中国科学院地质研究所

赤平极射投影在地质科学上的应用

（增 訂 本）

何 作 霖 著

科 学 出 版 社

中国科学院地质研究所

赤平极射投影
在地质科学上的应用

（增訂本）

何作霖著

科学出版社

1965

內 容 簡 介

本书为 1959 年版的增订本．书中对地质測量、地质力学、X 射线岩组以及基本作图法则等作了补充．全书共分七章：

第一、二章介绍了赤平极射投影的基本理论；第三章论述了赤平极射投影在晶体学上的应用；第四、五、七章是作者在研究光性矿物学及岩组学中所遇到的问題，以許多实例论述了赤平极射投影在地质构造学和岩组学上的应用；第六章论述了应力分布与断层的关系．

本书可供结晶学、光性矿物学、地质学者参考．

赤平极射投影
在地质科学上的应用
（增订本）
何 作 霖 著
*
科 学 出 版 社 出 版
北京朝阳門内大街 117 号
北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 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
*
1965 年 7 月第 二 版　　开本：787×1092　1/18
1965 年 7 月第二次印刷　　印张：7 2/9　插页：7
印数：3,001—5,000　　字数：176,000
統一书号：13031・2117
本社书号：3236・13—14
定价：[科七] 1.30 元

序　言

赤平极射投影是把物体放在球体的中心，将物体上各部分的位置投影于球面上，然后再把它們投影于赤平面，化立体为平面，主要用它来测算物体間的方向和角度。它是完全用图解来代替公式化的演算，既可迅速解释，又便于观察。精确程度往往不超过十余分的誤差，若欲精确計算，可用弧三角求之，但初步作图还是必要的步驟。

赤平极射投影最初应用于天文学，以后应用于地图学、航海学。到了 1823 年才首先被納奥曼(Neumann)应用于晶体学，1839 年米勒(Miller)更充分利用它来解释晶形晶面，1901 年奔菲尔特(Penfield)利用赤平极射投影繪制晶体和計算軸率，有了詳細的著述。1893 年弗德洛夫(Von Federow)充分利用于旋轉台，1904 年罗森布施和吳里夫(Rosenbusch und Wülfing)应用于晶体光学。到現在赤平极射投影在晶体学上的应用可說是很普遍了。1911 年勃克(Boeke)曾著有赤平极射投影的应用，基本理論都已透彻地叙述了。1920 年布赫尔(Bucher)首用于地質构造学上，到了 1944 年著有赤平极射投影图在地質构造学上的应用。1930 年森德尔(Sander)应用于岩組学。以后学者对此的注意愈来愈广。涅芬(Nevin)在他的构造地質学內，也曾作为解析构造間題的一部分。1954 年菲利普斯(Phillips)著有赤平极射投影在地質构造学的应用，理論与实例都相当完备。勃克、布赫尔和菲利普斯三人的著作比較系統而且深入浅出，便于学习。其他各学者的著作，都是出現在他們的論文內而作为解释問題的方法。

赤平极射投影虽是用为解决方向与角度的問題，但是有关直綫問題的解析，如能联合应用，也可很簡便地表示出来，达到“多、快、好、省”。本书搜集材料不甚丰富，所述实例也难免有不少錯誤，还希望讀者提出宝貴的意見和指教，作为以后的改进。

何作霖

1958年11月25日

增訂本序言

本书出版以来，經过这几年的应用实践，感覚內容方面还有应当补充之处；如地質测量方面、地质力学方面、X射綫岩組方面以及基本作图法則方面等．此外也有几处不甚妥当，应当删去或修改．赤平极射投影是一种解析問題的方法，使用起来比較敏捷簡单．近来在构造地質、工程地質和岩組分析中已大有推广之势，将来可能还有新的內容不断出現．本书搜集材料还欠丰富，各章节后也未附习題，以备学者練习，卽所举的例証也难免还有錯誤之处，倘望讀者指正幷多提宝貴意見．

