

北斗卫星导航技术在隧道内定位的运用研究

马佑 马永生 李丽佳 王梓霖 李菲菲

宁夏回族自治区测绘地理信息院 宁夏银川 750000

DOI:10.12238/ems.v7i6.13836

[摘要] 北斗全球卫星导航系统的成功实施能够向世界各地的人们供应全方位、不间断、高度精准的位置识别和时间测量功能。在中国国内,尤其是在隧道环境中,对北斗卫星导航技术的利用至关重要,它能为我们国家的隧道运输带来优质的导航与定位服务,并进一步提升了隧道安全性的保护程度。然而,由于中国地理特征的多样性和复杂性,加上众多的隧道分布,其封闭性较强,这使得北斗卫星导航信号容易受影响或遭到遮挡,从而难以确保隧道内部的高效和稳定位置识别服务。本篇文章主要探讨了北斗卫星导航技术在国内隧道定位领域的应用情况,深入解析了此项技术如何提高隧道使用的效果,同时还介绍了基于北斗卫星导航定位的技术扩展体系及其实际应用成果,以便给相关部门提供有力的决策依据。

[关键词] 北斗卫星导航技术;北斗卫星导航定位延伸系统;信号增强技术

引言:

依据现有的信息显示,截止到2022年,中国已拥有超过两万三千二百六十八条公路隧道,总长度达到二十四亿六千九百九十九点八九万延长米,其中特别长的隧道有一千五百九十九个,七十一万零八百零八万延长米;而较长的隧道则达到了六千二百一十一条,一百零八万四千四百三十万延长米。此外,中国的北斗卫星导航系统是由我们独立开发并建立的世界范围内的卫星导航体系,它能够向全世界的客户提供持续性、稳定性和可信赖的定位、导航及时间同步服务。基于此技术的其他服务及其衍生品已被广泛地运用到了各个领域的发展与构建之中,例如:高度精准的测量、交通运输、变形检测、紧急救助等等。

1 北斗卫星导航技术信号覆盖技术在隧道内定位中的应用分析

1.1 总体思路

因隧道的内部环境具有较强的封闭性,会造成卫星导航信号被彻底屏蔽,所以隧道内部几乎均为卫星信息的覆盖盲区,进而极易导致实时导航定位出现授时中断的情况。为了高效地处理这类难题,我们决定把北斗卫星信号带入隧道深处,从而使隧道内的北斗卫星导航定位功能得以实施,并与外部环境保持一致。本研究选取了当前相对稳定的某个隧道内导航使用系统的实例来展开讨论,深入解析其精确的北斗卫星导航定位信号覆盖策略。具体的思考路径如下:通过模仿真实轨道上的导航卫星的工作状态,持续向隧道中释放与北斗、GPS等导航卫星信号相匹配的虚假卫星信号,这样就能确保隧道内部始终有北斗卫星导航信号的全天候复盖。

1.2 技术原理

基于上文阐述的隧道内部北斗卫星导航信号的覆盖方法

思路,得出以该方法为基础的技术操作原理:主要在运营管理站以及融合基站的协同作用下予以构建而成。详细来说,相关的工作人员必须首先在外部环境设立运营管理的站点,该站点有责任接受轨道上的卫星信号,生成精确的时间信号,并且基于此来获取实时的星历数据。然后,他们会把轨道上卫星的信号、计时器的信息和星历资料转化为内定的形式,通过光缆传递给所有的整合基地。每个整合基地都应该根据每隔三十米建立一个基地的原则去建造,以便接收到来自运营管理站发出的轨道卫星信号及计时器的讯号与星历资讯,接着使用即时模拟轨道导航卫星的工作状况和多普勒修正,对导航信息的组合进行处理,最后向外发射出与北斗、GPS等导航卫星信号没有差异的假卫星信号,从而实现隧道内的北斗卫星定位信号全面覆盖的效果

1.3 北斗卫星导航隧道覆盖增强技术

基于北斗卫星导航信号基础上的北斗隧道覆盖系统被开发出来,其主要目的是实现实时的信号再生。该系统的核心部分是安装于隧道外部的北斗卫星天线,它负责捕捉并接收到来自卫星的信号。然后,这些信号会经过电缆传递给基准单元,并在中继单元之间以适当间距分布,对信号进行强化处理后将其发送回隧道内的屏蔽区域,从而实现了隧道内部北斗卫星信号的加强覆盖,成功解决了由于建筑物和其它环境因素导致的信号干扰及屏蔽难题。利用管理单元将系统装置列入网络系统、北斗应用服务系统,以此达到隧道内北斗卫星信号的智能性运营以及维护,进而为应急抢险等任务提供便利精准的导航定位服务。北斗隧道增强系统在铁路数据通信网络基础上,实现了管理单元和相邻车站的基准差分站,同时将信号传输到无线闭塞中心RBC,从而显著提高了隧道内导航定位的准确性和可靠性。

