

AGP-1 自动陀螺全站仪使用保养和检修

于书奎

To maintain AGP-1 Instrument of Automatic Gyroscope with Electronic Total Station
Yu ShuKui

摘要: AGP-1 自动陀螺全站仪作为一种高精度自动定向仪器,可应用于隧道建设或矿井生产中大地方位的测定、相对或绝对方位定向、GPS 方位定向、地下施工机械的控制、惯性导航系统基准线的建立、大气反射效应的测定;特别在隧道、地铁、开矿等工程中得到广泛应用,因自动化程度高、定向精度优良而深受广大客户青睐。本文主要讲述 AGP-1 自动陀螺仪的使用保养和维修;并介绍检验 AGP-1 精度是否符合标称的方法和步骤。还介绍了全站仪周期误差的检测方法,及可同时测定加常数及综合测距精度的简单办法。

关键词: 陀螺全站仪; AGP-1 陀螺仪; 陀螺定向; GP-1 陀螺仪; 检验精度; 检定; 校准; 全站仪维修;

一、前言

AGP-1 自动陀螺全站仪由自动陀螺仪 AGP-1 和 SET3B 全站仪组成;在模式 1 情况下,定位精度可达 $\pm 6''$,其中包含 SET3B 仪器测角精度 $\pm 3''$ (ISO/DIS 12857-2(1997))精度因素。可应用于隧道建设或矿井生产中大地方位的测定、相对或绝对方位定向、GPS 方位定向、地下施工机械的控制、惯性导航系统基准线的建立、大气反射效应的测定。因操作方便、定向精度高越来越受到隧道、地铁、开矿等工程单位的接受和青睐;随着用户数量的增多、产品服务期限的延长,对 AGP-1 自动陀螺全站仪的维护保养和检修越来越显的凸出。

本文主要讲述 AGP-1 自动陀螺仪的使用保养和维修;并介绍检验 AGP-1 精度是否符合标称的方法和步骤。但检修全站仪和陀螺仪需要有一定的技术和设备基础,本文所述技巧方法没有提及基础操作步骤和技能要求,读者不能完全照搬、要根据需要灵活调配使用。不正确的维修操作会造成仪器无法正常使用、或各指标超标;参考本文进行维修的后果由读者自己承担。经过维修的仪器需要送国家质量监督部门授权的检定或校准机构进行检定或校准,获取检定合格证或校准证书等后才能交付客户使用。

二、陀螺仪全站仪工作原理简述

陀螺全站仪高精度的测量是通过用无机械位移的陀螺达到。对于悬挂在某处(南北极点除外)用于测定北方向的陀螺而言,由通过其重心的悬挂带挂着,在重力的作用下,陀螺旋转轴处于水平状态。陀螺高度旋转时,由于惯性总是试图维持其原有空间位置;由于地球不断地由西向东自转,对惯性空间来讲陀螺仪地点的重力方向不断变化。一旦陀螺旋转轴偏离北方向,地球由西向东的自转会使得陀螺旋转轴的水平状态发生改变,重心降低并产生一重力矩,重力力图让陀螺回转轴维持在水平方向,结果相当于有一个指向北方向的外力矩(重力矩)作用于陀螺仪。陀螺沿回转轴高度旋转时,陀螺的动量矩按照最小夹角方向向外力矩方向进动,陀螺轴就自动寻北了。当进动到陀螺回转轴指向真北方向时,陀螺动量矩于重力矩重合,但由于惯性的作用,陀螺部继续进动,后由于摩擦阻力矩、悬挂带扭矩的作用,使陀螺进动到一定位置停下来。随后再因为重力方向的改变重复前面的过程。结果就构成了一个围绕地轴(真北)方向的往复摆动,该摆动的中心就是真北方向。

全站仪水平角零方向与北方向的偏差通过高精度测定后显示在屏幕上。

三、AGP-1 自动陀螺全站仪组件

AGP-1 自动陀螺仪主要包含以下部件:

(1) 陀螺仪机体; (2) 机体内电子驱动组件; (3) 机体内电源系统; (4) 直流电机; (5) 悬挂带; (6) 重垂。

AGP-1 自动陀螺仪的主要附件:

(1) 陀螺仪搬运箱; (2) 专用充电器; (3) 专用三脚架。

SET3B 全站仪主要组成:

