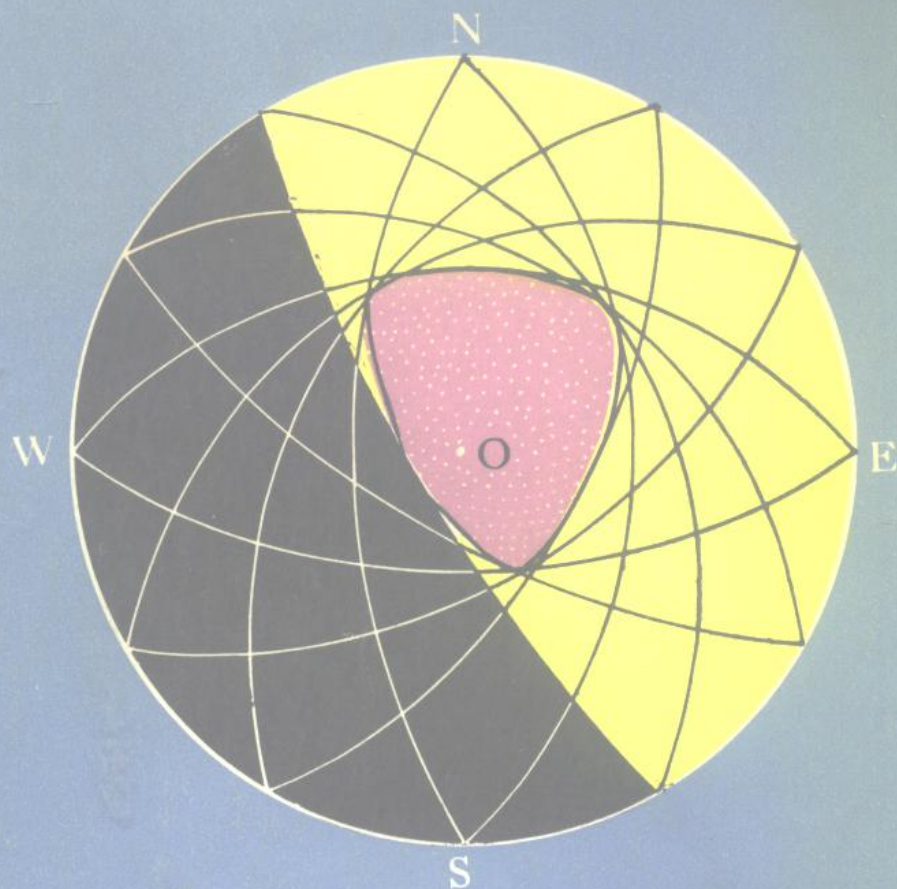




赤平极射投影 在岩体工程地质力学中的应用

孙玉科 古 迅 著

工程地质学丛书

科学出版社

工程地质学丛书

赤平极射投影在岩体工程 地质力学中的应用

孙玉科 古 迅 著

科学出版社

1980

内 容 简 介

本书是《工程地质学丛书》的一种。系统地总结了赤平极射投影和实体比例投影在岩体工程地质力学研究和实践中的应用。全书共分八章：

第一、二、三章介绍了赤平极射投影和实体比例投影的基本原理，详细叙述了岩体工程地质力学研究和实践中所涉及到的基本作图方法。第四、五、六、七章分别介绍了在工程地质测绘、边坡和地下洞室围岩稳定条件分析、以及空间共点力系的求解方面的应用。第八章专门论述滑移块体的稳定分析计算。坝基滑移块体的稳定分析计算也包括在这一章中。

本书可供工程地质工作者、工程技术人员、以及高等院校有关专业的师生参考。

工程地质学丛书

赤平极射投影在岩体工程 地质力学中的应用

孙玉科 古 迅 著

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1980 年 7 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1980 年 7 月第一次印刷 印张：8 1/2 插页：2

印数：0001—2,500 字数：196,000

统一书号：13031·1306

本社书号：1816·13—14

定价：1.60 元

序 言

赤平极射投影方法最早应用于天文学上,用于表示星体在太空中的位置和它们之间的角度距离。后来,在航海学和地图学中也都普遍采用。从上一世纪初开始应用于地质科学以来,在晶体矿物学和构造地质学中,已经获得了广泛的发展。1965年何作霖在他的《赤平极射投影在地质科学上的应用》一书中,就赤平极射投影的基本原理及其在晶体矿物学、晶体光学、岩组学和构造地质学等学科中的应用,以及对前人的著作做了较为系统和广泛的论述。

十多年前,赤平极射投影方法开始引进到工程地质学中来。起初主要用于岩质边坡的稳定分析。后来,在工程地质测绘和勘探的资料分析、岩体结构分析、应力分析和空间力系的求解、坝基岩体和地下洞室围岩稳定分析等方面,都逐步得到应用。王思敬在其《赤平极射投影方法及其应用》一文中,曾就其主要内容做过概要的论述。Hoek, E. 和 Bray, J., John, K. W., Goodman, R. E. 等人在边坡稳定分析中都普遍地应用了赤平极射投影方法,并先后发表了许多论著。在他们的著作中,理论和方法也相当完备。近年来,赤平极射投影方法在岩体工程地质研究和生产实践中的应用日益广泛,大有推广之势,新的内容也不断出现,使这一方法日益获得丰富和发展。

赤平极射投影是解析平面和直线的空间课题的一种图解方法,使用起来比较简单方便。利用赤平极射投影图来表示和测读空间上的平面或直线的方向和角度,以及它们之间的角距,可以完全用图解的方法代替繁杂的公式演算,既简便迅速,也比较形象直观。而且,只要作图细致,也可以达到相当精确的程度。

在岩体工程地质力学研究中,利用赤平极射投影来表示岩体中的结构面和临空面,可以在投影图上简便地确定它们的夹角和组合关系,确定岩体的结构特征。同时,工程作用力、岩体阻力、岩体变形滑移方向等都是具有一定方向的向量或直线,也可以用赤平极射投影将它们表示于投影图上。因此,利用赤平极射投影可以把岩体变形的边界条件、受力条件、强度参数等一并纳入一个统一的投影体系中进行分析,来解决岩体稳定分析问题。

由于赤平极射投影只表示平面、直线和点等几何要素的空间方向和它们的角距关系,并不涉及它们的绝对规模,如平面的大小、直线的长短和点间的距离等。因此,在工程岩体稳定分析中,赤平极射投影不能表示结构面在岩体中的具体位置,不稳定体(结构体)的大小,以及工程作用力、岩体强度参数和抗滑力的大小等。为此,我们在赤平极射投影的基础上,提出了实体比例投影方法,使赤平极射投影和垂直投影或直线解析结合起来,进行岩体结构和岩体稳定的定量图解分析。因此,这一图解方法也可称为赤平极射投影-实体比例投影方法。现在,这个方法已经成为岩体工程地质力学研究和实践中一个重要的立体图解分析方法。