何作霖

1964年8月20日

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　　錄

第一章　赤平极射投影的定义

1. 赤平极射投影的定义

赤平极射投影是表示物体上点、綫与面的角距关系的平面投影，并不涉及面的大小、綫的絕对长度或点与点間的絕对距离．例如天文学上两个星体的距离是指自观察点所繪的两条視綫間的角距．晶体学上比較晶体的异同只是看晶面与晶面的角距而不管面的形状与大小，观察晶稜与晶稜的方位而不管它的絕对长度．比較角距与方位，必然要設立一个原点作为标准，自此点向四外八方射出若干放射綫作为角度綫以量度方位．換言之，就是把所有点綫与面自中心开始投影于圓球面上，它們的位置与角距就可在球面上量度了，如图 1．但是球面投影既不易观察又不易表示，于是把球面上的点、綫再以南极或北极为发射点投影于赤平面上，这种投影称为赤平极射投影，如图 2．因表示的目的不同，有时射綫自南极开始，只投影上半球上的点与綫，有时自北极开始投影下半球上的点与綫，有时利用南北两极为发射点投影上下两半球上的点与綫．因为被投影的点与綫都在发射点相对的半球面上，所以它們的投影都是在赤道大圓以內，如图 3．但是遇有必要时，在发射极的半球面上各点与綫

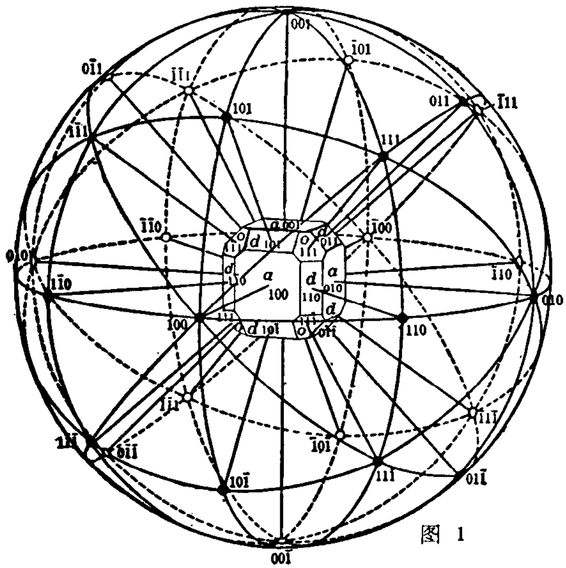


图 1

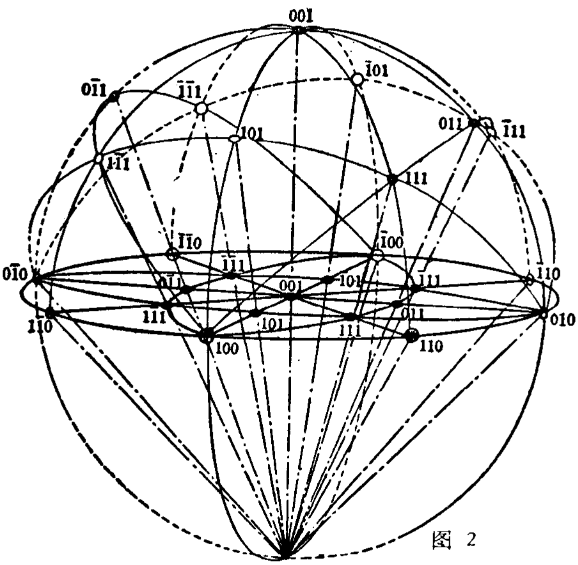


图 2

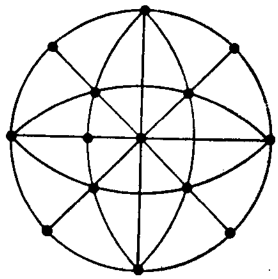


图 3

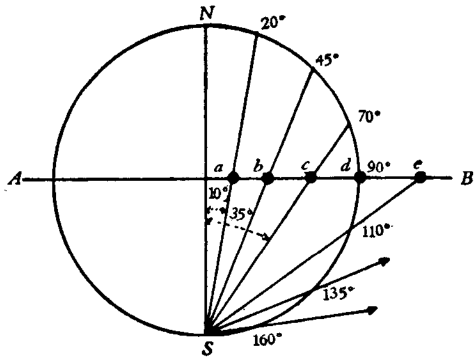


图 4

也可投影在赤平面上，不过却要落在赤道大圆以外，如图 4.

2. 点 的 投 影

投影图普通都以南极 S 为发射点，犹如自 S 仰观上半球上各点，視綫与赤平面相交的一点就是投影点，如图 5. P 是球面上的任意一点，与北极 N 点相距为 $NOP=\theta$，画 SP 为視綫，与赤平面相交于 A，OA 为投影点与中心的距离. OA 的絕对长度可以下式求出. $\triangle OPS$ 为等边三角形，$OPS = OSP$，因此 $OSP=\frac{1}{2}\theta$，AOS 为直角三角形.

