉浮支架系统的研制与应用[J]. *治淮*, 2016(11): 71-72.
XU Zhiguo, ZHANG Bai. Development and application of bottom-mounted underwater ADCP probe automatic sinking and floating support system for natural river flow monitoring. *Zhihuai*, 2016(11): 71-72. (in Chinese)
- [8] 陈卫, 周波. H-ADCP 流量在线监测系统软件设计与实现[J]. *人民长江*, 2015(21): 39-42.
CHEN Wei, ZHOU Bo. H-ADCP flow on-line monitoring system software design and implementation. *Yangtze River*, 2015(21): 39-42. (in Chinese)
- [9] HUANG, H. Uncertainty model for *in Situ* quality control of stationary ADCP open-channel discharge measurement. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2012, 138(1): 4-12.