无定向导线在山区道路测量中的应用

邵祥鱼
重庆建工桥梁工程有限责任公司

摘要：在山区道路施工中，控制点较少且不能通视，经常因为气候变化或施工造成控制点破坏而形成孤点无法使用，文章使用无定向导线解决了这一问题。详细分析了无定向导线的原理及计算步骤，并在实际施工中检验了该方法的实用性。

关键词：测量；无定向导线；山区道路
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.01.301

一、引言

贵州金三角国际旅游度假区两岔河至大院子道路工程，全长4.7km，路幅宽度8.5m，行车道宽度2×3.75m，路肩宽度2×0.5m，设计荷载公路II级，路面结构为沥青砼柔性路面。本工程地处合江县福宝镇至习水县长期镇交界处，项目区域属于亚热带季风湿润气候区。该区域海拔800多米，高山峡谷，山势陡峭，植被茂密；全年气候温和，雨量充沛，地下水丰富。

控制测量工作遵循“从整体到局部，先控制后碎步”的原则。施工控制测量由高等控制点加密而来。在本施工路段中，高等级控制点布设相对遥远且互不通视，一般导线测量方式如附合导线、闭合导线均无必要的起算边，无法实施。在采用GPS测量方式进行布点时，发现大部分地方由于山崖陡峭树林茂密造成信号干扰，大多数地方测量结果为差分解（米级）、浮点解（亚米级）或无效解（无卫星信号），误差太大，同一点位不同测量结果相对差能达到数米。因此实地布设点位时在开阔地带或者山顶布设GPS控制点，再用这些点加密进行无定向导线测量。

二、无定向导线原理

无定向导线是指没有方向检核的导线，从一条已知边出发而闭合到一个已知点上；或者在导线的一端只有一个已知点，没有定向点，另一端也可能是一个点。这种导线就不能用常规的计算方法来推算坐标，因为起算时没有定向点，即无起算方位角和闭合方位角，所以称为无定向导线。

由于没有方向检核，其精度比附合导线要低。但能闭合到一个已知点上，有一个坐标检核条件，因而比支导线精度要高。

无定向导线的外业操作方式与附合导线相同，内业处理时，假定一个起算方位角，以此推算出各个测站的假定坐标，及各边的假定坐标方位角，由两端起始点的坐标反算出假定坐标系与实际坐标系的夹角，从而对各边的假定坐标方位角进行修正，修正后即可求出各测站的实测坐标。

三、应用

在山区道路测量中无定向导线测量的实现步骤主要有：点位布设、导线测量和内业计算。并将该方法应用在本工程测量工作中，并取得较好的实际效果。

（一）点位布设

控制点尽可能布设在红线外围，或者稳固的山石上，尽量要求视野覆盖该段施工区。桩采用50cm长，直径不小于5cm干木桩钉入土中，中间钉入钢钉，周围用碎石固定并用水泥浇筑一个半径不小于0.3米的，厚度不低于5cm稳定平台，写上点号。

