(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103076009 B
(45)授权公告日 2015.05.06

(21)申请号 201310003963.2

(22)申请日 2013.01.06

(73)专利权人 长安大学
地址 710064 陕西省西安市南二环中段

(72)发明人 杨志强 王超

(74)专利代理机构 西安恒泰知识产权代理事务所 61216
代理人 林兵

(51)Int.Cl.
G01C 15/00(2006.01)

审查员 冯津京

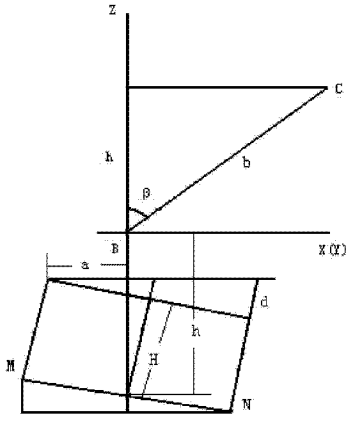
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

铁路隧道接触网连接点快速放样的方法及自动测量系统

(57)摘要

本发明公开了一种铁路隧道接触网连接点快速放样的方法及自动测量系统，该方法按如下步骤进行：制作自动化测量系统的脚架；安装自动化测量系统并将其移到测站点；调整脚架使工作台水平且全站仪位于两铁轨中线；计算得到转向角；使全站仪瞄准后视点后转过转向角，得到接触网连接点点位所在的竖直面；测量人员在该竖直面内转动全站仪镜头并使其连续观测，观测过程中获得多组测量数据，全站仪实时将每组测设数据代入公式，当公式成立时全站仪报警；此时停止测量并记录该组测设角和其对应的测设距离；全站仪打出激光显示在隧道壁上的一点即为放样点，测量人员在隧道壁上标出该点，放样完毕。该方法和系统能够实现高效、高精度的放样接触网连接点点位。



CN 103076009 B

1.一种铁路隧道接触网连接点快速放样的方法，其特征在于，具体按照如下步骤进行：

步骤1：制作自动化测量系统脚架；

所述自动化测量系统包括脚架和安装在脚架上的全站仪；所述脚架包括长方形工作台(1)，工作台(1)长度方向的两端下方分别安装支柱(6)，其中一个支柱(6)顶端通过旋转轴与工作台(1)的一端连接，工作台(1)能够绕旋转轴转动；另一个支柱(6)上半部分中空，其中安插有伸缩杆(4)，伸缩杆(4)上端与工作台(1)通过旋转轴连接，伸缩杆(4)能够绕该旋转轴转动；伸缩杆(4)能够在支柱(6)中空部分上下移动，一个制动螺旋(5)旋入支柱(6)中空部分，通过旋紧制动螺旋(5)能够使其顶住伸缩杆(4)的下部从而将其固定在支柱(6)内；伸缩杆(4)的上半部分标有第一精密刻度标尺(10)，第一精密刻度标尺(10)的刻度值增大方向向下且其零刻度与工作台(1)下边沿平齐；

工作台(1)上设有用于计算出工作台所在点位的坐标并显示的坐标定位器(12)；工作台(1)上表面设有圆水准器(13)；工作台(1)上表面设置有与工作台长度方向一致的导轨，导轨上安装有能够沿导轨滑动的全站仪安装底座(11)，全站仪安装底座(11)通过设置在工作台(1)上的竖向制动螺旋(3)固定；在工作台(1)长度方向的边沿上设有第二精密刻度标尺(15)，第二精密刻度标尺(15)的零刻度与所述通过旋转轴连接工作台(1)的支柱(6)的中心线平齐，第二精密刻度标尺(15)的中间刻度在两支柱(6)中心线之间的中点；全站仪安装底座(11)上设有定位线(14)；全站仪安装底座(11)的初始位置是将定位线(14)对准第二精密刻度标尺(15)的中间刻度；全站仪通过全站仪安装底座(11)安装在工作台(1)上；

步骤2：安装自动化测量系统并将其移动到测站点；

将脚架架设在某已知点位处的铁轨上并将全站仪安装在全站仪安装底座(11)上，将定位线(14)对准第二精密刻度标尺(15)的中间刻度；伸缩杆(4)所在支柱(6)的顶端接触工作台(1)下表面；初始化坐标定位器(12)并输入脚架架设处的已知点坐标到坐标定位器(12)内，测量人员推动脚架沿轨道向待放样的接触网连接点C点的方向滑动至某个与连接点C点通视的点位，将该点作为后视点A点，此时坐标定位器(12)显示后视点A点的坐标(x_A, y_A, z_A)；测量人员推动脚架继续滑行，实时观察坐标定位器(12)上显示的x坐标和y坐标与连接点C点的x坐标和y坐标对应的差值均出现增大趋势时停止滑动，将该停止点作为测站点B点，锁定位于支柱(6)底部固定滑动脚垫外侧的制动螺旋(2)，此时坐标定位器(12)显示测站点B点坐标(x_B, y_B, z_B)；