(1) 与 AGP-1 连接的专用底部(注 1); (2) 水平和垂直度盘采用 3mm 厚增量式编码盘结构; (3) 水平和垂直制动结构; (4) 采用相位差式测距的测距部; (5) 矢量式双轴补偿器。

注 1: AGP-1 陀螺全站仪采用的 SET3B 全站仪和常规单机全站仪相比有不同之处。

- a) 单机 SET3B 有与竖轴连接的三爪构件以及独立的底座;
- b) AGP-1 陀螺全站仪采用的 SET3B 没有独立底座,而具有专用的与 AGP-1 连接构件,该构件与 SET3B 竖轴连接并且与竖轴中心同轴。
- c) AGP-1 陀螺全站仪采用的 SET3B 内置 DT 软件为专用软件。

四、AGP-1 自动陀螺全站仪的使用保养

AGP-1 陀螺仪属于高精密度仪器,在没有整平陀螺仪、并与 SET3B 连接好,或者没有锁定 SET3B 时,不能

启动陀螺仪。以免电机带动陀螺高速旋转时，由于振动过大使悬挂带断裂或因 SET3B 振动带动陀螺仪及脚架振动损伤仪器等。因为启动 AGP-1 陀螺仪时，陀螺从固定仓中出来处于自由状态，悬挂带处于受重力绷紧状态；若仪器没有整平，因陀螺沿回转轴高速旋转时因陀螺的进动性引起大的振动而使悬挂带断裂。不过 AGP-1 陀螺仪的悬挂带相对 GP-1 陀螺仪的悬挂带而言，在韧性上抗拉和抗变形上有更大提高，更不易断裂；但还是提醒用户不能未整平仪器就开机，应严格按照《AGP-1 自动陀螺仪操作手册》的操作步骤操作。

陀螺仪机体是个不很大的腔，陀螺高速转动时会产生大量热能因不能很快散出而使陀螺仪温度急剧上升。为了保证仪器的定向精度，在每次启动陀螺仪前，要等待一段时间让仪器温度与环境温度的温差保持尽可能一致（一般以不超过 5℃为好）。通常情况下关机后要等待 20 分钟以上才能装箱。

关机后陀螺因为惯性和阻尼作用会经过一端时间慢慢停下，AGP-1 陀螺仪在停机后陀螺会自动归仓并受制动固定构件锁定，悬挂带也处于松弛状态，但若将仪器斜置或倒置会使制动件受力损坏从而失去制动和固定作用；所以在拿取、运输、搬动过程中对陀螺仪要垂直放置，严禁斜置或倒置以保证仪器安全。

为了保持仪器箱干燥防止仪器在长期存储时损坏，仪器箱内装有一空气湿度计。当空气的相对湿度超过 50% 时，应在仪器箱内放置干燥剂。将陀螺仪放入仪器箱时应有稍微紧固感、有时候还很难将陀螺仪装入仪器箱，这是因为陀螺仪本身重量比较重，质密防护泡沫层受潮稍微膨胀与陀螺仪主机外壳摩擦所致；当陀螺仪器箱内相对湿度下降后，这种“重”摩擦现象会减弱。对于新陀螺仪由于仪器出厂时仪器箱均经密封处理，在开箱前需先按下仪器箱上的减压阀；另外由于机箱内的质密防护泡沫层几乎未受磨损，即便仪器箱内相对湿度较低、在装入或取出 AGP-1 陀螺仪时同样会和陀螺仪外壳摩擦严重，造成不能装入或取出。这种紧固情况是为了适应空运陀螺仪时减少因飞机起降对仪器造成损坏的概率。国内用户购买 AGP-1 陀螺仪后，一般不会空运比较昂贵的 AGP-1 陀螺仪的；可用 800 目或 600 目的砂纸将放陀螺仪的质密防护泡沫层“孔”壁轻轻打磨一周，对于打磨厚度笔者建议 10 微米即可、或者直接看“孔”底能够看到有泡沫即停止打磨。

五、SET3B 仪器的检修

(一) 测角部及几何量值

对于 SET3B 仪器，主要是确认仪器的测角精度。需常规检查确认仪器的照准误差、支架差、一测回水平方向标志偏差、垂直度盘 0 点误差(竖盘指标差改正)、补偿器的 0 点误差改正。需要的平行光管组，不能少于 4 只平行光管(如 5W-F550 等)；若使用 4 只平行光管、布局如图 1 所示。