由于山区地形影响，多数边较短且小于规范最短边要求，两个GPS控制点之间尽可能的少布点且各边边长大致相等，通过砍伐树木达到通视，以此减少测量误差。

（二）导线测量

按照附和导线测量的方法，以及二级道路规范要求进行测量。得到边长S与角度α，同时进行三角高程测量记录高差，以便于高程的平差。

（三）计算

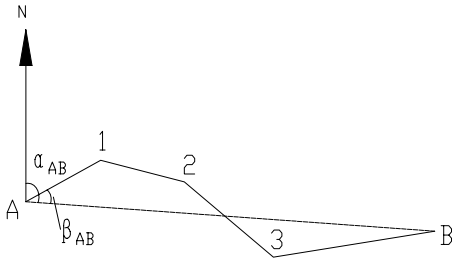

图1 无定向导线示意图

本工程由于不同地段受距离、视线影响不同，加密点数量也不同，少的有一个，多的能达到六个。此处仅以三个加密点为代表分析，如图1所示：

已知A、B两点为控制点且不通视，通过1#、2#、3#加密点连通。

现假定，A点起始坐标为x_A=0.000，y_A=0.000，A1方位角β_{A1}为0° 0′ 0″。

通过坐标计算公式可以计算出B点坐标：

$$x_1+y_1i=x_A+y_Ai+S_{A1}\times(\cos\beta_{A1}+\sin\beta_{A1}i);$$

$$x_2+y_2i=x_1+y_1i+S_{12}\times(\cos\beta_{12}+\sin\beta_{12}i);$$

$$x_3+y_3i=x_2+y_2i+S_{23}\times(\cos\beta_{23}+\sin\beta_{23}i);$$

$$x_B+y_Bi=x_3+y_3i+S_{3B}\times(\cos\beta_{3B}+\sin\beta_{3B}i);$$

通过坐标反算，得出AB点的假定坐标方位角：

$$\beta_{AB}=\arctan\left(\frac{y_B-y_A}{x_B-x_A}\right);$$

由于A、B点位已知坐标点，通过坐标反算求得AB点的实际方位角

$$\alpha_{AB}=\arctan\left(\frac{Y_B-Y_A}{Y_B-Y_A}\right);$$

则α_{AB}与β_{AB}之差为实际坐标系与假定坐标系的旋转角θ。且因实际坐标系与假定坐标系为同原点A点的两个相似旋转坐标系，旋转角有$\theta=\alpha_{AB}-\beta_{AB}$。

则有A1方位角$\alpha_{A1}=\beta_{A1}+\theta$；由于一开始假设A1的假定方位角为0，则其实际方位角：

$$\alpha_{A1}=\beta_{A1}+\theta=\theta;$$

$$\alpha_{12}=\beta_{12}+\theta;$$

$$\alpha_{23}=\beta_{23}+\theta;$$

$$\alpha_{3B}=\beta_{3B}+\theta。$$

知道各个点的实际方位角之后，按照坐标计算公式，依次可以计算出1#，2#，3#，B点的坐标。

$$X_1+Y_1i=X_A+Y_Ai+S_{A1}\times(\cos\alpha_{A1}+\sin\alpha_{A1}i);$$

$$X_2+Y_2i=X_1+Y_1i+S_{12}\times(\cos\alpha_{12}+\sin\alpha_{12}i);$$

$$X_3+Y_3i=X_2+Y_2i+S_{23}\times(\cos\alpha_{23}+\sin\alpha_{23}i);$$

$$X_B+Y_Bi=X_3+Y_3i+S_{3B}\times(\cos\alpha_{3B}+\sin\alpha_{3B}i)。$$

（下转第392页）

角、全覆盖”排查要求。而且当前执法工作组一般采用1名干部配1名文员的双人执法组合，执法威慑力不足，遇到复杂的执法环境（有些干部在处置举报投诉案件中被持刀威吓），根本无力应对突发情况，难以保证执法人员的人身安全。

（五）“双随机一公开”系统有待完善的客观事实亟须改变

双随机一公开系统普及运用，的确可以避免对各单位进行过多的执法干扰，但是无法否认会带来一些新的问题。该系统的现有单位大部分来源于市场监督管理局根据营业执照办理情况提供的名单，含有很多原本不需要消防部门进行监管的小场所、个体户、小公司等场所，一旦随机抽中，消防部门又必须对该类单位进行检查，原本应该重点监控的消防安全重点单位很可能没有抽中而导致失控漏管。

三、工作中可采取的改进措施

（一）优化上层设计

近年来许多重要的专项行动（如电动自行车消防安全综合治理、大型商业综合体消防安全专项整治、“防风险保平安迎大庆”消防安全执法检查专项行动等）均以安全生产委员会名义部署发文。安委会和消安委均属于安全工作的协调组织，既然国务院安全生产工作考核与消防工作考核已经合并进行，那就应该尝试将安委会和消安委在组织上进行合并，一些关于工作部署、研讨会商、形势通报的会议应该合并召开，避免两个组织开展工作彼此交叉又各有侧重，造成行业部门两头应付、区别对待。抑或者将消安委规格上提一级，由市主要领导挂帅、各行业部门一把手牵头，真正使消安委获得与安委会同等地位。

（二）转变监管方式

按照政府统一领导、部门依法监管、单位全面负责、公民积极参与的原则划分消防部门、行业主管部门、辖区政府、社会单位各自的“责任田”。改变“消防工作就是消防部门的工作”这一固有认识，将消防部门由对社会单位消防安全工作的直接管理者，转变成辖区政府的“KOL”（关键决策者）、转变成行业部门的指导方、转变成对社会单位的服务员，具体就是除消防安全重点单位外，消防部门不再对社会面上具体的消防安全隐患进行监督管理，转而对辖区政府、各行业主管部门、各社会单位履行消防安全责任情况进行监督指导服务，彻底改变消防部门大包大揽、其他部门一边看戏的局面。