步骤3：根据轨道面是否水平，调整脚架使得工作台(1)水平且全站仪自然位于两铁轨的中线上；

步骤4：测量并放样；

测量人员量取仪器高h，并向全站仪输入放样点C点坐标(x_C, y_C, z_C)、仪器高h、工程中所设定的限差M_0；全站仪通过公式2计算得到转向角α并显示；测量人员使全站仪瞄准后视点A后转过转向角α，此时得到接触网连接点点位所在的竖直面；测量人员在该竖直面内转动全站仪镜头并使其连续观测，观测过程中获得多组测量数据，全站仪实时将每组测设数据代入公式3，当公式3成立时全站仪报警；此时停止测量并记录该组测设角β和其对应的测设距离b；全站仪打出激光显示在隧道壁上的一点即为放样点，测量人员在隧道

壁上标出该点，放样完毕；

$$\alpha=\arctan\left(\frac{y_A-y_B}{x_A-x_B}\right)-\arctan\left(\frac{y_C-y_B}{x_C-x_B}\right) \quad (公式2)$$

$$m=|\cos\beta*b+h+\sin(\text{arctand}/l)*l/2+z_B-z_C|\leq M_0 \quad (公式3)$$

其中，(x_A, y_A, z_A)、(x_B, y_B, z_B)、(x_C, y_C, z_C) 分别为后视点A、测站点B、放样点C点的坐标；β 为测设角；b为测设距离；h为仪器高；d为超高距，初始值为零即轨道面水平是为零；l为两铁轨中线间距离；m为点位误差；M_0为工程中所设定的限差。

2.如权利要求1所述的铁路隧道接触网连接点快速放样的方法，其特征在于，所述自动测量系统的两个支柱(6)之间固定有与工作台(1)平行的连接杆(7)，在连接杆(7)的中部宽度方向的两侧分别通过旋转轴安装有可伸缩的架腿(8)，两个架腿(8)顶端均能够绕旋转轴转动。

3.如权利要求1所述的铁路隧道接触网连接点快速放样的方法，其特征在于，所述支柱(6)底部安装有固定滑动脚垫(9)，固定滑动脚垫(9)上安装有滑轮(16)，滑轮(16)能够在铁轨上滑动；滑动脚垫(9)外侧设置有顶端带有竖向制动片(17)的制动螺旋(2)。

4.如权利要求1所述的铁路隧道接触网连接点快速放样的方法，其特征在于，所述步骤3的具体操作如下：

当轨道面水平时，测量人员调整架腿(8)的长度直至工作台(1)上的圆水准器(13)居中，保证工作台(1)水平，此时全站仪自然位于两铁轨的中线上；

当轨道面不水平时，测量人员调整架腿(8)的长度，同时松动制动螺旋(5)调节伸缩杆(4)在支柱(6)内的位置直至圆水准器(13)居中，拧紧制动螺旋(5)，保证工作台(1)水平；读取伸缩杆(4)上的第一精密刻度标尺(10)上刻度作为超高距d，量取脚架高度H；然后通过界面向全站仪输入两铁轨中线间距离l，超高距d，脚架高度H，全站仪利用公式1计算得到刻度a并显示在界面上；测量人员移动全站仪安装底座(11)直至定位线(14)对准刻度a，使得全站仪位于两铁轨的中线上，然后锁定制动螺旋(3)；

$$a=\cos(\text{arctand}/l)*l/2-\sin(\text{arctand}/l)*H \quad (公式1)$$

其中，d为超高距，初始值为零，l为两铁轨中线间距离，H为脚架高度。

5.如权利要求1所述的铁路隧道接触网连接点快速放样的方法，其特征在于，所述全站仪采用wince全站仪。

铁路隧道接触网连接点快速放样的方法及自动测量系统

技术领域

[0001] 本发明属于精密工程测量学、自动化测量技术领域。具体涉及一种铁路隧道接触网连接点快速放样的方法及自动测量系统。

背景技术

[0002] 在如今的铁路隧道建设中，安全、准确、高效的放样出铁路隧道接触网连接点点位是尤为重要的。但这项放样却让铁路隧道工程建设中的测量人员头疼不已。这是由于施工人员想要放样出架设在空间的铁路隧道接触网的连接点点位，首先需要根据设计院设计出的坐标反算出待放样点位的坐标，再通过导线测量定出全站仪所在点位的坐标；再通过计算导出放样点与全站仪中心的角度、距离；得到上述数据后，一个测量人员使用全站仪，另一个测量人员利用梯子爬到放样点周围，拿着反射棱镜待使用全站仪的测量人员观测，使用全站仪的测量人员需要间断性的找点观测，一直观察着距离与角度，并指示梯子上的人员移动到合适位置。而且，在铁轨拐弯处由于轨道面不水平，全站仪在这种情况下无法放样。

[0003] 综上，现阶段铁路隧道接触网连接点点位的放样方法缺点与弊端显而易见，具体如下：第一，工程建设中最重要的就是人员安全，施工人员爬上 3、4 米高的梯子还要不停地移动手中的棱镜，而且如果是对已有的接触网补点还有可能带电作业，危险性非常大。工程建设过程中由此引发的事故非常多；第二，放样出的点位精度不高。因为放样是一个不连续的、间断的过程，且施工过程中为了提高效率，往往把精度不是很高的点作为放样点；第三，效率过低。施工人员间断性找点观测，偶然性过大，导致效率过低；第四，特殊情况（如轨道面不平行）下无法常规测量，导致延缓工期。

[0004] 因此，上述现有的铁路隧道接触网连接点点位放样的方法过于简单，不成体系，安全系数低，效率低，精度无保证，特殊情况无法及时处理。所以急需一种安全、准确、高效的接触网连接点点位放样的方法，这种方法对于铁路隧道工程施工有着重要的实际意义和应用价值。