本书力图系统地论述赤平极射投影方法和实体比例投影方法在岩体工程地质力学中的应用,但所涉问题还很不全面,许多内容还有待进一步深入提高。

作 者 1978年12月

目 录

序言

第一章 赤平极射投影的基本原理	1
一、赤平极射投影的概念	1
二、投影网	8
第二章 赤平极射投影测读和作图的基本方法	10
一、几个定义	10
二、应用投影网读图	10
三、基本作图方法	12
第三章 实体比例投影的原理和作图方法	25
一、实体比例投影的概念	25
二、投影原理和作图方法	26
第四章 在工程地质测绘中的应用	36
一、结构面的统计分析	36
二、构造结构面产状变化的分析	41
三、构造结构面的应力场分析	47
四、地质构造分析	53
第五章 边坡岩体结构与稳定性评价	58
一、边坡岩体结构的基本类型	58
二、边坡岩体的实体比例投影	59
三、滑动方向的分析	62
四、滑动可能性与稳定边坡角的初步判断	63
五、多组结构面条件下稳定边坡角的初步确定	69
六、边坡岩体结构图的编制	71
第六章 洞室围岩稳定条件的图解分析	74
一、洞顶不稳定块体的图解分析	74
二、洞壁不稳定块体的图解分析	80
三、洞顶-洞壁联合不稳定块体的图解分析	87
四、特定结构面组成的不稳定块体的图解分析	88
五、地下洞室最优轴线方向的选择	97
第七章 空间共点力系的求解	98
一、力的基本概念及其投影	98
二、空间共点力系的合成	99
三、空间共点力系的分解	104
四、四面体空间应力图解	108
第八章 块体滑移稳定分析	112
一、摩擦圆的概念与单滑面边坡的稳定分析	113
二、自重作用下双滑面块体的稳定分析	122
三、多种力作用下双滑面块体的稳定分析	128
四、坝基块体滑移稳定分析	129

第一章 赤平极射投影的基本原理

一、赤平极射投影的概念

赤平极射投影是表示物体的几何要素或点、直线、平面的空间方向和它们之间的角距关系的一种平面投影。它以一个球体作为投影工具(称投影球),以球体的中心(简称球心)作为比较物体的几何要素(点、线、面)的方向和角距的原点,并以通过球心的一个水平面作为投影平面。通过球心并垂直于投影平面的直线与投影球面的交点,称为球极。按照人们描述地球的习惯用语,就称投影平面为赤道平面;与投影平面相对应的两个球极,位于上部者称为北极,位于下部者称为南极,如图 1.1。

作赤平极射投影图时,将物体的几何要素置于球心。由球心发射射线将所有的点、直线、平面自球心开始投影于球面上,就得到了点、直线、平面的球面投影。由于球面上点、直线、平面的方向和它们之间的角距既不容易观测,又不容易表示。于是,再以投影球的南极或北极为发射点,将点、直线、平面的球面投影(点和线)再投影于赤道平面上。这种投影就称为赤平极射投影,由此得到的点、直线、平面在赤道平面上的投影图就称为赤平极射投影图。

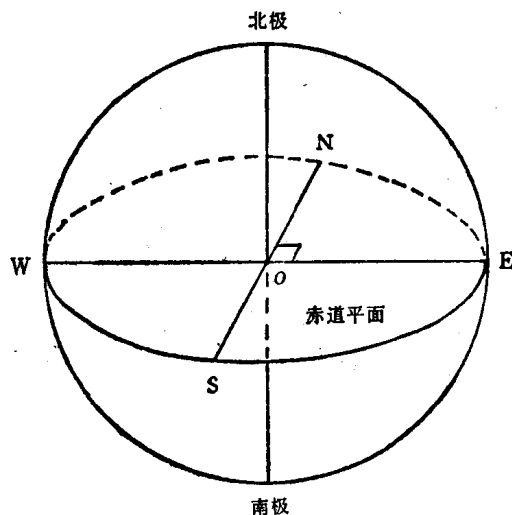


图 1.1 投影球和投影平面

图 1.2a 表示赤平极射投影原理的立体示意图。图上外圆代表投影球面, O 点为球心。平面 NESW 为赤道平面,它与球面的交线为一个圆 NESW, 这个圆称为赤道大圆。平面 NASB* 为一通过投影球心 O 的倾斜平面,它的走向为 SN, 倾向 E, 倾角为 α 。这个平面与赤道平面的交线 SN 就是它的走向线。由于这个平面通过投影球心,因此,它与投影球面的交线,即它的球面投影为一直径等于投影球直径的圆 NASB。半圆弧 NAS 是它在上半球的球面投影,半圆弧 SBN 是它在下半球的球面投影。由投影球的南极向该平面的球面投影发射射线,这些射线与赤道平面有一系列交点(如图 1.2a。由南极向 A 点发射的射线与赤道平面的交点为 C 点,向 B 点发射的射线与赤道平面的交点为 D 点),这些交点的连线就构成了该平面的赤平极射投影 NCSD。可以证明,它是一个圆, CD 为其直径,平分 CD,即为其作图圆心。由图 1.2a 可见,圆弧 NGS 为该平面的上半球球面投影(半圆弧 NAS)的赤平极射投影,它位于赤道大

