

基于全球导航卫星系统（GNSS）的工程测量精度分析与差异研究

潘勤梅¹ 杨松涛² 徐 进³

1. 河南省核技术应用中心 河南信阳 460000

2. 昆明厚致百盈企业管理有限公司 云南昆明 650000

3. 建湖金威勘测有限公司 江苏盐城 224000

【摘要】全球导航卫星系统（GNSS）在工程测量中的应用越来越广泛，如精确定位、导航、定时以及地形测量等。然而，不同因素对于GNSS测量精度的影响是一个复杂问题。为了提高工程测量的精度，深入研究GNSS的精度分析和差异因素是非常必要的。本文旨在通过对全球导航卫星系统（GNSS）的工程测量精度进行分析和研究，以便更好地理解和应用GNSS系统的精度特性。

【关键词】全球导航卫星系统；GNSS；工程测量精度；差异

1 引言

随着现代技术的发展，全球导航卫星系统（GNSS）已成为现代工程测量中最常用的定位技术之一。然而，由于不同的测量条件和环境因素，GNSS测量数据的准确性和精度可能会受到影响。因此，对于GNSS测量精度的分析与差异研究具有重要的理论和实际意义。本文旨在通过对大量的GNSS测量数据进行分析，深入研究不同测量条件下的差异，以提供对工程测量中GNSS应用精度的全面理解。本文将从以下几个方面进行研究：首先，分析了影响工程测量精度的因素；其次，探究了GNSS精度提升技术；最后，阐述了GNSS测量数据的差异分析，旨在为相关领域的发展提供了一定的参考价值^[1]。

2 影响工程测量精度的因素

2.1 大气延迟和电离层效应

在工程测量中，大气延迟和电离层效应是影响测点位置误差的重要因素。大气延迟是指由于空气对电磁波传播的影响而导致的信号传输时间延误现象。这种延误会导致测点的位置误差增大，因此需要进行相应的修正处理。电离层效应则是指地球周围空间中的电子云所产生的干扰作用。这些电子云会吸收和散射无线电波，从而产生一定的误差。为了避免这种情况发生，通常采用高频或超短波通

信方式来减少其影响。除了上述两种因素外，还有其他一些因素也会影响到工程测量的准确性，如地形起伏、建筑物遮挡等等。这些因素都需要通过合理的设计和技术手段加以控制，以保证测量结果的可靠性和精确度。

2.2 天线相位中心偏差

在进行工程测量时，天线位置和方向对测量结果的影响是非常重要的。其中，天线相位中心偏差是影响测量精度的重要因素之一。天线相位中心偏差是指天线接收信号的方向相对于目标物体的位置偏移情况。当天线接收到来自不同方向的目标物体的信号时，由于天线本身的形状和尺寸等因素导致了信号的传播路径不完全一致，从而产生了天线相位中心偏差。这种误差会导致测点坐标值的不准确性，进而影响到整个工程测量的结果。为了减小天线相位中心偏差带来的影响，可以采用一些方法来校准天线位置和方向。例如，可以通过使用基准标测定仪或GPS定位技术来确定天线的位置和方向；或者通过调整天线的结构参数来减少天线相位中心偏差的大小。

2.3 动态环境下的多径效应

在工程测量中，多径效应是影响测点位置和姿态参数的重要因素之一。多径效应是指由于信号传播路径的不同而导致的误差。当多个电磁波从不同方向到达接收器时，它

们会在接收器上叠加形成一个复合信号，从而产生误差。这种误差主要表现在两个方面：一是相位差引起的时间延迟；二是频率差引起的频谱畸变。相位差会导致测点的位置误差。当多个电磁波到达接收器时，它们的相位会发生变化，因此测点的位置也会发生变化。这种现象被称为相位偏移的大小取决于信号传输距离、反射率等因素。如果相位偏移过大，那么测点的位置就会出现较大的误差。频率差则会影响到测点的姿态参数。当多个电磁波到达接收器时，它们的频率可能会存在微弱的变化。这些微弱的变化会对测点的姿态参数造成一定的影响。例如，对于旋转平台而言，其姿态参数包括倾角、仰角等，这些角度都会受到频率差的影响。为了减小多径效应对测点位置和姿态参数的影响，可以采取一些措施来降低相位偏移和频率差的影响。其中一种方法是在接收机中加入滤波器，通过滤除高频成分和低频成分，减少干扰信号对测点位置和姿态参数的影响。此外，还可以采用多种技术手段进行数据融合，以提高测量精度^[2]。

3 GNSS精度提升技术

3.1 差分定位和实时运动定位

差分定位通过参考站与移动接收机之间的差异数据来纠正系统误差和噪声，从而提高测量精度。参考站使用精密测量设备获取准确的位置和时间信息，并将其与移动接收机接收到的信号进行比较，计算差异并传输给移动接收机进行误差校正。差分定位在基线长度较短的情况下效果更为显著。实时运动定位（RTK）是一种特殊的差分定位技术，旨在实时获得高精度的动态定位结果。RTK利用差分定位的原理，在移动接收机和参考站之间建立实时差分链接，通过传输差分数据来实现实时的位置校正。RTK通常采用无线通信方式传输差分数据，使移动接收机能够实时获得高精度的定位结果，适用于动态环境下的测量。差分定位和RTK技术都可以提高GNSS测量的精度，尤其对于需要高精度定位和动态测量的工程应用非常有益。但是需要注意的是，差分定位和RTK技术在使用时需要考虑参考站的布设和数据传输等方面的要求，以确保其正常运行和精度提升