- 平行光管 A 和 B 水平且位于一条直线上且水平，平行光管 C、B、D 位于同一垂直平面；
- 平行光管 C、D 放置方向与平行光管 A 和 B 位置连线分别成 30° 夹角；
- 架设仪器时使仪器中心高通过平行光管 A 和 B 位置连线；
- 检测台(或称检定台)可升降以方便调整仪器中心高度与平行光管 A 和 B 同高。

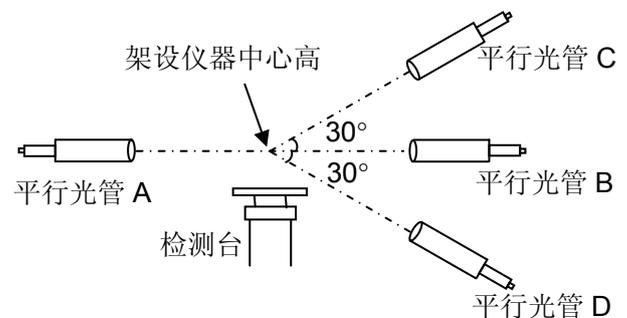


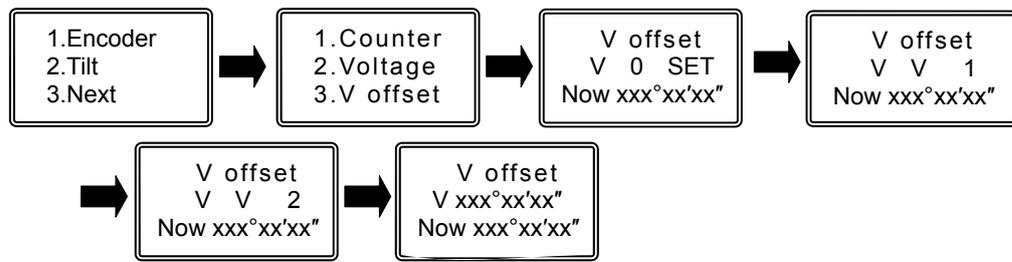
图 1

检定、校准或检修步骤：

- 检定、校准或检修人员可将 SET3B 放在检测台(或称检定台)上，调整检测台高度使仪器中心高度与平行光管 A 和 B 同高。
- 开机设置水平及竖盘指标，利用照准部水准器管(长气泡管)整平仪器。
- 确认补偿器 0 点误差并存储改正值(一定要进行改正值存储设定，否则后面步骤 7 的数据不准确。)。a) 盘左(F1)照准平行光管 A，记录倾斜角度 d_{x1} 和 d_{y1} 。b) 盘右(F2)照准平行光管 A，记录倾斜角度 d_{x2} 和 d_{y2} 。c) 利用 $(d_{x1} + d_{x2}) / 2$ ， $(d_{y1} + d_{y2}) / 2$ 数据作为检测数据。若不超过 $\pm 5''$ 则不需进行任何设置。需要调整时按照以下步骤进行：1) 关闭仪器电源。用宽“一”字型螺丝刀拧开 DT-CPU 板选择开关保护盖。将 DT-CPU 板选择开关设定为“B”。打开电源。2) 按数字 2 键 。3) 按数字 1 键 。4) 将仪器照准部转动 180°。5) 按数字 2 键 。6) 按返回键 。关闭仪器电源。将 DT-CPU 板选择开关设定恢复为“0”，装上 DT-CPU 板选择开关保护盖。



