第五章 直线方向的测量

第五章 直线方向的测量.....1
§5-1 直线定向.....1
一、直线定向的基本方向.....1
二、确定直线方向的方法.....3
三、直线的正反方向.....4
§5-2 用罗盘仪测量直线的磁方向.....4
§5-3 用天文观测法测量直线的真方位角.....5
§5-4 用陀螺经纬仪测量直线的真方位角.....7
一、陀螺经纬仪的构造.....8
习 题.....9

§5-1 直线定向

确定直线的方向简称**直线定向**。为了确定地面点的平面位置，不但要已知直线的长度，并且要已知直线的方向。直线的方向也是确定地面点位置的基本要素之一，所以直线方向的测量也是基本的测量工作。确定直线方向首先要有一个共同的基本方向，此外要有一定的方法来确定直线与基本方向之间的角度关系。

一、直线定向的基本方向

作为直线定向用的基本方向有下列三种。

(一) 真子午线方向

过地球上某点及地球的北极和南极的半个大圆称为该点的真子午线(如下图)。真子午线方向指出地面上某点的真北和真南方向。真子午线方向要用天文观测方法、陀螺经纬仪和GPS 来测定。

由于地球上各点的真子午线都向两极收敛而会集于两极，所以，虽然各点的真子午线方向都是指向真北和真南，然而在经度不同的点上，真子午线方向互不平行。两点真子午线方向间的夹角称为**子午线收敛角**。

子午线收敛角可近似地计算如下：图 5-2 中将地球看成是一个圆球，其半径为 R，设 A、B 为位于同一纬度 φ 上的两点，相距为 S。A、B 两点真子午线的切线就是 A、B 两点的真子午线方向，它们与地轴的延线相交于 D，它们之间的夹角 γ 就是 A、B 两点间的子午线收敛角。从图 5-2 可以得出：

从直角三角形 BOD 中可得

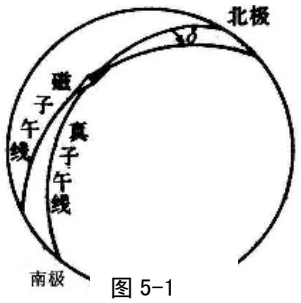


图 5-1

$$\gamma = S/BD \cdot \rho$$

故

$$BD = \frac{R}{\tan\varphi}$$

式中

$$\gamma = \rho \cdot \frac{S}{R}\tan\varphi$$

式(5-1)中可以看出：子午线收敛角随纬度的增大而增大，并与两点间的距离成正比。当 A、B 两点不在同一纬度时，可取两点的平均纬度代入 φ，并取两点的横坐标之差代入 S。

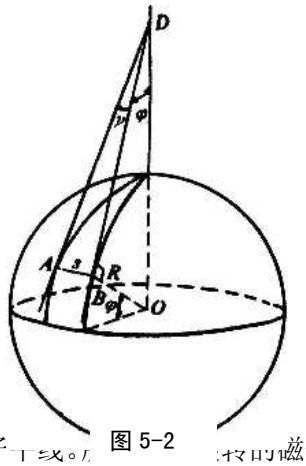


图 5-2

(二) 磁子午线方向

过地球上某点及地球南北磁极的半个大圆称为该点的磁子午线。自由静止的磁针静止下来所指的方向，就是磁子午线方向。磁子午线方向可用罗盘来确定。

由于地磁的两极与地球的两极并不一致，北磁极约位于西经 100.0° 北纬 76.1°；南磁极约位于东经 139.4° 南纬 65.8°。所以同一地点的磁子午线方向与真子午线方向不能一致，其夹角称为**磁偏角**，用符号 δ 表示(图 5-1)。磁子午线方向北端在真子午线方向以东时为东偏，δ 定为“+”，在西时为西偏，δ 定为“－”。磁偏角的大小随地点、时间而异，在我国磁偏角的变化约在+6°(西北地区)到－10°(东北地区)之间。由于地球磁极的位置不断地在变动，以及磁针受局部吸引等影响，所以磁子午线方向不宜作为精确定向的基本方向。但由于用磁子午线定向方法简便，所以在独立的小区域测量工作中仍可采用。

