

文章编号: 0451-0712(2004)11-0026-05

中图分类号: U412.22

文献标识码: B

公路工程地质调绘中 小型地质构造的观察与研究

龚剑平

(江西省交通设计院 南昌市 330002)

摘 要: 就公路工程地质调绘特点, 阐明小型地质构造观察与研究的作用及意义, 介绍了节理、劈理类型及其性质的鉴别, 节理的分期、配套及其应力分析以及它们的观测及其应用。

关键词: 小型构造; 节理; 劈理; 调绘

公路工程是线性构造物, 地质调绘多是沿条带状进行, 沿途出现的大、中型地质构造形迹较少或断续出现, 给地质人员野外观察研究带来了困难, 而小型地质构造沿线则广泛分布, 为野外观察与研究创造了条件。鉴于当前公路工程地质调绘工作中, 对于小型地质构造的观察研究, 尚未引起应有的重视, 收集的构造资料也甚为贫乏。因此, 笔者根据自己多年来的工作体会, 结合学习和参阅有关资料, 总结出一套实用性较强的工作方法和步骤, 以供参考。

“小构造”一词, 常见于地质文献中, 但是还没有成为一个明显的术语, 事实上还只是描述性用语。到目前为止, 还没有人给小构造下过严格的定义, 仅就通常的实际工作来看, 小构造的主要研究对象是一些规模较小的构造形迹, 我们所指的小构造主要是节理和劈理。

1 小型构造的观察与研究的作用及意义

地质构造的观察研究是公路工程地质调绘的重要组成部分。通过地质构造的观察研究, 搜集大量而丰富的地质构造资料加以正确的解释, 是公路工程地质分析与研究的基础。小型地质构造的观察研究, 是区域地质构造的研究基础, 也是公路工程地质调绘工作中的一项极为重要的基础工作。它不仅能帮助我们确定地层(或岩层)层序, 反映局部构造运动的方向和性质、岩石变形的应力分布状况等, 而且对于阐明边坡岩体结构面组合及空间分布、形态特征

和稳定性评价都具有实际意义。

小型构造观察研究的主要意义有:

- (1) 帮助分析和确定岩层的层序;
- (2) 阐明大、中型构造的几何形态;
- (3) 帮助分析和判断局部构造运动和区域构造运动的方向和性质以及岩石变形的应力分析状况;
- (4) 查明不同形变阶段的时间顺序, 恢复区域构造史;
- (5) 判别坡体结构面性质、形态特征和分布规律, 为边坡稳定性评价提供直接依据;
- (6) 控制线路主要走向, 为公路选线提供构造主应力方向。

2 节理的观察与研究

2.1 节理类型及其性质的鉴别

按其形成的力学性质, 大致可分为两大基本类型, 即剪节理和张节理。此外, 由于两者的复合, 还可以出现张剪或剪张节理, 统称为复合型节理。

2.1.1 剪节理的主要特征

(1) 裂隙形态特征: 面较平直, 一般为闭合型或为较窄的裂缝, 沿走向及倾向延展较远较深。

(2) 壁面特征: 两壁岩石的裂面大都光滑, 有时可见其磨光面、擦痕, 有时还可以见到摩擦泥。

(3) 侧羽现象: 微细的侧羽裂隙比较发育, 一条明显的剪节理, 往往是由许多小剪切面呈规律的羽状排列所构成。同组剪节理它们的羽状形式总是一

致的,同是左型(行)或同是右型(行)。

(4)组合关系及其分布特征:它们常由两组共轭节理交叉成对出现,作 X 型,构成节理系,将岩石切成菱格状,故亦称之为 X 节理或交叉节理。同组节理,通常具有比较严格的平行关系,方向稳定,呈较明显的等距性。值得指出的是这种节理通常是在较大范围内成群出现,形成区域性节理,但其中往往是一组发育,而另一组不甚发育。

(5)成因及其活动特点:由剪切作用形成。它代表应变椭球体中一对剪切面,与主压应力方向斜交。两壁沿裂面做微小的相对定向滑动。

(6)尾部变化特征:通常在其节理的尾端保持平直,尖灭形式简单,逐渐消失。但有时因与另一组节理交接而形成尾折、菱形结环和节理叉。

2.1.2 张节理的主要特征

(1)裂隙形态特征:裂面呈波状弯曲,少见有平直的,两壁张开较宽,但张开的宽窄各部分不一。大都延伸较短、较浅,尖灭较快。多呈锯齿状或楔状。

(2)壁面特征:裂面粗糙不平,如未经后期改造,无磨光及擦痕。

(3)侧羽(列)现象可见。

(4)组合关系和分布情况:通常只在某些地带成一组出现。同组节理,其平行关系不如剪节理严格,常集中发育于某些构造部位,如褶皱的背斜轴部和倾伏端,断裂的两侧等,方位不如剪节理稳定。