发明内容

[0005] 针对上述现有技术中存在的缺陷或不足，本发明的目的在于，提供一种铁路隧道接触网连接点快速放样的方法及自动化测量系统，该方法和系统能够实现高效、高精度的放样接触网连接点点位。

[0006] 为了实现上述目的，本发明采用如下技术解决方案：

[0007] 一种铁路隧道接触网连接点快速放样的方法，具体按照如下步骤进行：

[0008] 步骤 1：制作自动化测量系统的脚架；

[0009] 所述自动化测量系统包括脚架和安装在脚架上的全站仪；所述脚架包括长方形工作台，工作台长度方向的两端下方分别安装支柱，其中一个支柱顶端通过旋转轴与工作台的一端连接，工作台能够绕旋转轴转动；另一个支柱上半部分中空，其中安插有伸缩杆，伸

缩杆上端与工作台通过旋转轴连接，伸缩杆能够绕该旋转轴转动；伸缩杆能够在支柱中空部分上下移动，一个制动螺旋旋入支柱中空部分，通过旋紧制动螺旋能够使其顶住伸缩杆的下部从而将其固定在支柱内；伸缩杆的上半部分标有第一精密刻度标尺，第一精密刻度标尺的刻度值增大方向向下且其零刻度与工作台下边沿平齐；

[0010] 工作台上设有用于计算出工作台所在点位的坐标并显示的坐标定位器；工作台上表面设有圆水准器；工作台上表面设置有与工作台长度方向一致的导轨，导轨上安装有能够沿导轨滑动的全站仪安装底座，全站仪安装底座通过设置在工作台上的竖向制动螺旋固定；在工作台长度方向的边沿上设有第二精密刻度标尺，第二精密刻度标尺的零刻度与所述通过旋转轴连接工作台的支柱的中心线平齐，第二精密刻度标尺的中间刻度在两支柱中心线之间的中点；全站仪安装底座上设有定位线；全站仪安装底座的初始位置是将定位线对准第二精密刻度标尺的中间刻度；全站仪通过全站仪安装底座安装在工作台上；

[0011] 步骤 2：安装自动化测量系统并将其移动到测站点；

[0012] 将脚架架设在某已知点位处的铁轨上并将全站仪安装在全站仪安装底座上，将定位线对准第二精密刻度标尺的中间刻度；伸缩杆所在立柱的顶端接触工作台下表面；初始化坐标定位器并输入脚架架设处的已知点坐标到坐标定位器内，测量人员推动脚架沿轨道向待放样的接触网连接点 C 点的方向滑动至某个与连接点 C 点通视的点位，将该点作为后视点 A 点，此时坐标定位器显示后视点 A 点的坐标（x_A, y_A, z_A）；测量人员推动脚架继续滑行，实时观察坐标定位器上显示的 x 坐标和 y 坐标与连接点 C 点的 x 坐标和 y 坐标对应的差值均出现增大趋势时停止滑动，将该停止点作为测站点 B 点，锁定制动螺旋，此时坐标定位器显示测站点 B 点坐标（x_B, y_B, z_B）；

[0013] 步骤 3：根据轨道面是否水平，调整脚架使得工作台水平且全站仪自然位于两铁轨的中线上；

[0014] 步骤 4：测量并放样；

[0015] 测量人员量取仪器高 h，并向全站仪输入放样点 C 点坐标（x_C, y_C, z_C）、仪器高 h、工程中所设定的限差 M_0；全站仪通过公式 2 计算得到转向角 α 并显示；测量人员使全站仪瞄准后视点 A 后转过转向角 α，此时得到接触网连接点点位所在的竖直面；测量人员在该竖直面内转动全站仪镜头并使其连续观测，观测过程中获得多组测量数据，全站仪实时将每组测设数据代入公式 3，当公式 3 成立时全站仪报警；此时停止测量并记录该组测设角 β 和其对应的测设距离 b；全站仪打出激光显示在隧道壁上的一点即为放样点，测量人员在隧道壁上标出该点，放样完毕；$$\alpha=\arctan\left(\frac{y_A-y_B}{x_A-x_B}\right)-\arctan\left(\frac{y_C-y_B}{x_C-x_B}\right)$$（公式 2）

[0016] $$m=\left|\cos\beta*b+h+\sin(\arctan d/l)*l/2+z_B-z_C\right|\leqslant M_0$$ （公式 3）

[0017] 其中，（x_A, y_A, z_A）、（x_B, y_B, z_B）、（x_C, y_C, z_C）分别为后视点 A、测站点 B、放样点 C 点的坐标；β 为测设角；b 为测设距离；h 为仪器高；d 为超高距，初始值为零即轨道面水平时为零；l 为两铁轨中线间距离；m 为点位误差；M_0为工程中所设定的限差。

[0018] 优选的，所述自动测量系统的两个支柱之间固定有与工作台平行的连接杆，在连接杆的中部宽度方向的两侧分别通过旋转轴安装有可伸缩的架腿，两个架腿顶端均能够绕旋转轴转动。