(三) 坐标纵轴方向

不同点的真子午线方向或磁子午线方向都是不平行的，这使直线方向的计算很不方便。采用坐标纵轴方向作为基本方向，这样各点的基本方向都是平行的，所以使方向的计算十分方便。

通常取测区内某一特定的子午线方向作为坐标纵轴，在一定范围内部以坐标纵轴方向作为基本方向。图 5-3 中以过 O 点的真子午线方向作为坐标纵轴，所以任意点 A 或 B 的真子午线方向与坐标纵轴方向间的夹角就是任意点与 O 点间的子午线收敛角 γ，当坐标纵轴方向的北端偏向真子午线方向以东时，γ 定为“+”，偏向西时 γ 定为“－”。

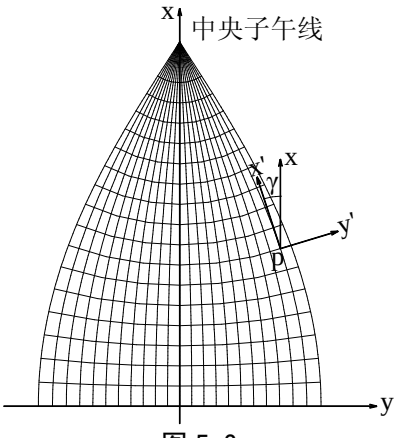


图 5-3

二、确定直线方向的方法

确定直线方向就是确定直线和基本方向之间的角度关系，有下面两种方法；

(一) 方位角

由基本方向的指北端起，按顺时针方向量到直线的水平角为该直线的**方位角**(Azimuth)，用 A 表示。所以方位角的定义域为$[0°,360°)$，如图 5-4 中 O1、O2、O3 和 O4 的方位角分别为 A_1、A_2、A_3 和 A_4。

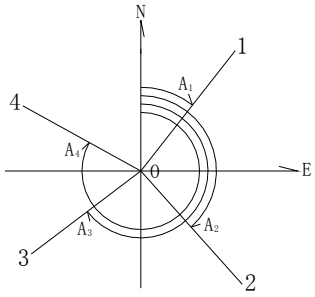


图 5-4

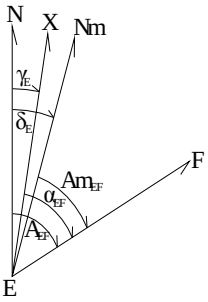


图 5-5

确定一条直线的方位角，首先要在直线的起点做出基本方向(图 5-5)。如果以真子午线方向作为基本方向，那么得出的方位角称**真方位角**，用 A 表示；如果以磁子午线方向为基本方向，则其方位角称为**磁方位角**，用 A_m 表示；如果以坐标纵轴方向为基本方向，则其角称为坐标方位角，用 α 表示。由于一点的真子午线方向与磁子午线方向之间的夹角是磁偏角 δ，真子午线方向与坐标纵轴方向之间的夹角是子午线收敛角 γ，所以从图 5-5 不难看出：真方位角和磁方位角之间的关系为；