* 书中在叙述时借 S、N、E、W 做点、线应用,均为斜体。

圆之内。圆弧 SDN 为该平面的下半球球面投影(半圆弧 SBN)的赤平极射投影,它位于赤道大圆之外。图 1.2b 就为该平面的赤平极射投影图。

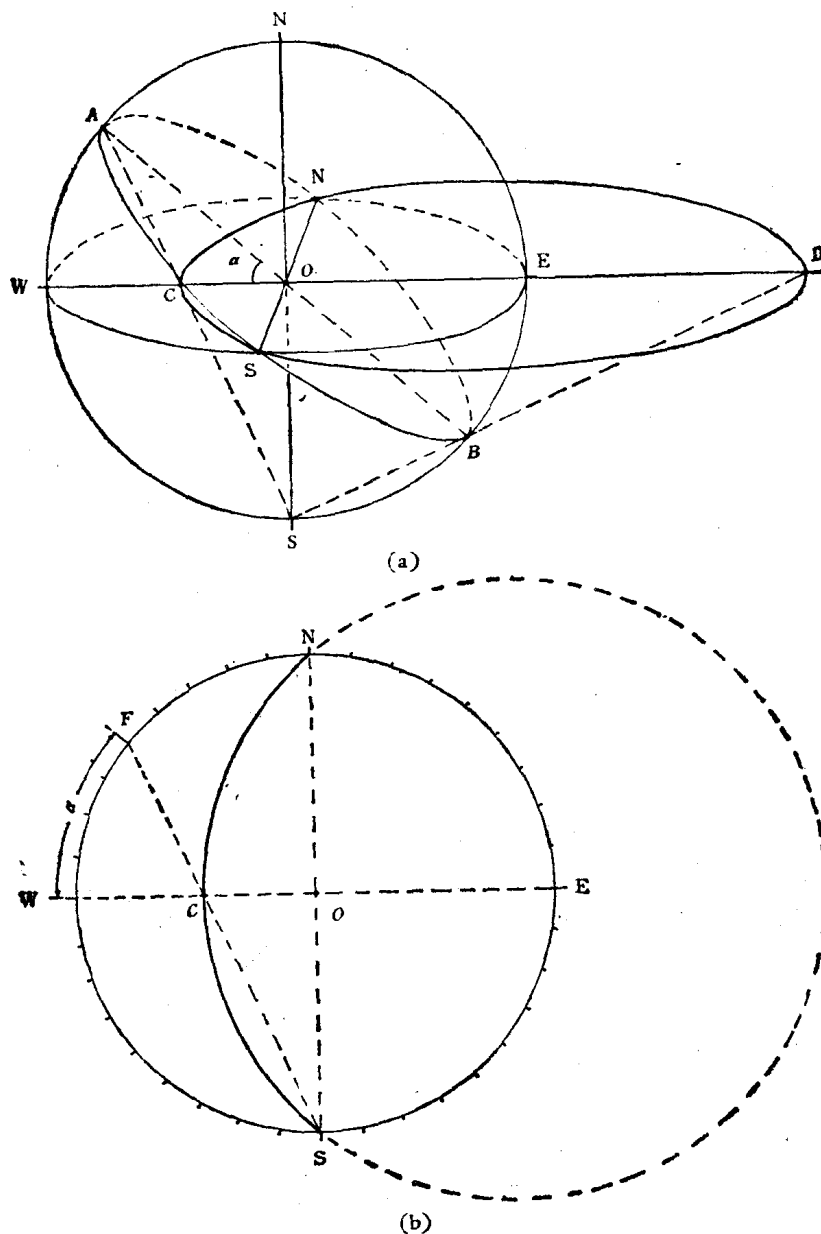


图 1.2 通过球心的平面的投影原理

图 1.2b 所表示的是平面 $NASB$ 的全球面赤平极射投影。在实际应用中,大多数只作半球面投影。并且根据表示目的的不同和习惯,或作上半球的投影,射线由下半球球极(南极)发出;或作下半球的投影,射线由上半球球极(北极)发出。作半球投影的好处在于被投影的点和线都在与发射点相对的半球面上,它们的赤平极射投影都在赤道大圆内,既便于作图,又方便比较和判读。比较常用的是作上半球的投影,本书全部采用这种表示法。如图 1.2b 中,赤道大圆内的实线圆弧 NCS 即表示平面 $NASB$ 在上半球上的赤平极射投影。

在赤平极射投影图上,外圆为赤道大圆,代表赤道平面(即水平面),其上、下、左、右分别代表北(N)、南(S)、东(E)、西(W)方位,并按 360° 方位角分度。圆弧NCS为上述平面的赤平极射投影。N、S两点的连线即代表该平面的走向线,它的方位就由N点(或S点)在赤道大圆上的方位分度读出。圆弧NCS凹部所指的方向代表该平面的倾向方向,其中C点与圆心O的连线即为该平面的倾向线。延长CO与赤道大圆交于E点,E点在赤道大圆上的方位,即为该平面的倾向方位。联S、C两点并延长与赤道大圆交于F点。延长OC与赤道大圆交于W点。F、W两点间所包括的方位度数即为该平面的倾角 α 。

图1.2说明,经过投影球心的倾斜平面的全球面赤平极射投影,为一直径大于赤道大圆直径的大圆,它的半球面赤平极射投影为该大圆经过赤道大圆直径两端、位于赤道大圆内的那一段圆弧。因此,若已知平面的空间方向,就可以用圆规和直尺,根据投影原理求出作图圆心后,将其赤平极射投影图绘出。

图1.3表示经过投影球心的倾斜平面的投影大圆的作图圆心的图解方法,它是通过图1.2a中的AB所作的一个垂直剖面(为便于叙述,图上的南、北两点分别以符号S、N代替,但它们不是赤道大圆上的S、N)。AB为已知平面的倾向线,A点投影于C点,B点投影于D点,CD为已知平面的投影大圆的一条直径。过S点作一直线SH垂直于AB,并延长与CD相交于G点,与投影球面相交于F点。若能证明 $CG = DG$,则G点为该平面的投影大圆的作图圆心无疑。兹证明如下:

因三角形ASH和三角形CSO都是直角三角形,又因 $\angle SAO = \angle ASO$,所以, $\angle ASH = \angle SCO$,三角形CSG为等腰三角形, $CG = SG$ 。

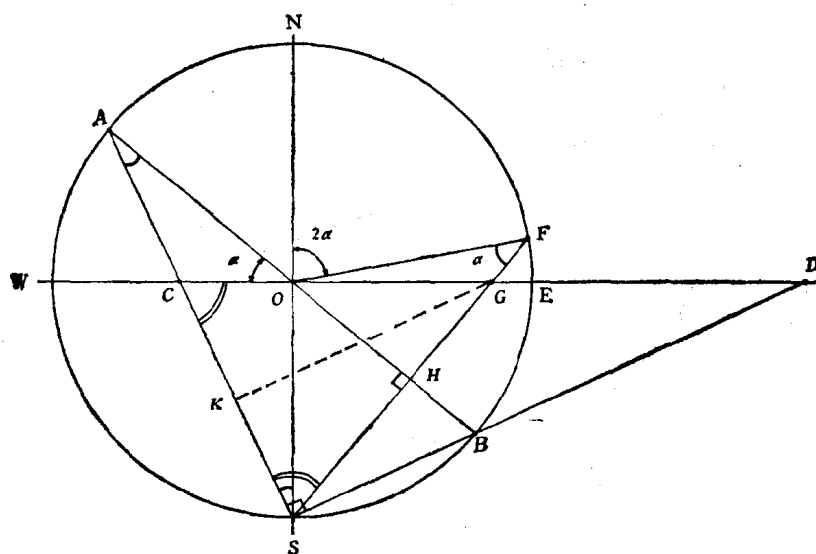


图1.3 平面投影大圆作图圆心的图解

又因 $\angle GSD = 90^\circ - \angle ASH$, $\angle CDS = 90^\circ - \angle SCO$, 已证明 $\angle ASH = \angle SCO$, 所以, $\angle GSD = \angle CDS$, 三角形GSD为等腰三角形, $DG = SG$ 。于是 $CG = DG$, G点为平面投影大圆的作图圆心。

同时,联FO,可以证明 $\angle NOF = 2\alpha$ 。

因此,若将图1.3翻转变为赤道平面,则NS为已知平面的走向线,CD为已知平面的

倾向方位线, α 为其倾角, 平面投影大圆的作图圆心可用下面两种简单方法求出:

(1) 由 N 点顺已知平面的倾斜方位, 在赤道大圆上取 NF 弧段等于 2α . 联 SF , 它与平面的倾斜方位线的交点 G , 即为作图圆心.