[0019] 优选的，所述支柱底部安装有固定滑动脚垫，固定滑动脚垫上安装有滑轮，滑轮能

够在铁轨上滑动；滑动脚垫外侧设置有顶端带有竖向制动片的制动螺旋。

[0020] 优选的，所述步骤 3 的具体操作如下：

[0021] 当轨道面水平时，测量人员调整架腿的长度直至工作台上的圆水准器居中，保证工作台水平，此时全站仪自然位于两铁轨的中线上；

[0022] 当轨道面不水平时，测量人员调整架腿的长度，同时松动制动螺旋调节伸缩杆在支柱内的位置直至圆水准器居中，拧紧制动螺旋，保证工作台水平；读取伸缩杆上的第一精密刻度标尺上刻度作为超高距 d，量取脚架高度 H；然后通过界面向全站仪输入两铁轨中线间距离 l，超高距 d，脚架高度 H，全站仪利用公式 1 计算得到刻度 a 并显示在界面上；测量人员移动全站仪安装底座直至定位线对准刻度 a，使得全站仪位于两铁轨的中线上，然后锁定制动螺旋；

[0023] a=cos(arctand/l)*l/2-sin(arctand/l)*H （公式 1）

[0024] 其中，d 为超高距，初始值为零，l 为两铁轨中线间距离，H 为脚架高度。

[0025] 优选的，所述全站仪采用 wince 全站仪。

[0026] 一种上述放样方法所使用的自动化测量系统，包括脚架和安装在脚架上的全站仪；所述脚架包括长方形工作台，工作台长度方向的两端下方分别安装支柱，其中一个支柱顶端通过旋转轴与工作台的一端连接，工作台能够绕旋转轴转动；另一个支柱上半部分中空，其中安插有伸缩杆，伸缩杆上端与工作台通过旋转轴连接，伸缩杆能够绕该旋转轴转动；伸缩杆能够在支柱中空部分上下移动，一个制动螺旋旋入支柱中空部分，通过旋紧制动螺旋能够使其顶住伸缩杆的下部从而将其固定在支柱内；伸缩杆的上半部分标有第一精密刻度标尺，第一精密刻度标尺的刻度值增大方向向下且其零刻度与工作台下边沿平齐；

[0027] 工作台上设有用于计算出工作台所在点位的坐标并显示的坐标定位器；工作台上表面设有圆水准器；工作台上表面设置有与工作台长度方向一致的导轨，导轨上安装有能够沿导轨滑动的全站仪安装底座，全站仪安装底座通过设置在工作台上的竖向制动螺旋固定；在工作台长度方向的边沿上设有第二精密刻度标尺，第二精密刻度标尺的零刻度与所述通过旋转轴连接工作台的支柱的中心线平齐，第二精密刻度标尺的中间刻度在两支柱中心线之间的中点；全站仪安装底座上设有定位线；全站仪安装底座的初始位置是将定位线对准第二精密刻度标尺的中间刻度；全站仪通过全站仪安装底座安装在工作台上；

[0028] 优选的，所述自动测量系统的两个支柱之间固定有与工作台平行的连接杆，在连接杆的中部宽度方向的两侧分别通过旋转轴安装有可伸缩的架腿，两个架腿顶端均能够绕旋转轴转动。

[0029] 优选的，所述支柱底部安装有固定滑动脚垫，固定滑动脚垫上安装有滑轮，滑轮能够在铁轨上滑动；滑动脚垫外侧设置有顶端带有竖向制动片的制动螺旋。

[0030] 优选的，所述全站仪采用 wince 全站仪。

[0031] 与现今铁路隧道接触网连接点放样相比，本发明的方法优点如下：

[0032] （1）本发明的放样方法采用了自动测量系统进行点位放样，只需要一名测量人员即可操作，且测量过程安全、快速，大大节约了人力物力，且缩短了放样时间。

[0033] （2）本发明的自动测量系统设计合理，通过在其中一个立柱上设置伸缩杆、在工作台上设置水准泡和可移动的全站仪安装底座、在工作台下方设置两个可伸缩的架腿，并且在伸缩杆以及工作台上设置精密刻度标尺，使得放样点测量的过程操作轻松快速，不但保

证了放样过程的连续性，而且测量结果精准。

[0034] （3）本发明的放样方法容易操作，实现简单，能够连续快速地计算得到放样点位置，具有高精度、高效的优点。利用该方法高效准确地放样出铁路隧道接触网连接点点位，对于铁路隧道这种大型工程施工来说有着重要的实际意义和应用价值。

附图说明

[0035] 图 1 为自动化测量装置中脚架的结构示意图。

[0036] 图 2 为自动化测量装置中脚架的俯视图。

[0037] 图 3 为固定滑动脚垫的结构示意图。

[0038] 图 4 为在轨道不平行时自动化测量装置脚架使用示意图。

[0039] 图 5 为连接点点位所在的竖直面定位图。

[0040] 图 6 为轨道面水平情况下的放样图。

[0041] 图 7 为轨道面非水平情况下的放样图。

[0042] 以下结合附图和具体实施方式对本发明进一步解释说明。

具体实施方式

[0043] 本发明的铁路隧道接触网连接点快速放样新方法，具体按照如下步骤进行 ：

[0044] 步骤 1 ：制作自动化测量系统的脚架 ；

[0045] 自动化测量系统包括脚架和安装在脚架上的全站仪。参见图 1- 图 3，所述脚架包括长方形工作台 1，工作台 1 长度方向的两端下方分别安装支柱 6，其中一个支柱 6 顶端通过旋转轴与工作台 1 的一端连接，工作台 1 能够绕旋转轴转动 ；另一个支柱 6 上半部分中空，其中安插有伸缩杆 4，伸缩杆 4 上端与工作台 1 通过旋转轴连接，伸缩杆 4 能够绕该旋转轴转动 ；伸缩杆 4 能够在支柱 6 中空部分上下移动，一个制动螺旋 5 旋入支柱 6 中空部分，通过旋紧制动螺旋 5 能够使其顶住伸缩杆 4 的下部从而将其固定在支柱 6 内 ；伸缩杆 4 的上半部分标有第一精密刻度标尺 10，第一精密刻度标尺 10 的刻度值增大方向向下且其零刻度与工作台 1 下边沿平齐。