效果^[3]。

3.2 增强型GNSS系统（如SBAS和GBAS）

增强型GNSS系统的出现，为工程测量提供了更加精准的数据。其中，最常用的两种是空地双向定位辅助系统（Synthetic Aided Positioning System）简称SBAS和地面参考台（Ground Reference Station）简称GBAS。这两种方法都是通过在GPS信号中加入额外的信息来提高其位置精度的方法。SBAS是一种利用多颗卫星进行观测并计算出精确的位置数据的技术。它可以通过接收多个卫星信号，对这些信号进行综合处理，从而获得更准确的位置信息。这种方法可以大大减少误差来源，提高了测量精度。同时，由于SBAS需要更多的设备投入，因此它的成本也相对较高。相比之下，GBAS则更为经济实用。它是一种利用地面基站作为参照点，将GPS信号中的误差修正到基准坐标系上的技术。这种方法不需要太多的硬件设备，只需要一个稳定的地面基站即可实现。但是，由于受到地形等因素的影响，GBAS的精度不如SBAS高。

3.3 多系统组合和多传感器融合

GNSS精度提升技术中的多系统组合和多传感器融合是两个重要的方法。多系统组合指的是利用多个全球导航卫星系统（如GPS、GLONASS、Galileo和BeiDou）的信号进行定位和测量。通过同时使用多个系统的信号，可以增加可见卫星数量，改善卫星几何配置，提高测量的可靠性和精度。不同的卫星系统具有不同的特点和优势，综合利用可以弥补各个系统的不足，提供更可靠和精确的定位结果。多传感器融合是指将GNSS与其他传感器（如惯性测量单元、气象传感器等）的测量数据进行融合处理，以获得更精确的定位和测量结果。传感器融合技术可以弥补GNSS在复杂环境（如城市峡谷、森林覆盖等）中的局限性，提供更精确的位置和导航信息。通过合理融合多个传感器的测量数据，可以提高定位精度、抑制噪声和误差，增强系统的可靠性和鲁棒性。多系统组合和多传感器融合技术都可以提升GNSS的定位和测量精度，并且适用于不同的应用领域和场景。

4 GNSS测量数据的差异分析

4.1 不同GNSS系统之间的差异比较

第一，定位性能指标；第二，信号覆盖范围；第三，星座选择策略；第四，其他因素的影响。首先，需要了解不同GNSS系统的定位性能指标。例如，GPS的定位精度为0.5米左右，而GLONASS的定位精度则要稍高一些，达到1-2米的水平。其次，不同GNSS系统的信号覆盖范围也是一个重要的问题。由于地球表面地形的不同，不同地区的信号覆盖程度也不同。对于某些地区来说，某一种GNSS系统的信号可能无法到达地面，从而影响了其使用的效果。最后，还有其他因素可能会影响测量结果的准确性。例如，气象条件的变化、设备故障以及人员操作不当等问题都会对测量结果造成影响。因此，在实际工作中，应该尽可能地减少这些干扰因素的存在，以保证测量结果的可靠性和有效性^[4]。

4.2 不同测量条件下的差异分析

首先，考虑地形因素的影响。地形起伏会影响GPS信号的接收程度，从而导致测量误差增大。例如，如果测量点位于山脚下或山顶上，那么由于反射面的变化，可能会导致测量误差增加。其次，考虑气象因素的影响。气象因素包括大气层湍流、云雾等因素，都会干扰GPS信号的传播，从而引起测量误差。最后，考虑设备因素的影响。设备因素主要包括GPS接收机的质量、位置以及安装方式等方面。对于高质量的GPS接收机来说，其接收灵敏度较高，能够更准确地捕捉到GPS信号，从而减小了测量误差；而在低质量的接收机中，则会存在一定的偏差，从而造成较大的测量误差。

4.3 不同测量设备和处理方法对测量结果的影响

首先，对于测量设备的选择而言，其所使用的GNSS接收机是至关重要的。目前市场上有多种类型的GNSS接收机可供选择，包括单频、双频以及三频等多种类型。其中，单频接收机具有较高的定位精度，但价格较高；而双频和三频接收机则相对便宜一些，但是定位精度相对较低。因此，在实际应用中应综合考虑成本效益等因素来选择合适的GNSS接收机。其次，对于处理方法而言，常用的有差分GPS、RTK、PLL等技术。其中，差分GPS是一种较为简单易用的技术，适用于较小范围内的测量工作；而RTK则是一种高精度的技术，能够实现厘米级或毫米级的位置精度。

5 结语

通过对基于GNSS的工程测量精度进行差异分析，可以更好地理解和应用GNSS技术在工程领域的优势和局限，为工程测量提供更可靠、精确和有效的定位解决方案。进一步的研究和探索将进一步推动GNSS技术的发展和應用，满足工程领域对高精度测量的需求。

参考文献：

- [1] 王翔. 基于GNSS的定位算法仿真研究[D]. 河北科技大学, 2016.
- [2] 侯洪涛. 面向全球导航卫星系统的多层可用性分析方法研究[D]. 国防科学技术大学, 2015.
- [3] 郭承军. GNSS全球导航卫星系统完备性监测体系研究与设计[D]. 电子科技大学, 2011.
- [4] 朱俊. 基于星间链路的导航卫星轨道确定及时间同步方法研究[D]. 国防科学技术大学, 2011.