(2) 由 N 点逆已知平面的倾斜方位, 在赤道大圆上取 NA 弧段等于 $(90^\circ - \alpha)$. 联 AS , 它与平面的倾斜方位线相交于 C 点. 作 CS 的垂直等分线 KG , 它与 CD 的交点 G 即为作图圆心.

图 1.4 表示已知平面产状, 作其赤平极射投影的作图方法. 已知平面的产状为走向 $N20^\circ E$, 倾向 SE , 倾角 50° . 作图步骤如下:

(1) 以某一直径作一圆, 并按 360° 方位角分度, 代表赤道大圆.

(2) 在圆周上表示方位为 $N20^\circ E$ 处取 A 点. 作 A 点与圆心 O 的连线并延长至 B , 得直径 AB , 为已知平面的走向线.

(3) 过圆心 O 作 AB 的垂线, 与赤道大圆交于 C 、 D 两点. OD 为已知平面的倾向方位线.

(4) 在赤道大圆上, 由 A 点顺已知平面的倾斜方位按方位分度取 AF 弧段等于 $2 \times 50^\circ = 100^\circ$. 联 BF , 并延长之, 与 CD 的延长线相交于 G 点.

(5) 以 G 点为圆心, GB 为半径作一圆弧 APB , 即为已知平面的赤平极射投影.

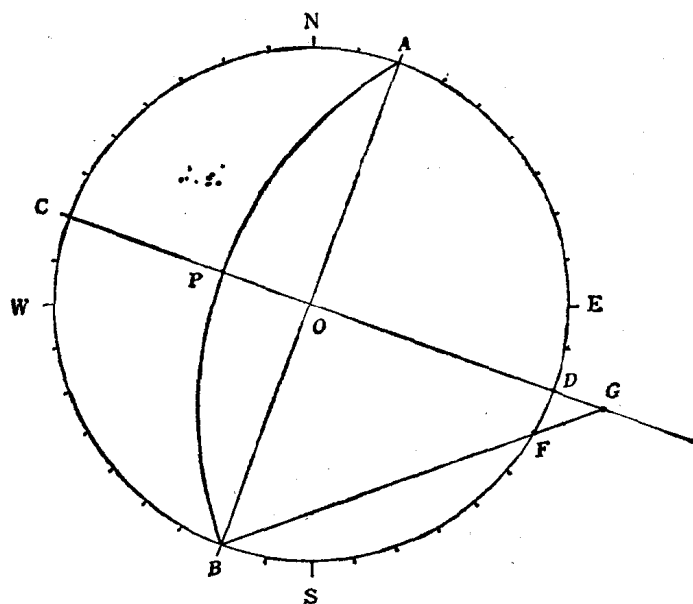


图 1.4 平面的投影的作图法

由以上分析可知, 通过投影球心的水平面的赤平极射投影即为赤道大圆本身. 经过投影球心的直立平面, 它的赤平极射投影则为通过赤道大圆圆心所划的一条直径.

图 1.5a 为通过投影球心的直线的赤平极射投影的立体示意图. 图中通过球心的直线 AO 倾向 W , 倾角为 α , 它与投影球面的交点 A 为其球面投影. 由投影球的南极向 A 点发射射线, 射线与赤道平面的交点 B 即为直线 AO 的赤平极射投影. 或者, 联结 BO , 亦为直线 AO 的赤平极射投影. 平面表示为图 1.5b. 在投影图上, BO 所指向的方位为其倾向方位, 如图为倾向 W . 联 SB , 并延长与赤道大圆交于 C 点. 联 CO , $\angle COB$ (或赤

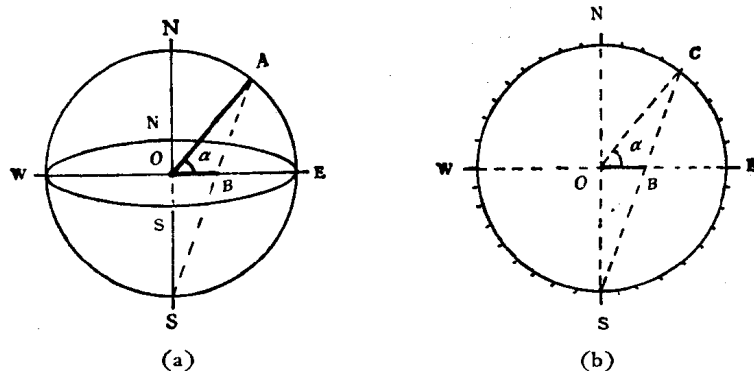


图 1.5 通过球心的直线的赤平极射投影

道大圆上 CE 弧段所包含的方位度数)即为该直线的倾角 α 。

图 1.6、图 1.7、图 1.8 表示不经过投影球心的平面和直线的赤平极射投影。

不经过投影球心而垂直于赤道平面的平面，它与投影球面的交线为一平行于投影球中心直立轴的一个圆。可以证明，它的全球面赤平极射投影也是一个圆，如图 1.6a。平面表示为图 1.6b，图中实线圆弧 AFC 为上半球的投影，它位于赤道大圆内，虚线圆弧 CGA 为下半球的投影，它位于赤道大圆之外。此种平面的空间方向以其走向方位及其距投影球中心直立轴的分度值来量度，通过球心者为 0° ，与球面相切者为 90° 。如图 1.6a，该平面的走向为 SN ，距投影球中心直立轴的分度值为 α 。因此，若已知此种平面的走向及其距投影球中心直立轴的分度值，也可以根据投影原理求出投影圆的作图圆心后，将其赤平极射投影绘出。

图 1.6c 表示这种平面的赤平极射投影的作图圆心的图解方法，它是通过图 1.6a 的 EW 线所作的一个垂直剖面。B 点投影于 F 点，D 点投影于 G 点，FG 为该平面的投影圆的一条直径。过 B 点(或 D 点)作球面的切线，与 FG 相交于 P 点，即为该平面的赤平极射投影的作图圆心。由于它关系到后面投影网的纬线的绘制方法，特证明如下：

