

高等学校规划教材

煤田构造研究方法

钱光谟 曹代勇 徐志斌 编著
胡社荣 孙洪泉

煤炭工业出版社

P618.110.2
Q-354

高等学校规划教材

煤田构造研究方法

钱光谟 曹代勇 徐志斌 胡社荣 孙洪泉 编著

煤炭工业出版社

791411

(京)新登字042号

内 容 简 介

本书吸取了国内外地质构造研究方法和技术优点,结合我国煤田地质工作特征,编写了《煤田构造研究方法》。

全书共分十章,包括:赤平极射投影,遥感图像解译,物探资料解释,构造应力场分析,镜质组反射率各向异性分析技术,显微构造分析,超微构造分析,组构分析,构造模拟,数学地质方法等。

本书是高等院校煤田地质勘查专业的教材,也可作为矿井地质专业、水文地质与工程地质专业研究生教学用书;由于本书有较强的实用性,因此还可供相应专业的生产现场科技人员参考。

高等学校规划教材

煤田构造研究方法

钱光谟 曹代勇 徐志斌 胡社荣 孙洪泉 编著

责任编辑:宋德淑

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/16}$, 印张 $15^{3/4}$,

字数364千字 印数1—1,165

1994年5月第1版 1994年5月第1次印刷

ISBN 7-5020-0901-9/TD·836

书号 3666 A0265 定价 7.10元

117108

前 言

《煤田构造研究方法》是根据煤炭高等院校教学大纲进行编写的，为高等院校煤田地质勘探专业的教材。

一门成熟的学科，不仅有一套完善的基础理论，还必然有一套科学的研究方法体系。近二十年来，煤田构造研究进展显著，相应的研究方法体系亦在实践中逐渐形成。其主要特点表现为以野外观测和地质制图为基础，宏观与微观相结合、局部与区域相结合、浅部与深部相结合、定性和定量相结合，以及多学科、多尺度、多层次、全方位综合研究。本书是对煤田构造研究方法的首次总结，全书共分十章，在内容安排上各章自成体系，大体包括基本原理、工作方法和应用实例三部分，力求简明扼要、深入浅出，着重结合国内外最新研究成果，介绍十种方法在煤田构造研究中的实际运用。

本书作者长期从事煤田构造科研和教学工作，近年来多次为大学高年级学生和研究生开设《煤田构造研究方法》、《煤田构造解析》、《煤田构造研究专题》等有关课程，本书就是在上述讲义和科研成果的基础上编写的。具体参加编写的有：中国矿业大学北京研究生部曹代勇（绪论、第三、五、六章）、钱光谟（第一、二章，第九章第一、二节）、胡社荣（第八章），中国矿业大学徐志斌（第四、七章，第九章第三节）、孙洪泉（第十章）。钱光谟、曹代勇为本书主编。

本书编写工作中，北京煤炭管理干部学院孙悦芬同志协助整理和誊抄部分书稿，在此表示感谢。

由于作者水平有限，更由于煤田构造研究方法正在继续发展过程中，因而本书不妥和错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

1993年8月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 煤田构造解析——赤平极射投影方法	5
第一节 赤平极射投影原理	5
第二节 赤平极射投影网及基本作图法	8
第三节 赤平极射投影在煤田构造研究中的应用	19
第二章 遥感图像解译	42
第一节 遥感原理概述	42
第二节 遥感图像的基本特征	46
第三节 工作方法	51
第四节 实际应用	55
第三章 地球物理勘探资料解释	68
第一节 基本原理	68
第二节 工作方法	70
第三节 实际应用	73
第四章 构造应力场分析	90
第一节 基本原理	90
第二节 工作方法	95
第三节 实际应用	104
第五章 镜质组反射率各向异性分析技术	110
第一节 基本原理	110
第二节 工作方法	119
第三节 实际应用	121
第六章 显微构造分析	133
第一节 基本原理	133
第二节 工作方法和常见显微构造的基本特征	137
第三节 实际应用	143
第七章 超微构造分析	151
第一节 位错及其基本性质	151
第二节 工作方法	158
第三节 实际应用	161
第八章 组构分析	169
第一节 基本原理	170
第二节 工作方法	173
第三节 实际应用	184
第九章 构造模拟	192

第一节	构造模拟概况及基本原理	192
第二节	物理模拟	193
第三节	有限元模拟	196
第十章	数学地质方法	208
第一节	数据统计特征的定量指标	208
第二节	地质构造的定量分析	211
第三节	构造形态模拟的数学模型及分析方法	221
第四节	曲面磨光法在研究隐伏构造中的应用	230
参考文献		236

绪 论

一、煤田构造研究的意义及其特点

构造作用是控制煤系和煤层形成、变形和赋存的首要地质因素。地壳运动形成的构造拗陷（沉积盆地）为聚煤作用提供了适宜的场所；聚煤期区域构造格局和盆内构造变形影响沉积中心的迁移和富煤带的展布；构造作用对古气候、古地理条件的控制决定聚煤作用的兴衰；成煤期后的褶皱、断裂作用破坏了煤盆地的完整性和连续性，使其沉降深埋或抬升剥蚀，分割为作为独立开发单元的煤田或井田。构造变动对煤系和煤层的改造作用，不仅决定煤田勘探类型，而且决定矿井开发的难易程度。因此，在煤炭资源勘探和开发工作中，煤田构造与构造控煤研究是一项贯穿始终的重要地质任务。

