



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110779503 B

(45) 授权公告日 2021.07.27

(21) 申请号 201911097078.9

(22) 申请日 2019.11.11

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110779503 A

(43) 申请公布日 2020.02.11

(73) 专利权人 中国人民解放军战略支援部队信息工程大学

地址 450052 河南省郑州市高新区科学大道62号109信箱

专利权人 中国人民解放军61365部队

(72) 发明人 李宗春 汤进九 冯其强 司奎
郭迎钢 邓磊 何华 张冠宇
王志远

(74) 专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限公司 41119

代理人 吴敏 黄晶

(51) Int.Cl.

G01C 15/00 (2006.01)

G01C 1/00 (2006.01)

G01C 5/00 (2006.01)

审查员 孙晓康

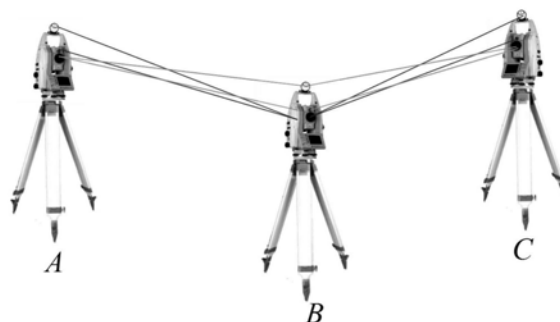
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种三维精密控制网测量方法

(57) 摘要

本发明涉及一种三维精密控制网测量方法，属于精密工程测量技术领域，该方法将导线中连续相邻的三个导线点作为一组测量对象，利用三台全站仪对导线中的每组测量对象进行测量，并利用下一组测量对象的相应测量数据，与上一组相同测量对象的测量数据进行比对，若比对结果不满足在设定范围内，则立即从第一组测量对象开始重新测量，若比对结果满足，则进行下一组测量对象的测量，直到所有测量点均测量完毕。本发明的测量方法在测量过程中就能实时比对测量数据是否准确，在发现某一组测量对象的测量数据误差较大时，直接从第一组测量对象开始重新测量，人工劳动强度相对小，测量效率高，方法简单高效，且能保证测量结果的可靠性。



1. 一种三维精密控制网测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 在目标区域的导线中相邻的第一导线点、第二导线点和第三导线点上分别架设三台全站仪,将全站仪的仪器中心作为导线点;

2) 将第一导线点、第二导线点和第三导线点组成第一组测量点:

第一导线点和第二导线点处的全站仪相互对测,分别测得第二导线点在第一导线点处测量的数据,第一导线点在第二导线点处测量的数据;

第二导线点和第三导线点处的全站仪相互对测,分别测得第三导线点在第二导线点处测量的数据,第二导线点在第三导线点处测量的数据;

3) 将第一导线点处的全站仪移至导线中的第四导线点,使第二导线点、第三导线点和第四导线点组成第二组测量点:

第二导线点和第三导线点处的全站仪相互对测,分别测得第三导线点在第二导线点处测量的数据,第二导线点在第三导线点处测量的数据;

第三导线点和第四导线点处的全站仪相互对测,分别测得第四导线点在第三导线点处测量的数据,第三导线点在第四导线点处测量的数据;

4) 将步骤3) 和步骤2) 中第三导线点在第二导线点处测量的数据进行比对,将步骤3) 和步骤2) 中第二导线点在第三导线点处测量的数据进行比对,若比对误差不在设定范围内,从步骤1) 开始重新测量;若比对误差在所述设定范围内,将第二导线点处的全站仪移至导线中第四导线点的下一相邻导线点,继续测量下一组测量点并得到相应的测量数据,并与上一组测量点对应的测量数据相比对,按照本步骤中比对误差的判断方式进行处理,直至导线中所有导线点均测量完毕。