联 BO 。因 $\angle NOB = \alpha$ ，所以， $\angle BSO = \angle SBO = \frac{\alpha}{2}$ 。由此求得 $\angle FBP = \angle BFP = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}$ ，三角形 BFP 为一等腰三角形， $BP = FP$ 。

又因为三角形 BNO 为一等腰三角形， $\angle NBO = \angle BNO = \frac{180^\circ - \alpha}{2} = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}$ ，所以， $\angle HBN = \angle GBP = \frac{\alpha}{2}$ 。同时，由直角三角形 GNO 得 $\angle NGO = \frac{\alpha}{2}$ ，所以， $\angle PBG = \angle BGP = \frac{\alpha}{2}$ ，三角形 BGP 为一等腰三角形， $BP = GP$ 。于是证明了 $FP = GP$ ，P 点为该平面的赤平极射投影的作图圆心。

不通过投影球心的倾斜平面，它与投影球面的交线也是一个圆，它的赤平极射投影为一个直径小于赤道大圆直径的小圆(图 1.7)。若此种平面只切过上半球，它的投影为位于赤道大圆内的小圆，如图 1.7。若此种平面切过上、下半球，则其位于下半球部分的投影将落在赤道大圆以外。这种平面的空间方向用小圆的中心点的方向表示，小圆的半径用度数表示(参见图 2.21)。

不经过投影球心而平行于赤道平面的平面(水平面)，若其位于上半球，则它的赤平极射投影为位于赤道大圆内并与赤道大圆同心的小圆，如图 1.8 中的小圆 PQ 。不经过投影