构造作用对煤系和煤层的控制具有广泛的涵义，黄克兴等（1991）提出广义的构造控煤概念，用于泛指构造作用对煤聚集和赋存的控制作用，主要研究内容包括：聚煤作用的构造控制、改造作用的构造控制和赋煤状态的构造控制，涉及地壳运动、聚煤古气候和古地理、构造变形及煤变质等方面。其中，直接影响煤炭资源勘探和开发的因素主要是构造运动对煤系和煤层变形和赋存的控制作用，即煤系和煤层在几何学意义上的变形和变位，这就是煤田构造研究的主要对象。

煤田构造研究是介于构造地质学与煤田地质学之间的一门应用性学科，其主要任务是运用构造地质学和煤田地质学的基本理论和基本方法，研究煤层和煤系（及其基底和盖层）构造变动的几何形态、组合型式、分布规律、成因机制和发展演化历史，直接服务于煤田地质勘探。

煤田构造属于典型的沉积岩构造，位于地壳浅部，一般为较稳定的大地构造部位，变形强度弱至中等、构造样式以纵弯褶皱和脆性断裂为主、变形介质成层性明显、软硬岩层相间、软弱层位发育，因而较易风化，地表露头较差。煤田构造的上述特点，决定了其研究方法既具有地质构造研究方法的共性，又具有煤田地质的某些特性。

二、煤田构造研究方法的发展

任何一门学科，不仅有一套完整的基础理论，还必然有一套相应的研究方法体系。科学技术发展史证明，学科理论水平的提高，往往以研究方法和技术手段的更新为前提。煤田构造研究方法体系是在煤田地质实践中逐步形成和发展起来的，与煤田构造理论水平和煤田地质勘探技术水平直接相关联。在国外，由于煤炭在能源结构中处于较次要地位，煤田地质条件普遍相对简单，因此煤田构造理论和研究方法尚未形成独立的体系。在我国，煤炭是第一能源，煤田地质条件比较复杂，尤其是隐伏煤田勘探对构造查明程度提出了越来越高的要求，因而煤田构造研究日益受到重视。大体以70年代中后期为界，我国煤田构造研究方法的发展可分为以下两个阶段：

1. 奠基阶段

70年代以前，煤田地质领域内占主导地位的构造地质理论是以固定论为核心的槽台学说，此阶段的煤田地质勘探工作主要面向暴露地区或半暴露区，勘探手段以钻探工程为

主,第一代煤田物探仪器精度较低,一般仅用于找煤普查阶段。与此相适应,煤田构造研究以宏观、定性为特点,注重于控煤构造的几何学特征方面,对构造成因机制涉及不多。研究方法主要是利用钻探和物探资料,配合地表调查和大比例尺航片地质填图,进行构造编录和制图,由此奠定了煤田构造研究的基本方法。

进入70年代后,地质力学理论和方法在煤田地质工作中得到推广普及,促使煤田构造研究水平有了较大的提高。地质力学注重于从地质现象(构造形迹)出发,分析构造应力状况和作用方式,探讨成因机制、恢复演化历程,进而进行构造预测和构造控矿(控煤)预测。地质力学强调以现场研究为基础,野外调查与室内分析(包括模拟实验、显微构造与岩组分析等等)相结合,以及形态研究与成因研究相结合等原则,力图使构造地质研究系统化、规范化。地质力学的普及,推动煤田构造研究由简单的宏观分析和形态研究向多尺度、多学科、成因研究方向发展。

2. 迅速发展阶段

1978年全国科学大会的召开,迎来了我国科学技术的春天。以活动论为核心的板块构造理论在煤田地质学领域中的影响日趋深入,各学科的相互交叉,以及新技术、新方法的广泛使用,推动煤田构造研究上升到一个新水平,尤其是在煤盆地综合分析、煤田滑脱构造研究等方面取得重大进展。在科研和生产实践中,针对煤田构造研究特点的一套完整的方法体系正在逐步形成。

70年代末期以来,煤田地质勘探手段加快了现代化的进程,物探仪器由第一代发展到第二代、第三代;80年代中后期,煤田测井、电法、地震等主要物探手段先后实现了数字化,大大提高了查清构造形态的能力。在我国北方条件有利地区,地面物探已用于精查勘探阶段。可控制落差10m以上的小断层,逐步形成了遥感、物探和钻探相结合的综合地质勘探技术。

70年代中后期,以电子计算机技术应用为前提,趋势面分析方法开始用于煤田构造研究,增加了从煤田地质勘探工程特有的大量钻孔数据中所获取的信息量。进入80年代以后,样条函数插值、地质统计学、模糊数学等众多数学地质方法应用于煤田构造形态和演化规律的研究,促进煤田构造研究向量化发展。