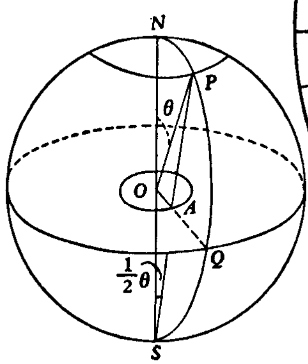


图 5

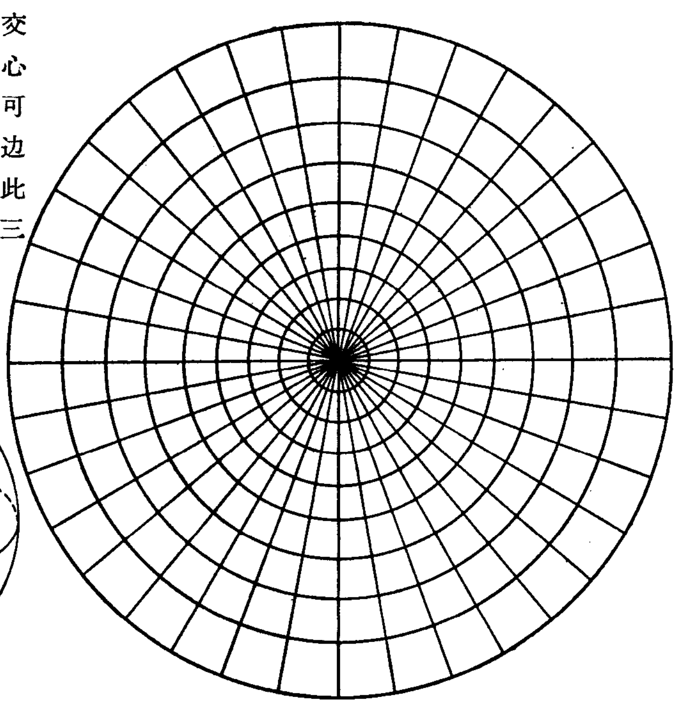


图 6

$OA = OS\tan\frac{1}{2}\theta$，$OS$ 为圆球的半径，設等于 1，于是 $OA = \tan\frac{1}{2}\theta \cdots$ (1.1)

P 点围繞 N 点旋轉一周，它的投影点 A 以 OA 为半径也围繞 O 点旋轉一周. NQ 分

为 90°,各分度点都投影在 OQ 直綫上. 当球体以 NS 为軸旋轉一周时，各投影点画成同心圓，如图 6. 下半球各点投影在赤平大圓之外，如图 7. $NOP > 90°$，所以 $NSP > 45°$,由公式(1·1)可知 OA 大于 OS, A 点是必落于大圓之外. 連 OP 并引长之与上半球相交于 P',P' 称为 P 的对蹠点，投影为 A'. 为作图方便,不致使下半球各点投影于大圓以外,常用它的对蹠点投影来表示,因为每逢上半球有一点，就可連想到下半球也有一个对蹠点存在. 所以 A 与 A' 可表示的位置有相同的意义.

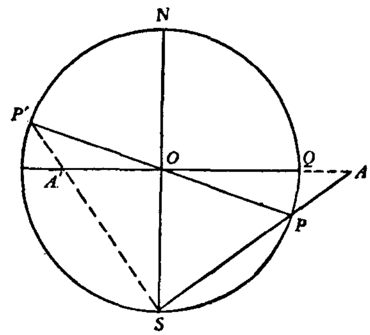


图 7

图 5 的 P 与 A 都在 $NPQS$ 直立平面內，所以 OAQ 就是代表 P 点的方向,在赤平面的圓周上量度它的位置. 图 6 的放射綫代表直立圓的投影方向綫.

3. 面 的 投 影

(1) 經过球体中心的各面的投影

a. 經过球体中心的直立平面　　这类平面都包含 NS，它与球面相交是一个大圓. 圓的半径等于球体的半径,如图 5. 自 S 仰观半球上經过 N 点的圓，視綫也包括在此平面內,所以半圓的投影是 OQ 直綫. 因此,这类圓的投影是經过圓心所画的直径,直径两端相距 180°,如图 6. 这些直綫称为大圓.