[0046] 两个支柱 6 之间固定有与工作台 1 平行的连接杆 7，在连接杆 7 的中部宽度方向的两侧分别通过旋转轴安装有可伸缩的架腿 8，两个架腿 8 顶端均能够绕旋转轴转动 ；架腿 8 用以通过调整自身长度使工作台 1 在宽度方向上保持水平 ；支柱 6 底部安装有固定滑动脚垫 9，固定滑动脚垫 9 上安装有滑轮 16，滑轮 16 能够在铁轨上滑动 ；滑动脚垫 9 外侧设置有顶端带有竖向制动片 17 的制动螺旋 2，制动螺旋 2 用于旋转带动制动片 17 顶住铁轨侧面，从而使滑动脚垫 9 锁紧在铁轨上。

[0047] 工作台 1 上设有坐标定位器 12，坐标定位器 12 采用常规的里程计，用于通过里程计算出工作台所在点位的坐标并显示在自身带有的显示屏上 ；工作台 1 上表面设有圆水准器 13 用于判断工作台 1 是否水平 ；工作台 1 上表面设置有与工作台长度方向一致的导轨，导轨上安装有能够沿导轨滑动的全站仪安装底座 11，全站仪安装底座 11 通过设置在工作台 1 上的竖向制动螺旋 3 固定 ；在工作台 1 长度方向的边沿上设有第二精密刻度标尺 15，第二精密刻度标尺 15 的零刻度与所述通过旋转轴连接工作台 1 的支柱 6 的中心线平齐，第二精密刻度标尺 15 的中间刻度在两支柱 6 中心线之间的中点 ；全站仪安装底座 11 上设有

定位线 14；全站仪安装底座 11 的初始位置是将定位线 14 对准第二精密刻度标尺 15 的中间刻度；当需要改变全站仪安装底座 11 在导轨上的位置时，松动制动螺旋 3，使全站仪安装底座 11 带动全站仪移动到定位线 14 对准新的刻度然后锁定制动螺旋 3 即可。Wince 全站仪通过全站仪安装底座 11 安装在工作台 1 上。

[0048] 在两个铁轨构成的轨道面不水平时，为了保证全站仪正常工作，需要调整工作台 1 所在平面水平，具体做法是通过调整伸缩杆 4 的高度从而间接调整伸缩杆 4 所在支柱 6 的长度，直至工作台 1 所在平面水平；伸缩杆 4 调整后，与其所在支柱 6 的上边沿平齐的第一精密刻度标尺 10 的刻度值作为超高距 d，超高距 d 用于计算全站仪安装底座 11 在导轨上移动后定位线 14 所指的第二精密刻度标尺 15 的刻度。

[0049] 步骤 2：安装脚架并将其移动到测站点；

[0050] 将脚架架设在某已知点位处的铁轨上并将全站仪安装在全站仪安装底座 11 上，将定位线 14 对准第二精密刻度标尺 15 的中间刻度；伸缩杆 4 所在立柱 6 的顶端接触工作台 1 下表面；初始化坐标定位器 12 并输入脚架架设处的已知点坐标到坐标定位器 12 内，测量人员推动脚架沿轨道向待放样的接触网连接点 C 点（坐标已知）的方向滑动至某个与连接点 C 点通视的点位，将该点作为后视点 A 点，此时坐标定位器 12 显示后视点 A 点的坐标（x_A, y_A, z_A）；测量人员推动脚架继续滑行，实时观察坐标定位器 12 上显示的 x 坐标和 y 坐标与连接点 C 点的 x 坐标和 y 坐标对应的差值均出现增大趋势时停止滑动，将该停止点作为测站点 B 点，锁定制动螺旋 2，此时坐标定位器 12 显示测站点 B 点坐标（x_B, y_B, z_B）。

[0051] 步骤 3：根据轨道面是否水平，调整脚架使得工作台 1 水平且全站仪自然位于两铁轨的中线上；

[0052] （1）当轨道面水平时，如图 6 所示，测量人员调整架腿 8 的长度直至工作台 1 上的圆水准器 13 居中，保证工作台 1 水平，此时全站仪自然位于两铁轨的中线上；

[0053] （2）当轨道面不水平时，自动化测量系统所在位置无法对应实地坐标，需移动自动化测量装置使工作台水平，由于调整过程中，全站仪随着工作台 1 的移动偏移了两铁轨垂直连线的中点，因此还需要调整全站仪安装底座 11 在工作台 1 上的位置；具体调整如下：参见图 4、7，测量人员调整架腿 8 的长度，同时松动制动螺旋 5 调节伸缩杆 4 在支柱 6 内的位置直至圆水准器 13 居中，拧紧制动螺旋 5，保证工作台 1 水平；读取伸缩杆 4 上的第一精密刻度标尺 10 上刻度作为超高距 d（超高距 d 的初始值为零，即在轨道面水平情况下 d 的值为零），量取脚架高度 H；然后通过界面向全站仪输入两铁轨中线间距离 l，超高距 d，脚架高度 H，全站仪利用公式 1 计算得到刻度 a 并显示在界面上；测量人员移动全站仪安装底座 11 直至定位线 14 对准刻度 a，使得全站仪位于两铁轨的中线上，然后锁定制动螺旋 3；

