

# 地质工程测量中 RTK 的应用技术

李 胜

(贵州省有色地质勘查局二总队 贵州 六盘水 553000)

**摘 要:**结合生产实例和近年来的研究成果,对目前采用的 RTK 测量的要过程进行了剖析,总结可提高 RTK 测量在地质工程应用的几点结论和一些质量控制建议。

**关键词:**RTK 地质工程 测量方法 质量控制

## 1 概述

由于 RTK 实时动态测量具有实时、高效的特点,在许多领域都得到了广泛的应用,但在测量成果的精度和可靠性方面,从其诞生之日起就充满了争议。RTK 技术的出现,几乎完全改变了传统地控制测量方法。然而 RTK 的测量技术还存在一定的局限性,比如遮挡、强磁场干扰、太阳黑子及超远距离等因素都对测量质量有一定的影响,甚至可导致无法测量。RTK 的关键技术是初始整周模糊度的快速解算,数据链传输的高可靠性和强抗干扰性。RTK 系统原理虽然很复杂,但从应用角度来讲,还是相当简单和方便的,只要有足够数量的卫星且具有较好的几何分布,并且基准站与移动站间的数据通讯良好,就可以进行测量。目前 RTK 技术已经渗透到国民经济和社会生活的各个方面,并且正在发挥着越来越重要的作用。本文结合多个生产实例,就 RTK 在实际应用方面的技术问题进行了阐述,希望对正在进行这项工作一线技术人员有所帮助。

## 2 RTK 技术在地质勘查区一级图根控制点测量中应用

地质勘查区布设了四等控制网,在此基础上用 GPS 快速静态方法布设了 13 个 GPS 控制点,经观测合格并采用南方 GPS 数据处理软件平差,然后采用 RTK 双次测量技术进行了复测。

2.1 作业方法:在测区中部选择四等控制点架设 RTK 基准站及电台等,并连续跟踪所有可见卫星。RTK 移动站依次到各点测量。重要的是第二次测量时需重置整周模糊度,并把双次测量数据的平均值作为成果。

2.2 作业精度:平面 10mm+2ppm; 高程 20mm+2ppm。

2.3 作业要求:在观测时段内应确保有 5 颗以上卫星可供同步观测,移动点与基准点距离应不超过 10km。

2.4 RTK 方法的优点是作业速度快、精度高。

从表 1 中的数据可以看出 RTK 双次测量与 GPS 快速静态测量成果的坐标分量最大差异为 1.8cm,这其中还包括了对中等其它测量误差的影响。因此在本例中 RTK 测量与 GPS 快速静态测量的成果无显著差异,精度相当。

## 3 RTK 技术在地质工程点测量中应用

3.1 作业方法:在测区中部选择远离各种强电磁干扰源、周围应无明显的大面积的信号反射物、视野开阔的相对制高点等观测条件良好的控制点架设基准站,并连续跟踪所有可见卫星。RTK 移动站依次到矿区钻孔、探井、探槽、勘探线、地质点等地质工程点测量。

3.2 作业要求:在观测时段内应确保有 5 颗以上卫星可供同步观测,移动点与基准点距离应不超过 10km。表 2 中的  $M_p$ 、 $M_h$  和  $M_{p+h}$  是指点位在平面、高程和空间位置的均方根(RMS)。以上精度统计中可以看出 RTK 测量完全满足一般地质工程点的测量精度要求。

## 4 RTK 坐标转换

由于我国大多采用 1980 国家坐标系、1954 年北京坐标系或地方独立坐标系等坐标系统。RTK 测量应进行坐标转换。当要求高程精度较高时,转换参数必须考虑高程要素。如果无法满足高程精度要求,可对 RTK 数据后处理,按高程拟合、大地水准面精化等方法求解高程值。