以70年代后期至80年代早期大兴安岭西坡遥感地质调查找煤为开端,航天遥感资料用于煤田构造和区域构造研究,扩大了空间视野;重、磁、地震等物探技术和发展,增加了对煤盆地深部构造背景的了解。80年代以来,显微构造和超微构造分析、岩组分析、构造解析、构造应力场分析、镜质组反射率各向异性分析、有限元模拟等新技术、新方法,相继在一系列煤田地质科研项目中得到应用,使我国煤田构造研究初步形成自身特色,逐渐缩小了与当代构造地质学总体研究水平的差距。

与构造地质学和煤田地质学的发展相似,90年代的煤田构造研究,正继续向着宏观与微观相结合、局部与区域相结合、浅部与深部相结合、定性与定量相结合、以及多学科、多尺度、多层次、全方位、综合研究的方向发展。

三、煤田构造研究方法概述

煤田构造研究的基本任务是查清构造形态,揭示构造分布规律,探讨构造成因机制,恢复构造发展演化历史,进行构造预测,指导煤田地质勘探和煤炭资源开发。为了实现这一目标,需要具有科学的研究思路,确定正确的研究内容,制定先进的技术路线和选

择适当的方法手段。研究思路是指导、研究内容的关键,而技术路线和方法手段则是实现研究目标的保障。

80年代早中期,李思田等(1983,1988)在中国东北部晚中生代断陷盆地沉积、构造演化 and 能源预测研究工作中,提出了以整体分析、古环境和古构造分析、演化分析、背景分析等四个方面所构成的断陷盆地分析的基本思路。盆地构造分析中的综合方法包括:应用地质力学方法,对构造形迹进行野外观察和填图;应用航片和卫片对盆地及邻区构造格架进行解释和分析;应用地震勘探、航磁等物探资料查明盆地构造样式和深部断裂网络;构造岩采样和实验研究,揭示构造成因机制;物理模拟和有限元分析,论证地质观察统计资料解释的合理性。

80年代以来在我国东部广泛开展的煤田滑脱构造研究,是我国煤田构造研究水平的一次飞跃,在研究实践中形成了系统的工作方法。王桂梁(1989)从技术手段、研究内容、工作目的等角度,提出滑脱构造解析流程。其研究内容包括环境背景分析、形态特征分析、盆地拗陷分析、岩浆地热分析、平衡转换分析、系统整体分析、应变运动分析、应力动力分析、发育演化分析和模型数值分析等十个方面;技术手段归纳为资料处理、地质编录和测试鉴定等三大类。针对我国煤田资源勘探的重点已由暴露区转向隐伏区,曹代勇等(1991)提出隐伏煤田滑脱构造研究方法,其核心包括三部分:多种手段配合,重视综合研究,查清构造形态;以钻孔岩芯为依据,通过测试分析,查明构造成因;加强区域背景研究,全面深入地恢复滑脱构造的发生发展历史。

上述工作方法,同样适用于一般性的煤田构造研究,经过整理充实,本书提出煤田构造研究的工作框图(图0-1)。其中,研究方法、研究内容和研究目标是紧密相关的三个方面。研究方法的选择是为了完成研究内容,而研究内容的确定最终服从于研究目标。

1. 查清煤田构造几何形态

几何学分析是研究地质构造的最基本也是最重要的工作。几何学分析的主要任务是查清构造型式的形态特征,构造要素的空间组合关系和分布规律,为成因研究和演化研究提供基础。煤田构造属于典型的沉积岩构造,常见的构造型式主要有:脆性断裂、纵弯褶皱、逆冲推覆构造、重力滑动构造、断块和断陷盆地等等。构造几何学分析的研究对象是客观存在的,可以采用地表地质调查、遥感、物探、钻探和矿井调查等综合方法详细查清。

2. 揭示构造背景

煤田构造是区域构造格架中的一个有机组成部分,地壳浅部的构造变形与深部物质运动和结构构造之间存在密切的内在联系。因此,为了全面深入认识煤田构造的分布规律、成因机制和演化历史,必须加强区域构造背景研究。这方面的工作包括大地构造和区域构造格局、地壳结构和深部构造面貌、地壳运动等方面。区域背景研究任务主要通过收集分析资料和资料处理等工作来完成。

3. 阐明成因机制

煤田构造研究要知其然(查清构造形态),还要知其所以然——阐明构造成因。只有在阐明构造成因的基础上,才能更好地认识构造要素的组合规律、形成和演化过程,建立合理的构造模式,进行构造预测,为资源勘探开发服务。煤田构造成因机制的正确解释,依赖于运动学分析、动力学分析、构造环境分析和发展演化分析等方面。各种测试分析手段和模拟实验,可以为构造成因机制研究提供丰富的信息。