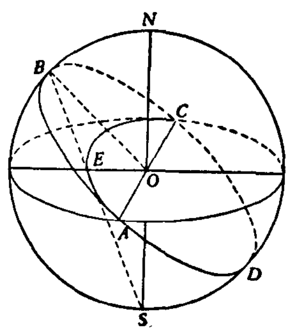


图 8a

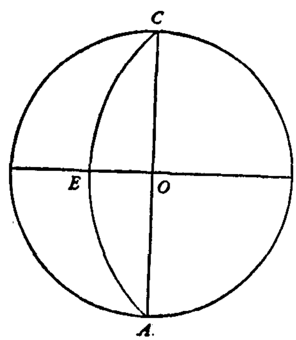


图 8b

b. 經过球体中心的傾斜平面　　如图 8a. $ABCD$ 与赤平面相交于 A 与 C 两点，与直立大圓相交于 B 与 D 两点，B 是最高点，D 是最低点. 自 S 仰观大圓，ABC 投影在赤平面上为 AEC,如图 8b. A、E 与 C 三点恰好在一个弧上,也就是說 AEC 是一个弧的一部分. 但傾斜大圓的投影是否为圓,关系以后的作图,証明如下.

图 9 BD 表示一个平面垂直于图面，E 为 B 的投影，F 为 D 的投影，E 和 F 为大圓的直径两端投影于赤平面上的两个点. BDS 为一圓錐体的剖面，BD 为其底，是一个圓，S 为其頂角. OP 垂直于 BD，P 是大圓 BND 的中心，P 的投影为 Q. SQP 平分 BSD，所以是圓錐体的軸. 繪 BG 垂直于 SP，取 $BH=DG$,繪 GH. 于是△BDG

$=\triangle GHB$，因 BG 是共同綫，$BH=GD$，$\angle HBG=\angle DGB$. 所以 $BD=GH$. BD 是一个圓，所以 GH 也是一个圓，它們是圓錐体的共軛切面. $\triangle SOF$ 是一直角三角形，但 $\triangle HSG$ 也是直角三角形，$\angle ODS=\angle OSD$，$\angle BDG=\angle GHB$，因此 $\angle ODS=\angle SHG$，所以 $\angle OFS=\angle SGH$，于是 GH 与 EF 是平行綫，也就是平行面. 因为 GH 是一圓，所以 EF 也是一个圓. BD 是球面上大圓的直径，EF 是投影图上大圓的直径，EF 的平分点就是作图的中心点.

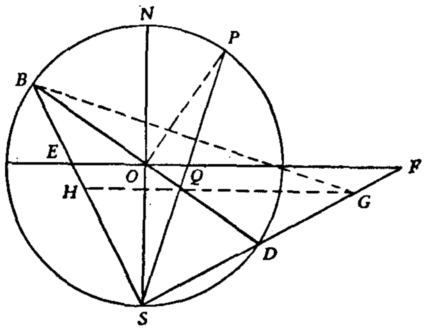


图 9

（2）不經球体中心的各面的投影

a. 不經过球心而垂直于赤平面的平面

除經过球心的是一个大圓之外，其余的各圓都是小圓，它的直径都小于球体的直径，如图 10a，$CDEF$ 为垂直赤平面的平面，与球体相交为一小圓. 小圓与赤平面大圓相交于 D 与 F 点，但是 C 点在赤平面上的投影却为 G 点，繪为赤平极射投影如图 10b. DGF 在一圓弧上，其理如图 11 所示.

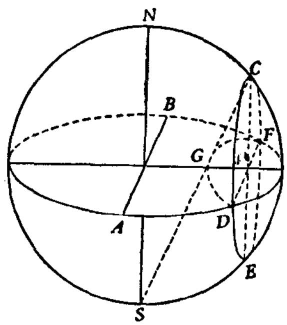


图 10a

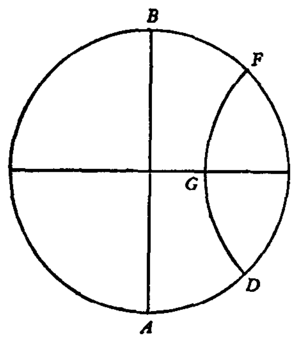


图 10b

CE 为小圓，C 点投影于 G，E 点投影于 R. P 点是小圓的圓心. 繪 SP，成为圓錐体 CSE 的軸，CE 为其底，是一个小圓，S 为頂角. 繪 CH 垂直于 SP，取 $CK=HE$，繪 HK. 于是 $\triangle CEH=\triangle HKC$，也就是 $\triangle HML=\triangle CML$，$\angle HML=\angle CML$，这类小圓的圓心永远在 P 点. 若是小圓在 SQN，它的圓心就在 Q 点，所以圓錐軸不是 SP 就是 SQ. 因此 $\angle OPS=45^\circ$，所以 $\angle CML=45^\circ$. 于是 CE 也垂直于 HK，HK 与赤平面 GR 平行. HK 旣是一个圓，GR 也是一个圓. 它的直径也就是投影图的直径，GR 的平分点就是作图的中心点.