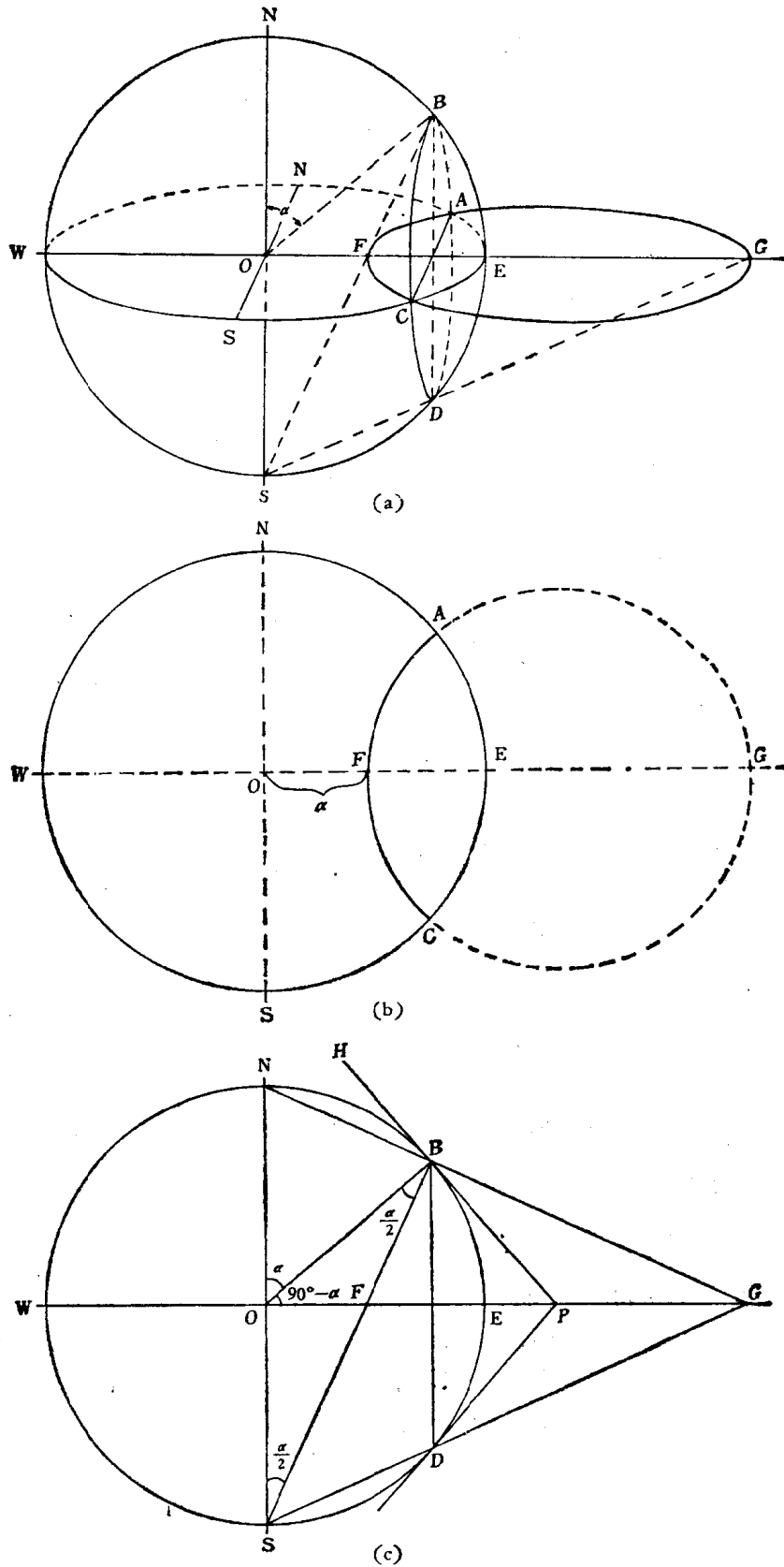


图 1.6 不通过投影球心的垂直平面的赤平极射投影

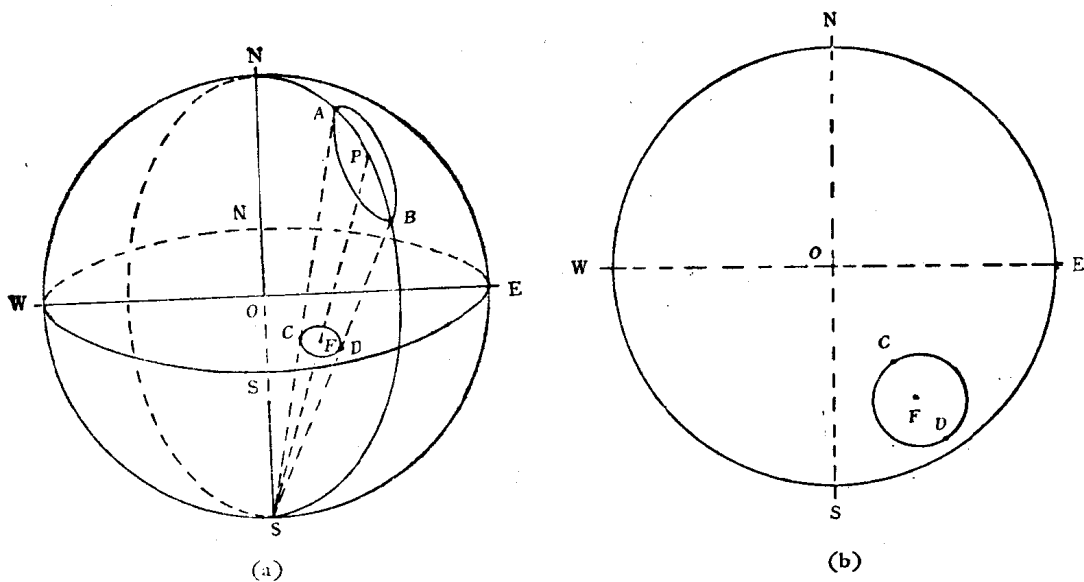


图 1.7 不通过球心的倾斜平面的赤平极射投影

球心的直线的赤平极射投影,仍为一直线,如图 1.8 中的直线 CD 。

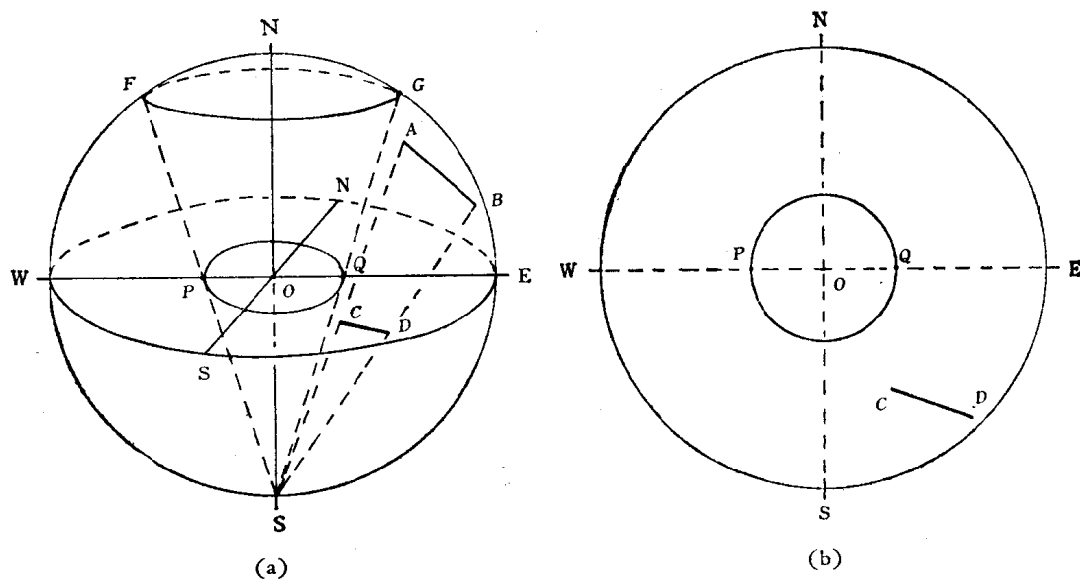


图 1.8 不通过球心的水平面和直线的赤平极射投影

在岩体工程地质力学研究和实践中,主要应用的是通过投影球心的平面和直线的赤平极射投影,用于表示岩体中的结构面、工程开挖面、以及工程作用力、岩体的滑移方向、滑动力和抗滑力等。在作投影图时,不考虑平面和直线的空间位置,只表示它们的空间方向而将平面和直线一并平移至投影球中心,作出它们的赤平极射投影。因此,在投影图上,一个大圆将代表一个平面或一组互相平行的平面,一条直线(或一个点)代表一条直线或一组平行的直线。

不经过投影球心的平面和直线的投影,在岩体工程地质力学研究中较少用到,故未予详细阐述。

二、投影网

为了便于应用,能够迅速作图、判读平面和直线的空间方向以及它们之间的角距关系,需要有一个按照赤平极射投影原理预先绘制好的投影网。

图 1.9 是苏联学者吴尔福 1902 年发表的一个赤平极射投影网,称为吴氏投影网。投影网的外圆代表投影球的赤道平面,其直径为 20 厘米。投影网的网格是由 2° 分格的一组经线和一组纬线组成的。其中经线为通过投影球心、走向南北、倾向东和倾向西、倾角由 0° 到 90° 的一组平面的赤平极射投影,纬线为不通过投影球心、走向东西、纬度(距投影球中心直立轴的度数)为南纬 0° 到 90° 和北纬 0° 到 90° 的一组垂直于赤道平面的平面的赤平极射投影。由上一节的分析可知,这些经线和纬线都是圆弧,可以根据图 1.3、图 1.6 的原理和方法,求出作图圆心后,用圆规将它们绘出。因此,如果在作图和测读时,手头没有现成的投影网,可以按照下述的方法自行绘制。

取直径为 20 厘米作一圆,通过圆心 O 作 EW 和 SN 两条互相垂直的直线,并将圆周按 360° 方位角分度。然后,每隔 2° 绘制一条经线和纬线。

(1) 经线绘制法。首先,作东半圆上每隔 4° 的分度点与 S 点(或 N 点)的连线,这些直线与 EW 线及其延长线有一系列交点,这些交点就是绘制投影网西半部的经线的作图圆心。然后,分别以这些交点为圆心,以它们到 S 点(或 N 点)的距离为半径,作一系列通过 N 、 S 两点的圆弧,就得出了投影网西半部的经线。按照相同的作图方法,作西半圆上每隔 4° 的分度点与 S 点(或 N 点)的连线,得出作图圆心,就可绘出投影网东半部的

经线。至此,投影网的经线绘制完毕。

图 1.10 表示倾向东,倾角为 30° 的一条经线的绘制方法。

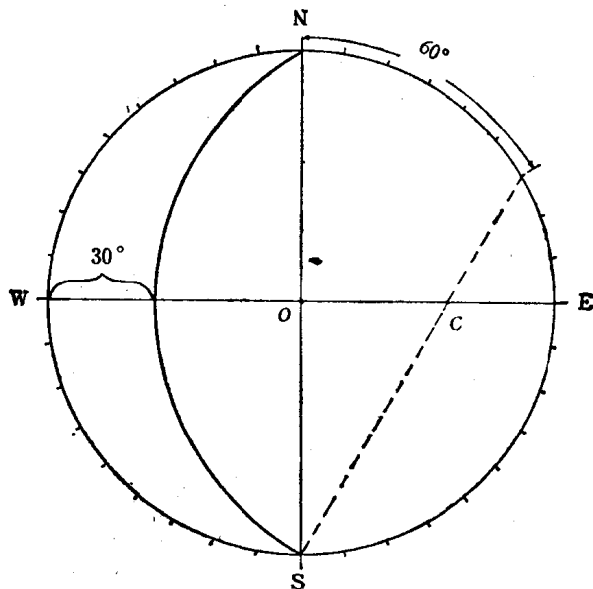


图 1.10 投影网经线绘制法

(2) 纬线绘制法。首先,经过圆周上 SW (或 SE) 弧段每隔 2° 的分度点,作圆的一系列切线,这些切线与 SN 线的延长线相交于一系列交点。这些交点就是绘制投影网南半部的纬线的作图圆心。然后,以这些交点为圆心,以它们至各相应分度点的切线段的长度为半径,作一系列与圆相交的圆弧。这些圆弧即为投影网南半部的纬线。按相同的作图方法,过圆周上 NW (或 NE) 弧段每隔 2° 的分度点,作圆的一系列切线,又可得出一系列作图圆心,绘出投影网北半部的经线。