表 2 RTK 测量的成果精度统计

| 项目                | $M_p$ (cm) |         | $M_h$ (cm) |         | $M_{p+h}$ (cm) |         |
|-------------------|------------|---------|------------|---------|----------------|---------|
| 中误差/区间            | 点数         | 百分比     | 点数         | 百分比     | 点数             | 百分比     |
| $0 \leq M \leq 1$ | 275        | 83.3%   | 21         | 6.4%    | 2              | 0.6%    |
| $1 < M \leq 2$    | 53         | 16.1%   | 270        | 81.8%   | 266            | 80.6%   |
| $2 < M \leq 3$    | 2          | 0.6%    | 35         | 10.6%   | 54             | 16.4%   |
| $3 < M \leq 4$    |            |         | 2          | 0.6%    | 4              | 1.2%    |
| $4 < M \leq 5$    |            |         | 2          | 0.6%    | 3              | 0.9%    |
| $5 < M \leq 6$    |            |         |            |         | 1              | 0.3%    |
| 总计                | 330        | 100.00% | 330        | 100.00% | 330            | 100.00% |

对于一定区域内的地质工程测量,我们往往利用以往的控制点成果求取“区域性”的转换参数,以便适用于需要的坐标系统。其区域性,理论上削弱了变形影响,提高了转换的可靠性。基准站的 WGS84 坐标的获得方法有 2 种:

(1)使用已有的静态数据,直接将控制点的 WGS84 坐标和地方坐标输入手簿直接求取。

(2)使用上点采集的方式获取,此种方法是在无 WGS84 成果的情况下使用。具体做法如下:基准站的 WGS84 坐标直接从手簿中读取,然后将移动站安置于控制点上采集 WGS84 坐标,每次测量前总要先对测区进行点校正(WGS84 地心坐标与所需坐标系间的转换)。即测前应在测区边沿选择 3 个分布均匀的控制点进行点校正,求解坐标转换参数。测量时应以其已知控制点作为检核,当检核精度满足拟测量等级时,方可开始正常作业。将校正参数记录在笔记本上,每次测量前应认真核对本参数,确保本测区参数的唯一性。

## 5 质量控制

在 RTK 外业测量中主要的误差是多路径误差,多路径误差对点位坐标的影响,在一般环境下可达 5~9cm,在高反射环境下可达 15cm;在高反射环境

(城镇、水体旁、沙滩、飞机、舰船等)下,码信号受多径误差的影响,可导致接收机的相位失锁。实践证明,观测值中的很多周跳都是由于多路径误差引起的。接收机天线附近的水平面、垂直面和斜面都会使 GPS 信号产生镜反射。天线附近的地形地物,例如道路、树木、建筑物、池塘、水沟、沙滩、山谷、山坡等都能构成镜反射。因此,选择 GPS 点位时应特别注意避开这些地形地物,采取提高天线高度和其他防止多路径误差的措施。

由于 RTK 测量有时会出现点位坐标漂移误差,当按设计要求进行 RTK 作业时,在距离和测回数都按设计掌握时,仍有部分测点超限,只有通过减小测距和增加测回数加以解决。

5.1 成果检验应加强对 RTK 成果的检验。对 RTK 成果的外业检查可以采用下列方法进行:与已知点成果的比对检验,对同一点的测量检验、已知基线长度测量检验、不同基准站对同一测点的检验。对测绘的地形图采用常规作业方法检查。RTK 作业后,应认真总结作业方法,统计测量精度,做好测量报告的编写工作,以便逐步完善 RTK 作业方法。

## 5.2 如何判断观测质量

5.2.1 直接查看观测手簿上的收敛值:目前大多数 RTK 仪器都已采用 OTF 方法计算整周模糊度,大大缩短了解算时间。因此,在无干扰的测区,仪器锁定卫星在 5 颗以上时,5s 内 RTK 测量即获得固定解,手簿显示的收敛值一般在 2cm 以内。此时的收敛值真实地反映了天线中心测量的内符合精度。若 RTK 测量 60s 以上才得到固定解,此时的收敛值可能存在伪值,需要进一步确认。