2. 根据权利要求1所述的三维精密控制网测量方法,其特征在于,各导线点的测量数据是通过对应相应全站仪上设置的球棱镜进行测量得到的。

3. 根据权利要求1或2所述的三维精密控制网测量方法,其特征在于,在通过测量全站仪上设置的球棱镜,并得到任一两个相邻导线点的测量数据后,还包括测量两个导线点处全站仪上的外觇标,根据测量外觇标得到的测量数据检核经测量球棱镜得到的测量数据。

4. 根据权利要求1所述的三维精密控制网测量方法,其特征在于,各导线点的测量数据包括:水平角测量值、垂直角测量值和距离测量值。

5. 根据权利要求1或2所述的三维精密控制网测量方法,其特征在于,在各全站仪测量相应棱镜之前,还包括以下准备步骤:利用电子气泡对全站仪进行精确整平,在全站仪中设置相应参数。

一种三维精密控制网测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于精密工程测量技术领域,具体涉及一种三维精密控制网测量方法。

背景技术

[0002] 现有技术的三维精密控制网的测量方法,通过在两台全站仪上分别固定角锥棱镜,在测量时通过对向观测角锥棱镜,确定相关测量信息(包括水平角、垂直角和斜距),如图1(a)所示,并根据导线进行坐标传递。该方法通过对向观测提高了高程方向的精度,但在只有在导线上的所有导线点测量完毕之后,通过检查才能发现测量数据的误差是否过大,当判定为测量数据的误差过大时再对导线路线上的所有导线点进行重新测量,直至测量数据的误差在设定范围,测量工作繁重,且测量效率低下。

[0003] 传统的三联脚架法是构建精密短边导线的常用方法,由1台全站仪、2个棱镜、3个基座和3个脚架组成,如图1(b)所示。搬站时,基座和脚架不动,将全站仪与导线前进方向的棱镜互换。三联脚架法需要量取仪器高和棱镜高,一般采用钢尺量高法,其理论精度为2~3mm,这就直接影响了导线点高程坐标的精度。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种三维精密控制网测量方法,用于解决现有三维精密控制网的测量方法测量效率低的问题。

[0005] 基于上述目的,一种三维精密控制网测量方法的技术方案如下:

[0006] 1) 在目标区域的导线中相邻的第一导线点、第二导线点和第三导线点上分别架设三台全站仪,将全站仪的仪器中心作为导线点;

[0007] 2) 将第一导线点、第二导线点和第三导线点组成第一组测量点:

[0008] 第一导线点和第二导线点处的全站仪相互对测,分别测得第二导线点在第一导线点处测量的数据,第一导线点在第二导线点处测量的数据;

[0009] 第二导线点和第三导线点处的全站仪相互对测,分别测得第三导线点在第二导线点处测量的数据,第二导线点在第三导线点处测量的数据;

[0010] 3) 将第一导线点处的全站仪移至导线中的第四导线点,使第二导线点、第三导线点和第四导线点组成第二组测量点:

[0011] 第二导线点和第三导线点处的全站仪相互对测,分别测得第三导线点在第二导线点处测量的数据,第二导线点在第三导线点处测量的数据;

[0012] 第三导线点和第四导线点处的全站仪相互对测,分别测得第四导线点在第三导线点处测量的数据,第三导线点在第四导线点处测量的数据;

[0013] 4) 将步骤3)和步骤2)中第三导线点在第二导线点处测量的数据进行比对,将步骤3)和步骤2)中第二导线点在第三导线点处测量的数据进行比对,若比对误差不在设定范围内,从步骤1)开始重新测量;若比对误差在所述设定范围内,将第二导线点处的全站仪移至导线中第四导线点的下一相邻导线点,继续测量下一组测量点并得到相应的测量数据,并

与上一组测量点对应的测量数据相比对,按照本步骤中比对误差的判断方式进行处理,直至导线中所有导线点均测量完毕。

[0014] 上述技术方案的有益效果是:

[0015] 本发明的三维精密控制网测量方法,将导线路线中连续相邻的三个导线点作为一组测量对象,利用三台全站仪对导线路线中的每组测量对象进行测量,并利用下一组测量对象的相应测量数据,与上一组相同测量对象的测量数据进行比对,若比对结果不满足在设定范围内,则立即从第一组测量对象开始重新测量,若比对结果满足,则进行下一组测量对象的测量,直到所有测量点均测量完毕。相对于现有技术在全部导线点测量完毕之后才能发现测量误差较大再重新测量的方法,本发明的测量方法在测量过程中就能实时比对测量数据是否准确,在发现某一组测量对象的测量数据误差较大时,直接从第一组测量对象开始重新测量,人工劳动强度相对小,测量效率高,方法简单高效,且能保证测量结果的可靠性。

[0016] 为了提高测量数据的观测精度,进一步地,以全站仪上设置的球棱镜作为测量目标,通过对相应全站仪上设置的球棱镜进行测量得到相应导线点的测量数据,不同角度的球心测量精度能达到 $\pm 0.01\text{mm}$,解决了普通角锥棱镜测量精度受测量入射角度影响的问题,测量精度较高。

[0017] 为了提高测量数据的可靠性,进一步地,通过测量全站仪上设置的(球)棱镜,并得到任一两个相邻导线点的测量数据后,还包括测量两个导线点处全站仪上的外觇标,根据测量外觇标得到的测量数据检核经测量(球)棱镜得到的测量数据。通过(球)棱镜和外觇标两个测量目标可确保测量数据的正确性,防止观测数据出现粗差。

[0018] 为了同时获取各导线点的平面和高程信息,具体的,各导线点的测量数据包括:水平角测量值、垂直角测量值和距离测量值。本发明通过同时获取导线点上的平面和高程信息,避免测量仪器高和棱镜高,建立高精度三维导线,克服了传统三联脚架法的由于仪器高和棱镜高量测精度较低对导线点高程精度的影响,与传统的三联脚架法相比,本发明测得三维导线点的高程精度有显著提高;相比较于平面网与高程网分开测量的模式,精度和可靠性更高,尤其适用于通视条件差、竖向跨度大的工程。

[0019] 为了保证全站仪的测量精度,在各全站仪测量相应(球)棱镜之前,还包括以下准备步骤:利用电子气泡对全站仪进行精确整平,在全站仪中设置相应参数。

附图说明

[0020] 图1(a)是现有的一种三维精密控制网的测量方法操作示意图;

[0021] 图1(b)是现有的另一种三维精密控制网的测量方法操作示意图;

[0022] 图2是本发明改装后的全站仪结构示意图;

[0023] 图3是本发明的三维精密控制网的测量方法操作示意图;

[0024] 图4(a)是本发明以某一竖井为测量对象设置的三维控制网图;

[0025] 图4(b)是本发明在主导线上测量竖井内设备点的支导线图。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的说明。

[0027] 本发明的三维精密控制网测量方法原理是,将规划好的导线中连续相邻的三个导线点作为一组测量对象,利用三台全站仪对导线中的每组测量对象进行测量,并利用下一组测量对象的相应测量数据,与上一组相同测量对象的测量数据进行比对,若比对结果不满足在设定范围内,则立即从第一组测量对象开始重新测量,若比对结果满足,则进行下一组测量对象的测量,仍按照相同的方式判断比对结果,并以此类推,直到所有测量点均测量完毕。

[0028] 为了实现上述三维精密控制网的精确测量,本实施例首先需要对进行测量的全站仪进行改装,具体的改装过程如下:

[0029] 普通角锥棱镜测量精度与测距入射角相关,入射角大则精度差。为了确保测量精度,本实施例采用球棱镜,因此,本实施例首先对使用的全站仪进行改装,如图2所示,改装的主要地方是在全站仪1提把上固联一个精加工的球棱镜靶座2,靶座2的中心尽可能在全站仪竖轴上,靶座2上安置1.5英寸的球棱镜3,在全站仪照准部粘贴一个角度测量标志作为外觇标4。由于球棱镜3的加工精度高,测量精度受测距入射角影响很小,不同方向的点位对中精度能达到 $\pm 0.01\text{mm}$,而外觇标粘贴便捷亦可作为测量目标,可检核球棱镜3的测量数据是否存在粗差。

[0030] 为了获取三台全站仪中心的空间位置关系,需要将全站仪照准球棱镜的观测值改化到全站仪中心,这就需要精确标定球棱镜中心到全站仪中心的空间关系。球棱镜中心与全站仪中心在平面方向上的差异,可以通过盘左盘右的观测消除,需精确标定球棱镜中心与全站仪中心在垂直方向上的差异。将球棱镜中心与全站仪中心在高程方向的高差1定义为系统参数,利用现有技术中的经纬仪交会测量系统对系统参数1进行标定。

[0031] 利用MetroIn软件构建经纬仪交会测量系统,通过交会测量得到球棱镜中心坐标 $P(P_x, P_y, P_z)$ 和全站仪中心坐标 $Q(Q_x, Q_y, Q_z)$,则第i台全站仪上球棱镜中心到全站仪中心的高程差为:

$$[0032] \quad l_i = P_z - Q_z$$

[0033] 基于上述准备,本实施例的三维精密控制网测量方法如下:

[0034] ①规划控制网的导线路线。综合考虑相邻导线间距离、通视情况、高差情况、现场测量环境、测量效率和测量规范,规划合理的三维导线。如竖井工程等类似测量对象内部空间限制,不适宜修建测量墩,在导线点位置架设三脚架。

[0035] ②架设仪器。在规划的相邻3个导线点(即测站A、测站B、测站C)位置架设脚架,并安置改装之后的全站仪,如图3所示。全站仪开机后利用电子气泡对全站仪进行精确整平,在全站仪中设置好温度、气压、湿度和测距加常数等参数。

[0036] ③将测站A和测站B同时置于盘左位置,将测站B处全站仪照准测站A方向之球棱镜,将测站A处全站仪照准测站B处之球棱镜,两者同时照准好后,分别记录水平角 $H_{A左B左}$ 、 $H_{B左A左}$,垂直角 $V_{A左B左}$ 、 $V_{B左A左}$,和距离测量值 S_{AB1} 、 S_{BA1} 。将测站A和测站B同时置于盘右位置,将测站B处全站仪瞄准测站A方向之球棱镜,将测站A处全站仪瞄准测站B处之球棱镜,待同时瞄准好后,分别记录相应的水平角 $H_{A右B右}$ 、 $H_{B右A右}$,垂直角 $V_{A右B右}$ 、 $V_{B右A右}$,和距离测量值 S_{AB2} 、 S_{BA2} 。

[0037] ④检核测量。保持测站A、B处全站仪不动,将测站B处全站仪瞄准测站A处全站仪之外觇标,将测站A处全站仪瞄准测站B处全站仪之外觇标,待同时瞄准好后,分别记录相应的水平角和垂直角。并用观测外觇标的水平角和垂直角测量值检核观测球棱镜的观测值(即

测量数据),提高原始数据观测的可靠性。若发现观测值错误,返回步骤③,否则测量继续。

[0038] ⑤将测站C和测站B同时置于盘左位置,将测站B处全站仪照准测站C方向之球棱镜,将测站C处全站仪照准测站B处之球棱镜,两者同时照准好后,分别记录水平角 $H_{B左C左}$ 、 $H_{C左B左}$,垂直角 $V_{B左C左}$ 、 $V_{C左B左}$,和距离测量值 S_{BC1} 、 S_{CB1} 。将测站C和测站B同时置于盘右位置,将测站B处全站仪瞄准测站C方向之球棱镜,将测站C处全站仪瞄准测站B处之球棱镜,待同时瞄准好后,分别记录相应的水平角 $H_{B右C右}$ 、 $H_{C右B右}$,垂直角 $V_{B右C右}$ 、 $V_{C右B右}$,和距离测量值 S_{BC2} 、 S_{CB2} 。