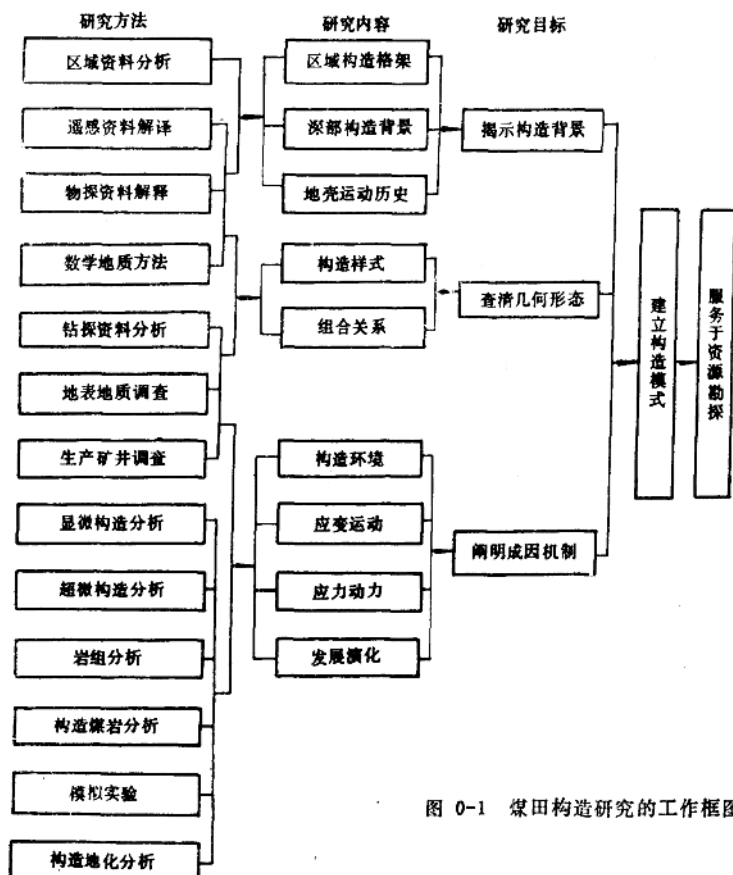


图 0-1 煤田构造研究的工作框图

上述研究内容和研究目标需要多学科、多尺度、多层次的先进技术手段来完成，由此形成适用于煤田构造研究的方法体系。众多研究方法大体可分为三类：收集资料和处理资料（包括研究区和区域性地质、物探和遥感资料处理分析）；现场调研（包括地表构造观测，应力场分析、矿井调查、钻探和物探成果的构造编录）；测试分析和模拟实验（包括显微构造分析和超微构造分析、岩组分析、构造煤岩的镜质组反射率各向异性分析、构造地化等等）。这是三个相互关联的环节，缺一不可。野外观测和地质制图，始终是研究煤田构造的基本工作方法；广泛收集分析前人资料，是开展工作的前期准备；根据具体情况，选择适当的技术手段，则是提高研究水平的必要条件。

四、本书的特点

本书是在学习完构造地质学、煤田地质学、地球物理勘探、岩石学等课程的基础上，从横向联系角度系统介绍煤田构造研究方法。如前所述，野外观测和地质制图是研究煤田构造的基本工作方法，但考虑到这两部分内容已在构造地质学课程中详细讲授，为读者所熟悉，故此不再重复。本书重点介绍近年来应用于煤田构造研究，并被证明是行之有效的一些新技术、新方法。

第一章 煤田构造解析——赤平极射投影方法

赤平极射投影最早用于天文学、航海学。1823年德国矿物学家诺曼引用到结晶学。1902年俄国人吴尔弗创造出吴尔弗网，从此赤平极射投影的使用就更广泛了。1920年美国的布克用于节理研究。1958年何作霖出版了《赤平极射投影在地质科学中的应用》；70年代以后，我国不少学者发表了众多文章，讨论了它的实际应用，如1979年何绍勋的《构造地质学中的赤平投影》、1981年毛健全等的《地质构造分析的赤平投影方法》先后出版。由此可见，这种方法越来越受到地质界，尤其是构造地质学家的重视。

赤平极射投影可以简便地进行多种构造的定性、定量测算，可以任一方向为轴进行旋转操作，从而使较复杂的计算变得简单，而且它的全部作图方法都可公式化，因此可以用计算机进行计算，使其在构造研究中更能发挥作用。赤平极射投影可以在求线、面状构造产状及其间的角距，在断层、节理、褶曲、流线流面等多方面的测算中得到应用。

第一节 赤平极射投影原理

一、赤平极射投影原理

设一空心球（投影球），通过球心的水平面叫赤道平面，简称赤平面；其圆周叫基圆。通过圆心作 NS 直径和 WE 直径。通过球心作一铅垂线，该线与球面上、下端相交两个点 R 、 P ，叫极射点。

有一岩层面产状为 $120^\circ \angle 60^\circ$ ，将岩层面平移至球心，该平面与球面相交为一圆（ $ABKCHD$ ），由极射点 R 向此圆周发射出无数条射线（图中只画出发向下半球发射的几条射线），诸射线与赤平面的交点 B 、 K' 、 C' 、 H' 、 D 为一大圆弧，此大圆弧即为岩层面的赤平极射投影（图1-1）。

