

雷达测速仪水文测验的应用研究

关胜兴

水利部海河水利委员会引滦工程管理局 天津 300380

摘要：随着水文测验技术的不断发展，雷达测速仪作为一种先进的测速工具，在水文领域得到了广泛应用。本文深入探讨了雷达测速仪的基本原理、类型及其在不同河流特性下的应用效果，并通过对比实验验证了其高精度和可靠性。雷达测速仪的非接触式测量方式、广泛的测量范围及实时数据处理能力，为水文测验提供了有力支持，对水资源管理和防洪减灾具有重要意义。

关键词：雷达测速仪；水文测验；应用

引言：水文测验是水资源管理与保护中的重要环节，而流速测量则是其核心内容之一。传统测速方法存在诸多限制，难以满足复杂多变的水文环境需求。随着科技的进步，雷达测速仪凭借其非接触式测量、高精度及实时性等优势，逐渐成为水文测验领域的新宠。本文旨在探讨雷达测速仪在水文测验中的应用，以期为解决水资源管理中的测速难题提供新思路。

1 雷达测速仪的基本原理

1.1 多普勒效应

(1) 多普勒效应的定义。多普勒效应是物理学中一个重要的现象，它描述的是当波源（例如声音或无线电波）与观察者之间有相对运动时，观察者接收到的波的频率会发生变化的现象。这一现象是由奥地利物理学家克里斯蒂安·约翰·多普勒在1842年首先发现的，因此得名多普勒效应。具体来说，当波源与观察者相互接近时，观察者接收到的波的频率会比波源的发射频率高；反之，当波源与观察者相互远离时，观察者接收到的波的频率会比波源的发射频率低。(2) 多普勒效应在雷达测速中的应用。在雷达测速中，多普勒效应被广泛应用于测量目标的速度。雷达测速仪发射一束无线电波，当这些波遇到移动的目标（如车辆、船只或水流）时，它们会被反射回来。由于目标与雷达测速仪之间的相对运动，反射回来的波的频率会发生偏移，即多普勒频移。通过分析这一频移量，雷达测速仪可以精确计算出目标的速度。这种测速方法不仅具有高精度，而且能够实现非接触式测量，大大提高了测量的便捷性和安全性。

1.2 雷达测速仪的工作原理

(1) 雷达测速仪的发射与接收。雷达测速仪的工作原理基于无线电波的发射和接收。它首先通过发射机向目标发射一束高频无线电波，这些波在遇到目标后会反射回来，由接收机接收。雷达测速仪的发射机和接收机

通常集成在一起，形成一个紧凑的系统。发射机发出的无线电波包含特定的信号序列，用于识别发射源和测量距离。(2) 反射波频移量的计算。在接收到反射波后，雷达测速仪会对其频率进行分析。由于目标与雷达测速仪之间的相对运动，反射波的频率会发生偏移，即多普勒频移。雷达测速仪通过测量这一频移量，并根据已知的无线电波速度和波长，可以计算出目标与雷达测速仪之间的相对速度。这一计算过程通常涉及复杂的信号处理算法，如快速傅里叶变换（FFT），以提高测速的精度和稳定性^[1]。(3) 水面流速的测量。在水文测验中，雷达测速仪常被用于测量水面的流速。通过将雷达测速仪固定在岸边或船只上，并向水面发射无线电波，可以测量到水流的反射波。通过计算反射波的频移量，可以得到水面的流速。这种方法具有非接触式测量的优点，不会对水流造成干扰，同时能够实现实时监测和连续测量。此外，雷达测速仪还具有高精度、高稳定性和适应性强等特点，能够满足不同水文环境下的测速需求。

2 雷达测速仪的类型与特点

2.1 手持式雷达测速仪

(1) 技术参数。手持式雷达测速仪通常采用多普勒测速原理，具有小巧轻便、易于携带的特点。其技术参数包括测速范围、测速精度、发射功率、工作频率、测量距离等。例如，某些型号的手持式雷达测速仪测速范围可达8~322km/h，测速精度为±1kph，发射功率为10毫瓦，工作频率为24.15GHz（K波段），测量距离可达1000米^[2]。(2) 适用场景。手持式雷达测速仪适用于各种移动或静态目标的测速，如车辆、船只、运动员等。在交通管理领域，交警可以使用手持式雷达测速仪对过往车辆进行测速，以查处超速行为。此外，它还可以用于体育赛事中运动员速度的测量。(3) 操作便捷性。手持式雷达测速仪操作简便，通常只需按下按钮即可进行