（三）创新执法模式

打破当前消防部门对社会单位消防安全隐患承担无限连带责任的困局，改变消防监督执法从发现隐患到完成隐患整改“一竿子插到底”的做法，增加约谈、执法建议书、指导告知书等警告警示类处罚，全面开展以“双随机、一公开”监管为基本手段、以重点监管为补充、以信用监管为基础的新型监管机制，扩充执法人员数量，参照综合行政执法大队的执法组合，以8至10人为一组，细化任务分工，提高执法效率和威慑力。改变“运动式”的执法模式，切实将执法的主动权交给基层，切实让基层逐区域、逐行业，逐个逐年消除消防安全隐患，切实让监督执法人员沉下心来、腾出手来抓执法。

参考文献

[1]隋向南.浅议新形势下加强消防监督执法规范化建设的几点措施[J].中国西部科技，2011（10）.

[2]任丽娟等.对加强新形势下消防监督执法工作的思考[J].城市建设理论研究，2014（14）.

（上接第367页）

由于各点坐标是通过观测值计算得出，包含有测角以及测距的误差在内，只是一个近似坐标值。通过平差后方可以使用。

将B点近似坐标与实际已知坐标相对比，可计算出全导线的闭合差：

$$k=\frac{\Delta}{\Sigma S}=\frac{\sqrt{\Delta X^2+\Delta Y^2}}{\Sigma S}$$

其中，$\Delta X_B=X_B-x_B$，$\Delta Y_B=Y_B-y_B$；

ΣS等于全导线长度，单位为米。

如闭合差满足规范要求则进行平差，否则重新观测。一般施工控制导线采取加权平差法，即把闭合差按边长进行比例分配，用以改正各点的坐标增量，进一步减小测量误差：

如1#点有：$vX_1=\frac{\Delta X\times S_{A1}}{\Sigma S}$；$vY_1=\frac{\Delta Y\times S_{A1}}{\Sigma S}$；

则有：$X_1实际=X_1+vX_1$；$Y_1实际=Y_1+vY_1$。

以此类推，对各点进行改正即可。

高程按常规对各点进行平差即可。

（四）无定向导线测量在本工程中的应用

在本工程K1+800～K2+050段，A处为山涧河道，枯水期河道干涸路出石床，宽阔无树木遮挡，无大面积水域，利用GPS在该处布点，达到精度要求；B点为一突出山崖，通过砍伐灌木清空场地来人为达到GPS测量要求环境。加密点1，2，3沿原道路左侧山坡红线外布设。其中点A坐标为（3169871.965，35607866.088），点B坐标为（3170181.606，35607833.591）。导线全长约为320米，最长边约124米，最短边约为43米。计算出B点作为（3170181.623，35607833.576）。全导向闭合差为0.023米。满足规范要求（二级）。

在本工程K4+000～K4+330段，沿途加密点有2个，一次达标。加密点越少的情况，其精度相对越高。

在本工程K2+700～K3+330段，沿途加密点有6个，经过三次重测计算后其闭合差方满足要求。

在本工程K2+100～K2+500处，K2+100处有一个控制点，K2+400处有两个控制点，以此为起算边，由大桩号往小桩号走，加密4个点，最终以K2+100处孤点为检验点进行平差。

部分加密点只有一个的情况，直接后方交会即可。

四、总结

导线测量是测量工作的基础，一般情况下我们可以通过符合导线测量或者GPS测量进行点位的布设与加密，但是在山区特别是南方林木茂密的地方，不便于展开普通控制测量同时环境对GPS测量影响较大时，可以使用无定向测量。

无定向测量在施工控制测量中有很灵活的应用空间，除了山区地形外，一般工程中由于原控制点破坏成为孤点，只有坐标而没有通视方位，也可以使用无定向测量进行补点、加密，且能保证坐标系统的整体误差不会很大。因而它是一种非常实用的方法。

但是，需要注意的是，无定向导线由于相对多余观测数太少，缺少导线的横向控制，对角度观测缺少检核，并由此引起过大的横向误差。因此，可以采取观测导线左、右角的方法，增加测回数，严格观测程序来提高导线角度精度，进而减少误差。

参考文献

[1]孔坚.无定向导线在山区控制测量中的应用[j].城市建设理论研究，2012（34）.

[2]程效军,鲍峰.无定向导线的布设及精度分析[j].同济大学学报，2002（7）.