1.4 北斗卫星导航技术信号覆盖方法在隧道内的应用实例分析

该隧道长为 5.9km, 其走向由西北至东南, 对其应用北斗卫星导航技术信号覆盖进行了效果测试。为了确保位置比较匹配的准确性, 我们采用了两个工具: 一个是高度精确的高速惯性导向接受器设备; 另一个则是一般的汽车内置 GPS 定位系统。高速惯性导向接受器的核心部分包含了一个惯性导向模组, 它能把北斗卫星定位与惯性测算相结合, 从而实现即使是在被遮蔽的环境中也能达到毫米级别的精确定位, 并且用作此次试验中的真实坐标。而一般的车辆内置 GPS 定位系统仅能接收到来自卫星导航信号及隧道内的混合基站发送的假卫星信号, 然后通过单一点的定位方式来完成定位。利用比对高精度惯导接受机装置和普通车载导航定位终端位

置差值的方式, 全面详细的研究和分析隧道内外普通车载导航定位终端实际的定位效果以及其具备的性能特点。

在这个隧道中的北斗卫星导航技术的实际运用检测里, 高精度的管线接收到设备与一般汽车上的导航定位设备都安装到了汽车的车顶位置上, 并且它们之间的特定间距也被确定下来, 而测量的汽车速度则被限制到大约为 50 公里每小时左右的范围之内。这个试验同时收集了汽车进入隧道前两分钟, 在其内行驶并离开后的两分钟的信息数据资料。通过将普通车载导航定位终端的实际定位结果与高精度惯导接收机的实际定位结果予以对比分析之后, 得知普通车载导航定位终端在定为东侧方位以及北侧方向时存在一定的误差情况, 详细测试数据结果见图 1、图 2 所示。

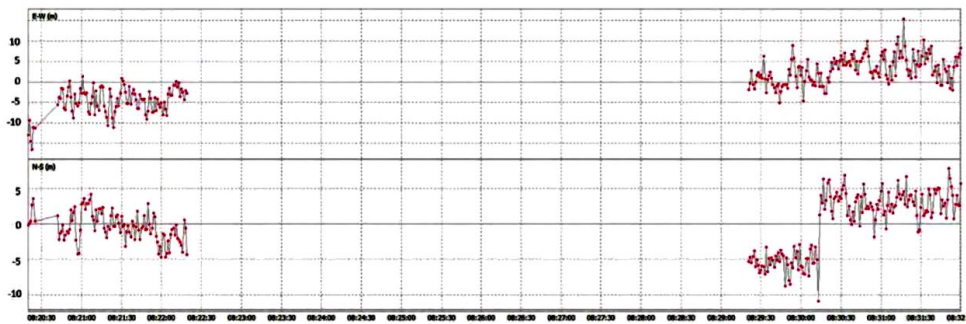


图1 隧道应用北斗卫星导航信号覆盖系统前的实测误差结果图

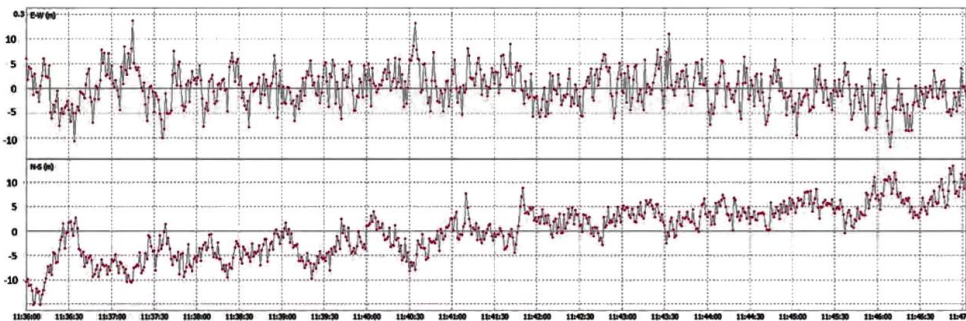


图2 隧道应用北斗卫星导航信号覆盖系统后的实测误差结果图

综上所述, 通过分析测试对比结果, 有效证明了卫星导航信号覆盖系统的优势和应用价值, 而将北斗信号引入隧道内之后, 北斗卫星导航定位技术的信号覆盖技术其应用效果更加显著, 有效实现了隧道内北斗信号的无缝衔接, 提升了隧道内定位的精准度以及可靠性。

2、北斗卫星导航技术定位延伸系统在隧道内定位中的应用分析

2.1 系统构成

以北斗卫星导航技术为基础的定位延伸系统, 可以有效达到隧道内北斗卫星导航信号的全覆盖, 以此确保隧道行驶

车辆不会在隧道内以及隧道口出现失锁的情况。同时, 该定位延伸系统还可以提供全过程不间断的定位服务, 并在基础上提升定位的精准性以及可靠性。这个基于北斗卫星导航技术的位置扩展系统是由我们独立开发并拥有安全的自我管控能力, 同时也能与全球定位系统 (GPS) 无缝融合。它由一系列设备组成, 包括接收到的天线、卫星导航接受器、GNSS 再生信号源和远端管理软件等等。