$$A_{EF} = A_{mEF} + \delta_E$$

真方位用和坐标方位角的关系为：

$$A_{EF} = \alpha_{EF} + \gamma_E$$

式中 δ 和 γ 的值东偏时为“+”，西偏时为“－”。

(二) 象限角

直线与基本方向构成的锐角称为直线的象限角。

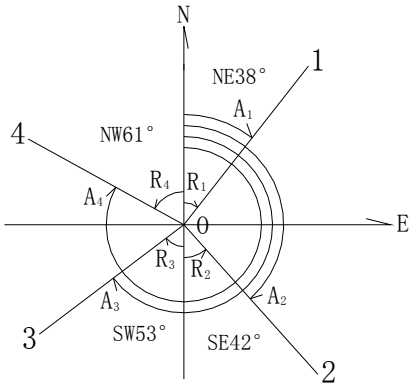


图 5-6

三、直线的正反方向

一条直线有正反两个方向，在直线起点量得的直线方向称**直线的正方向**，反之在直线终点量得该直线的方向称**直线的反方向**。

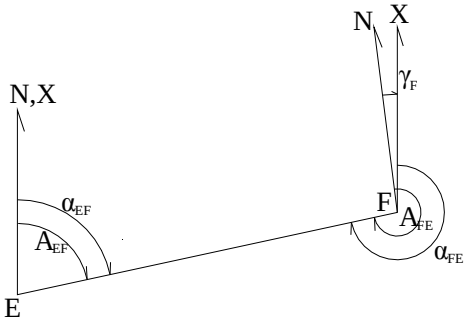


图 5-7

例如图 5-7 中，直线由 E 到 F，在起点 E 得直线的方位角为 A_{EF} 或 α_{EF}，而在终点 F 得直线的方位角为 A_{FE} 或 α_{FE}，A_{FE} 或 α_{FE} 是直线 EF 的反方位角。同一直线的正反真方位角的关系为：

$$A_{FE} = A_{EF} \pm 180° + \gamma_F$$

γ 为 EF 两点间的子午线收敛角。而正反坐标方位角的关系为：

$$\alpha_{FE} = \alpha_{EF} \pm 180°$$

由以上的变换关系可以看出，采用坐标方位角计算最为方便，因此在直线定向中一般均采用坐标方位角。

§5-2 用罗盘仪测量直线的磁方向

罗盘仪是测量直线磁方位角或磁象限角的一种仪器，它主要由望远镜(或照准觇板)、磁针和度盘三部分组成(图 5-8)。

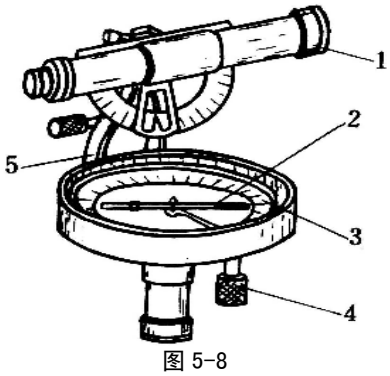


图 5-8

望远镜 1 是照准用设备，它安装在支架 5 上，而支架则连接在度盘盒 3 上，可随度盘一起旋转。磁针 2 支承在度盘中心的顶针上，可以自由转动，静止时所指方向即为磁子午线方向。为保护磁针和顶针，不用时应旋紧制动螺旋 4，可将磁针托起压紧在玻璃盖上。一般磁针的指北端染成黑色或蓝色，用来辨别指北或指南端。由于受两极不同磁场强度的影响，在

北半球磁针的指北端向下倾斜，倾斜的角度称“磁倾角”。为使磁针水平，在磁针的指南端加上一些平衡物，这也有助于辨别磁针的指南或指北端。

度盘安装在度盘盒内，随望远镜一起转动。度盘上刻有 1° 或 0.5° 的分划，其注记是自 0° 起按逆时针方向增加至一周 360°，过 0° 和 180° 的直径和望远镜视准轴方向一致，这种方式可直接读出直线的磁方位角，所以称为方位罗盘仪(图 5-9)。