(5)成因及其活动特点:由张力作用形成,它代表应变椭球体中的张性破裂面,与主应力方向平行。两壁无显著的沿裂面滑动。

(6)尾部变化特征:尖灭形式复杂,有时呈树枝状,一次或多次的分叉,有时呈杏仁状或蝌蚪状突然变细消失。

2.1.3 复合型节理的主要特征

这种节理同时具有张性和剪性两种节理的复合特点。系由后期改造作用的结果。其中可分为两种情况:一是先剪后张节理;另一是先张后剪节理。复合型节理,一般具有延伸较长、深度较大以及张开较宽的特点,对边坡稳定不利。

2.2 节理的分期、配套及其应力分析

相互平行或近于平行的节理,称为节理组;由两组以上有成先联系的节理,可以组成节理系或称之为节理的配套。通过节理的配套,可以判别节理产生时应力作用方向及其与区域构造、褶皱、断层、岩层的相互关系。

2.2.1 节理形成的应力分析

要确定节理与区域构造的关系,首先必须判别产生这些节理的应力作用方向。关于确定应力方向的方法及步骤如下。

(1)确定节理性质、测定它们的方位。对于剪节理,还要在全邻区寻找与之共轭的另一组剪节理。同时还必须确定它们之间是否同属于一个 X 型节理系。特别是对于垂直于岩层面的共轭剪节理(或称之为“初始节理”或“早期 X 节理”)的研究,可以恢复其古构造应力场。

(2)根据不同性质的节理,分析并恢复节理形成时的应力场。运用应变椭球理论,确定最大(A)、中间(B)和最小(C)各个应变轴。对于张节理,一般地可以从它的选向定出主压应力的方向,因为它们相当于应变椭球体中的张性破裂面,是同主压应力方向平行。对于剪节理,由于它们相当于应变椭球体中的一对剪切面,通常采用锐角等分线法,即利用剪切面夹角定律,根据它们相交的锐角平分线求出主压应力的方向。如果在一个观察点内,同时存在着一对剪节理和张节理,而且又确证为同期并且具有共生的力学联系的节理,二者进行综合分析就更为可靠(见图 1)。

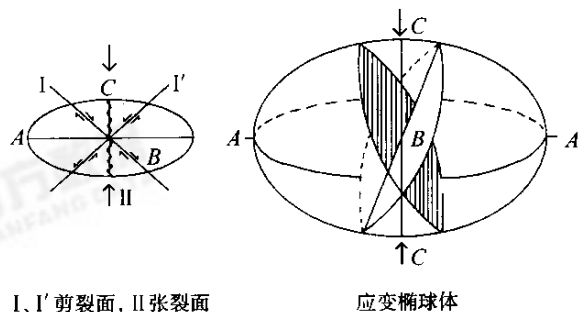


图 1

值得指出的是,有学者认为对于脆性物质,剪切面是以锐角(即剪切面夹角或摩尔面夹角)正对直接压力;而对于韧性物质则相反,是以钝角正对直接压力。当然也有持岩石开始破裂时,剪切角小于 45° 的观点。笔者认为情况往往是十分复杂的,在野外利用共轭剪切节理的交角,进行应力分析时,最好要多观察研究,获得更多的实际资料,除应注意其交角外,还应注意研究剪切节理的应力活动方式和方向。

(3)逐个系统分析和判别节理形成时方向。在同—观测点内,常常可以遇到存在着许多不同方向的

节理组(系)互相交错、互相切截。它们可能是同一时期几个不同应力场互相交织的产物,也可能是在不同时期中,不同应力场先后所形成节理做新生式迭加的结果。对于这种情况,应就各组互相交织的节理当中,根据穿切关系,分出各个同一系统、同一时期的共轭节理,然后逐个系统地分别判别它们形成时作用应力方向,恢复构造发展史(见图 2)。

