

RTK基准站架设 原理解释

一、RTK 定位原理概述

RTK 测量利用的是载波相位差分 GPS 技术来实时定位的，正是凭借差分改正和载波相位测距两种测量方法才使得动态定位的精度可以达到厘米级。差分 GPS 技术是利用了基准站与流动站之间空间的相关性来进行差分改正的，从而将定位的误差削弱。标准的差分 GPS 原理是将基准站架设在高精度的已知控制点上，通过基准站单点定位确定测站的位置坐标，然后通过实时定位测得的坐标与控制点坐标的比对，从而确定基准站上的定位误差。但在实际生产中，为了提高测量效率，基准站通常也可以架设在未知点上。下文就 RTK 基准站架设的两种情况进行解释，说明其架设原理。

GPS 系统定位采用的是 WGS-84 坐标系，如下图所示。它是一个地心坐标系，所有的 GPS 接收机定位测得的坐标都是基于该坐标系的坐标。换言之，GPS 接收机只能识别 WGS-84 坐标。但是在实际应用过程中，用户基于定位精度、坐标保密、控制变形等原因往往会建立其他坐标系。这样就涉及到了坐标系之间的相互转换，所以这就是为何几乎所有的 GPS 解算软件中都有坐标系转换程序的原因。

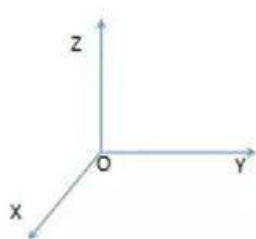


图 1:WGS-84 坐标系

现就国内坐标系的应用为基础，介绍一下 RTK 测量时坐标系统的转换方法。至今为止，我国使用的平面坐标系主要有北京 54 坐标系、西安 80 坐标系和国家 2000 坐标系。这三者之间的本质区别在于采用了不同的椭球基准。在实际生产中还存在地方独立坐标

系统，它是在上述几种坐标系的基础上建立的。高程坐标系统主要有 1956 黄海高程基准和 1985 国家高程基准两个系统组成。

坐标系统的转换方法主要有七参数、四参数、三参数和一参数等。根据两套

坐标系统之间的几个关系可以采用相应的转换方法。RTK 测量过程中坐标系统的转换分为平面转换和高程转换两个方面。平面转换主要是采用控制点反算转换参数的方法，根据测区范围和精度的要求采用不同的转换方法。对于涉及到两个不同椭球基准的坐标系统之间的相互转换，一般都采用七参数进行转换，如果测区面积较小，可近似当做平面时（约 10 公里范围）可采用四参数进行转换。GPS 高程系统的转换主要是采用高程拟合和似大地水准面精化模型进行高程内插。高程拟合主要有平面拟合和曲面拟合两种方法，平面拟合是在平面内选择至少 3 个高程控制点，通过 GPS 测量得到这些控制点的两套坐标，通过两套坐标系求差可得到每个控制点上的高程异常值。然后根据不同的方法进行内插高程异常值，通过 GPS 测量，根据 GPS 高程以及高程异常值可求得测点的正常高。曲面拟合同平面拟合原理相同，只是在曲面内进行内插高程异常值，这种方法更符合实际情况，所以精度也相对较高。

差分 GPS 工作的基本原理是依据地面参考站与流动站之间的空间相关性而建立的。GPS 卫星分布在距离地面约两万公里的太空，而地面参考站距流动站之间的距离为几十公里到几百公里之间，这个距离相对于星站距离可以忽略不计。因此，我们认为参考站与流动站周围的空间环境对两个接收机导航定位的影响是等价的。

二、基准站架设在已知点上

差分 GPS 系统主要由四部分组成，即 GPS 卫星、参考站、流动站和通讯设备。基准站架设在已知点上的工作流程一般是：先在具有高精度和可靠性的已知点上架设 GPS 接收机作为参考站，参考站周围应该视野开阔，观测条件好，在待测点上架设流动站，参考站和流动站同时观测卫星。参考站的接收机在捕捉到卫星信号之后便开始进行自身位置解算，然后将解算结果与已知坐标进行对比，求出误差值，然后根据坐标误差反求出每颗卫星的定位误差。由于参考站 GPS 接收机无法知道流动站接收机所接收到的卫星数量，因此参考站接收机会锁定视野中的所有卫星，并计算出每颗卫星的定位误差，然后按标准格式编制成电码，由通讯链路发送给流动站，流动站接受到电码后，根据自身测站所观测到的卫星进行误差改正，以获得精确的定位结果。

三、基准站假设在未知点上

基准站架设在已知点上时其原理比较容易理解，但是架设在未知点上时理解起来就稍微有点难度。在坐标系统已经转换完成之后，测区的坐标系统与 WGS-84 坐标系统之间的转换关系就已经确定了，只要接收机观测到一个 WGS-84 坐标就会立即转换得到一个地方坐标系坐标值。此时将基站架设在任意位置时，我们只需要用流动站到高精度的控制点上进行一次单点校正即可，这与基准站架设在未知点上有点区别。那么为什么要在已知点上做单点校正呢？能不能不做呢？

当基准站架设在未知点上时，我们打开 GPS 接收机，连接好基准站和流动站之后即使是不做点校正，我们会发现流动照样可以测出测区的坐标。甚至可以利用点放样的方法去寻找控制点。但是当我们利用这种方法去放控制点时，会发现放出来的位置与控制点实际的位置存在数米的差距。这又是为什么呢？

出现这种情况的原因正是因为我们没有做点校正。当坐标系之间的转换参数确定了之后，GPS 接收机便可以将接收到的 WGS-84 坐标转换到地方坐标系中去，这就是为何我们没有做点校正就可以测出测区坐标的原因。之所以测出来的坐标与已知坐标之间存在差距那是因为流动站定位过程中没有接收到有效的差分改正信息，所以定位结果不准。当基准站架设在未知点上时，基准站首先会进行单点定位确定一个基准站的坐标值，以此作为基准站的已知坐标，从而代替了高精度的已知坐标。此时，由于基准站所确定的“高精度已知坐标”与其实时定位得到的坐标都是通过单点定位得到的，因此，之间存在很小的误差，即：差分改正值很小。从而导致流动站定位精度只能达到单点定位的精度。

基准站的差分改正信息本质上是 GPS 单点定位结果与高精度的已知控制点之间的差值，那么通过利用流动站在已知控制点上进行单点校正也可以达到上述目的。此时，可以求出流动站的差分改正值，也称校正参数。然后利用校正参数对基准站的位置进行改正从而得到真正的高精度已知坐标。此时，定位的原理就同标准 RTK 相同了。

因此，单点校正的实质是求解基准站已知坐标。但这种方法存在一定的弊端。由于基准站的坐标值是用于整个测区差分改正信息求解的基础数据，它的精度决定了测区所有站点的测量精度，会对整个测区造成系统性的偏差。然而，这种方法是利用流动站的差分改正值来推求基准站的已知坐标的，因此基准站坐标的精度取决于校正点距基准站之间的空间相关性。如果，校正点距基准站较远，校正点距基准站之间的空间相关性会降低，从而基准站坐标的精度也会随之降低。反之，亦然。

因此，建议基站架设在已知控制点的附近，周围 GPS 观测条件良好，以期取得良好的定位结果。