[0054] a=cos(arctand/l)*l/2-sin(arctand/l)*H （公式 1）

[0055] 其中，d 为超高距，初始值为零，l 为两铁轨中线间距离（MN 的长度），H 为脚架高度。

[0056] 步骤 4：测量并放样；

[0057] 参见图 5、图 6 和图 7，测量人员量取仪器高 h，并通过界面向全站仪输入放样点 C 点坐标（x_C, y_C, z_C）、仪器高 h、工程中所设定的限差 M_0；全站仪通过公式 2 计算得到转向角 α 并显示在界面上；测量人员使全站仪瞄准后视点 A 后转过转向角 α（见图 5），此时得到接触网连接点点位所在的竖直面，也即 B、C 两点所确定的竖直平面；测量人员在已确定的竖直面内缓慢转动全站仪镜头并使其连续观测，观测过程中获得多组测量数据（包

括测设角 β 和其对应的测设距离 b)，全站仪实时将每组测设数据代入公式 3，当公式 3 成立时全站仪报警；此时停止测量并记录该组测设角 β 和其对应的测设距离 b；全站仪打出激光显示在隧道壁上的一点即为放样点，测量人员在隧道壁上标出该点，放样完毕。

$$\alpha=\arctan\left(\frac{y_A-y_B}{x_A-x_B}\right)-\arctan\left(\frac{y_C-y_B}{x_C-x_B}\right)$$（公式 2）

[0058] $m=|\cos\beta*b+h+\sin(\arctan d/l)*l/2+z_B-z_C|\leqslant M_0$ （公式 3）

[0059] 其中，(x_A, y_A, z_A)，(x_B, y_B, z_B)，(x_C, y_C, z_C) 分别为后视点 A、测站点 B、放样点 C 点的坐标；β 为测设角，b 为测设距离，h 为仪器高，d 为超高距，初始值为零即轨道面水平时为零，l 为两铁轨中线间距离（MN 的长度），m 为点位误差，M_0为工程中所设定的限差。

[0060] 本发明中，全站仪采用 Wince 全站仪，Wince 全站仪通过自身的显示屏、触摸屏与测量人员交互信息；将本发明的上述方法中全站仪执行的部分通过编写程序加载到 Wince 全站仪中实现，该程序中主要包括全站仪类和数学模块类。

[0061] 全站仪类主要功能是使全自动放样软件可以读取与传输测量数据并控制全站仪。全站仪类的定义如下：

[0062]

```
class QZY                                   // Wince 全站仪指令类
{
public:
BOOL SetQZY();                              // 全站仪基本设置
CString EDM_START_S();                      //开始测量操作
CString EDM_STOP_S();                       //停止测量操作
CString TSData ();                          // 要数据
…
}
```

[0063] 数学模块类主要功能是使公式 1、公式 2、公式 3 程序化，并与全自动放样软件衔接从而达到全自动、实时性的数据解算与检校精度。数学模块类的定义如下：

[0064]

```
class Formula
{
public:
BOOL angle();                               // 转向角 α
BOOL M();                                   // 点位误差 m
BOOL a();                                   // 新刻度 a
…
}
```