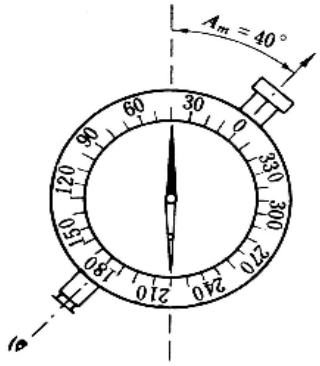


图 5-9

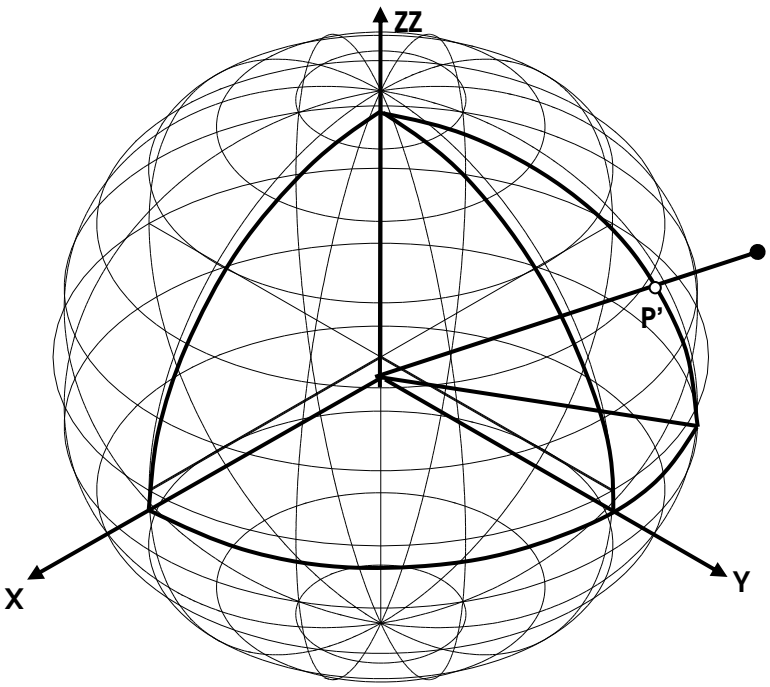
用罗盘仪测量直线方向时，将罗盘仪安置在直线的起点。对中、整平后，照准直线的另一端，然后放松磁针，当磁针静止后，即可进行读数。读数规则如下：

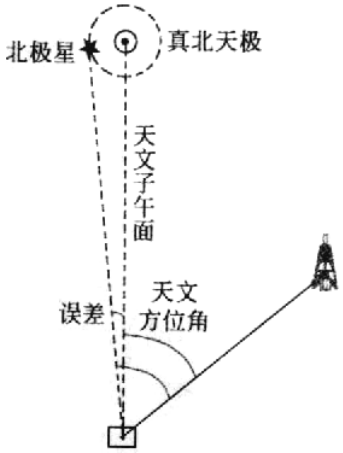
如果观测时物镜靠近 0°，目镜靠近 180°，则用磁针的北端直接读出直线的磁方位角。反之则用磁针的南端读出。如图 5-9 所示，读得磁方位角为 40°。

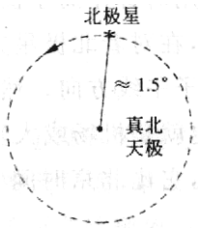
使用罗盘仪测量时应注意使磁针能自由旋转，勿触及盒盖或盒底；测量时应避开钢轨、高压线等，仪器附近不要有铁器。