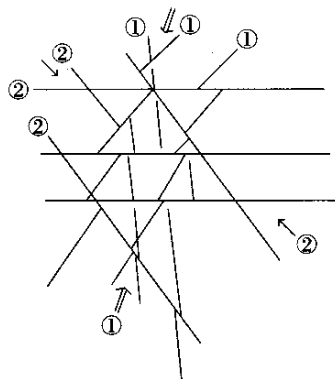


图 2 分属于先后两个剪切节理系统的新生式叠加关系和穿切现象

2.3 节理的测量和图解

2.3.1 节理的测量

(1)节理的产状:在每一个露头点上,应尽量多地测量节理产状(包括走向、倾向及倾角),进行系统分析,如果是褶皱形成前或开始形成褶皱时所产生的节理,最好能将岩层产状旋转到水平位置,同时也旋转节理产状,这样便于对节理进行分期配套及应力场的分析。

(2)节理的频率:测量每个单位长度内的节理数,并记录层厚及岩情,同时应注意是否有等间距情况及疏密韵律性。

(3)节理的特征:注意节理面上的擦痕、羽痕及缝合面等特征、充填的性质,如方解石、石英、膜等;节理的平直、弯曲及切穿岩层的连续性好坏等。

(4)节理两侧的相对位移情况:注意两侧有无位移,并尽可能地测出其位移值。

(5)节理的组合与配套:大致平行的系统节理称之为节理组;在同一应力场的作用下有成先联系的节理组,可以配套为节理系。对于节理的观察研究,为了能真实地反映不同构造发展阶段和构造应力场,应注意不同构造部位的节理,同一时期不同力学性质的节理和不同构造部位的节理,要分别统计和图解。例如我们在九景高速公路工程地质调绘中白

垓系红色岩层的节理主要有:①北 50°东;②北 20°西;③北;④北 70°西等 4 组。其中①组与北东向构造的褶皱轴平行,为二次纵张节理;②组与褶皱轴垂直,是一次水平横张节理,二者构成 T 型节理。③组与④组与褶皱轴斜交,为 X 型剪切节理。但在其邻近更老的前震旦纪浅变质岩系中,因受多次的构造运动,因而节理就更为发育和复杂。其中共有 8 组节理:①北 70°东;②北 50°东;③北 30°东;④北 10°东;⑤北 20°西;⑥北 40°西;⑦北 60°西;⑧北 80°西等。其中②、④、⑥、⑧等 4 组与白垩系红层中所见的 4 组节理大体相当,为后期节理;①、③、⑤、⑦等 4 组为早期形成的节理。其中①组与⑤组与前震旦纪浅变质岩系中之背斜轴线平行或垂直,为 T 型节理,③、⑦组与褶皱轴斜交的 X 节理。因此,它是由不同大地构造发展阶段和不同构造应力叠加而成(见图 3)。

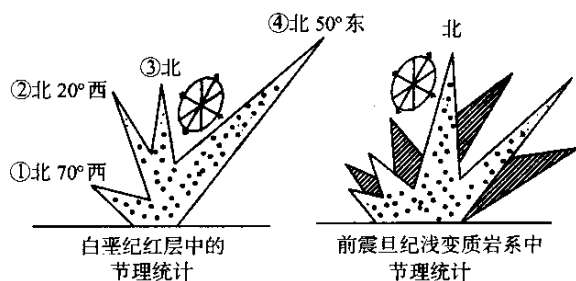


图 3

因此,节理的统计记录,要分别进行,不能笼统地记录和统计。大致应分别记录下列主要内容:地区、观察点、岩层时代及名称,地层产状及所处构造部位,不同性质节理的产状(包括走向、倾向及倾角)及数量,不同性质节理组的特征,各组节理的野外初步配套和不同应力场的初步分析等。

2.3.2 节理的图解

节理的图解,最常用的有玫瑰花图和赤平投影图。关于它们的作图方法,可参阅有关资料。玫瑰花图可以形象地表示节理的主要走向,每条走向线的长度又可以反映节理的数量,缺点是不能表示节理的倾向和倾角。赤平投影图为了表示节理之间的产状关系,一般采用吴尔费网,因为这种投影能更精确地反映节理面之间的角距关系。如果为了更好地表示节理密度,就可以采用等面积投影的斯密特网。赤平投影图较玫瑰花图解表示了更多的测量数据(特别是节理的倾角),但不如玫瑰花图那样直观和形