4. 确认视准轴与横轴垂直度(照准误差)。a)盘左(F1)视准平行光管 A 并照准无穷远分划板十字线；b)将水平度盘制动，将望远镜转动 180° 视准平行光管 B 无穷远分划板，确认望远镜分划板十字线竖丝与平行光管 B 无穷远分划板十字线竖丝的差值($\alpha_{1_{col}}$)；c)盘右(F2)重复步骤 a)和 b)，确认差值($\alpha_{2_{col}}$)；d)计算 $(\alpha_{1_{col}} - \alpha_{2_{col}})/4$ ，若不超过 10" 则不需硬件调整。需要调整时按照以下步骤进行：1)按照确认时的步骤进行步骤 a)和 b)；2)拧下分划板，根据差值正负确认改正方向，一般是正偏差时松开左校准螺钉同时拧紧右校正螺钉，改正量为 $(\alpha_{1_{col}} - \alpha_{2_{col}})/4$ ；3)校正好以后装上分划板护盖。
5. 确认横轴误差(又称支架差、横轴的水平度)。a)盘左(F1)照准平行光管 A 无穷远分划板十字线；b)将水平度盘制动，转动望远镜照准平行光管 D 无穷远分划板，确认望远镜分划板十字线竖丝与平行光管 D 无穷远分划板十字线竖丝的差值($\alpha_{1_{incl}}$)；c)盘右(F2)重复步骤 a)和 b)，确认差值($\alpha_{2_{incl}}$)；d)计算 $(\alpha_{1_{incl}} - \alpha_{2_{incl}})/2$ ，若不超过 10" 则不需硬件调整。需要调整时按照以下步骤进行：1)拆下右侧板；2)轻轻松开横轴支撑的 3 个固定螺钉；3)用一字螺丝刀调整横轴上下校正器(在横轴支撑的下侧)；4)调整好以后拧紧横轴支撑的 3 个固定螺钉、并装上右侧板。
6. 确认水平度盘偏心率。a)盘左(F1)照准平行光管 A 无穷远分划板十字线；b)连续按 {0 SET} 键两次，将水平角置 0；c)将水平度盘制动，转动照准部照准平行光管 B 无穷远分划板十字线，记录水平角显示值 θ_1 ；d)盘右(F2)照准平行光管 A 无穷远分划板十字线，重复步骤 a)、b)和 c)，记录水平角显示值 θ_2 ；e)计算绝对值 $\Delta\theta_H = |(\theta_1 - \theta_2)/2|$ 作为检查数据；f)将仪器底座转动 90°，重复步骤 a)~e)得到另一个 $\Delta\theta_H$ ；g)再将仪器底座转动 90°，重复步骤 a)~e)得到另一个 $\Delta\theta_H$ ；h)再将仪器底座转动 90°，重复步骤 a)~e)得到另一个 $\Delta\theta_H$ ；i)共得到 4 个 $\Delta\theta_H$ ，取其中最大值作为最后检查数据。若最后检查数据超过 15"，需要检查水平增量编码度盘信号(SIN,COS,REF)、并调整度盘；水平增量编码度盘的具体调整方法限于篇幅本文从略。
7. 确认竖盘偏心率、竖盘指标差、竖盘常数差。a)盘左(F1)照准平行光管 B 无穷远分划板十字线，记录天顶距(垂直角) l_B ；b)将水平度盘制动，转动望远镜照准平行光管 C 无穷远分划板十字线，记录天顶距(垂直角) l_C ；c)再转动望远镜照准平行光管 D 无穷远分划板十字线，记录天顶距(垂直角) l_D ；d)盘右(F2)照准平行光管 B 无穷远分划板十字线，重复步骤 a)、b)和 c)，依次记录天顶距(垂直角) r_B 、 r_C 、 r_D ；e)设定 $K1 = l_B + r_B - 360^\circ$ 、 $K2 = l_C + r_C - 360^\circ$ 、 $K3 = l_D + r_D - 360^\circ$ ，计算:竖盘偏心率= $|(r_B - l_B - 180^\circ)/2|$ ，竖盘指标差 $I = |K1/2|$ ，竖盘常数差= $|K2 - K3|$ 。若竖盘偏心率超过 15" 或者竖盘常数差超过 15" 或者两者都超标，需要检查垂直增量编码度盘(竖盘)信号(SIN,COS,REF)、并调整度盘；垂直增量编码度盘(竖盘)的具体调整方法限于篇幅本文从略。若竖盘指标差超过 15"，进行步骤 8；否则不需要步骤 8。
8. 设定竖盘 0 点误差改正值。a) 开机，设定水平及垂直度盘指标。切换到 距离及角度测量模式 ("Basic mode" 模式)。再选择菜单模式 ("Menu mode" 模式)，按照以下要求设定参数: Tilt correction: 2. No 、 V indexing : 2. Manual。b) 设定以上参数后，返回距离及角度测量模式 ("Basic mode" 模式)。再按数字 3 键 。c) 盘左(F1)照准平行光管 A。按确认键 ，再按数字 0 键  (记录键)。d) 盘右(F2)照准平行光管 A。按确认键 ，再按数字 0 键  (记录键)。e) 再盘左(F1)照准平行光管 A，读取天顶距 (国外称: 天顶角即 "Zenith Angle")，纪录为 θ_1 。f) 按照步骤 a)的操作方法，设定相关参数如下: Tilt correction: 1. Yes 、 V indexing : 1. AUTO。g) 返回测角模式 ("Theodolite mode")，设定水平及垂直度盘指标。照准平行光管 A，读取天顶距 (国外称: 天顶角即 "Zenith Angle")，纪录为 θ_2 。h) 利用 ($\theta_1 - \theta_2$) 计算结果作为垂直度盘 0 点误差。若误差在 5" 以内，可以直接调整分划板上下校准螺钉进行改正。若超过 15"，进行如下设定: 1) 关闭仪器电源。用宽 "一" 字型螺丝刀拧开 DT-CPU 板选择开关保护盖。将 DT-CPU 板选择开关设定为 "B"。打开电源。按数字 1 键 。2) 按数字 3 键 。3) 转动望远镜设定垂直度盘指标。4) 盘左(F1)照准平行光管 A，按数字 1 键 。5) 盘右(F2)照准平行光管 A，按数字 2 键 。6) 确认显示的新 0 点数据 (0 点数据补偿值接近 270°)。7) 按返回键。关闭仪器电源。将 DT-CPU 板选择开关设定恢复为 "0"，装上 DT-CPU 板选择开关保护盖。



