

北京燕家台碎裂岩体的成因机理及其工程地质意义*

朱志刚^{①②} 魏云杰^③ 陶连金^③ 王成^④

(①中国地质大学(北京)地球科学与资源学院 北京 100083)

(②北京市勘察设计研究院有限公司 北京 100038)

(③北京工业大学 城市与工程安全减灾教育部重点实验室 北京 100024)

(④北京市路政局门头沟公路分局 北京 102300)

摘要 岩石薄片鉴定和微观特征研究表明:碎裂岩体的组成以伊利石黏土为主,具有泥质结构,薄层状构造,页理发育;区域构造特征分析说明区域构造作用对于碎裂岩体的形成具有控制作用,沿河城断裂经过挤压、引张、再挤压的反复加载-卸载过程及紫荆关—沿河城断裂、房山—八宝山断裂的扭动作用,形成了区内裂隙网络化,使岩体碎裂化;岩体的正常卸荷作用和缓倾角结构面的卸荷回弹,使岩体碎裂化加剧。

关键词 碎裂岩体 岩体结构 区域构造 表生改造

中图分类号:P642 文献标识码:A

FORMATION MECHANISM OF YANJIATAI CRACKED ROCK MASS AND ENGINEERING GEOLOGICAL SIGNIFICANCE IN BEIJING

ZHU Zhigang^{①②} WEI Yunjie^③ TAO Lianjin^③ WANG Cheng^④

(①School of Earth Sciences & Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083)

(②BGI Engineering Consultants Ltd., Beijing 100038)

(③Key Laboratory of Urban Security and Disaster Engineering, Ministry of Education, Beijing University of Technology, Beijing 100024)

(④Beijing Road Political Bureau Mentougou Road Sub-bureau, Beijing 102300)

Abstract Through the thin section identification and micro-characters study. Cracked rock mass are mainly illite clay with shaly structure, thin-layer structure and joints were developed. Through the analysis of regional tectonic features, the regional tectonic process controls the formation of cracked rock mass. Yan Hecheng fault formed fracture network of the region and cracked rock mass after repeated loading-unloading process by extrusion, tension and squeeze and Zi Jing Guan fault, Fang Shan-Ba Bao Shang fault twist action. Rock mass normal unloading and gently dipping structural plane unloading rebound so that rock mass become more cracked.

Key words Cracked rock mass, Rock mass structure, Regional tectonic, Epigenetic deformation

* 收稿日期:2010-05-30;收到修改稿日期:2010-07-10.

基金项目:国家科技部“十一五”科技支撑项目(NO2006BAJ06B02)资助。

第一作者简介:朱志刚,主要从事岩土工程、工程地质、地质灾害防治等领域的科研及生产工作。Email: ZZG2008@vip.sina.com

1 问题的提出

燕家台碎裂岩体位于北京市门头沟区清水镇燕家台村西。区域上发育的主要褶皱有百花山—庙安岭复式向斜、梁家山短轴向斜及李家庄倾伏背斜；断裂束、断裂带一般处于不同构造单元衔接部位。岩性主要为中寒武统的页岩、泥岩、灰岩和白云岩等，节理裂隙发育，岩体破碎~极破碎，主要矿物成分为黏土矿物、炭质、钙质等，岩体质量为V级(图

1)。岩层的总体产状为 $175^{\circ} \sim 210^{\circ} \angle 19^{\circ} \sim 24^{\circ}$ ，但由于受地质构造的影响，岩层发生强烈的褶皱变形，产状变化较大，甚至发生倒转。双大路(双塘涧~柏峪段)通过此处，在边坡开挖后，其表面部分发生了坍塌，随着坍塌范围的扩大，施工过程中发现边坡上方的山体斜坡发生不同程度的变形现象，在靠近山坡顶部附近形成较长的拉张裂缝，变形范围东西约220m、南北约150m。本文从岩体结构的原生建造、构造改造、表生改造3个方面对燕家台碎裂岩体的演化过程、成因机理进行了深入研究。