像,同时作图工作量也大。总之,如能使赤平投影图和玫瑰花图结合起来,那就更好。

此外,还可用共轭剪节理作主应力轴方位图解。为了把杂乱的众多节理进行分期配套首先应详细观察和研究共轭剪裂与应力之间的规律性联系。即共轭剪裂面的交线与中间应力轴(B)是一致的,其夹角的锐角和钝角分别与最小应力轴(C)和最大应力轴(A)是一致的。绝不能混为一谈,笼统地进行统计作图。必须强调现场进行分期配套和定轴。在分析和研究区域构造应力场时,还必须排除局部应力场的干扰,同时还必须研究和分析应力场的分期问题。它是研究古构造应力场的一个十分重要的问题。

共轭节理的配套准则一般是:(1)两组节理互相切;(2)反向错动,一组为右移,另一组为左移;(3)两组节理夹角的稳定性,在节理方位变化时,共轭剪切角的夹角仍保持稳定;(4)同一套的共轭剪节理的节理面线饰应相同;(5)利用两组雁行的张节理;(6)利用追踪的张节理等。

3 劈理的观察与研究

3.1 劈理类型及其成因

“劈理”一词,是指岩石易于沿着一定方向劈开的一种特征。平行而密集的潜在破裂面,是变质岩区以强烈形变区普遍存在的透入性构造。它是变质岩区构造分析的基础。劈理观察研究的主要目的,在于它有助于确定地层层序,应变轴的方向和构造应力场,从而阐明其构造特点及其发展演化历史。

劈理通常按其特征及其形成机制,分为 3 个基本类型。

(1)破劈理,是指岩石中一组密集的平行破裂面,裂面两侧矿物不做平行于劈理的定向排列。由于它的密集性及发育于整个岩石中的透入性而与节理相区别。一般认为它是一组密集的剪切破裂面。

(2)滑劈理(亦称折劈理),它常见于千枚岩、板岩及片岩中,是切过早期片理的一组平行剪切面。属剪性或压剪性破裂结构面。

(3)流劈理及片理,是指岩石中由于片状、板状或扁圆形的矿物颗粒或集合体的平行排列而引起的能使岩石分裂平行薄片的构造。是岩石组分在变形的塑性流动过程中,在垂直压应力方向上,发育压扁、拉长、旋转和重结晶的作用结果。属压性结构面。

3.2 劈理的观测及其应用

对于劈理的观测,主要有以下几个方面。

(1)正确地区分劈理和层理,这在变质岩区极为重要。要细致寻找各种层理的标志,尤其是标志层和各种特殊岩性的透镜体。通过追索填图,弄清原始层理与次生面之间的关系。

(2)观察和研究劈理的类型及其运动方式,系统测量其产状,根据它与层理的关系,分析大地构造特征。

(3)研究劈理产状的空间变化、相互关系及其与变质作用的关系,从而恢复区域变形史。

(4)适当采集定向标本,以便室内进一步研究。

值得指出的是,不同类型的劈理作为构造变形的产物,常与褶皱或断层等大中型构造在几何上、成因上有着密切的联系。研究这种关系有助于查明大、中型构造的形态特征及其形成机制,一般情况下,大致有以下几种类型。

(1)层间劈理:系受不同岩层的岩石的力学性质所控制,在同一应力状态下,不同岩层中的劈理发育程度是不一致的,并且受到层间界面的限制,它与层间的差异性滑动或塑性流动有关。

在软硬相间的岩层中,一般在较软弱面韧性的岩层中,易于发生流劈理,代表了层间派生应力场中的压扭性结构面,所以与层面的交角较小。在脆性岩石中多发育破劈理。它相当于派生应力场中与层间滑动面方向成近于直立的一组剪切面(见图 4)。

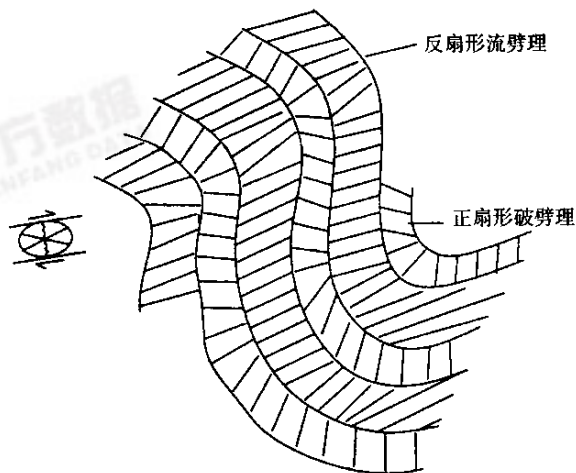


图 4 脆性岩石中的正扇形破劈理和弱岩层中反扇形流劈理

根据层间劈理与层间的交角关系,可以判别它所反映的地质运动方向和地层层序。当褶皱和劈理是处于同一运动造成的区域中,也就是说,如果劈理并不是重叠在早期褶曲系统之上的,我们在查明劈