§5-3 用天文观测法测量直线的真方位角

天文方位角测量的基本原理：





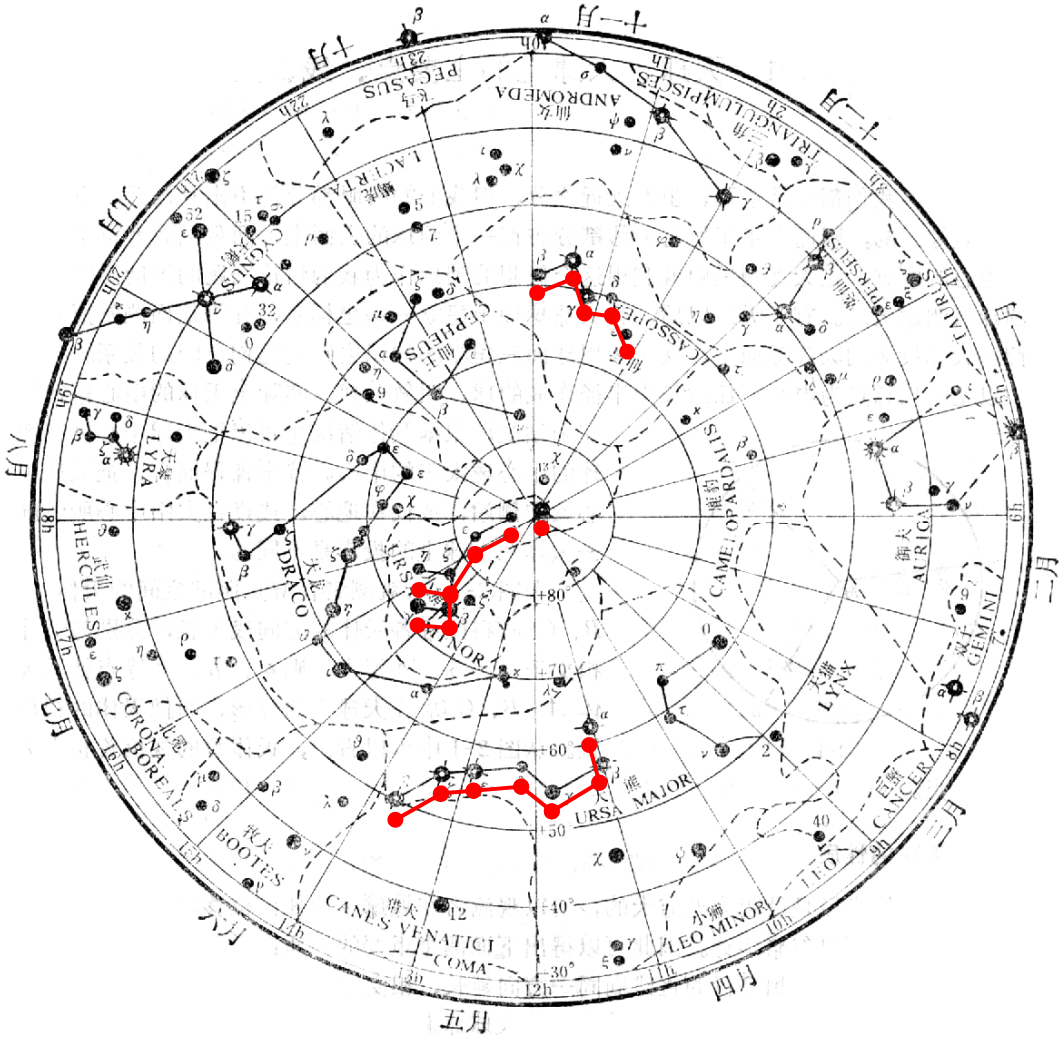


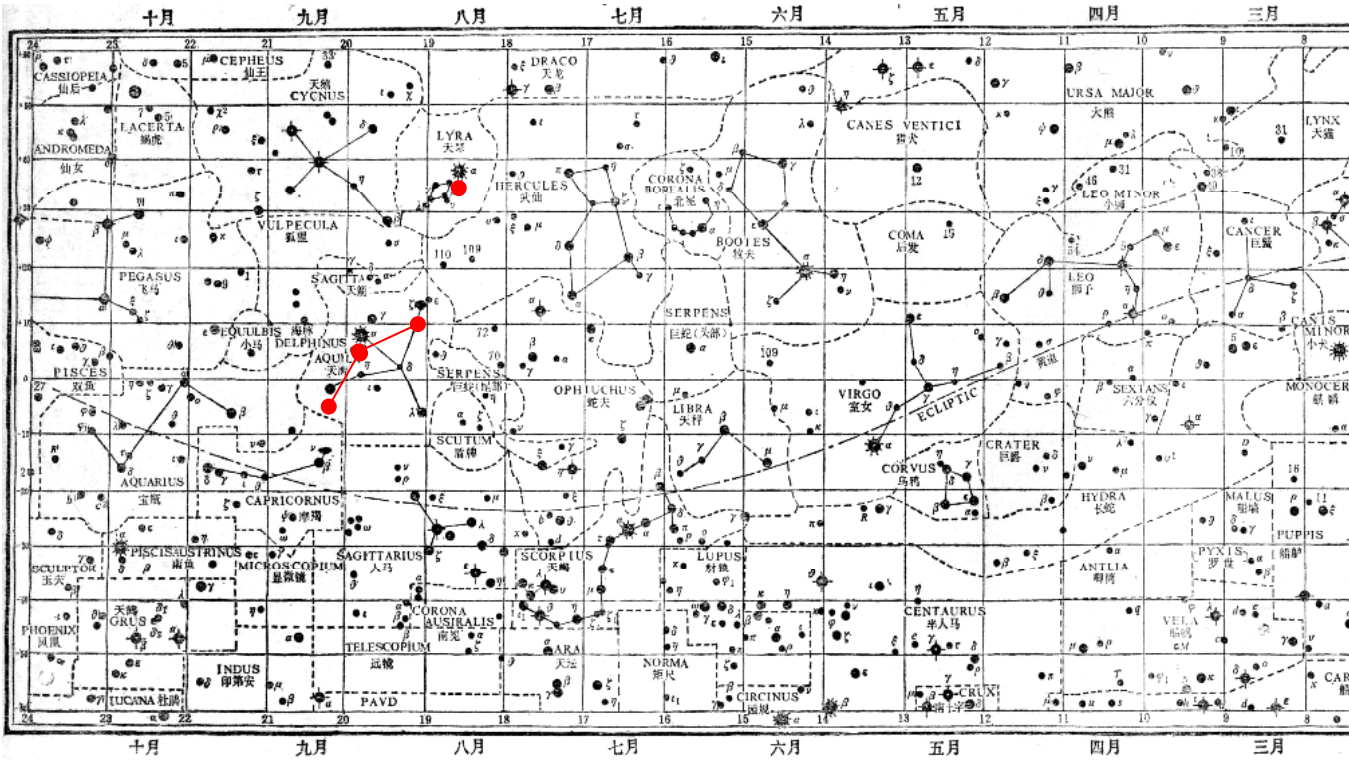
紫金山天文台、上海天文台每年年末公布下一年的天文年历、天文简历，可计算来年内任一时刻的北极星与真北天极间的方位角改正数。

天文方位角的主要观测方法：

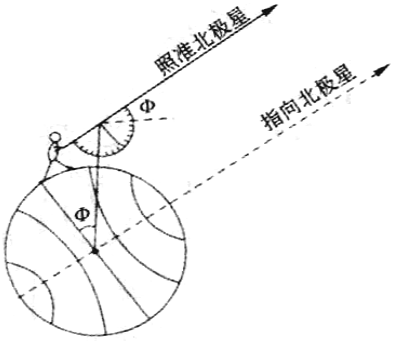
太阳高度法

北极星法

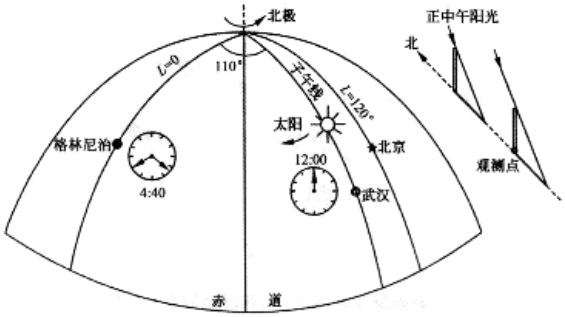




天文纬度测量



天文纬度测量



§5-4 用陀螺经纬仪测量直线的真方位角

用天文方法测量真方位角受到天气、时间和地点等许多条件的限制，观测和计算也较麻烦，用陀螺经纬可以避免这些缺点，特别是用于某些地下工程中。

陀螺经纬仪是由陀螺仪和经纬仪组合而成的一种定向用仪器。陀螺是一个悬挂着的能作

高速旋转的转子。当转子高速旋转时，陀螺仪有两个重要的特性：一是陀螺仪定轴性，即在无外力作用下，陀螺轴的方向保持不变；另一是陀螺仪的进动性，即在陀螺轴受外力作用时，陀螺轴将按一定的规律产生进动。因此在转子高速旋转和地球自转的共同作用下，陀螺轴可以在测站的真北方向两侧作有规律的往复转动，从而可以得出测站的真北方向。