(二) 测距部

对于 SET3B 的测距功能,笔者认为若用户需要利用 AGP-1 陀螺全站仪(含 SET3B)进行测距,那必需进行测距部检测和调整;否则可不进行测距部检定、校正或检修。这并不影响利用 AGP-1 陀螺全站仪无地域限制(南北极点除外)、全天候(无论是在地面还是在地下作业,若有雨水还是要防护的。)精确定向。

除按照 JJG100-2003 及 JJG703-2003 规程对 SET3B 进行测距检测外,笔者介绍以下比较方便、实用的检修方法步骤(事实上可适用于所有相位式非激光测距的全站仪或测距仪):

1. 相位均匀性检测。a)在大约 10m 距离两端,用三脚架架设仪器和反射棱镜,大致同高并分别整平;b)照准棱镜中心测距 5 次或 10 次取平均;c)停止测量、相对棱镜中心依次上下左右分别调偏 4' 角度,并分别测距 5 次或 10 次取平均;d)计算,调偏后测出的 4 个距离值相对照准棱镜中心测的距离值不能超过 4mm。当仪器测距部准直(视准轴、发射轴、接收轴同轴)非常好时差值一般不超过 2mm(气象条件要良好)。
2. 周期误差检测。a)在相距测站点 3.75m(A 点)及 6.25m(B 点)处设置棱镜,设置误差最大不能超过 10cm;并用经过检定或校准、得到与棱镜匹配的加常数的全站仪进行测距,确定实际设定棱镜距离值、即得到真值 A_0 和 B_0 。b)用 SET3B 仪器分别照准 A 点及 B 点处设置的反射棱镜进行测量,得到测量值 A_m , B_m ; c)按照 $\Delta X_{(mm)} = [(A_0 - A_m) - (B_0 - B_m)] \times 10^3$ 计算周期误差(ΔX ,单位 mm),该值不能超过 5mm,否则需要修理。周期误差涉及光学和电子、机械结构调整等方面知识,限于篇幅本文从略修理介绍。这里说明一下 SET3B 测距主频为 30MHz,波长为 10m、“光尺”为 5m,本方法测试的是“波峰”和“波谷”处最大误差,主要由电子方面引起的误差;因为对于固定一台仪器光学元件和结构几乎不变对周期误差影响不大,所以用本方法可简化替代各因素引起的周期误差检测。
3. 精测和粗测(或称速测)差异确认。照准 10m 距离处棱镜中心,分别用精测和粗测进行观测,两者差值不能超过 2mm。
4. 加常数及综合测距精度确认。三点法测加常数各厂家的全站仪操作说明书中几乎都有介绍,这里不再赘述。这里介绍一个可同时测定加常数及综合测距精度的简单办法,用该办法检测合格的仪器按照 JJG703-2003 方法几乎都能合格,个别不合格的也与测量条件等有关。在距离测站点 1.25m、3.75m、6.25m、10m、35m、100m、600m、1500m 等处设置反射棱镜。