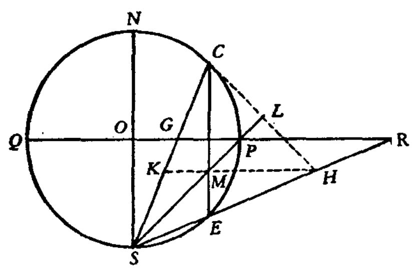


图 11

b. 不經过球心而且傾斜的平面　　如图 12a，CD 为平面与球面相切之小圓，中

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

心为 P. AB 为小圓的投影. 图 12b 是沿 NPS 所作的剖面图. SP 为圓錐軸，垂直于 SP 作一垂綫 CL，取 $CG = LD$，繪 LG. CD 与 LG 为圓錐的共軛切面，依前証明，所以都是圓. 繪 DR 平行于赤平面 EW，

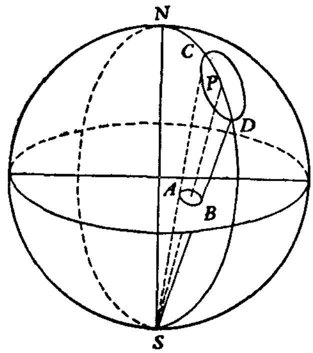


图 12a

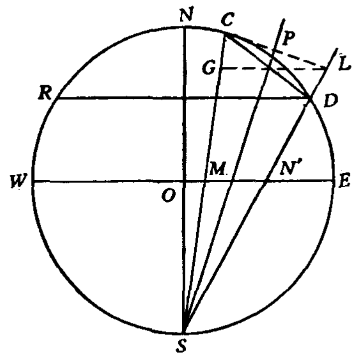


图 12b

$$\overset{\frown}{SD} = \overset{\frown}{SR}，所以\ \angle SCD = \angle SDR$$

$$但\ \angle SCD = \angle SLG，所以\ \angle SLG = \angle SDR$$

LG 平行于 DR，因此也平行于赤平面 EW，所以 MN' 也必是一个圓的直径，MN' 的平分点是作图的中心点.

由(1)(2)两項的原理得出如下的定律: **球面上一个圓，它的赤平极射投影也是一个圓，不論大圓或小圓都是如此.** 但經过球心的直立大圓都变为直径，經过发射点 S 的小圓也都是一直綫.

(3) 包括发射点 S 的平面投影为一直綫

如图 13. 因发射点在此平面內，所以无論 SA、SB 或 SC 各发射綫也都在此平面內，它的投影等于一个平面与赤平面相交的一条直綫 ADC. 除此之外尙有經过球心而且包含发射点 S 的平面，它的投影就要經过投影图的中心而成放射状排列的直径，如图 6.

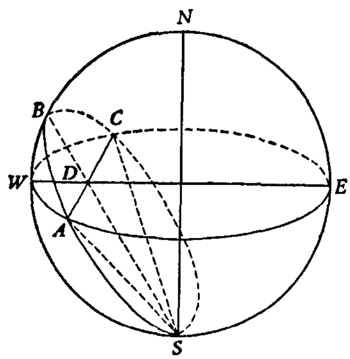


图 13

4. 綫 的 投 影

直綫一条与球面相交为 A 与 B 两点，如图 14. ABS 成为一平面，包括发射点 S，这与图 13 类似，所以它的投影必是一直綫 CD. 如果此綫平行于經过 S 的一条直綫如图 15，BC 平行于 AS 时，于是 NS, AS, BS 与 BC 都在同一平面內，BC 的投影則与 $OabD$ 直綫相合.

