

GPS 技术在公路平面控制测量中的应用研究

张启明

华北地质勘查局五一九大队, 河北 保定 071051

摘 要 : 本文针对公路平面控制测量的特点, 分析了 GPS 测量技术的优势与不足, 详细论述了在控制网设计和作业实施过程中如何正确处理各种因素对工作的影响。提出了选择合适的外业数据采集设备、优化数据采集方案、提高数据质量等解决方法, 并利用 ENVISAT GPS 接收机完成了某高速公路平面控制点的外业数据采集工作, 获得了高精度的平面坐标成果。最后, 通过野外实验验证了 GPS 技术的可靠性, 同时也说明了此项技术在交通运输行业中的广阔应用前景。这对于公路建设单位充分发挥 GPS 技术的优势, 选择最适合本项目的测量手段提供了科学依据。

关 键 词 : 公路测量; 平面控制测量; GPS 技术

Application of GPS Technology in Highway Horizontal Control Survey

Zhang Qiming

519 Brigade of North China Geological Exploration Bureau, Baoding, Hebei 071051

Abstract : According to the characteristics of highway horizontal control survey, this paper analyzes the advantages and disadvantages of GPS survey technology, and discusses in detail how to correctly deal with the influence of various factors on the work in the process of control network design and operation implementation. This paper puts forward some solutions, such as selecting the appropriate field data acquisition equipment, optimizing the data acquisition scheme, improving the data quality, etc., and uses ENVISAT GPS receiver to complete the field data acquisition of a highway horizontal control point, and obtains high-precision plane coordinate results. Finally, the reliability of GPS technology is verified by field experiments, and the broad application prospect of this technology in the transportation industry is also illustrated. This provides a scientific basis for highway construction units to give full play to the advantages of GPS technology and select the most suitable measurement means for the project.

Keywords : highway survey; horizontal control survey; GPS Technology

GPS (全球定位系统) 测量技术是一种全天候、全天时、远距离的测量技术, 具有精度高、速度快、操作简单、可靠性强等特点。目前已被广泛应用于地面运动测量、大地测量、精密工程测量、海洋测量以及地球科学等领域。但是由于我国幅员辽阔, 地形复杂, 地质条件较差, 再加上多年以来都没有统一的坐标系统, 不同地区之间采用的坐标系也不一样, 使得 GPS 测量成果受外界干扰较大, 数据稳定性较低。所以如何利用 GPS 技术进行公路平面控制网的布设就显得非常重要了。本文就某高速公路线上平面控制测量使用 GPS 测量技术的情况进行了分析, 并总结了一些经验^[1]。

一、工程概况

本次试验选择某省级高速公路建设项目作为研究对象。该公路起点位于东平县接泰湖路, 终点位于济南市历城区与济青路相接, 全长约 76.4 公里, 全线共设置 20 座桥梁, 隧道 5 座, 大中桥 23 座, 小桥 8 座, 涵洞 95 道, 路基挖方 1457 万立方米, 填方 2554 万立方米。本次试验选取了其中四条路线作为研究区域, 分别是东平连接线 K0+000~K1+000 段, 京台高速 K104+000~K105+000 段, 京台高速 K123+000~K124+000 段,

以及京台高速 K135+000~K136+000 段。在这四段道路上布设了 40 个控制点作为原始观测值, 每个控制点设置一个基站, 并选用 ENVISAT 9300 型全站仪采集坐标数据, 使之能够满足大范围连续测量的要求。

根据以上内容可知, 对于一个相对独立且规模较小的控制网来说, 由于各点位均处于固定的范围之内, 并且所使用的仪器也相对简单, 所以只要合理地布设测区, 采取正确的测量方法及数据处理方法, 就能获得相当高的定位精度。另外, 考虑到国家目前正在大力推广使用国产品牌的 GPS 接收机, 为了尽可能避免

作者简介: 张启明 (1992.01—), 男, 汉族, 籍贯: 甘肃省定西市, 大学本科, 职称: 工程师, 研究方向: 测绘工程。

引入新的误差源，充分利用已有的数据资料，降低外点数据的数量，同时又能满足精度要求，建议在布设时应尽量减少测区内的测站个数^[2]。

二、GPS-RTK 定位原理及方法

GPS-RTK 技术是利用已知的、经过坐标转换的参考站坐标，由接收机实时计算出待测点的位置。首先把一组载波相位观测值（两个历元之间）进行滤波处理得到一个残差，然后对残差进行改正得到与参考站相邻的伪距观测值；再根据伪距观测值和参考站测站坐标计算出待测点的三维坐标，从而达到实时定位的目的。