测速。同时,它还具有数据记录、打印等功能,方便用户进行数据分析和处理。

2.2 阵列式雷达测速仪

(1)性能参数。阵列式雷达测速仪由多个雷达传感器组成,具有更高的测速精度和更大的测量范围。其性能参数包括测速范围、测速精度、阵列大小、工作频率等。阵列式雷达测速仪的测速范围通常较大,可达数百米至上千米,测速精度也较高,可达 $\pm 0.1\%$ 或更低。

(2)安装要求。阵列式雷达测速仪需要固定安装在合适的位置,如道路旁、桥梁上或河岸边等。安装时应确保雷达传感器与测量目标之间无遮挡物,并调整好传感器的角度和高度,以获得最佳的测速效果。(3)测量精度。阵列式雷达测速仪通过多个雷达传感器的协同工作,可以实现对目标速度的精确测量。其测量精度受多种因素影响,如目标形状、运动轨迹、环境因素等。因此,在使用时应根据具体情况进行校准和调整。

2.3 无人机搭载式雷达测速仪

(1)系统组成。无人机搭载式雷达测速仪由无人机平台、雷达测速传感器、数据传输系统等部分组成。无人机平台负责搭载雷达测速传感器在空中飞行,雷达测速传感器负责测量目标速度,数据传输系统负责将测量数据传输到地面控制站。(2)应用范围。无人机搭载式雷达测速仪适用于大面积、复杂地形或难以接近的目标的测速。例如,在水利工程中,可以使用无人机搭载式雷达测速仪测量河流、湖泊等水体的流速;在交通管理中,可以用于监测高速公路、铁路等交通干线的车速情况。(3)灵活性与成本。无人机搭载式雷达测速仪具有较高的灵活性和机动性,可以根据需要进行快速部署和移动。然而,其成本也相对较高,包括无人机平台、雷达测速传感器、数据传输系统等部分的购置和维护费用。

2.4 固定式雷达波在线流量系统

(1)设备配置。固定式雷达波在线流量系统由雷达流速传感器、水位传感器、数据采集与处理系统等部分组成。雷达流速传感器负责测量水体的流速,水位传感器负责测量水位高度,数据采集与处理系统负责将测量数据传输到监控中心进行分析和处理。(2)工作流程。固定式雷达波在线流量系统的工作流程包括发射雷达波、接收反射波、计算流速和水位、数据传输与处理等步骤。雷达流速传感器向水体发射雷达波,当雷达波接触到水面时会被反射回来。系统通过分析反射波的频率变化等信息,得出水流表面的流速。同时,结合水位传感器测量的水位高度,可以进一步计算出水体的流量。

(3)数据采集与传输。固定式雷达波在线流量系统通常

配备有先进的数据采集与传输技术。数据采集系统能够实时记录雷达流速传感器和水位传感器的测量数据,并将其转换为数字信号进行存储和处理。传输系统则负责将这些数据实时传输到监控中心或数据中心,以便进行进一步的分析和处理。这些数据可以用于监测水体的流量变化、评估水资源状况、预警洪水等自然灾害,为水资源管理和保护提供重要支持。

3 雷达测速仪在水文测验中的应用

3.1 雷达测速仪与传统测速仪的对比

(1)实验设计与实施。为了深入探究雷达测速仪相较于传统测速仪在水文测验中的性能差异,我们设计并实施了严格的对比实验。实验选定了具有代表性的多条河流,涵盖了不同流量、流速、水深以及河床条件的断面。同时,我们选择了两种常用的测速仪进行对比:一种是传统的转子流速仪,另一种是现代的雷达测速仪。实验过程中,我们首先在每条河流的选定断面上分别安装雷达测速仪和转子流速仪,确保两者的测量点尽可能靠近,以减小环境因素带来的误差。在每个断面上,我们都进行了多次重复测量,以提高数据的可靠性和准确性。同时,我们还考虑了不同时间(如白天和夜晚)、不同天气条件(如晴天和雨天)对测量结果的影响^[3]。

(2)数据对比与分析。通过对比分析雷达测速仪和转子流速仪的测量数据,我们发现了一些有趣的现象。在多数情况下,两者的测量结果在误差范围内保持一致,但雷达测速仪在某些特定条件下表现出了明显的优势。首先,在水流速度较快的情况下,转子流速仪可能会受到水流冲击的影响,导致测量结果出现较大波动。而雷达测速仪由于其非接触式的测量方式,能够更稳定地提供测量数据。其次,在水深较大或河床形态复杂的情况下,转子流速仪的安装和操作可能会受到限制,而雷达测速仪则能够灵活地适应这些条件,提供准确的测量数据。(3)精度与可靠性评估。经过对比分析和验证,我们得出结论:雷达测速仪在水文测验中具有更高的精度和可靠性。这主要得益于其非接触式的测量方式、广泛的测量范围以及先进的信号处理技术。相较于传统的转子流速仪,雷达测速仪能够更准确地反映水流的实际速度,为水文测验提供更加可靠的数据支持。