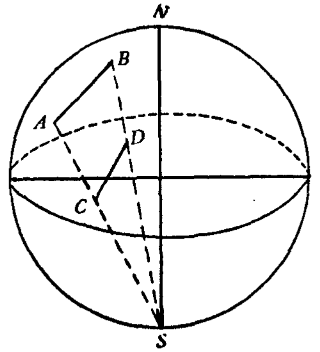


图 14

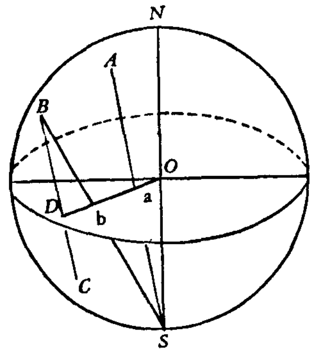


图 15

5. 投　影　网

为便于迅速作图或量度方位角，1897 年苏联学者弗德洛夫(Federow)，发表了一个投影网如图 16，每 5° 繪一放射状直綫，表示經过球心的直立大圓．同心圓表示平行赤平面的各小圓。东西傾斜或南北傾斜的大圓表示經过球心而且向东西傾斜或南北傾斜的各圓．以南北两点或东西两点为中心的小圓表示垂直赤平面的各小圓．投

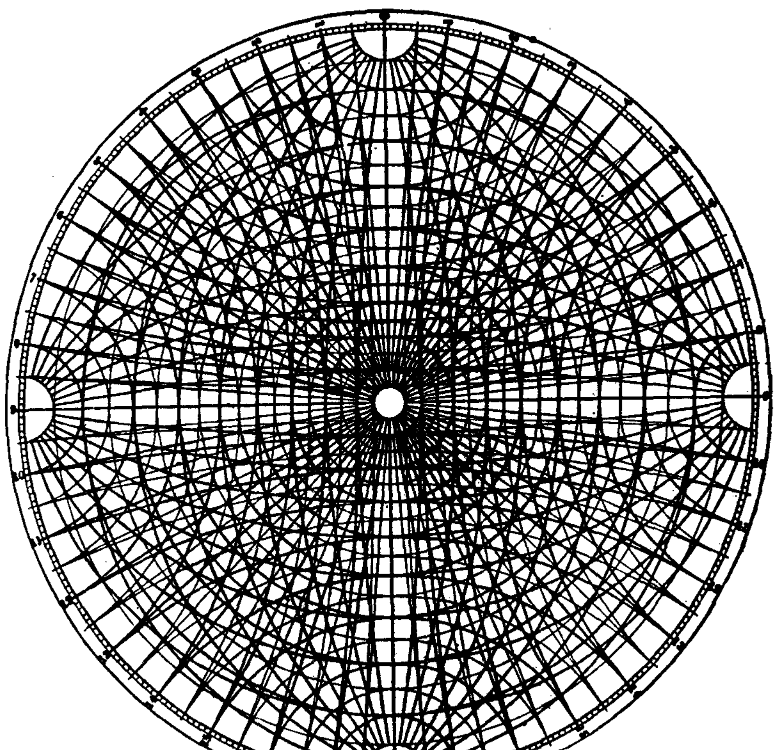
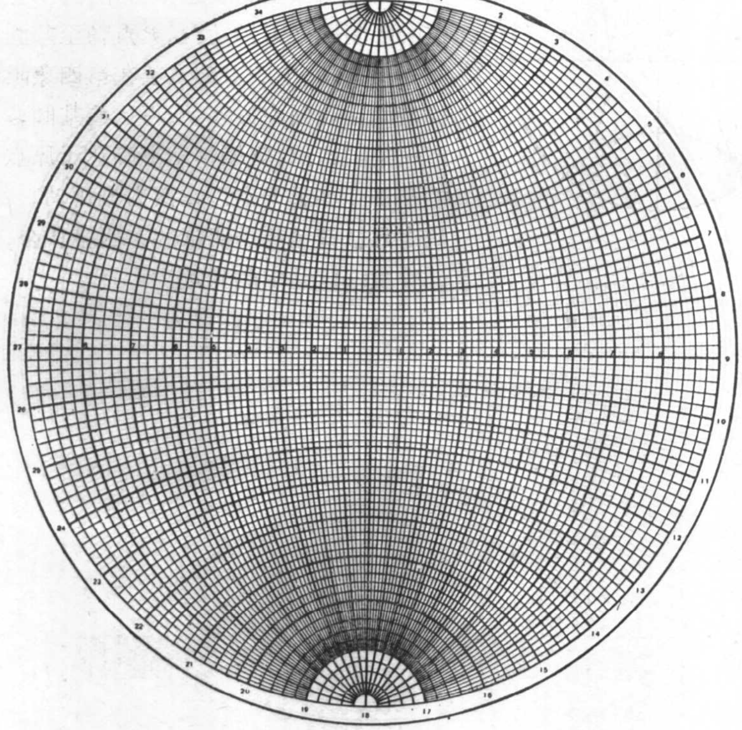


