

GPS测量在微波传输工程中的应用

赵世安

(国防科工委工程设计研究总院 北京 100028)

1 微波通讯中GPS测量原理

随着全球定位系统的发展,其应用范围已经渗透到许多领域,GPS在控制测量中的应用就是一个重要方面。

微波通讯是建立在电波视距传播基础上的接力通讯。微波视距传播的特点与光波传播十分相似,在某些条件下,会出现直线性传播及反射、折射、绕射和散射等现象。微波工程设计的任务是充分考虑传播路径上的气象条件和地形情况以及对微波传播的影响,通过路由选择和天线高度选定,充分利用微波的直线性而有效地控制反射、折射、绕射、散射等现象。因此,用GPS技术测绘出通信路由的纵横断面,为微波工程设计提供依据,是至关重要的。

在全球定位系统中,卫星被视为位置已知的高空观测目标,为了确定用户接收机的位置,即被测点的位置,GPS卫星的瞬时位置应换算到统一的地球坐标系。目前,全球定位系统采用的是WGS₈₄,这是一个精确的全球坐标系,它属于协议地球坐标系(CTS)。如图1所示: S点的大地坐标为 B 、 L 、 H ,空间直角坐标为 X 、 Y 、 Z 。空间星座由24颗卫星组成,分布在6个轨道内,每个轨道面内有4颗卫星。这样,就保证在地球任何地点都可同时观测到4颗卫星。卫星的基本功能是接收和储存由地面监控站发来的导航信息和接收控制指令,通过星载的高精度铯钟和铷钟,提供高精度的时间标准,向用户发送定位信息。人们在观测地球卫星时,用GPS设备接受卫星发出的信号,通过测定用户接收机与卫星之间的距

离或距离差计算出待测点的大地坐标 B 、 L 、 H 及地心空间直角坐标 X 、 Y 、 Z 。

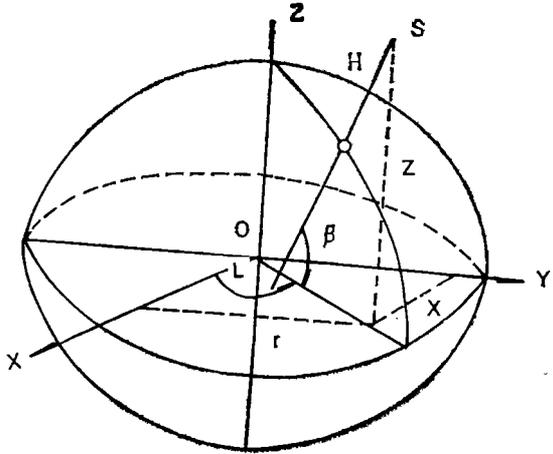


图 1

2 微波通信工程中需要测绘工作解决的问题

2.1 在微波通讯中,为了保证通讯质量,首先要知道收、发两站的距离(站距)和通讯方位角的大小。微波通讯所需的各种设备必须满足各种技术指标才能发挥其功能。由此,要求通讯距离不能过长或过短,在平原地区微波干线一般站距不能大于70km或小于25km,否则,会影响通讯质量或增加工程投资。同样,由于抛物面天线具有定向性,便决定了微波通信的方向不能是任意的。在发讯站确定基准方向以后,发讯站到收讯站的通讯角度也就决定了,这个角度叫通讯方位角。习惯上是以真北方向为基准来定义通讯方位角的,通过数学方法可求得方位角 AQ , 即 $AQ = \text{tg}^{-1} \frac{\Delta Y}{\Delta X} + Q_1$ 。两站距离

$d_0 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ ，上两式中 ΔX 、 ΔY 是发讯站和收讯站之间纵横坐标差，用GPS可直接测出两站的空间直角坐标 X 、 Y 、 Z 。

2.2 在微波接力通讯工程设计中还要分析收、发讯站间的工作断面情况，尤其是反射点附近的断面情况，这对于正确选定反射点位置及确定天线高度，保证稳定的传输质量是非常重要的。

地面反射影响表现为光滑地面或水面会把天线发出的一部分信号能量反射到接收天线，与主波（直射波）信号产生干涉。反射波与主波进行矢量相加（如图2所示），其结果使合成波加大或减小，使电路处于不稳定状态。

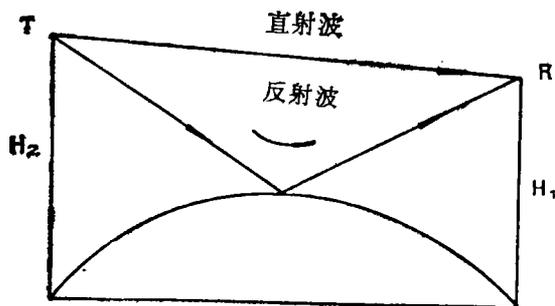


图 2

如果两站间断面比较平滑，反射点位置的计算可按光滑平面处理。如果地形复杂，地势相差明显，则往往将地势高点作为反射点。这时就要求测量出反射点的平面位置及高程，以便为最佳设计方案提供基础理论资料。

2.3 在微波通讯中，设计最佳天线高度可以保证充分利用微波直线特性，有效控制反射、折射、绕射、散射等现象。最佳天线高度的设计必须通过测量手段，检查路径断面情况，尤其要精确测出反射区附近的地物地貌特征。设计天线高度时，首先要考虑一种理想的地面模型，即估算在一定天线高度情况下，微波射线不产生绕射时最远的直视距离。由于地球可近似看作是一个球体，凸起