将基圆 $NESW$ 取出置于平面上，得图1-2。 BD 为岩层走向， OC' 为岩层倾向，角距 $C'F$ 为岩层倾角。图1-1中的 AC 为岩层面的倾斜线，其产状为 $120^\circ \angle 60^\circ$ ，按上述投影方法，图1-2中的 C' 点就是倾斜线 AC 的赤平极射投影。

由上述平面、直线投影的特征可知，赤平极射投影（简称赤平投影）是一种特殊的中

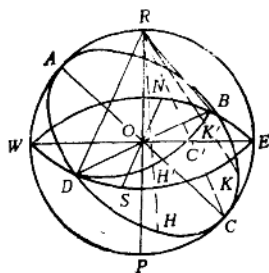


图 1-1 倾斜平面赤平极射投影的立体图

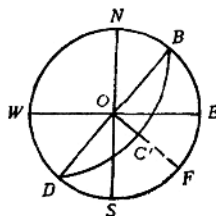


图 1-2 倾斜平面及倾斜线的赤平极射投影图

心投影, R 点或 P 点为投影中心, 赤平面为投影面, 特殊之处在于空间任何产状的直线、平面必须先与投影球相交后才能进行投影。由此可以得出赤平极射的定义: 由投影球的极射点向任何产状的直线、平面与投影球的交迹发出射线, 射线与赤道平面的交点、交迹即为该直线、该平面的赤平极射投影。

任意产状的平面与投影球的交迹为一圆, 从极射点向圆发出射线, 除对水平产状的圆发出的射线是正圆锥体外, 对非水平产状(过球心的铅直面除外)的圆发出的射线均为偏圆锥体。此偏圆锥体的正截面为椭圆; 平行于投影球上圆切面的切面均为正圆, 且偏圆锥体的水平切面及其平行切面也为正圆(证明略)。其中, 偏圆锥体与赤平面的交迹是任意平面的赤平极射投影, 这是赤平极射投影的一个特点。平行于赤道平面的圆切面和平行投影球上圆切面的其它圆切面, 凡具有相等的面积并与偏圆锥的中轴夹角相等者, 为共轭圆切面(图1-3)。

以 R 点为发射点的投影为下半球投影, 以 P 点为发射点的投影为上半球投影。本书采用下半球投影。

二、各种产状直线的赤平投影

通过球心的直线与投影球有两个交点, 由发射点 R 向交点发出的射线与赤平面的交点就是该直线的赤平极射投影。此点叫极点, 如图1-1中的 C' 点就是直线 AC 的赤平投影。

各种产状直线的赤平投影包括三种情况, 即: 铅直直线的赤平投影为一个极点, 且与基圆圆心重合; 水平直线的赤平投影有两个极点, 即基圆直径的两个端点; 倾斜直线的赤平投影有两个极点, 一个在基圆内, 一个在基圆外, 彼此互为对蹠点(图1-4中的 C 、 B' 点)。

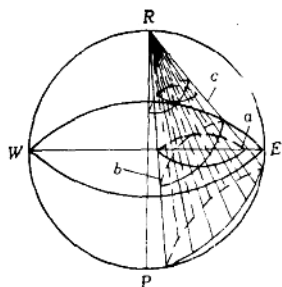


图 1-3 投影球和偏圆锥体立体图

a 、 b —共轭圆切面; c —偏圆锥体

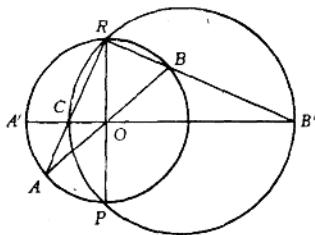


图 1-4 倾斜直线赤平投影图

三、各种产状平面的赤平投影

各种产状平面的赤平投影包括以下六种情况:

(1) 通过球心的直立平面的赤平投影是基圆的一条直径。

(2) 通过球心的倾斜平面的赤平投影为一大圆弧, 其弦长等于基圆直径。图1-5为垂直倾斜平面走向并包含 RP 的剖面图。图中, RAB' 为自极射点 R 发射出的偏圆锥体的纵剖面; $A'B'$ 为偏圆锥体与赤平面(包括其外延部分)相交的大圆的直径, 该大圆为倾斜平面的赤平投影(证明略)。

图1-6为倾斜平面的赤平投影图。 $\widehat{NA'S}$ 弧为倾斜平面的赤平投影, $\widehat{NB'S}$ 弧为该大圆在基圆以外的部分。其中, 前者表示了该平面的产状。 $NA'SB'$ 圆是图1-5中偏圆锥体与赤平面的交迹。