图 16

影网的直径为 20 厘米. 1902 年苏联学者吳尔福(Wulff)发表了一个吳氏投影网, 如图 17,只包含經过球心而向东西倾斜的大圓与平行东西而垂直赤平面的小圓. 每 2° 繪一綫,圓的直径为 20 厘米,使用較为方便,多为学者采用. 由前面的証明知赤平极



吳氏投影网

图 17

射投影图上的大圓及小圓都是一个圓弧,所以如要把作图圓心求出,就可以用圓規将圓弧繪出. 但是事实上靠近中心的大圓或小圓几近于直綫,圓心距离太远,很难用圓規作图. 此时可改用弯尺替代圓規, 如图 18. 弯尺是吳尔福于 1893 年創制, 弗德洛夫于同年以数理証明弯尺的弧度确实等于圓的弧度. 此后弧度甚小的大圓便解决了.

投影网不但可以量度角距或測定方位, 又可观察一点在球面上移动的軌迹. 例

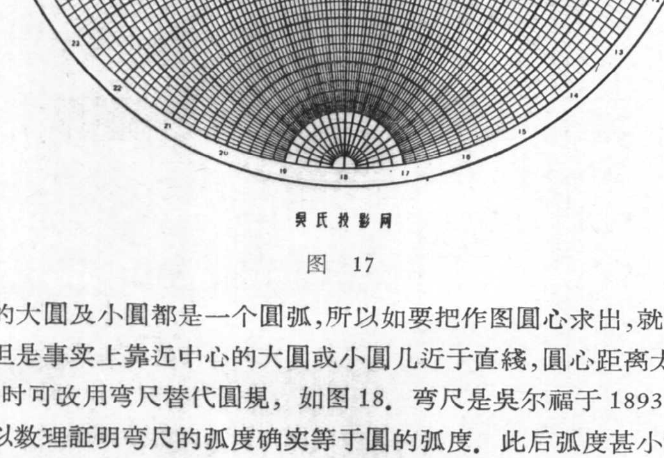


图 18

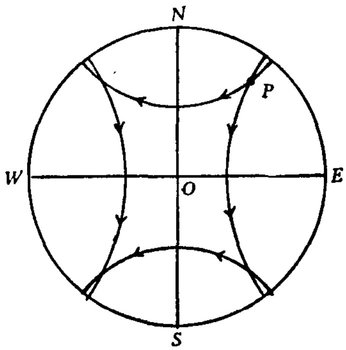


图 19

如某点 P 为 $N45°E$，距中心直立軸为 $60°$. 今設 P 点以 NS 为軸轉动，如图 19，求出其軌迹. 将投影网鋪在繪有 P 点的透明紙下，然后轉动投影网使与透明紙上的南北东西相合，P 点将沿其所在的小圓向左方轉动. 当 P 点轉至基圓之时，再継續向下轉动，它的对蹠点要在第四象限出露，沿同緯度的小圓向左方移动，再达到基圓，对蹠点又自第一象限出露，継續轉动漸漸达于原点，完成一周的轉动. 如果 P 点以东西为軸轉动，就把投影网的南北綫轉至与透明紙的东西綫相合，P 点所在的緯度綫就是它的軌迹.

第二章　一些基本作图法则及原理

1. 經过两极点繪一大圓

投影图內所有各点都称为极点，投影图的赤平大圓称为基圓．图 20a PQ 为已知两极点．先求出 P(或 Q)的对蹠点．法連 PO，以 PO 为軸轉 $90°$，使赤平面垂直于图面，以 S 为发射点，連 SP 并引长之与球面相交于 A．連 AO 并引长之与球面相交于 B．AB 两点是未投影时的位置．A 点投影于 P，B 点投影于 M，P 与 M 是投影对蹠点，都在一个大圓上．因此 PQM 在一个大圓上．由 PQM 三点求出圓心 C 点，即 QM 的平分綫与 PQ 的平分綫的交点．以 CP 为半径繪圓弧 PQM.

若使用投影网来繪 PQ 大圓，更較簡捷．将此图平鋪于吳氏投影网上，轉动投影网使 PQ 落于同一大圓上为止，然后描出大圓，如图 20b.