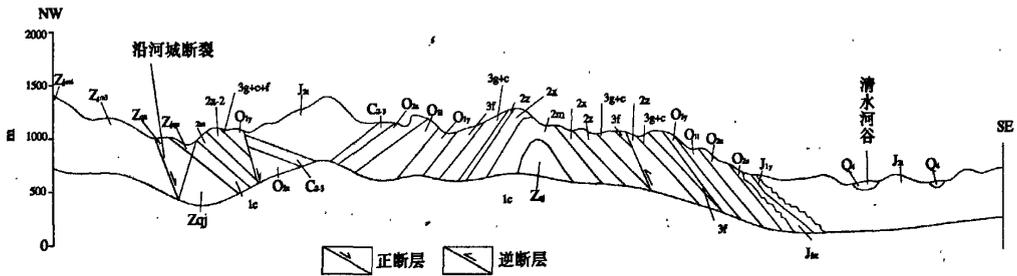


图1 碎裂岩体附近地质剖面图

Fig. 1 Geological section near the cracked rock mass

2 地质背景

地质构造形迹以复式褶皱构造为主，根据区域地质资料及地质调查表明，场区主要褶皱有百花山—庙安岭复式向斜、梁家山短轴向斜及李家庄倾伏背斜，北东走向断裂较发育。区域断裂主要特点是呈带状分布，断裂束、断裂带一般处于不同构造单元衔接部位，主要断裂束走向北东东(图2)。在百花山—庙安岭复式向斜北西翼古生界及震旦亚界地层中最主要的断裂是沿河城断裂(F_1)，断层面产状走向 60° /倾向SE、倾向角 70° ，为南东盘下落的正断层。该断裂规模较大，伴生及派生断裂发育，南东盘青白口系及古生界地层中发育次级褶曲。根据有

关资料分析，沿河城断裂带为一条有着长期发育历史的中生代为主要活动期的压扭性断裂，近时期仍有活动，规模较大，伴生及派生断裂发育，影响宽度常可达上千米。沿断裂带岩石普遍破碎，燕家台以西2km范围内强烈挤压作用形成的白垩土状糜棱岩广泛分布，下马岭组黑色页岩多退色而呈浅灰色。

碎裂岩体结构面主要由层面、基体裂隙组成。层面产状为 $N65^{\circ}E/SE \angle 12^{\circ}$ ，基体裂隙以NE向、NNW向最为发育，其次为近SN向、近EW向(图2)。

3 岩体结构的成因机理

岩体结构是在漫长地质历史过程中，通过原生建造、构造改造及表生改造3个阶段综合作用的产物。不同地区，所经历的地质历史过程不同，上述3个阶段所发挥的作用和产生的结果也是不一致的。一般说来，原生建造是基础，构造改造是主体，而表生改造是则在一定程度、一定范围内劣化了岩体结构及其工程性状^[1]。以下从3个方面来研究岩体结构的成因机理。

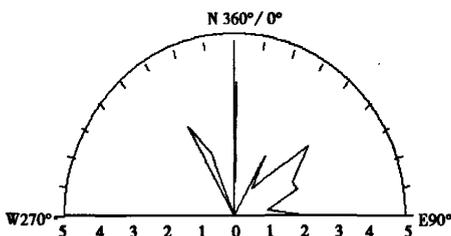


图2 结构面走向玫瑰花图

Fig. 2 Rose diagram of the structural plane run

3.1 原生建造特征

寒武系中统毛庄组岩性为紫红色、鲜红色泥质页岩、夹粉细砂质碎屑岩及少量灰岩,风化后呈碎屑状。为了了解碎裂岩体的微观特征,采集样品进行磨片,镜下进行鉴定分析,以鉴别出矿物组成和显微构造特征(图3)。

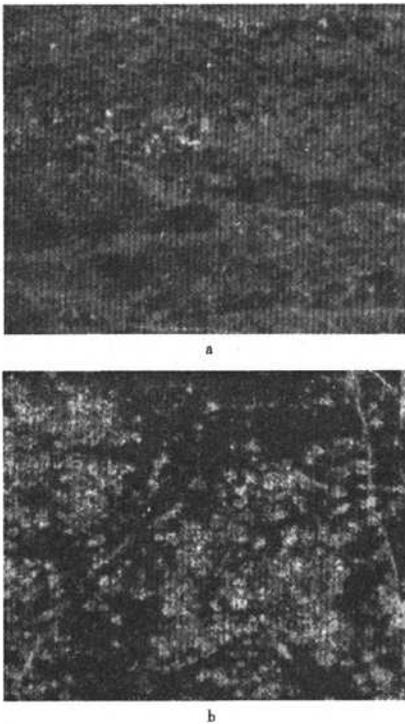


图3 黏土中硅质粉砂、棕色细脉和微裂隙

Fig. 3 Silicon silty sand, brown veinlet and micro-joint

a. 放大5倍,单偏光; b. 放大5倍,正交偏光

鉴定结果为:

(1) 岩石为灰色含腐殖质页岩。

(2) 岩石具有泥质结构,薄层状构造,页理发育。

(3) 岩石组成:黏土质为主,大部分为伊利石黏土,少量的硅质粉砂,深棕色纹层沿层理展布,充填腐殖质。

(4) 显微构造:岩石微裂隙切穿层理,可达0.02mm宽,充填硅质。

从毛庄组沉积物特征及其岩石的结构构造分析,毛庄组为气候干燥、含盐量高的泻湖沉积环境。从宏观到微观,反映本区早寒武纪为潮上~潮间下沉积;中期开始,古气候炎热干燥,到毛庄组为潮间盐化泻湖环境。