负责收集来自天空的天线需要对捕捉到的事实 GPS 数据实施优化操作, 而位于地面上的收发器则需执行从外部环境提取真实路径的信息并且调整它们的功能以产生当前最先

进的时间表、消息记录及星座历史等详细资料。然后,扩展的位置识别设备会通过内部的光导纤维网络把这些细节传递给洞穴中的所有重新产生的全球定位系统的信标装置;接下来,所有的再次发射出的无线频率都会依据其所在地的具体设置标准来实现与特定轨道上运行着的所有地球同步通信站之间的即时连接(包括发送),并将它们所获得的数据分派进入各自特定的泄露管道里边去——这样做的目的是为了每个这样的通道都能向整个空间释放出一种均衡分布且无死角的高精度坐标的覆盖范围。

所有 gnss 再生信号源在隧道中的时间系统都能实现实时同步,但由于它们引入的地点存在一定的不同,因此产生的 gnss 信号位置也会有相应的差异。当车辆行驶进入隧道时,接收到的 GNSS 信号是呈持续变化的状态,如此便能够实现位置信息的解算。另外,由于基于北斗卫星导航技术的定位延伸系统实现了对隧道内信号的全覆盖效果,所以当车辆进入或离开隧道时,接收信号的时间保持一致,不会出现失锁等问题。

2.2 系统方案

利用现有的漏缆作为基础,我们开发了一种基于北斗卫星导航定位扩展系统的隧道应用方案。该方案借助原本已安装的光纤及光纤交换机来传递如电文、星历等相关信息的细节内容。此外,我们在隧道的进出口处设置了双收发天线和两部卫星导航接收设备,并在隧道内部安置多个 GNSS 再生信号源。这些 GNSS 再生信号源产生的卫星导航信号被整合至当前的漏缆之中。而对于这两部卫星导航接收设备与众多 GNSS 再生信号源间的连通方式,则采用的是光纤技术,从而构成了专用的网络体系。两台卫星导航接收机可以分别完成解调以及传送出时间、电文、星历等相关信息内容。通过运用北斗卫星导航定位延伸系统,我们可以根据双台接受器的真实坐标来计算出隧道的长度、角度等相关参数,然后依据真实的隧道长度设定弯曲程度及需要的 GNSS 复用信号量,从而生成每个复用信号站的二次设置的数据如电文、星历、时间和其它必要的细节资料,并将其中一部的电文、星历、时间信息传递给所有 GNSS 复用信号源,另外一部接收器则具有备用功能。一旦该系统的接收设备发生异常或故障,若问题起因于接收器本身,那么可以通过启动备用接收器进入正常的运行状态;然而,假如是由于光缆受损导致的,我们需自断点两侧自行建立两个新网络,并且让这两部接收器各自使用不同的网络进行实时的电文、时间、星历等信息的传输。

2.3 北斗卫星导航技术定位延伸系统在隧道内定位中的应用实例分析

针对该隧道的出口直放站以及入口直放站,在高速综合检测列车的帮助下对其予以测试。通过使用合路器,我们成功地把 GPS 和北斗卫星导航信号从隧道口直接传递到隧道内侧的漏缆中,同时也在隧道入口处设置了接收这些卫星导航信号的直放站。此次实验的数据收集工作是由安装于高速综合检测列车的车顶上的 GPS 和北斗双模式天线来执行的,而向隧道出口处的直放站发送北斗及 GPS 信号的工作则交给了卫星导航发射设备。

通过对试验数据的研究与解析,我们发现把北斗卫星导航定位扩展技术运用于隧道环境是完全可行的,并且已经进行了多轮次的验证实验,这进一步证实该技术的有效性和实用性。同时,我们也确认所使用的卫星导航接收器满足了不同行驶速度下的隧道内部车载设备上下行路线的定位及时间同步需求。

结论:

综上所述,将北斗信号科学引入隧道内,使隧道内部以及外部的导航定位进行无缝衔接,这不仅是北斗卫星导航定位技术在特定条件和环境下的进一步深化应用,更是解决我国隧道因地形复杂等因素造成信号干扰和屏蔽的有效手段。同时,基于北斗卫星导航技术的定位延伸系统,经过相关的测试结果也证明其在隧道内定位中的应用价值,且上述的系统方法也极具合理性以及有效性,可以切实满足隧道内列车的实时连续定位应用要求。因此,北斗卫星导航技术在隧道内的科学应用,可以有效实现隧道内的高精度定位,进而为隧道内隧道内的交通安全提供重要保障,尽可能避免相关事故的发生。

[参考文献]

- [1]李强.基于北斗卫星技术川藏铁路列控系统展望与思考[J].铁路通信信号工程技术,2021,18(08):105-110+116.
- [2]赵亚蓓,时建新.北斗卫星导航系统的应用研究[J].电子测试,2022,36(24):133-135.

作者简介:

通讯作者:马永生(1968.04),男,回族,宁夏银川市金凤区人,大学本科,高级工程师,从事宁夏测绘基准管理工作,研究方向为测绘基准管理服务;

第一作者:马佑(1989.10),男,回族,宁夏银川市兴庆区人,硕士研究生,工程师,从事宁夏测绘基准管理工作,研究方向为大地测量卫星导航定位。