理与层面关系之后,不但可以判别褶曲的几何形状,而且可以判别地层的新老关系。

如果劈理与褶皱轴面平行,又与层面向同一方向倾斜时,劈理倾角大于层理的倾角,为正常层序;劈理倾角小于层理倾角为倒转层序。另外,劈理与层理形成锐角所指方向,为相邻地层的上滑方向。由此亦可推测岩层的新老关系,因为在一般的侧向挤压褶皱中,都是上层相对下层向背斜顶部运动(见图 5)。

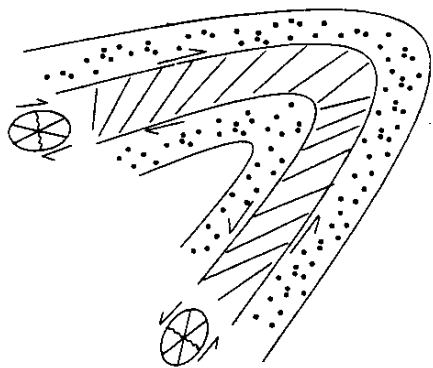


图 5 层间劈理形成的应力分析

(2)轴面劈理,大都属流劈理,常见于强烈褶皱的变质岩系中。其产状与褶皱轴面大致平行,与轴面一起代表了变形中压性结构面。一般轴面劈理,总是以比较稳定的产状出现,并将层理的连续性破坏,甚至完全代替(或置换)了原始的连续层面,在露头上往往易误认为层理或层面,这在变质岩区要特别注意。

(3)顺层劈理,系由代表压性结构面的流劈理组成。它与岩层界面大多平行。

4 结语

(1)大、中、小各级构造是密切联系的,研究时必须相互配合,小型构造的观察研究,是区域构造研究的基础。反过来,小型构造的研究,又必须联系所在地区区域构造发展历史的特点,才能了解它们在区域构造中所处的部位,以及与相邻其他中、小型构造的关系。因为不同中小型构造特点的差异,是由不同性质和不同类型的区域所决定。

(2)地应力是控制边坡岩体节理裂隙发育及边坡变形特征的重要因素。此外,地应力尚可直接引起边坡岩体的变形破坏,岩体的位移错动方向与最大主应力方向相同,且不受岩层倾向控制,甚至沿与岩层倾向相反的方向错位。因此,小型构造的研究,很有实际意义。

(3)地质构造直接控制边坡变形破坏的形式和规模,对边坡地段的地质构造特征进行研究是定性或定量稳定性评价的基础。

(4)对于已经存在的滑坡、崩塌等地质灾害,其周围界相对清楚,各种勘察设计技术规范较完备,认识起来相对容易。最难的是对于现状稳定的高边坡,预测其人工开挖后的稳定性,对于其地质构造的分析、地质力学模型的建立、稳定分析计算都十分困难。本文仅对地质构造研究的重要性起一个抛砖引玉的作用,如果能使公路工程地质同仁达到同样的认识,也就达到目的了。

参考文献:

- [1] 区域地质及构造地质教研室,编. 构造地质学导论[M]. 长春地质学院,1986.

安徽界阜蚌高速公路全线贯通

2004 年 10 月 10 日,由安徽省交通投资集团投资建设的界(首)阜(阳)蚌(埠)高速公路三期蒙城至蚌埠段试通车,标志着界阜蚌高速公路全线贯通。

界阜蚌高速公路西起界首市常胜沟,与河南漯周界高速公路相连,东至蚌埠市的怀远县五岔镇,相会于在建的合徐高速公路,其间经过界首市、太和县、利辛县、蒙城县、怀远县,全长 187.53 km,分三期建设,一、二期工程已通车运营;蒙蚌高速公路即界阜蚌三期工程全长 89.59 km,总投资概算 19.32 亿元。设计为全封闭、全立交、平原微丘区高速公路,双向四车道,计算行车速度 100 km/h。该路是安徽省东进西出的重要通道,它的建成对加快皖北地区的经济发展,优化地区投资环境,配合安徽省东进西出经济战略,促进外向型经济发展,完善皖北路网布局,具有极其重要的战略意义和经济意义。