的地表面会挡住视线，因此视线最远的距离即为直视距离 d_0 （如图3所示）。当两端天线高度分别为 h_1 和 h_2 ，两天线的连线 PQ 和地面相切时，则地面上的直视距离 $d_0 = d_1 + d_2 = \sqrt{2a} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$ （其中 a 为地球半径 = 6370km，可以认为直线长 $PQ =$ 弧长 d_0 ）。当发射站天线高度确定后，用GPS测出直视距离 d_0 就可以确定出收信站的高度。需要指出的是，上述公式是理想地面模型，如果在切点附近有小丘，高层建筑或成片树林，则 d_0 值将大大缩小，这时还需测出小丘及高层建筑等的高度。

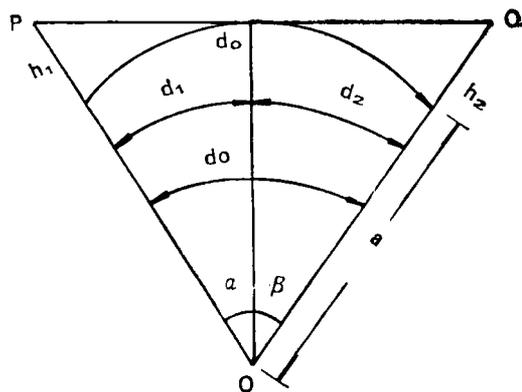


图 3

2.4 在微波通信设计中，还需要计算出反射点处的地球凸起高度 H_b 。

平滑地表面上任意两点 A 、 B 间的地球凸起高度如图4所示。弦 AB 对应的弧 AmB 就是 AB 两点间的地球凸起高度。地球凸起高度上的任一点到弦 AB 的垂直距离为 CD ，其关系如下： $H_b = CD = \frac{d_1 d_2}{2a}$ 。如果考虑

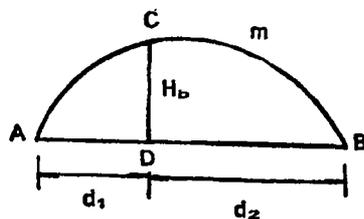


图 4

大气对电波的折射因素，上式又可写成：

$H_b = CD = \frac{d_1 d_2}{2ak}$ 。式中： H_b 为A、B两点之间C处的地球凸起高度(m)， d_1 为从C点至弦AB的垂足D到A端的距离(km)， d_2 为D至B端的距离(km)， k 为等效地球半径系数， a 为地球半径=6370(km)。只要测出 d_1 ， d_2 长度值，即可求出地球凸起高度 H_b 值。 k 值是大气垂直折光系数，随地区、气候、季节不同而变化，该值也可通过测量手段测出。

2.5 用GPS观测通讯工程中的路径余隙 H_0 值。

路径余隙是衡量电路通视情况的一个重要参量。一个中继段除了一个地球凸起之外，地面上还有高山、丘陵、树木、高层建筑等各种障碍物。为了保证两端通视，不但要考虑地球的凸起，而且，还要考虑各种障碍物对微波传播的影响。余隙是指电波主射束的轴线与障碍物之间的距离，通视时，余隙为正，受阻时，余隙为负(见图5)。余隙 H_0 的公式为：

$$H_0 = \frac{(H_1 + h_1)d_2 + (H_2 + h_2)d_1}{d_0} - H_b - H_s$$

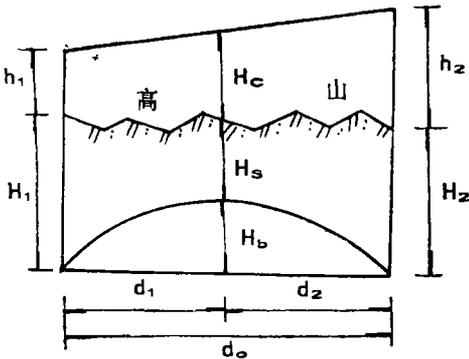


图 5

式中： h_1 、 h_2 为两端天线高度(m)， H_1 、 H_2 为两端地势高度(m)， d_0 为中继段距离(km)， d_1 为障碍物一端的距离(km)， d_2 为障碍物另一端的距离(km)， H_b 为障碍物处的地球凸起高度(m)， H_s 为障碍物的高度(m)。用GPS测出 H_1 、 H_2 、 h_1 、 h_2 、 d_1 、 d_2 等值后，便可计算出 H_0 值。通过调整 h_1 、 h_2 ，使 H_0 符合微波电路设计的余隙。

3. GDS测量在微波通讯中的应用特点

综上所述，在微波通讯中，路由测量是至关重要的。如果采用经典的大地测量控制网、网的结构形式可分为三角网、三边网、导线网等。用常规光学仪器和测距仪观测角度和边长，相邻控制点间必须互相通视，以便通过观测角度(或方向)、边长和拉普拉斯方位角，逐级地传递起始点的坐标及高程。

利用GPS卫星测量，则与经典的大地测量方法不同，它能直接测定地面上任意观测点在全球统一坐标系(WGS84)中的坐标与大地高程。观测站之间无需通视，因而也就不需要建造觇标，这样可节省测量的经费和时间，点位选择灵活，可直接观测待测点，不需联测。另外，我院测绘队测量成果表明这种测量方法定位精度高，在小于50km的路径上，相对定位精度可达到 10^{-5} ，据有关单位实验表明还可达到 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ (在100km至500km的基线上)。同时，采用GPS观测还受时间限制，可全天候作业，观测时间短，速度快。观测工作可在任何地点、任何时间连续进行，不受条件限制。从实践中我们体会到采用GPS观测路由有许多优点，该方法在微波传输工程中的应用有着广阔的前景。