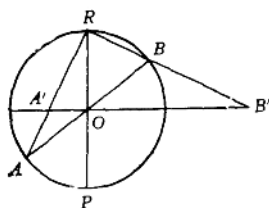


图 1-5 投影球铅直剖面图
——通过球心的倾斜平面的赤平投影

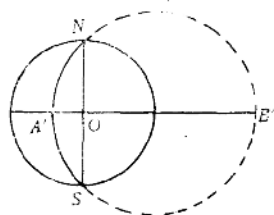


图 1-6 通过球心的倾斜平面的赤平投影图

(3) 通过球心的水平面的赤平投影为基圆。

(4) 不通过球心的“直立平面”* (圆环) 的赤平投影为一小圆弧, 其弦长小于基圆直径。

不通过球心的直立平面与投影球的交迹为一小圆 (圆环)。此小圆实际上为一通过球心的直线 OA 绕水平轴 SN (两者间的夹角为 θ) 旋转一周所形成的圆锥体与投影球的交迹 (圆环)。由极射点 R 向小圆发射的偏圆锥体与赤平面 (包括外延部分) 的交迹为一圆 (图1-7), 此圆则为直立平面的赤平投影, 实际上为直线 OA 绕水平轴 SN 旋转一周的赤平投影。

图1-8中, $\widehat{CB'D}$ 小圆弧为直线 OA 绕水平轴 SN 旋转半周 (下半球) 的赤平投影。

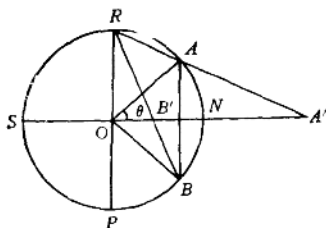


图 1-7 投影球的铅直剖面图
——不通过球心的“直立平面”的赤平投影
 $A'B'$ —小圆直径

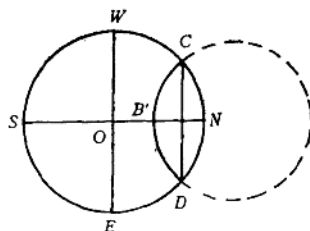


图 1-8 不通过球心的“直立平面”的赤平投影图
 $\widehat{CB'D}$ —该直立平面的赤平投影

(5) 不通过球心的“水平面”* 的赤平投影为一完整的小圆, 它与基圆同心, 半径小于基圆。实际上此小圆是过球心的一直线绕投影球的铅直轴 RP 旋转一周的赤平投影。

(6) 不通过球心的“倾斜平面”* 的赤平投影为一个小圆。如果倾斜平面位于下半球, 则其赤平投影为一完整的小圆 (图1-9); 如果倾斜平面横跨上、下半球 (即切割赤平面), 则其赤平投影为一圆弧 (图1-10)。

* 不通过球心的“平面”的赤平投影并不代表该平面的产状 (图1-10)。这个与投影球相交的“平面”是一假像, 实质上它是通过球心的直线, 以投影球的某种产状的直径为轴旋转一周形成的圆锥体与投影球的交迹 (为一圆), 此交迹的赤平投影是该旋转直线的赤平投影。小圆或圆弧上的每一点, 代表旋转直线在空间某一位置时的产状。

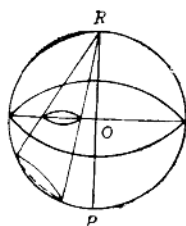


图 1-9 不通过球心的“倾斜平面”
的赤平投影立体图

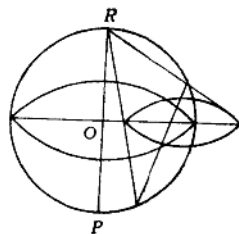


图 1-10 不通过球心的“倾斜平面”
的赤平投影立体图
(图中, 倾斜平面切割赤道平面)

第二节 赤平极射投影网及基本作图法

一、赤平极射投影网

Woif (1902) 创造了一种投影网, 简称吴氏网, 它是根据赤平极射投影的原理而制成, 该投影网在直线和平面产状的测算、夹角的测算、直线和平面旋转的测算都极为方便、迅速, 因此使原来构造地质研究中很繁杂的数学计算大为简化, 而且它几乎在构造地质学各个部分的研究中都能使用, 它不仅可作构造的定量分析, 也能作定性分析, 深受构造地质学家的欢迎。

吴氏网是由基圆面、 NS 直径、 EW 直径、经线、纬线组成。

1) 基圆面 基圆面是投影球的赤道平面, 为中心投影的投影面。基圆标准直径为 20cm, 其上方为正北, 圆周以顺时针标出 $0^\circ \sim 360^\circ$ 的方位刻度 (每 10° 标一个)。

2) NS 直径 指通过基圆圆心南北向直径, 也是走向南北直立平面的赤平投影, 它与纬线的交点是度量直线、平面倾角及其它角距的尺度。

3) EW 直径 指通过基圆圆心的东西向直径, 也是走向东西直立平面的赤平投影, 它与经线的交点是度量直线、平面的倾角及其它角距的尺度。

4) 纬线 指圆心在 NS 直径上 (包括其延长线) 以不同半径画的圆弧。相邻两条经线间的角距为 2° , 粗线为 10° 。这些纬线都是通过球心的直线, 以 NS 为轴、以 $2^\circ \sim 88^\circ$ 的夹角 (直线与轴之间) 在下半球旋转半周与投影球交迹的赤平投影。