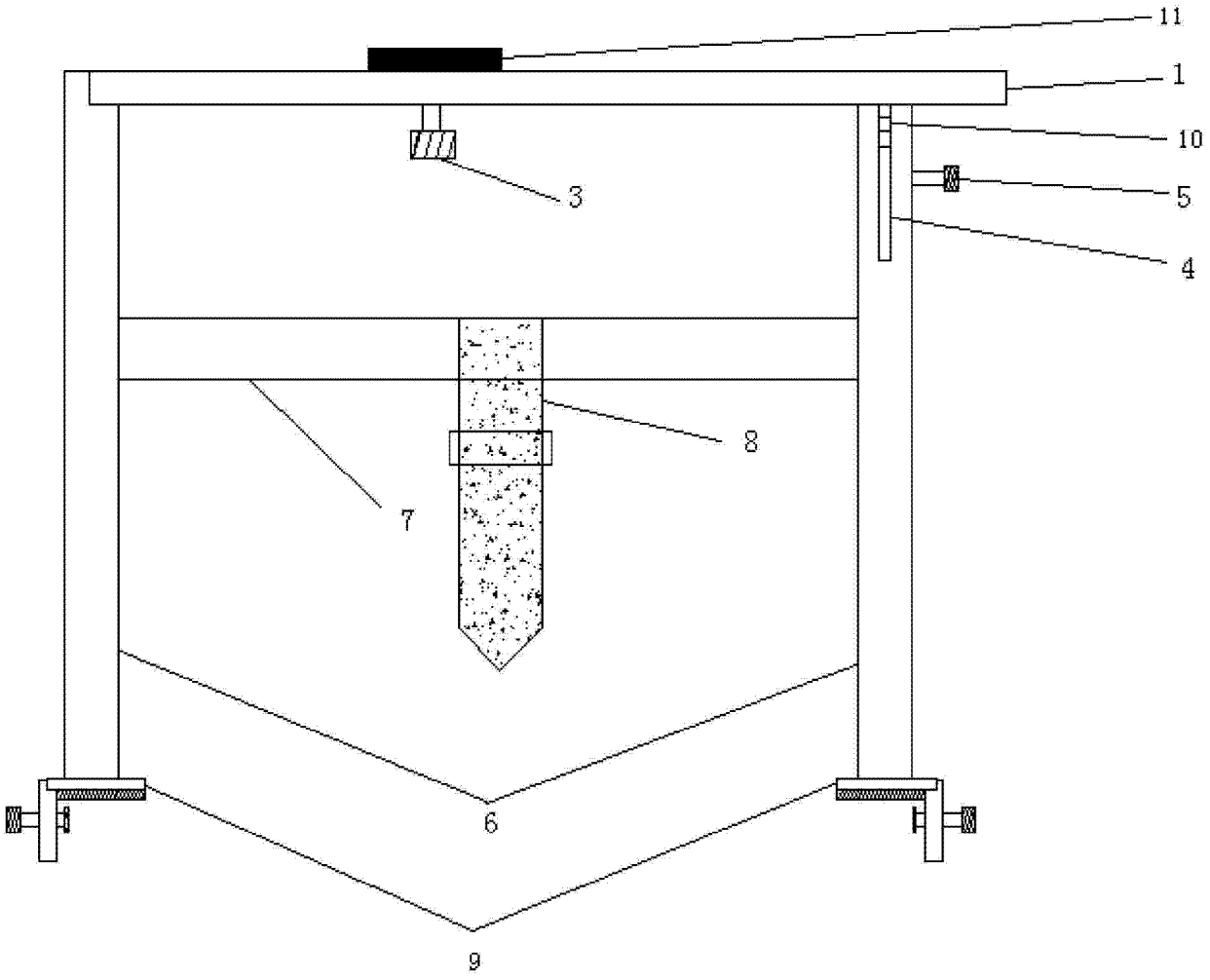


图 1

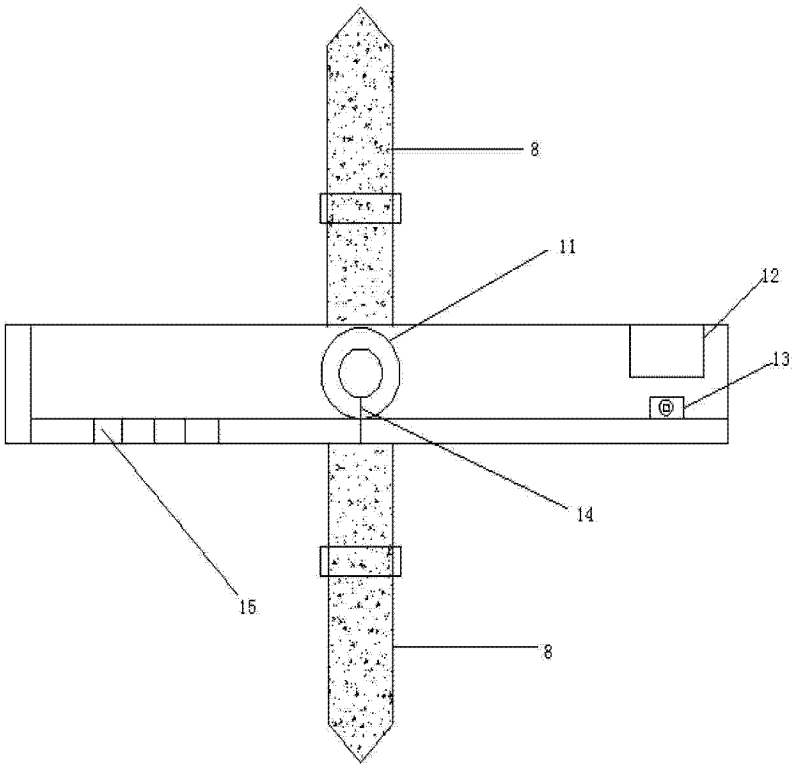


图 2

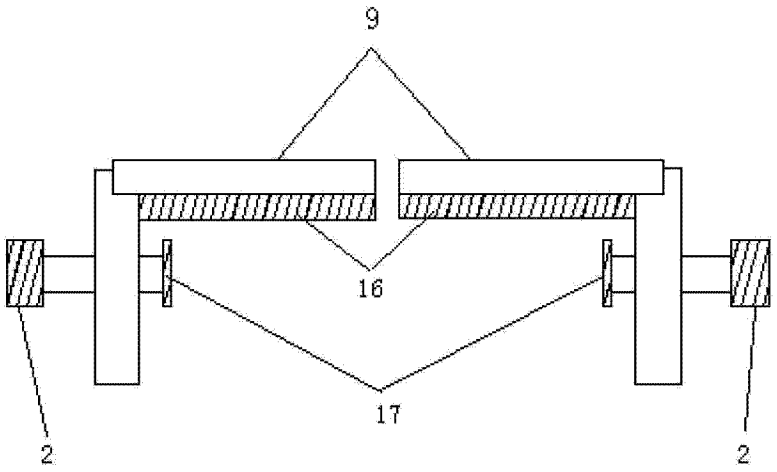


图 3

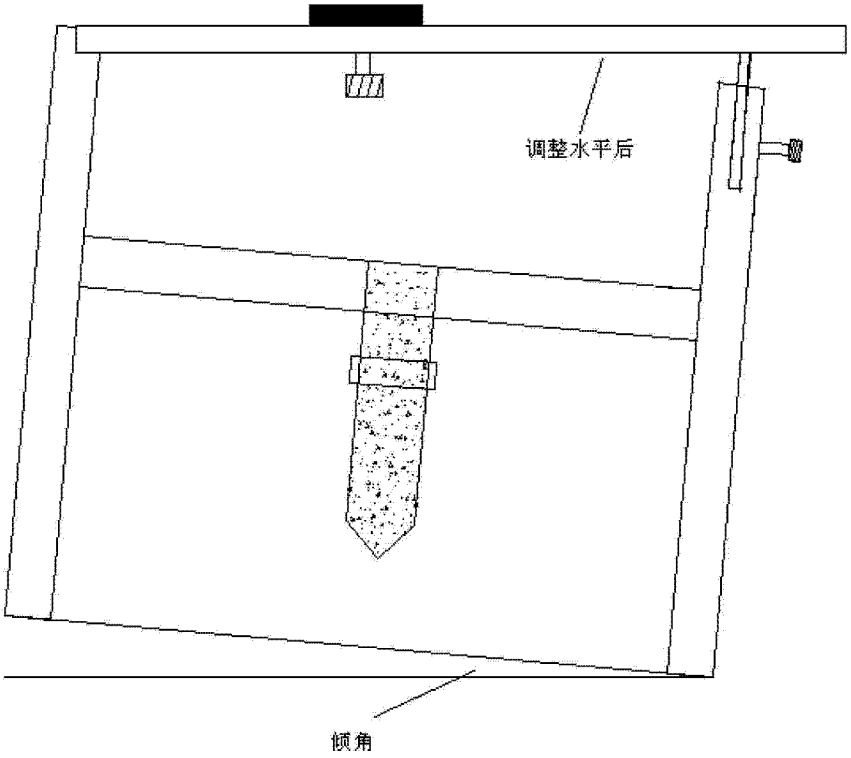