5.2.2 已知点比较法:作为 RTK 测量起算数据的高级控制网,一般用 GPS 静态获得,具有很高的可靠性。为检核坐标转换参数、已知数据输入及 RTK 测量各种过程的正确性,可以通过将已知点纳入到测量链中的方式进行检查,这是一种十分有效的方法,可在任何情况下时使用。

5.2.3 重复测量判定观测质量:少数测区存在一些干扰源,造成 RTK 测量质量不正常,导致观测成果出现较大误差甚至有伪值现象。这种情况观测时不易发现,可从手簿上反映出收敛很慢,求得固定解一般需要几十秒甚至几十分钟才能完成,其收敛值一般在 2~8cm 之间。这时手簿上显示的收敛值可能不完全真实,有时测量误差可能达到几十厘米甚至几米。当出现此种情况时,要慎重对待采集的数据,最好重置整周模糊度重复采集数据以检核观测质量,或用另一台移动站重复采集数据来判定观测质量。每次初始化成功后,或测量 2~4h 左右应重合 1~2 个已测过的 RTK 点,以此来检查基站设置的正确性和测量链过长后可能产生的点位坐标漂移误差,这种方法可以在首站完成后的设站时使用。

5.2.4 成果整理时应注意以下 2 点:①JOB 文件必须建立在 DISK 目录下,以确保数据的安全;②测量结束后应对两组成果进行比较,较差

表 1 GPS 快速静态与 RTK 测量的成果比较

| 点名   | 快速静态      |           | RTK 测量         |                | 坐标较差 (cm)  |            |
|------|-----------|-----------|----------------|----------------|------------|------------|
|      | X         | Y         | X <sub>1</sub> | Y <sub>1</sub> | $\Delta X$ | $\Delta Y$ |
| TS01 | 16925.077 | 25878.812 | 16925.082      | 25878.801      | 0.005      | -0.011     |
| TS02 | 16232.012 | 25979.944 | 16232.029      | 25979.948      | 0.017      | 0.004      |
| TS03 | 16336.522 | 27551.560 | 16336.504      | 27551.555      | -0.018     | -0.005     |
| TS04 | 17004.317 | 27797.070 | 17004.320      | 27797.060      | 0.003      | -0.010     |
| TS05 | 15954.048 | 27949.657 | 15954.054      | 27949.671      | 0.006      | 0.014      |
| TS06 | 16601.580 | 29068.969 | 16601.569      | 29068.960      | -0.011     | -0.009     |
| TS07 | 15246.178 | 29003.479 | 15246.165      | 29003.489      | -0.013     | 0.010      |
| TS08 | 14909.077 | 28957.917 | 14909.093      | 28957.925      | 0.016      | 0.008      |
| TS09 | 16444.654 | 30014.804 | 16444.645      | 30014.819      | -0.009     | 0.015      |
| TS10 | 17110.362 | 27044.695 | 17110.350      | 27044.711      | -0.012     | 0.016      |
| TS11 | 16155.503 | 30782.060 | 16155.510      | 30782.065      | 0.007      | 0.005      |
| TS12 | 15320.491 | 30044.385 | 15320.481      | 30044.372      | -0.010     | -0.013     |
| TS13 | 14648.089 | 30589.937 | 14648.090      | 30589.925      | 0.001      | -0.012     |

中误差  $M_x = \sqrt{\Delta X^2 / (n-1)} = \pm 0.012$   $M_y = \sqrt{\Delta Y^2 / (n-1)} = \pm 0.01$   
 $M_{xy} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \pm 0.016$

# 工程项目招标风险及防范措施

张冠军

(淮北矿业集团工程建设有限责任公司市场发展部 安徽 淮北 235100)

摘要:随着社会生产力的提高和科学技术的发展,工程项目的规模和复杂性日益增大,风险所致损失也随之增大,甚至成为项目成败的关键。因此,工程建设是一种高风险的行业。本文对工程项目在招标过程中存在的风险因素进行分析,并提出招标中风险的防范措施。