纬线制作方法: 直线 OA 与 NS 直径的夹角为 ϕ , 以 NS 为轴在下半球旋转半周, 与投影球交迹的赤平投影得 $\widehat{BCA}$ 弧, 即 $(90 - \phi)$ 纬线 (图 1-11)。作 OA 的垂线 AO' , 交 SN 的延长线于 O' , 以 O' 为圆心、 $O'A$ 为半径画圆弧, 即得纬线 $\widehat{BCA}$ 。

5) 经线 指圆心在 EW 直径上 (包括其延长线) 以不同半径画的圆弧。相邻两条经线间的角距为 2° , 粗线为 10° 。这些线都是走向南北且向东和向西倾斜, 倾角为 $2^\circ \sim 88^\circ$ 的平面的赤平投影。

经线制作方法: AB 为一倾斜平面 (倾角为 θ) 的倾斜线, 也即横剖面上的倾斜平面, 它与下半球投影球交迹的赤平投影, 即得经线 $\widehat{NA'S}$ 。从 N 作 AB 的垂线 NO' , 交 EW 直径于 O' , 以 O' 为圆心、 $O'N$ 为半径画圆弧, 即得经线 $\widehat{NA'S}$ (图 1-12)。

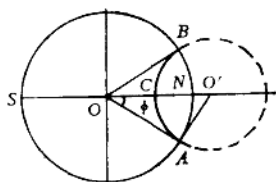


图 1-11 吴氏网纬线绘制法

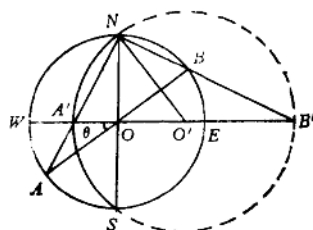


图 1-12 吴氏网经线绘制法

二、赤平极射投影基本作图法

1. 直线、平面在吴氏网上的投影及测算

准备一张吴氏网，有小半圆的一端作为正北（ N ），方位角从 10° 到 350° 以顺时针每隔 10° 注在基圆边上，将网贴在三合板上，从背面过基圆心穿一图钉，再在网上盖一张透明纸或聚脂薄膜，纸上画好圆周，在 O 处画一短线并写上 N 。需用的工具有直尺、曲线板、圆规、铅笔、橡皮等。

1) 作已知直线的投影 例如，已知一直线产状为 $60^\circ \angle 40^\circ$ ，作其赤平投影。具体作图方法如下：

(1) 薄膜上的 N 对准网上的正北（以下简称正位），在 60° 处画一短线，用铅笔写上 40° 。

(2) 转动薄膜，使短线压在 EW 直径上，从圆周往里数 40° ，在该处画一小圆点“.”，并标写上 K ，则极点 K 就是已知直线的赤平投影（图1-13）。

如果已知赤平投影图上一极点 K ，求其代表的直线产状，这就反演上述方法即可。将 K 点压在 EW 直径上，读出倾角并在基圆上绘出一短线，转动薄膜将 N 对准吴氏网上的 N ，再读出直线的倾伏方向。

2) 求对蹠点 通过球心的直线与投影球的两个交点互为对蹠点，两交点的赤平投影也互为对蹠点。

例如，图1-14上 K 点为一直线的赤平投影，求其对蹠点。其作图方法是：转动薄膜，将 K 点压在 EW 直径上，联结 OK ，作 $RL \perp OK$ 并交直径延长线于 L ，则 L 就是 K 的对蹠点。

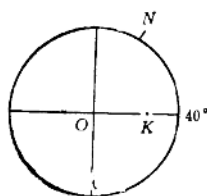


图 1-13 直线的赤平投影图

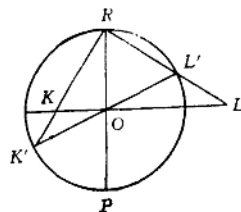


图 1-14 对蹠点的作图法
 $K'L'$ —已知直线， K 、 L —对蹠点

3) 作已知平面的投影 例如, 已知一平面产状为 $30^\circ \angle 60^\circ$, 求作其赤平投影。具体作图方法如下:

(1) 薄膜正位, 然后在方位角 30° 处画一短线并注上 60° 。

(2) 转动薄膜, 使短线压在 EW 直径上, 从圆周起数 60° , 描下该点(A)通过的经线, 此圆弧即为已知平面的赤平投影(图1-15)。从 A 点沿直径数 90° 得一极点 K , 此点即为平面法线的投影。在以后的面状构造统计中, 均以法线的投影来代表平面投影。

如果有一平面的赤平投影图, 求该平面的产状, 则反演上述方法即可。将图上的圆弧平行或重合网上一条经线, 读出平面倾角, 在 E 或 W 处绘出一短线, 薄膜正位, 读出倾角。

4) 求作垂直于已知直线的平面的投影 例如, 已知直线产状为 $120^\circ \angle 40^\circ$, 求作垂直于该直线的平面的投影。具体作图方法如下:

(1) 薄膜正位, 然后在方位角 120° 处画一短线并注上 40° 。

(2) 转动薄膜, 使短线压在 EW 直径上。从圆周起数 40° 得 A 点(即直线投影), 从 A 点沿直径数 90° 得 B 点, 过 B 点描绘一经线, 此圆弧即为所求平面的赤平投影(图1-16)。平面产状为 $300^\circ \angle 50^\circ$ 。

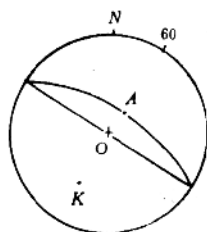


图 1-15 平面的赤平投影图

A —平面倾斜线的投影; K —平面法线的投影

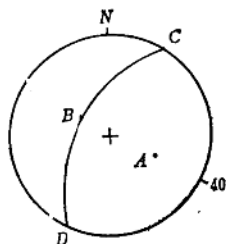


图 1-16 平面和直线的赤平投影

A —直线的赤平投影; $\widehat{CBD}$ —平面的赤平投影

5) 已知两直线产状, 求包含直线的平面产状及两直线的夹角 例如, 已知 L_1 产状为 $44^\circ \angle 30^\circ$, L_2 产状为 $130^\circ \angle 50^\circ$, 求包含两直线的产状及两直线的夹角。具体作图方法如下:

(1) 按作一已知直线的投影的作图方法, 作出两直线的投影得极点 K_1, K_2 。

(2) 转动薄膜使 K_1, K_2 压在一条经线上(简称 K_1, K_2 共大圆), 此大圆即为所求平面的赤平投影。 K_1, K_2 在经线的角距 $=65^\circ$ (从 K_1 沿经线数到 K_2), 即为两直线的夹角(图1-17)。

6) 求两平面交线的产状 例如, 已知平面 A_1 产状为 $310^\circ \angle 30^\circ$, 平面 A_2 产状为 $230^\circ \angle 50^\circ$, 求两平面交线的产状。作图方法如下:

(1) 按作已知平面投影的作图方法, 作出两平面的赤平投影得两圆弧, 圆弧交点 K 即为所求直线的赤平投影。

(2) 转动薄膜, 将 K 点压在 EW 直径上, 读出直线倾角为 29° 。薄膜正位, 读出倾向为 292° (图1-18)。

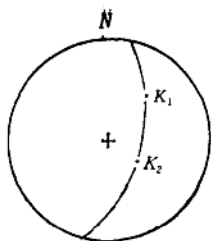


图 1-17 包含两直线的平面的赤平投影

K_1 、 K_2 —两直线的赤平投影

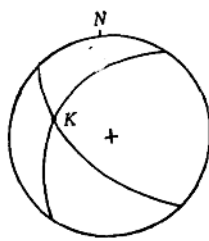


图 1-18 两平面交线的赤平投影

7) 求两个相交平面的公垂面的产状 例如, 已知平面 A_1 产状为 $60^\circ \angle 30^\circ$, A_2 产状为 $100^\circ \angle 50^\circ$, 求两个平面的公垂面的产状。在分析问题时, 要先求出两平面的交线, 然后求出交线的垂直面。

第一种作图方法如下:

(1) 按作已知平面投影的作图方法, 作两个平面的赤平投影得 A_1 、 A_2 两圆弧, 其交点 K 即为两平面交线的投影。

(2) 将 K 点转到 EW 直径上, 由 K 沿直径数 90° 得 M 点, 过 M 点描绘一经线, 此大圆弧即为所求平面的赤平投影, 平面产状为 $216^\circ \angle 62^\circ$ (图1-19)。

第二种作图方法如下:

(1) 按作已知平面投影的作图方法, 作两个平面法线的投影, 得极点 K_1 、 K_2 。

(2) 转动薄膜, 使 K_1 、 K_2 共大圆, 此圆弧即为所求平面的赤平投影, 其产状为 $216^\circ \angle 62^\circ$ (图1-20)。

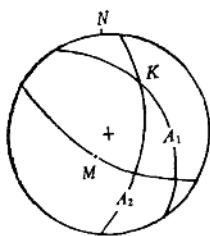


图 1-19 两相交平面的公垂面的赤平投影

A_1 、 A_2 —两平面的赤平投影; K —两平面交线的赤平投影; M —所求平面倾斜线的赤平投影

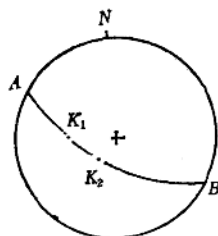


图 1-20 两相交平面的公垂面的赤平投影

K_1 、 K_2 —两平面法线的赤平投影; $\widehat{AB}$ —所求平面的赤平投影

8) 求已知两平面的夹角 例如, 已知平面 A_1 产状为 $130^\circ \angle 60^\circ$, 平面 A_2 产状为 $240^\circ \angle 40^\circ$, 求两平面的夹角。分析问题时, 应考虑两平面的夹角需在其公垂面上度量。因此, 要先求出公垂面的赤平投影。

第一种作图方法如下:

(1) 按作已知平面投影的作图方法, 作两个已知平面的赤平投影, 得 A_1 、 A_2 两圆弧及其交点 K 。