[0039] ⑥检核测量。保持测站B、C处全站仪不动,将测站B处全站仪瞄准测站C处全站仪之外觇标,将测站C处全站仪瞄准测站B处全站仪之外觇标,待同时瞄准好后,分别记录相应的水平角和垂直角。用观测外觇标的水平角和垂直角测量值检核观测球棱镜的观测值,提高原始数据观测的可靠性。若发现观测值错误,返回步骤⑤,否则测量继续。

[0040] ⑦将测站A处的全站仪搬站到规划的测站C的相邻测站D,将测站B、测站C和测站D作为第二组测量点(第一组测量点为测站A、测站B和测站C),重复测量步骤②~⑥,将第一组测量点和第二组测量点的测量数据进行比对,即对测量测站B和测站C得到的两次测量数据进行比对,若比对误差不在设定范围内,则从第一组测量点开始重新测量;若比对误差在设定范围内,则进行下一组测量点的测量,测量后再对相同测量点的测量数据进行比对,直至完成规划控制网的全部导线点的测量。

[0041] 具体的,选取某一竖井为测量对象,该竖井空间狭窄,高度落差大,观测的垂直角大;竖井内安装各种设备,遮挡严重;为引入大地坐标,需和大地坐标的控制点联测。根据实际测量环境,本次三维控制网共设控制点(即导线点)14个,三维导线全长500余米,三维控制网如图4(a)所示,在主导线上测量竖井内设备点的支导线如图4(b)所示。

[0042] 按照测量方法先后对该三维控制网进行了三次测量,测量结果以及相对点位偏差均方根如表1和表2所示,其中表1为测量闭合差及耗时统计,表2为三次测量结果的相对点位偏差均方根统计表(其中单位为mm)。

[0043] 表1

次数	第一次	第二次	第三次
方位角闭合差(")	3.40	1.31	-0.08
高程闭合差(mm)	0.45	1.35	0.11
测量耗时(h)	34	30	22

[0045] 表2

次间	①-②			①-③			②-③		
轴向	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
最大偏差	0.417	0.389	0.588	-0.264	0.566	1.773	0.261	0.585	1.37
最小偏差	-2.907	-3.741	-2.469	-3.244	-3.348	-1.512	-1.288	-0.974	0
偏差范围	3.324	4.13	3.057	2.98	3.914	3.285	1.549	1.559	1.37
相对点位偏差均方根	0.654			0.691			0.402		

[0047] 表1中,方位角闭合差是从起始方位推算至某方向的方位值与该方向的已知方位值之差;高程闭合差是两点间的测量高差与两点间的理论高差之差。表2中,最大偏差是两期对应的测量点坐标分量差值的最大值;最小偏差是两期对应的测量点坐标分量差值的最

小值；偏差范围是最大偏差与最小偏差的差值；相对点位偏差均方根是两期对应的测量点之间的距离的均方根。

[0048] 通过表1和表2可以看出，方位角闭合差很小，三维导线以短边为主，点位坐标偏差很小；高程闭合差满足二等水准测量精度要求；三次测量结果的相对点位偏差均方根都在亚毫米级别，内符合性较好，验证了本发明的三维精密控制网测量方法的正确性和可靠性。

[0049] 用数字工业摄影测量方法测量全站仪测量过的点，将全站仪测量结果与数字工业摄影测量结果进行公共点转换，结果如表3所示（其中单位为mm）。

[0050] 表3

[0051]		X	Y	Z	总
	最大偏差	0.521	0.330	0.142	0.551
	最小偏差	-0.360	-0.374	-0.174	0.186
[0052]	偏差范围	0.882	0.704	0.316	0.366
	RMS	0.223	0.215	0.085	0.322