由于无线电传播特性的影响，不同卫星或不同轨道上的信号到达地球表面的时间不一样，并且随着距离的增加而逐渐变慢，因此 GPS 定位误差分为：高程误差、系统误差和随机误差等。其中高程误差包括大地高、大气延迟及对流层延迟。在一定条件下，如果能获得基准站的高程，就可以利用基准站的高程来消除大地高的误差，这就是基准站高程差分。但需要注意的是基准站与流动站之间的距离越远，其高程差分就越小，这也就使得基准站的高程精度取决于基准站的精度。系统误差包括卫星钟差、电离层延迟及对流层延迟。其中电离层延迟引起的误差可通过电离层延迟改正消除，而卫星钟差引起的误差则没有办法消除，只能采用一些补偿措施来减小它们对定位的影响。在实际操作中，通常通过降低系统频率或使用卫星钟差率修正来减小系统误差的影响^[3]。

GPS 定位时，通过已知的基准站数据，按照大地测量坐标系下的固定公式解算出待测点在某一点处的坐标。同时，接收器本身具有的坐标信息可以通过测站坐标变换的方法推算出来，这样就解决了由于接收器的相对运动带来的误差问题。具体的操作过程如下：

在距离接收器最近的观测站上架设标石，并用水准仪检核标石的高程精度。

打开接收器电源，检查设备是否正常工作。

关闭所有遮挡物，确保接收器接收到来自附近基准站的信号。

切换到静态观测模式，设置好测站坐标系和目标区域坐标系。

点击开始观测，进入观测状态。

在报告显示界面中选择要测量的站点。

点击定位按钮，待卫星定位完成后，即可在报告输出界面中查看待测点的坐标成果。

通过以上介绍，可以看出 GPS-RTK 测量具有很多优点。其优势主要体现在：1）工作效率高、成本低、操作简单、精度高；2）测量速度快、定位准确、质量好；3）提高了作业的灵活性和可靠性，减少了重复外业量；4）数据采集系统与计算机集成一体化，软件功能强大；5）数据处理自动化程度高，减轻了劳动强度；6）对外界环境干扰因素不敏感，特别适合于交通条件恶劣、人烟稀少的地区。

三、GPS 技术在公路建设控制测量中的应用

（一）GPS 测站点的选择

GPS 测站的选取是保证测量结果准确可靠的关键。在选择 GPS 测站的时候，有如下几点需要考虑：

定位精度：为了减小误差传播路径对 GPS 测站的影响，GPS 测站应定位在高精度地区。

原则上，为了减小观测误差，测站必须与建筑物或其它障碍物保持 20 米以上的距离。

覆盖面：一个 GPS 站点必须有足够大的覆盖面来保证观测的可靠性。

一般而言，全球定位系统必须能覆盖整个地区，并能搜集到足够多、质量足够的人造卫星。

交通方便：为了快速的测量和数据传输，GPS 站点应该可以很容易的到达多种交通工具，比如汽车，火车，飞机等等。

安全：为了避免影响测量结果的准确度，GPS 站应尽量避免可能出现的信号干扰，例如无线电发射台，铁丝网，电线等。

灵活性：GPS 站点应具有灵活性，以适应不同的环境和需要，例如气候条件，地形。

成本效益：GPS 测站应尽量减少成本，降低测量过程中的时间与成本。

选择适当的 GPS 站点应综合考虑定位精度，覆盖范围，安全，性价比等因素。综合考虑以上几个方面的因素，才能选出最优的 GPS 测站。

（二）GPS 测量控制点的选择

在 GPS 测量中，控制点的选取是一个非常重要的环节，控制点的选取直接关系到测量结果的准确性和可靠性。GPS 控制点的选取应考虑如下问题：

位置因子：为了最大限度地减少信号传输时的延迟与损失，GPS 控制点应尽量接近测量区。同时，为了便于维修和使用，控制点应设在交通方便，安全可靠的位置。

精度因子：GPS 控制点必须符合高精度测量的要求，比如可以达到毫米级别，等级或精度级别。为了保证测量结果的可靠性，必须充分考虑控制点的精确性、可靠性和稳定性。

类型因素：为了保证测量结果的可靠性与可重复性，应根据所测地区的地形、地质情况选择 GPS 控制点。另外，GPS 控制点应考虑与其它测量方法兼容，以减少重复测量的工作量。