3.2 构造改造特征

区域上沿河城断裂深部地质构造及浅层挤压构造的形成,在时间演化上,可分为五个阶段^[2](图4):

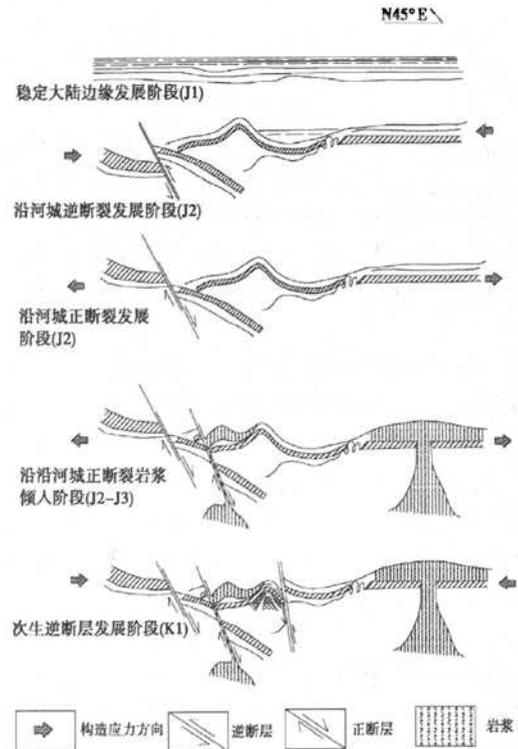


图4 沿河城断裂带岩石圈动力学模式演化示意图

Fig. 4 Geosphere dynamics mode evolution sketch figure of Yanhecheng fault belt

(1) 燕山区运动早期,北京西山地区属稳定大陆边缘阶段。

(2) 断裂逆断形成发展阶段:在中生代期间,由于太平洋岩石圈板块向欧亚大陆岩石圈板块俯冲及相互作用的结果,而使本区形成大陆边缘活动带,是典型的稳定区向活动带转化的地区,具有强烈的构造变动及岩浆活动,即所谓的“地台活化”,在这个阶段,由于受到 NNW ~ SSE 方向挤压,形成了沿河城断裂,并发生了早期的逆断。

(3) 沿河城断裂正断形成发展阶段:主要发育在燕山运动晚期早白垩世初,受区域近 SN 向的扭动作用力影响,沿早已形成的 NW 向横岭-沿河城断裂带发生引张,在重力作用下,断裂带上盘(东盘)沿高角度断裂面向下跨落,发生正断性质的活动,这是 NW 向断裂带最大的一期活动。使沿紫荆

关-沿河城和房山-八宝山两条深断裂之间的地块形成近东西向的人字形张性分支深断裂^[2](图5)。

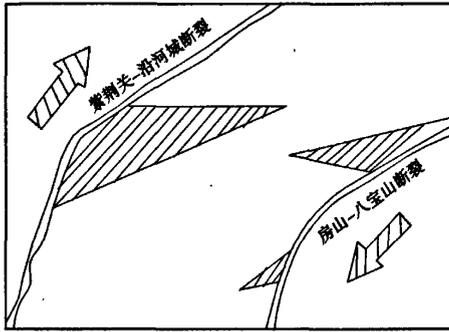


图5 扭动作用下形成张性断裂示意图

Fig. 5 Tension fracture sketch figure with twist action

(4)沿河城断裂正断岩浆侵入阶段:主要发育在燕山运动晚期早白垩世初,该期最主要的活动特征是沿河断裂带火山喷发、岩浆倾入。岩浆活动停止后,由于区域应力场的持续作用,在该断裂附近的地质体中继续发育了相对位移不明显、以挤压、剪切为特点的断层,并在断带中发育了碎粉岩、胶结程度较低的角砾岩、碎裂岩等构造岩。

(5)次生逆断层发展阶段:喜山运动早期,由于区域应力场的转变,以NE~SW向挤压为主,在原来NW向断裂带中进一步形成一系列小断层和挤压破碎带,局部地层陡立,岩层倒转,并在横岭-沿河城断裂带上盘形成宽缓的褶皱构造。

根据上述区域构造演化历史和结构面组合、切割关系,燕家台碎裂岩体构造应力场的演变先后经历了燕山期和喜山期等两个大地构造运动期。以区域构造应力场实际演变情况为基础,结合上述对碎裂岩体结构面的构造解析及各构造结构面的空间关系、力学性质及成因机制,可将构造应力场及相应构造结构面的演化历史分为3期(表1)。