一、陀螺经纬仪的构造

陀螺经纬仪由经纬仪、陀螺仪和电源箱三大部分组成。图 5-20 是国产 JT-15 型陀螺经纬仪，其陀螺方位角的测定精度为 $\pm 15''$，经纬仪属 DJ6 级。

陀螺仪的构造由以下几部分组成(图 5-21)。

(一)灵敏部 陀螺仪的核心部分是陀螺马达 1，它的转速为 21500 r/min，安装在密封充氢的陀螺房 2 中，通过悬挂柱 3 由悬挂带 4 悬挂在仪器的顶部，有两根导流丝 5 和悬挂带 4 及旁路结构为马达供电，悬挂柱上装有反光镜 6，它们共同组成陀螺仪的灵敏部。

(二)光学观测系统 有与支架固连的光标线 7，经过反射棱镜和反光镜反射后，通过透镜成像在分划板 8 上。在目镜内可见到图 5-22 的影像。光标像在视场内的摆动反映了陀螺灵敏部的摆动。

(三)锁紧和限幅装置 用于固定灵敏部或限制它的摆动。转动仪器的外部手轮，通过凸轮 9 带动锁紧限幅装置 10 的升降，使陀螺仪灵敏部被托起(锁紧)或放下(摆动)。

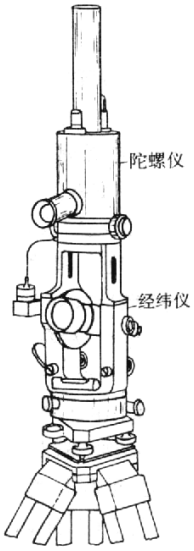


图 5—20

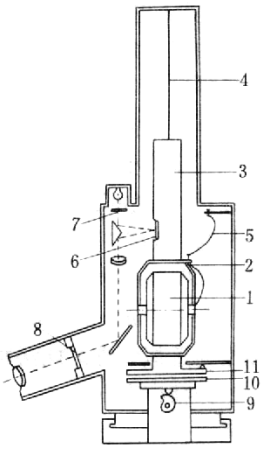


图 5--21

1-陀螺马达；2-陀螺房；3-悬挂柱；4-悬挂带；5-导流丝；6-反光镜；
7-光标线；8-分划权；9-凸轮；10-锁紧限幅装置 11-灵敏部底座。

仪器外壳的内壁有磁屏蔽罩，用于防止外界磁场的干扰，陀螺仪的底部与经纬仪的桥形支架相连。

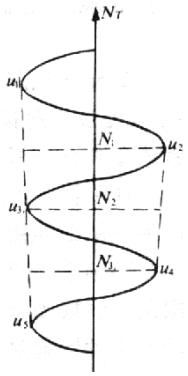


图 5—24

…… ……

习　　题

1．为什么要确定直线的方向？怎样来确定直线的方向？

2．定向的基本方向有哪几种？确定直线与基本方向之间的关系有哪些方法？

3．什么是子午线收敛角？它的大小和正负号与什么有关？

4．在图 5-25 中，过 I 点的真子午线方向为坐标纵轴方向，在图上标出 IJ、JK、KI 三条直线的真方位角和坐标方位角，并列出各边真方位角和坐标方位角的关系式。

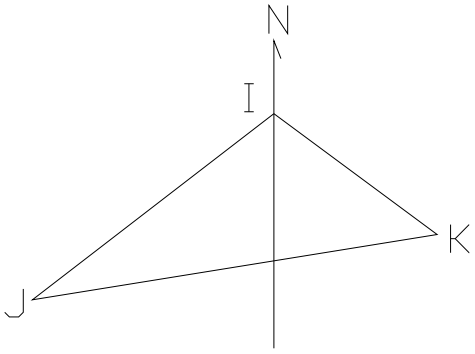


图 5-25

5．不考虑子午线收敛角，计算表 5-6 中空白部分。

表 5-6 方位角和象限角的换算

直线名称	正方位角	反方位角	正象限角	反象限角
AB				SW24° 32′
AC			SE52° 56′	
AD		60° 12′		
AE	38° 14′			