六、AGP-1 自动陀螺仪的检修

(1) 对 AGP-1 自动陀螺仪主要是检测其定向精度,这需要两个前提:

- 1.先检定或校准配套的 SET3B,确认或检修使其精度合格或满足出厂标称要求。
- 2.设置一个标准基线,即在可通视范围内设置两点(设定要求最好满足测量时导线点要求),将其中一点作为测站点 A,另一点作为目标点 B,检测陀螺仪时在 A 点设站、在 B 点放置目标;两点距离不能超过 500m、最好在 100m 到 300m 之间,因为超过 500m 用公式 $\gamma = \frac{\rho}{N} y \tan \varphi$ 计算可知子午线收敛角比较大,需要进行改正、检测时会比较麻烦;常规定向时测站和目标之间距离多是 100m 到 300m 之间,所以建议检测时也采用这样的距离。可先用 GPS 测量两点,确定两点连线方向(由 A 指向 B 方向)相对真北方向角度。

(2) 对 AGP-1 自动陀螺仪检测步骤:

- 1.将陀螺全站仪专用脚架(原配脚架)架在前面提到的基线 A 点(测站点),利用脚架上的圆水准器近似对中和整平;
- 2.将陀螺仪架设在专用脚架上;
- 3.将陀螺仪与 SET3B 全站仪牢固对接(陀螺仪和全站仪上各有一个三角提示标志);
- 4.用数据电缆接通陀螺仪和 SET3B;
- 5.将仪器对中整平;
- 6.将全站仪开机并完成度盘指标设置后打开陀螺仪电源;
- 7.陀螺仪与 SET3B 间一致性的建立以及 SET3B 水平度盘置零;
- 8.按陀螺仪上的 START(开始)键;
- 9.稍等片刻直到屏幕出现要求照准提示;
- 10.根据提示按盘右,盘右,盘左,盘左的顺序照准目标,按 ENTER 键将观测值存入陀螺仪;
- 11.陀螺全站仪自动完成到目标点的方位角计算并将结果显示在陀螺仪屏幕上;

12. 用原配的处理软件将陀螺仪器存储的数据传输到计算机内进行处理。若不能传输数据,先确认正确连接线缆,再确认通讯参数设置正常(波特率 2400; 数据位 8; 奇偶校验 EVEN; 停止位 1)。通讯程序的核心文件是 AGP1.EXE(29KB), 还有一个 S.BAT 的批处理命令; 线缆连接、参数设置正常后, 运行 S.BAT 批命令让 PC 待机, 再根据操作手册步骤将 AGP-1 陀螺仪保持的数据传出。
13. 按照内业处理数据判断是否合格。

七、 结束语

对于 AGP-1 自动陀螺全站仪, 最容易出现故障需要校正的是 SET3B 全站仪; 对于 AGP-1 陀螺仪来说, 需要注意的是电源部分, 内部电源由镍镉电池组组成、因电池存储效应(电池特性介绍从略)在经过一定时间后会充不进去电, 影响仪器正常工作。更换电源需要到厂家完成, 本文从略。

对于用户而言最后提醒以下几点注意事项:

1. 取放、运输仪器要注意防振。
 2. 存放仪器时要保持仪器箱内干燥。
 3. 定期检测、校准全站仪和符合 AGP-1 陀螺仪。
 4. 对陀螺仪充电时(或者对全站仪电池充电时), 先不要打开接线板上的电源, 等充电器电源插头与接线板连接好后再打开接线板电源开关。以免带电插拔电源接头时因瞬时电流增大损坏充电器。
- 忠心希望本文能对读者有所帮助。

参考文献:

1. 于书奎 试论全站仪的补偿与补偿器,测绘通报 2003 No.2 P.63-65
2. 胡麦玲 于书奎 全站仪测距故障分析,北京测绘 2005 No.3
3. 胡麦玲 AGP-1 自动陀螺全站仪的原理及应用,山西水利科技 2006 No.1
4. 扬俊志 张贵和 电子经纬仪轴系补偿问题[J],测绘通报,1995,(5):23-28
5. JJG100-2003, 全站型电子速测仪检定规程
6. JJG703-2003, 光电测距仪检定规程
7. 杨俊志 全站仪检定规程 JJG100-2003 存在的若干问题及改正措施, 矿山测量 2005 No.4

作者 email: sokkia5@126.com