图 1.11 表示南纬 40° 的一条纬线的绘制方法。

吴氏网是一种等角度投影网,或称为保角投影网,用圆规、直尺就可以作图,使用比较方便,是应用最广的一种投影网。此外,还有一种特影网为施米特所作,称为施米特投影

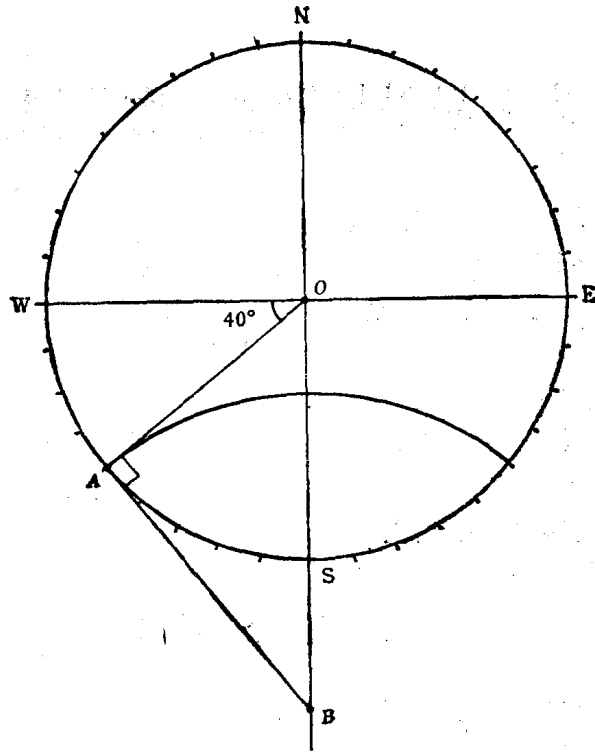


图 1.11 投影网纬线绘制法

网(图 1.12),其作图方法与吴氏网略有不同,是一种等面积投影网。它用于对结构面进行统计分析,绘制结构面等密度图比较方便。还有一种弗德洛夫投影网,其作图原理和方法与吴氏网相同,只是表示的内容多一些。其它的各种投影网,则主要是为特殊用途而作。

第二章 赤平极射投影测读和作图的基本方法

应用赤平极射投影表示空间上的点、直线、平面等几何要素,包括根据已绘出的赤平极射投影图,测读它们的空间方向和产状,以及根据它们的空间方向和产状作出它们的赤平极射投影图两个方面。赤平极射投影的测读和作图,除了可以根据投影的几何原理,用圆规和直尺进行外,比较方便的是利用现成的投影网来进行。对已经绘好的投影图进行测读时,如果有透明的投影网,可以将投影网覆于投影图上进行测读(投影网的大小应与投影图一致)。如果没有透明的投影网,则要将描在透明纸上的投影图覆于投影网上进行。在作投影图时,则一般都是用透明纸蒙在投影网上进行。利用投影网可以完成平面和直线的赤平极射投影的一切作图。

一、几个定义

(1) 基圆。赤平极射投影图的外圆,即赤道大圆称为基圆。

(2) 大圆。赤平极射投影图上,表示经过投影球心的平面的投影的圆弧,其曲率半径大于基圆的半径,称为大圆。大圆两端的联线必定是基圆的一条直径。

(3) 小圆。赤平极射投影图上,表示不经过投影球心的倾斜平面的投影的圆或圆弧,其半径小于基圆的半径,称为小圆。

(4) 极点。赤平极射投影图上所有的投影点都称为极点。它既可以表示空间上一点的投影,也可以表示经过投影球心的一条直线的投影。当经过投影球心的平面是用其法线来表示时,极点也可表示平面的投影。

二、应用投影网读图

1. 极点的测读

在结构面的统计分析中,极点常用来代表结构面的产状,每一个极点代表一个结构面。极点的测读方法如下:

投影图上已绘一极点 A (图 2.1), 求其所代表的结构面的产状。测读时, 将透明的投影图复于投影网上, 使二者的圆心重合。转动投影网, 直至 A 点落在投影网的 EW 线上。联 OA , OA 所指的方位 (50°) 为结构面的倾向方位。由 A 点向网格的圆心方向按经线的分度数 90° , 得 P 点。 P 点所在的经线即为极点 A 所代表的结构面的投影大圆。该经线端点在投影图基圆上的方位为结构面的走向方位, 它所代表的角度为结构面的倾角。如图 2.1, 极点 A 代表走向 $N40^\circ W$, 倾向 NE , 倾角为 60° 的结构面。

若极点 A 是代表空间上一直线的投影, 则联 AO , 按图 2.2 的读图法读出该直线的产状。

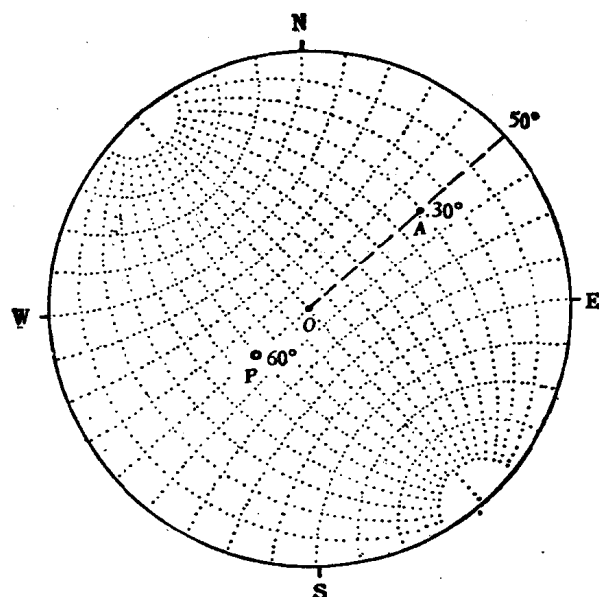


图 2.1 极点的测读

2. 直线的产状

投影图上绘一直线 AO ，表示空间一直线的赤平极射投影，求其产状(图 2.2)。

将透明的投影图覆于投影网上。转动投影网，使 AO 与投影网的 EW 线重合。延长 OA 到基圆，得 B 点。读 BA 线段所包括的经线的分度值，或 A 点在经线所代表的角度，便是该直线的倾角 (50°)。 AO 所指的方位，或延长 AO 至基圆，得 C 点， C 点的方位分度值，就是该直线的倾向方位 (30°)。如图 2.2。