关键词:工程项目 招标风险 因素 防范

## 前言

工程项目交易不同于一般经济活动中的商品交易,它具有产品交易与要素交易的统一性、业主和承包商都是在不完全信息下进行交易、交易的多阶段性、交易合同条款的复杂性等基本特征。这些特点决定了工程建设是一种高风险的行业。

### 1 工程项目招标风险因素分析

根据能否可以利用,风险可以分为两类:第一是投标人投机风险。投标人利用法制不健全,招标文件或施工合同文件存在的漏洞,采取低于成本价中标,在施工过程中再实行高价索赔的投标策略,从而给招标人造成损失。第二是投标人合谋风险。在投标前,投标人之间可以达成共谋,统一制定高报价策略,由此来轮流中标或是在其内部进行二次招标,将工程授予能给它参与围标的投标人最大利益的投标人承担工程任务,达到“围标”或“串标”的目的。

针对目前国内的招投标制度和办法,投标报价风险成为企业能否中标的最大风险,报价在招标中占的分权重在40%~60%之间,对能够中标起到决定性作用,投标报价的准确与否是制约企业能够中标的重要因素之一。在总承包承包过程中,投标者的报价过大幅度的偏离工程实际所需要费用,无论是正向还是负向的偏离,都将有一方遭受损失,不利于项目的顺利实施。根据风险分析模型,风险的有效分摊等价于风险发生因素的有效控制,这类风险的引发因素主要有三个来源:

1.1 第一个因素主要集中在总承包商本身的能力方面

在由传统承包模式转到总承包模式的过程中,由于机构的设置、专业人员的配备等不到位,承包商的适应能力难免有短暂的真空状态,如果在自身条件不成熟的前提下,盲目地投标,将引发投标风险。

1.2 第二个引发因素主要集中在总承包商的有意识行为方面

在拥有比较全面的控制信息的情况下,总承包商的有意识行为主要是提高报价或降低报价的行为,当业主在可供选择的且能完成合同的承包商唯一的情况下,承包商可能采取提高报价的形式,承包商可能采取人为压低报价,以获得中标的行为,这两种行为也是投标风险的引发因素。

总承包完成的工作量较大,其各项水平导致的报价也必然差别很大,将投标者也可能属于正常的竞争者,同时不少钓鱼投标者也将混在里面。这些钓鱼投标者获得项目后,施工过程中层层加码,若工程师不答应,则以停工相要

挟,虽然工程师可以凭着合同条款对其进行惩罚,甚至撤销合同,但若承包商真的因为罚款而破产,对业主并不是一件好事,至少工程竣工投产的时间要大大推迟。

1.3 第三个引发因素主要集中在总承包这种模式本身方面

根据我国传统承包模式下的基本程序不同分为构造招标和功能招标。构造招标是在施工技术方案确定之后进行的施工招标,招标单位或委托招标单位会根据初步设计编制译本表述,里面包含了比较详细的既定工程设计方案,投标单位购买标书后,根据设计方案编制投标书,列举相应的工程量和相应的报价,这类投标者的报价在一定社会劳动生产率的情况下一般不会出现太大的出入。另一类是在总承包的招标前期没有图纸,只有一些功能描述和条件说明,又被称作功能招标。由于工程总承包的特殊性,工程总承包规模、投资概算、产品方案、主要工艺及技术经济指标、物资供应方式和外部约束条件等。因此在实际工程进行中可能会出现很多前期未曾考虑到工程量,这些工程量增加导致的费用增加该由谁来承担,也是国际上工程总承包纠纷不断主要因素之一。

由于总承包前期的太多不确定性,业主在前期无法做出一个有参考价值的标底,在我国目前工程施工市场过度竞争的状态下,一些缺乏竞争力的企业为了生存,恶性压价,盲目扩张,到处抢标,其他企业迫于市场份额的需求又不得不迫于应战。如果投标单位恶性压价,业主将面临风险:1) 中标的供应商有可能是整体施工能力较弱的企业;2) 因标价过低,项目实施后,承包商没有足够的资金维持继续施工,只得中途停工;3) 即使勉强维持工程进度,安全、质量也无从保证。