[0053] 由表3可以看出，公共点转换精度达到0.32mm，表示导线的测量点与数字工业摄影测量结果有着很好的符合程度，验证了导线点坐标的正确性。

[0054] 以上所述仅为本发明的优选实施例，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。例如，本实施例是通过改装全站仪（增设球棱镜和外觇标），按照上述测量方法测量控制网的各导线点，其作用是通过测量球棱镜能够避免测量精度受测量入射角度影响的问题，进一步提高了测量精度；通过测量外觇标得到的测量数据，检核通过测量棱镜得到的测量数据，进一步提高测量数据的可靠性，作为其他实施方式，还可以采用现有技术中的全站仪，按照本实施例提供的测量方法，通过测量角锥棱镜，实现各导线点的测量，同样能够达到要求的测量精度，以及达到测量的可靠性要求。

[0055] 作为其他实施方式，采用现有技术中的全站仪测量角锥棱镜时，还可以通过在全站仪上设置外觇标，检核通过测量角锥棱镜得到的测量数据。

[0056] 因此，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的权利要求范围之内。

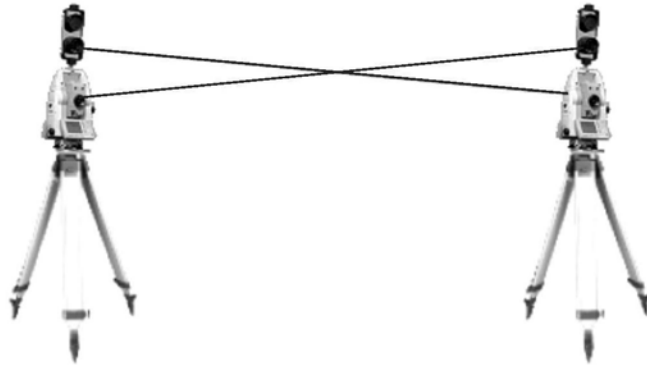


图1 (a)

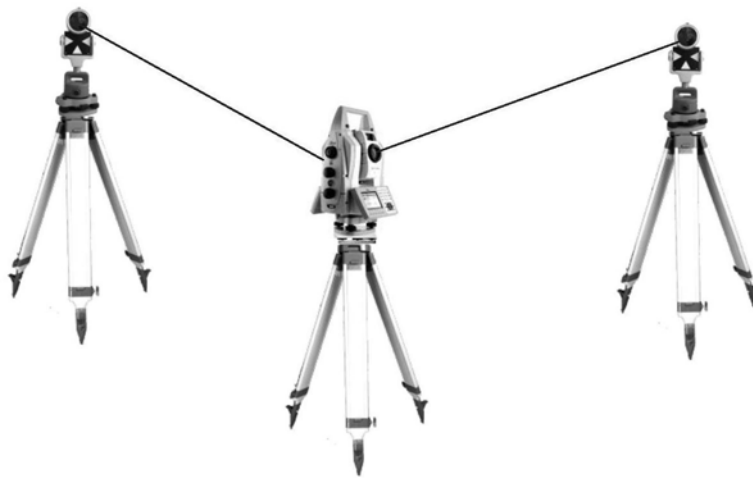


图1 (b)