3.3 表生改造特征

岩体结构的表生改造是指河谷下切过程中,由于应力释放,岸坡岩体向临空方向发生卸荷回弹变形,谷坡或河谷应力场产生新的调整,伴随这一过程岩体结构所产生的一系列新的变化^[1,3]。岩体结构的表生改造一般具有两类形式,即原有构造或原生结构面的进一步改造和新的表生断裂体系的形成。根据现场调查,该碎裂岩体卸荷现象总体上较弱,主要为弱卸荷,大体说来有以下几种类型:

(1)正常卸荷型表生改造

表1 碎裂岩体主要构造特征及其形成与演化

Table 1 Tectonic features and formation and development of cracked rock mass

造山期	应力场方向	主要构造成分	节理配套	构造应力场期次
燕山期	NNW~SSE向挤压	由两组NEE走向但是具有不同倾向的缓倾角节理配套而成的剖面“X”型节理	缓倾角节理:由倾向NNW和SSE的两组缓倾角节理组成	
燕山期	近南北向挤压	①X走向为NW和NEE陡倾角节理。 ②一系列小褶皱。	陡倾角节理:由走向为NW和NEE陡倾角节理构造组成。	
喜山期	NE~SW向挤压	①NNW向和近NE向陡倾角构造节理。 ②不同倾向的NNW走向的缓倾角节理。	①陡倾角节理:由走向为NNW和NE向陡倾角构造节理组成。 ②缓倾角节理:由倾向为NNE和SSW的两组缓倾角节理构成。	

其特征是多沿顺河方向的构造结构面发育,带内岩块存在着较明显的松动架空现象,局部充填有块碎石、岩屑及次生黄泥,可称之为“正常卸荷型”。

(2)缓倾角结构面的表生改造

由于边坡岩体中缓倾角结构面发育,总体来讲岩体结构的表生改造主要沿原有的缓倾角结构面产生。对于边坡岩体主要表现为沿已有结构面的进一步改造;对于岸坡岩体则表现为新的破裂面的形成。

4 碎裂岩体的工程地质意义

北京西山地区由于受沿河城断裂和房山-八宝山断裂多次挤压、扩张和扭动作用的影响,构造复杂,中寒武统的页岩、泥岩等软岩在构造和表生改造作用下,岩体破碎、力学性质差,公路穿越时,容易发生路基沉陷、边坡破坏、隧道围岩坍塌等灾害现象。

(1)路基沉陷。岩土体以黏土质为主,大部分为伊利石黏土,由于这些矿物具有较强的吸水性,极易吸收水分而膨胀,而失水后发生体积收缩,从而导致岩石崩解,在雨季容易发生路基沉陷。

(2)边坡变形破坏。由于受地质构造的影响,

岩层发生强烈的褶皱变形,阻挡蠕滑发生的背斜部分逐渐侵蚀,局部在公路施工过程中被开挖,发生蠕滑的层间挤压带开始出露于地表,坡体在中、后部顺层段推力作用下,发生蠕滑。

(3)隧道围岩坍塌。由于岩土体遇水易膨胀、崩解,隧道穿越此段时易发生坍塌,应采用钢拱支架+挂网喷砼及时支护。

5 结论

(1)岩体结构的形成以建造为基础,从岩石的结构构造分析,岩石具有泥质结构,薄层状构造页理发育;岩石组成以黏土质为主,大部分为伊利石黏土,少量的硅质粉砂,充填腐殖质;岩石微裂隙切穿层理,岩石的力学性质较差。

(2)区域构造特征对于碎裂岩体的形成具有控制作用,沿河城断裂经过挤压、引张、再挤压的反复加载-卸载过程及紫荆关-沿河城断裂、房山-八宝山断裂的扭动作用,形成了区内裂隙网络,使中寒武统的页岩、泥岩碎裂化。

(3)浅表生改造对结构面的工程性状将起到劣

化作用,岩体的卸荷作用和缓倾角结构面的卸荷回弹,使岩体进一步碎裂化。

(4)公路穿越时碎裂岩体时,容易发生路基沉降、边坡失稳、隧道围岩坍塌等灾害现象,应及时采取适当的加固措施。

参 考 文 献

- [1] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京:地质出版社,1994.
Zhang Zhuoyuan, Wang Shitian, Wang Lansheng. Analysis Principles of Engineering Geology. Beijing: Geology Press, 1994.
- [2] 张之一. 北京西山燕山运动的发展过程[J]. 石家庄经济学院学报. 1981,(3):5~92.
Zhang Zhiyi. Developing process of Yanshan movement of west mountain in Beijing. Journal of Shijiazhuang University of Economics. 1981,(3):5~92.
- [3] 吴琦,黄润秋,裴钻,等. 西南某坝区结构面成因机理及其工程地质意义[J]. 水文地质工程地质. 2008,(2):40~44.
Wu Qi, Huang Runqiu, Pei Zuan, et al. Formation mechanism and engineering geological significance of structural plane at a dam region located in the southwest China. Hydrogeology & Engineering Geology. 2008,(2):40~44.