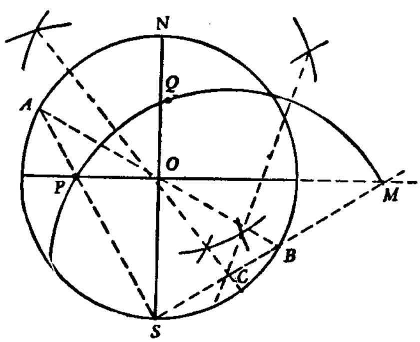


图　20a

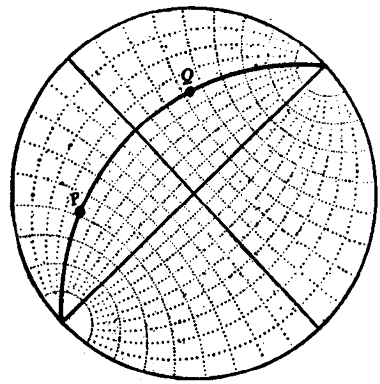


图　20b

2. 大圓与基圓相交于基圓直径的两端

球面上的大圓必然是通过球心的平面与球体相交的一个圓，旣然通过球心，不論是直立或是傾斜，它們在投影图上都是經过直径的两端(参看图 3 的投影)．

3. 知一大圓，求其极点

大圓是表示經过球心的一个平面，垂直此平面作一綫与球面相交之点称为极点．大圓的极点也就是垂直大圓的一个投影点．图 21a ACB 为大圓，A 点与 B 点必在直径的两端．經过 O 点作垂綫 OC，极点必在此綫上．ACB 大圓傾斜度等于 AD，自 D 量度 $90°$ 得一点 E．連 BE，投影于赤平面上 F 点，F 即是大圓的极点．

若使用投影网可将此图平鋪于投影网上，轉动投影网使 ACB 大圓合于投影网

上的一大圆，在 OC 垂綫上自 C 向右 90° 处得一点 F，即为极点，如图 21b.

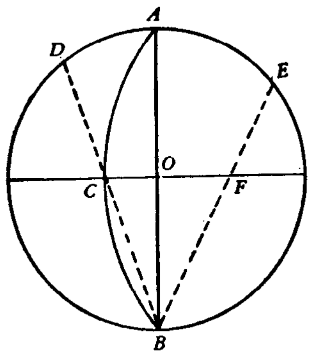


图　21a

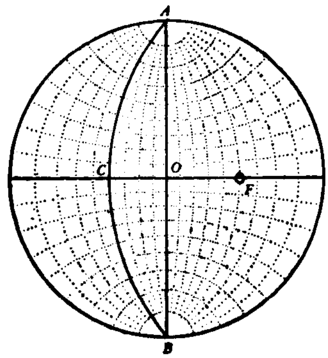


图　21b

4. 知极点求大圆

图 22a P 为极点．連 OP，作垂綫 NS．連 SP，并引长之与球面相交于 A，自 A 量度 90° 得 B 点．連 SB，与 OP 相交于 C 点．N、C 与 S，三点在此大圆之內．求作图圆心 D，繪圆弧 NCS.

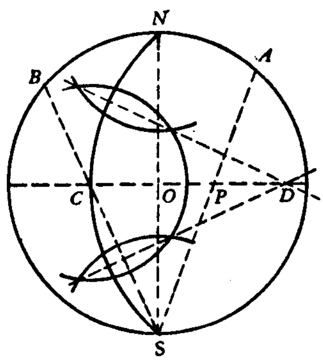


图　22a

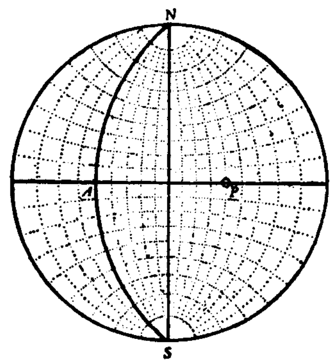


图　22b

若使用投影网可将此图平鋪于投影网上，轉动图紙使 P 在投影网的 EW 綫上．自 P 量度 90° 得一大圆，照繪于图上，即所求之大圆，如图 22b.

5. 求投影大圆的作图圆心

作图圆心求法有三种，可随条件自由选择．

图 23a 系普通法，平分 AC 作垂綫，平分 BC 作垂綫，二平分綫相交于 D 点，D 点即作图圆心．图 23b 平分 AC 作垂綫，平分 AB 作垂綫，二平分綫相交于 D 点，D 点即作图圆心．图 23c 自 A、B 与 C 各繪圆弧 a、b 与 c，用不等半径又各繪圆弧 a'、b 与 c'，若 ac 二弧之交点与 $a'c'$ 二弧之交点分別在对方时（或左方右方），連結相对的两点，二綫交于 D 点：若圆弧相交于同方时，如 $a'c'$ 与 $a''c''$ 两弧，連結同方的两点，

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com