图 4

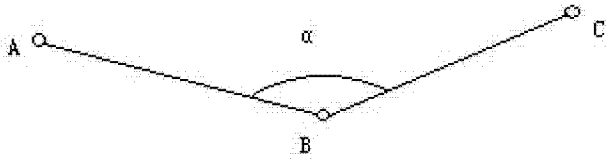


图 5

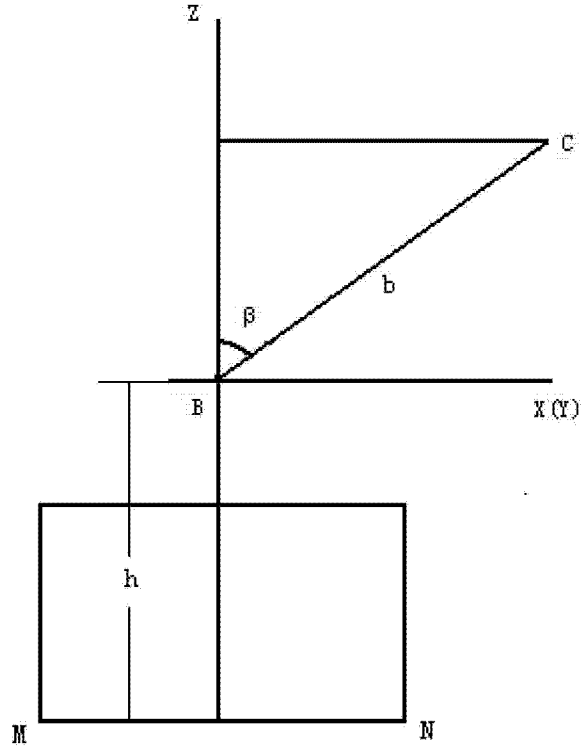


图 6

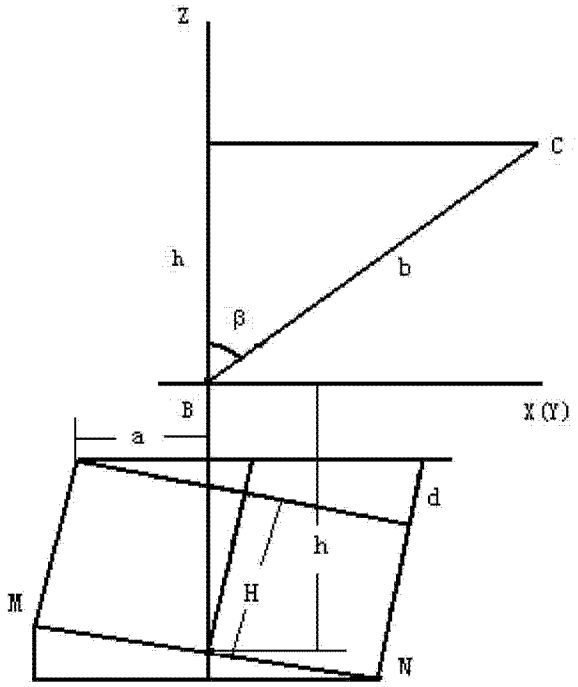


图 7