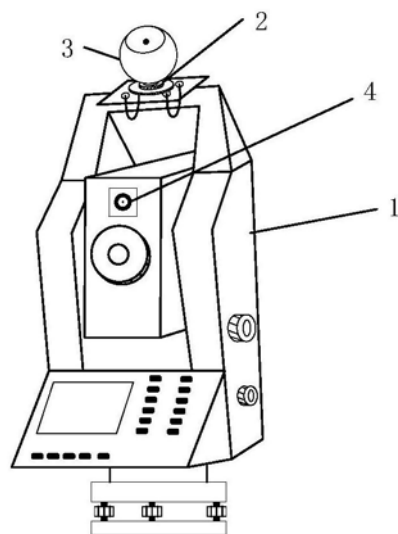


图2

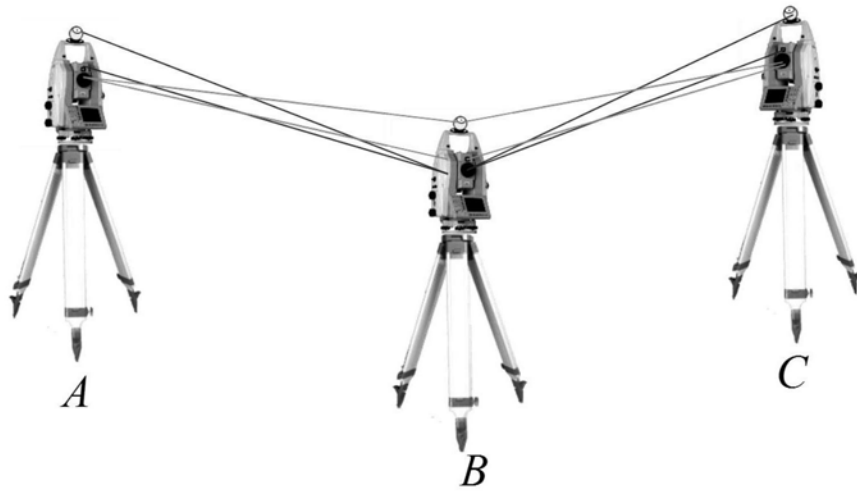


图3

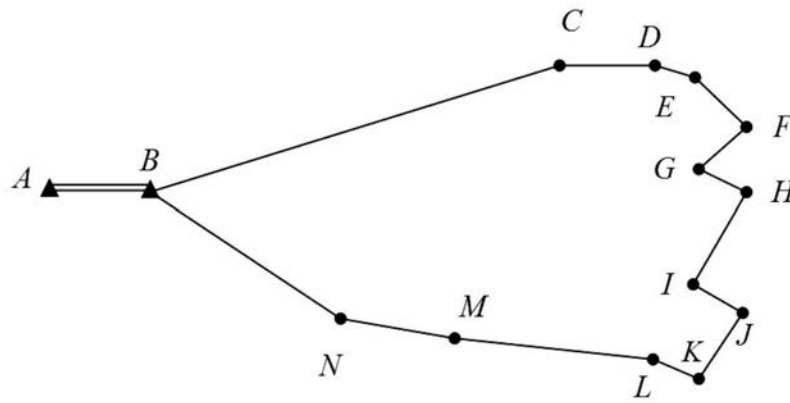


图4 (a)

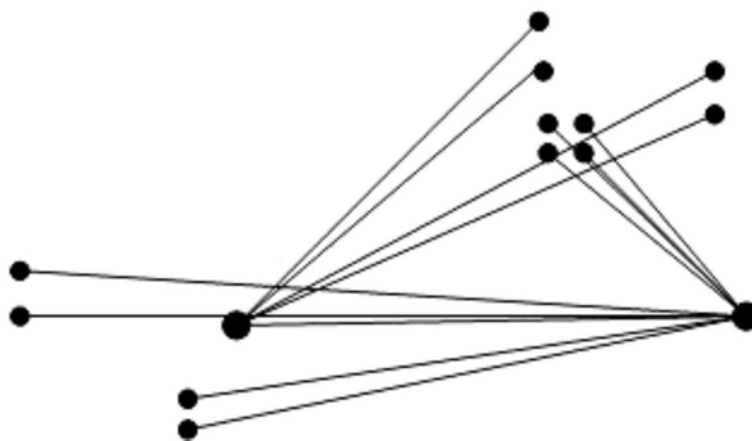


图4 (b)