3. 平面的产状

图 2.3 所示大圆 ABC 为一平面的赤平极射投影，求读该平面的产状。

将透明的投影图覆于投影网上。转动投影网，使 A 、 C 两点与投影网的 S 、 N 重合，亦即使平面的走向线 AC 与投影网的 SN 线重合。联 BO ，为平面的倾向线，它所指方位为平面的倾向方位 (60°)。 A 点 (或 C 点) 所在的方位为平面的走向

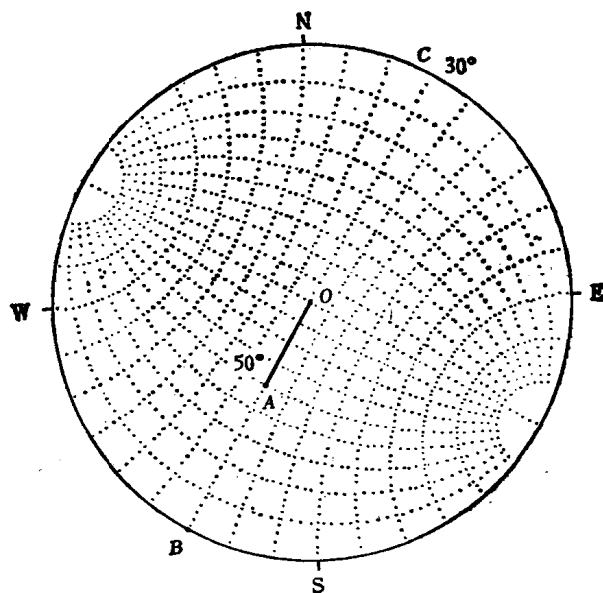


图 2.2 直线产状的测读

方位(注意平面的走向和倾向的方位均应根据投影图基圆上所标示的方位分度测读)。与大圆 ABC 重合的经线所代表的角度，即为该平面的倾角。由图 2.3 读得大圆 ABC 所代表的平面的产状为走向 $N30^\circ W$ ，倾向 NE ，倾角 30° 。

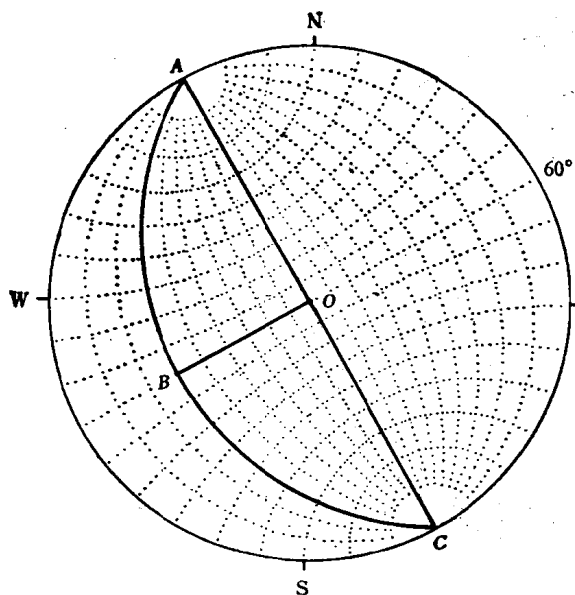


图 2.3 平面产状的测读

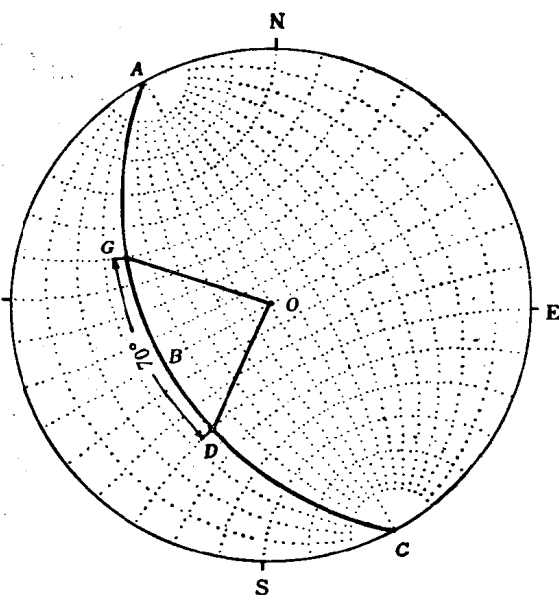


图 2.4 平面上两直线夹角的测读

4. 平面上两直线的夹角

投影图上已绘一平面的投影为大圆 ABC , DO 和 GO 为该平面上的两条直线, 即 D 点和 G 点都在大圆 ABC 上, 求读出两直线的夹角 (图 2.4).

将透明的投影图覆于投影网上. 转动投影网, 使 A 、 C 两点与投影网的 S 、 N 重合. 在大圆 ABC 上按投影网的网格读取 DG 弧段所包含的纬度线的纬度数, 就是 DO 和 GO 两直线的夹角. 如图 2.4, DO 和 GO 两直线的夹角为 70° .

平面上两直线相交, 共有四个成对相等的夹角, 也就是说, 除了两直线垂直相交外, 有两个不等的夹角, 两者为互补关系. 因投影图只表示上半球的投影, 所以由此读图法读得的夹角为两直线同时位于上半球时的那个夹角 (两直线同时位于下半球时的夹角与此相同). 另一个夹角 (一直线位于上半球而另一直线位于下半球) 为 $180^\circ - 70^\circ = 110^\circ$.

以上诸读图法是最基本的, 必须首先熟练掌握.

三、基本作图方法

1. 已知直线产状, 求作其投影

已知一直线产状为倾向 $N30^\circ E$, 倾角 30° , 求作其赤平极射投影. 作图步骤如下:

(1) 在透明纸上作一基圆, 其直径等于投影网直径, O 为圆心. 在基圆上标出 E 、 W 、 S 、 N 方位和方位角分度, 如图 2.5.

(2) 在基圆上根据已知直线的倾向 ($N30^\circ E$) 标出 A 点, 并联结 AO .

(3) 将透明投影图覆于投影网上, 使 AO 与投影网的 EW 线重合. 延长 AO , 找到与已知直线的倾角 (30°) 一致的经线, 将它与投影网的 EW 线的交点绘于投影图上, 为 P 点.