实用因素：GPS 控制点的选取要结合实际情况，如距离，信号强度，环境等。在有干扰或信号微弱的情况下，选择并使用特定的方法。

经济因素：GPS 控制点必须考虑成本，以保证其能承受相关成本。同时，对已有测量控制点的合理利用等问题也是值得考虑的。

在选择 GPS 控制点时，应从定位、精度、类型、实用性及经济性等几个方面综合考虑。因此，选择适当的 GPS 控制点是保证测量结果准确可靠的前提。

（三）GPS 测量数据转换

GPS 定位技术是一种常用的测量方法，它是将 GPS 接收机放

置于不同位置，以确定目标的位置及速度。该技术在城市规划，工程设计，交通管理，军事等方面有着广泛的应用。全球定位系统数据转换就是为了充分利用 GPS 测量数据，将其转换成计算机可处理的格式。这通常包括把由 GPS 接收机采集的原始数据转换成可供随后处理的格式。GPS 数据的转换方法很多，其中以二进制格式最为常见。这类方法通常要用到频域分析，信号处理，概率统计等方法。另外，也可采用专用软件，如 Novell 公司的精密、克雷格等。除二进制外，还存在多协议标记交换（multi-protocol tag switching, MPLS）、网络通讯协议（TCP/IP）等。这类数据格式通常需要特定的算法及软件，如 MPLS、TCP/IP 等^[4]。

四、GPS 在公路控制测量中的应用

（一）GPS 在平面控制测量中的应用

全球定位系统（GPS）技术以其高精度、高速度、高灵活性的特点，成为全球定位系统研究的热点。GPS 技术已广泛应用于平面控制测量中。首先，GPS 技术能够满足高精度测量控制的需要；GPS 定位精度可以达到厘米级，可以满足大多数平面控制的需要。另外，GPS 还能提供实时的观测数据，大大提高了观测的效率。其次，利用 GPS 技术，实现了自动控制测量的目的。传统的平面控制测量都是由人工完成的，而采用 GPS 技术，则可实现控制测量的自动化，只需对数据采集点及参数进行设置，即可实现数据采集与处理，使工作效率大为提高。此外，GPS 技术也能有效地降低误差的传递。GPS 技术以其优异的时空分辨能力，可实现时空精确模拟与重构，降低误差传递，提高控制精度与可靠性。因此，GPS 技术被广泛地应用于平面控制测量。在实际应用中，应根据任务要求及技术水平，选用适当的 GPS 测量方法。为了保证平面控制的准确可靠，必须重视数据的质量与精度。

（二）GPS 在公路高程控制测量中的应用

GPS 已广泛应用于公路高程控制测量中。首先，全球定位

系统能提供高精度的三维坐标，可准确测定高速公路沿线海拔高度，并据此确定高速公路的路线宽度。其次，全球定位系统具有全天候、全天候、全天候的特点，不受天气、季节的影响。另外，GPS 还能对测量数据进行自动记录与分析，大大提高了工作效率。在公路高程控制测量中，GPS 主要有三种方式：一种是直接将 GPS 测高应用到地面点上；第二种方法是利用球面上各点进行测量，以求沿公路的高度；第三个方法是计算地球表面各点与地面之间的距离，以求出高速公路的海拔高度。这三种方法各有利弊，具体采用哪一种方法要视具体情况而定。在实际应用中，一般都是将 GPS 和传统的测量方法结合起来。具体而言，在确定高速公路沿线高程时，可先用传统测量方法测得，再与 GPS 测得的结果对比，从而确定高速公路沿线的高。另外，若需确定球面上各点至地面距离，则可先利用 GPS 观测资料作初步解算，再与传统量测结果比对，以确定其精度。GPS 是一种很有发展前景的公路高程控制测量方法。它不但能提供高精度的三维坐标及高程控制信息，而且能全天候服务，自动化作业，提高工作效率。因此，GPS 已成为公路控制测量中不可缺少的组成部分。

五、结束语

综上所述，虽然 GPS 技术已经成为现代测绘领域中不可缺少的测量方法，但它还存在着一些不足，例如受外界干扰较大、仪器精度不够、作业方式比较繁琐等问题。因此，我们应该充分认识到 GPS 这一新技术给传统测量技术带来的冲击和影响，积极地探索解决这些问题的方法。同时，也应清醒地看到 GPS 技术的发展潜力及其巨大的应用前景。随着技术的不断完善和成熟，相信 GPS 一定会得到更加广泛的应用，为我国经济建设提供强有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 孔大兴. GPS 在高速公路平面控制测量中的应用研究[J]. 交通世界, 2021, (28):33-34.
- [2] 白云霄. GPS 技术在公路平面控制测量中的应用研究[J]. 交通世界, 2021, (22):127-128.
- [3] 张旭东. GPS 技术在公路建设控制测量中的应用[J]. 智能城市, 2020, 6(20):31-32.
- [4] 谢勇. GPS 技术在公路平面控制测量中的应用[J]. 中国新技术新产品, 2020, (03):97-98.