3.2 雷达测速仪在不同河流特性中的应用

(1)不同河流特性的分类。河流的特性主要包括流量、流速、水深、河床形态以及水质等多个方面。为了评估雷达测速仪在不同河流特性中的应用效果,我们首先对实验河流进行了详细的分类。这些河流被划分为山区河流、平原河流、河流交汇处以及人工河道等不同类

型。(2) 雷达测速仪的适用性。通过实验和实际应用,我们发现雷达测速仪在不同类型的河流中均表现出良好的适用性。在山区河流中,雷达测速仪能够克服复杂的地形和湍急的水流,提供准确的测量数据。在平原河流中,其能够稳定地反映水流的变化情况。在河流交汇处,雷达测速仪能够同时测量多个方向的水流速度,为分析水流特性提供有力支持。在人工河道中,其能够适应各种断面形状和尺寸,确保测量结果的准确性。(3) 实验数据与结果分析。我们对实验数据进行了深入分析,发现雷达测速仪在不同河流特性下的测量结果均表现出较高的稳定性和准确性。无论是在山区河流的湍急水流中,还是在平原河流的平稳水流中,雷达测速仪都能够提供可靠的测量数据^[4]。此外,我们还发现雷达测速仪的测量结果与河流的实际情况高度一致,这进一步验证了其在水文测验中的适用性和准确性。

3.3 雷达测速仪在高洪测流与应急测流中的应用

(1) 高洪测流的难点。高洪测流是水文测验中的一项重要任务,但同时也是一项极具挑战性的工作。在高洪期间,水流速度急剧增加,河床形态和水质条件都可能发生显著变化。这些变化使得传统的测速方法难以准确测量水流速度,甚至可能无法正常工作。(2) 雷达测速仪的优势。相较于传统的测速方法,雷达测速仪在高洪测流中具有显著的优势。首先,其非接触式的测量方式能够避免水流冲击对仪器造成的损坏,保证在高洪期间的稳定工作。其次,雷达测速仪具有较宽的测量范围和较高的测量精度,能够适应高洪期间水流速度和水位的大幅度变化。此外,雷达测速仪还具有安装简便、操作灵活等优点,能够在短时间内快速部署并进行测量,为防洪抢险提供及时的决策支持。(3) 应急测流的实践案例。在某次暴雨引发的洪水灾害中,雷达测速仪在应

急测流中发挥了关键作用。当时,由于洪水来势汹汹,传统测速仪器因无法承受巨大的水流冲击而失效,测量工作一度陷入困境。然而,水文部门迅速启动了雷达测速仪进行应急测流。他们迅速将雷达测速仪安装在河流的关键断面,并立即开始了测量工作。雷达测速仪凭借其非接触式的测量方式和强大的数据处理能力,在短时间内提供了准确的水流速度数据。这些数据为水文部门提供了重要的参考依据,使他们能够迅速评估洪水的严重程度,并制定相应的抢险救援方案。此外,雷达测速仪还提供了实时的水流速度监测服务。通过连续的测量和数据更新,水文部门能够实时掌握洪水的变化情况,为后续的抢险救援工作提供了有力的支持。

结束语

综上所述,雷达测速仪以其独特的非接触式测量方式、高精度及广泛的适用性,在水文测验中展现出了巨大的潜力与价值。它不仅有效解决了传统测速方法在面对复杂水文环境时的局限性,还为水资源管理、防洪减灾及水利信息化建设等提供了有力的技术支持。未来,随着技术的不断进步与应用的深入,雷达测速仪将在水文测验领域发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]刘培锋,李洋,刘海琴,等.雷达测速在黄河吴堡测验河段应用分析研究[J].内蒙古水利,2021,(10):82-83.
- [2]吴辉,许连波.雷达测速仪在水文监测中的应用[J].中国科技期刊数据库工业A,2022,(03):24-25.
- [3]赵占峰,王广青,丁建国.雷达测速仪在水文监测中的应用[J].内蒙古水利,2021,(08):65-66.
- [4]桂笑,徐剑峰.缆道雷达波在超标准洪水中的应用[J].水资源研究,2020,(05):46-47.