### 2 工程项目招标中风险的防范措施

针对可能产生的招标风险,采取合理、有效的措施进行防范是业主进行顺利招标的关键,综合上述分析,防范措施主要包括:

2.1 业主应充分根据工程规模、工程特点和工程性质等,以及业主自身招投标管理能力,主要是有相关技术、经济和管理人员和编制招标文件、审查投标单位资质、组织开标、评标、定标的能力,合理确定招标范围和招标方式。

2.2 对于公开招标方式,业主应严格对投标单位进行资格预审,认真考察投标人的技术、经济和管理等综合实力,侧重于其总体能力是否适合招标工程的要求。

2.3 根据工程规模、工程特点和工程性质等,以及业主合同管理能力以及工程管理能力,确定工程发包方式。

2.4 科学制定工程标底,充分考虑以下因素:适应工期目标的要求,对工期提前因素有所反映;适应业主的质量要求,对高于验收标准因素有所反映;适应建材市场的变化,对价差因素有所反映;正确处理间接费等取费标准。

2.5 评标时以评标价最低,而不是以投标价最低为准选择承包商。评标主要应考虑业绩和信誉、施工管理能力、施工组织设计和投标报价四个方面,并以百分制计分。

2.6 业主为避免因承包商违约而蒙受损失,应要求承包商提供可靠的经济担保,包括投标保证金、履约保函等。

2.7 对于第一类合同风险,业主可以通过补充、完善合同条款,提高合同管理人员素质,而将风险转移给承包商或消除掉;对于第二类合同风险,即纯合同风险,业主可根据工程特点通过合同选择来回避和转移风险。

2.8 不可调值总价合同一般适用于工期较短,对工程要求非常明确的建设项目,业主可通过尽可能明确分部分项工程内容、范围及工程量,提供完善的设计图纸来降低这种合同方式风险。可调值总价合同适用于工期较长,对工程内容和技术经济指标规定很明确的项目,业主可通过规定恰当的调价变动幅度以降低其风险。

2.9 估量工程量单价合同方式一般适用于工程性质比较清楚,但其任务及要求标准又不能完全确定的工程项目,目前在实践中国际上采用较多。对于估量工程量单价合同,业主可以通过规定工程量极限变动幅度,当工程量增幅超过极限幅度时,才允许适当调整单价来降低风险。纯单价合同方式适用于没有施工图,工程量不明确,却又急于开工的紧迫工程项目,业主可通过尽可能明确分部分项工程内容、范围及工程量,提供完善的设计图纸来降低其风险。

## 3 结语

在激烈的市场竞争中,投标是工程承包过程中的一个决定性环节,而报价则是决定中标与否的关键因素,关系到承包商投标的成败。加强工程项目招标风险的分析和控制,本着对风险积极采取预防措施,可以增加企业投标的成功率,减少因投标带来的各种风险,增强企业的活力,赢得更为广阔的市场。

## 参考文献

- [1]李春亭.工程招投标与合同管理[M].北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [2]李启明.关于工程招投标中的若干重要问题分析[J].建筑经济,2000.
- [3]余建星.工程项目风险管理[M].天津:天津大学出版社,2006.

## 参考文献

- [1]GB/T18314-2001 全球定位系统(GPS)测量规范[S].
- [2]CJJ73-97 全球定位系统城市测量规范[S].
- [3]周忠谟,易杰军.GPS 卫星测量原理及其应用[M].北京:测绘出版社,1992.

小于5cm的取中数使用,大于5cm的应返工重测。

## 6 结论

经过RTK两次测量与快速静态测量的比较,从表1中的数据可以看出,RT两次测量K与GPS快速静态测量成果的坐标分量差异较

小,这其中还包括了对中等其它测量误差的影响。因此,RTK测量与GPS快速静态测量的成果无显著差异,精度相当,可以在地质工程布设一级图根控制中应用。RTK技术在地质工程点测量中,从表2中的数据可以得出完全满足一般地质工程测量精度要求的结论。