

中国地质科学院

宜昌地质矿产研究所所刊

第 7 号



地质出版社

中国地质科学院

宜昌地质矿产研究所所刊

第 7 号

地质出版社

**中国地质科学院
宜昌地质矿产研究所所刊
第7号**

宜昌地质矿产研究所所刊编辑部编辑

责任编辑：陶谋镇、孙旭荣

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：783×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：8 $\frac{1}{4}$ 插页：1个 字数：203,000

1983年10月北京第一版·1983年10月北京第一次印刷

印数：1—2,000册 定价：1.30元

统一书号：15038·新973

目 录

初论黄陵旋卷构造及其动力地质作用.....	唐贵智、黄新耀 (1)
中南地区白垩系.....	关绍曾 (15)
广西象州中泥盆世晚期的穿孔贝类.....	杨德骧 (27)
鄂湘川黔毗邻地区早震旦世冰川地质问题的讨论.....	马国干、王砚耕 (43)
粤北某矿田断裂构造及成矿控制.....	杨开渠 (53)
贵州马坪云母金伯利岩及伴生偏碱性超基性岩的岩石特征	马大铨、赵子杰、徐涛、卢登蓉 (65)
德兴斑岩铜矿斑岩和围岩蚀变特征及斑岩和成矿物质来源的讨论	刘姝群、杨世义、张秀兰、陈长江 (77)
湘中白云铺铅锌矿床的铅、硫同位素地球化学研究.....	陈好寿、韩友科 (101)
金属锌法测定天然水及矿物包裹体水中氘.....	钱雅倩、庄龙池 (115)
感耦高频等离子炬发射光谱法测定花岗岩中微量稀土元素	张通锐、黄金彪、黄金炯 (123)

**BULLETIN OF THE YICHANG INSTITUTE OF
GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES
OF THE CHINESE ACADEMY
OF GEOLOGICAL SCIENCES**

No. 7

CONTENTS

The Huangling Vortex Structure and Its Dynamic Geological Process	Tang Guizhi, Huang Xinyao (13)
The Cretaceous System of Central South China.....	Guan Shaozeng (26)
Late Middle Devonian Terbratulids of Xiangzhou Guangxi.....	Yang Deli (37)
Discussion on the Glacial Geology of the Early Sinian in the Area Adjacent to Hubei, Hunan, Sichuan and Guizhou Provinces of China	Ma Guogan, Wang Yangeng (51)
Fractures and Ore-Formation Control in An Ore Field of Northern Guangdong	Yang Kaiqu (63)
On the Petrological Characteristics of Micaceous Kimberlite and Accompanied Meta-Alkaline Ultrabasic Rocks at Maping Guizhou Province.....	Ma Daquan, Zhao Zijie, Xu Tao and Lu Dengrong (75)
The Characteristics of Porphyry and Country-Rock Alteration and Discussion on the Sources of Porphyry and Ore-Forming Substances in the Dexing Porphyry Copper Deposit	Liu Houqun, Yang Shiyi, Zhang Xiulian and Chen Changjiang (96)
Geochemical Studies on the Lead and Sulphur Isotopes from the Baiyunpu Pb-Zn Ore Deposit.....	Chen Haoshou, Han Youke (113)
The Application of Metallic Zinc to the Determination of Deuterium Content in Natural Water and Fluid Inclusions	Qian Yaqian, Zhuang Longchi (121)
The Determination of Trace Rare Earth Elements in Granits with ICP -AES.....	Zhang Nairui, Huang Jinkun and Huang Jinjiong (135)

初论黄陵旋卷构造及其动力地质作用

唐贵智 黄新耀

黄陵旋卷构造是一个以黄陵地块为砥柱和以周缘弧形断裂或褶皱为旋迴面,发育较为完善、从喜山运动开始至今仍在活动的旋卷构造。由于地块的扭动,产生了一系列与它有成生联系的动力地质作用。如岩崩、岩体边坡变形、地震活动和矿山崩塌等,从而给工程建设带来一定影响。地块仍在运动,所以,长江西陵峡链子崖危岩体并不稳定,而地应力对葛洲坝的威胁也未消除。

我们在分析前人资料的基础上,结合短期野外考察,试就黄陵旋卷构造的特点,探索与它有成生联系的动力地质作用的成因,敬希读者指正。

文中引用了长江流域规划办公室(简称长办)勘测处、五〇五工地地质队、长办地震队、国家地震局地震研究所以及湖北省西陵峡岩崩调查工作处等单位的大量资料和图件,在此表示衷心感谢。

一、动力地质作用

(一) 岩崩^{①②}

巍巍长江三峡,两岸峰峦绵延不绝,悬崖断壁比比皆是,山崩地滑时有所闻,其中规模大而危害最强者首推新滩链子崖。新滩位于长江北岸,东距宜昌约72公里,见图1和图5。新滩岩崩,由来已久,从汉代到明代,据《水经注》、《归州志》的记载就有四次^①:

1. 公元100年——“汉永年十二年庚子夏间四月,……秭归高山四百余丈崩,填江水,压杀百余人。”

2. 公元377年——“晋太元二年,山又崩,当崩之日,水逆流百余里,涌起数十丈。”

3. 公元1030年——“宋天圣七年,地震山崩,害舟不可胜计,堵江二十余年,至皇祐三年(公元1052年)始疏凿通航。”

4. 公元1542年——“明嘉靖二十一年,久雨暴雨,山大崩,冲压百余家,堵江八十二年……,每当水涨,泡旋无定,舟行倾覆者十之七、八。”

最近于公元一九六四年三月,北岸九盘山广家岩因连续暴雨而发生大崩塌,体积约50万立方米,危及长江沿岸姜家坡及新滩等地居民安全。

新滩岩崩特点大致如下:(1)岩崩多发生在久雨暴雨或地震之后;(2)岩崩主要沿巨大构造裂隙或岩石坡面等结构面发生;(3)岩崩周期约300—500年,并似有越来越大

① 湖北省西陵峡岩崩调查工作处,1979,西陵峡岩崩及其调查工作。

② 长江流域规划办公室勘测处,1980,新滩及其两岸边坡稳定性。

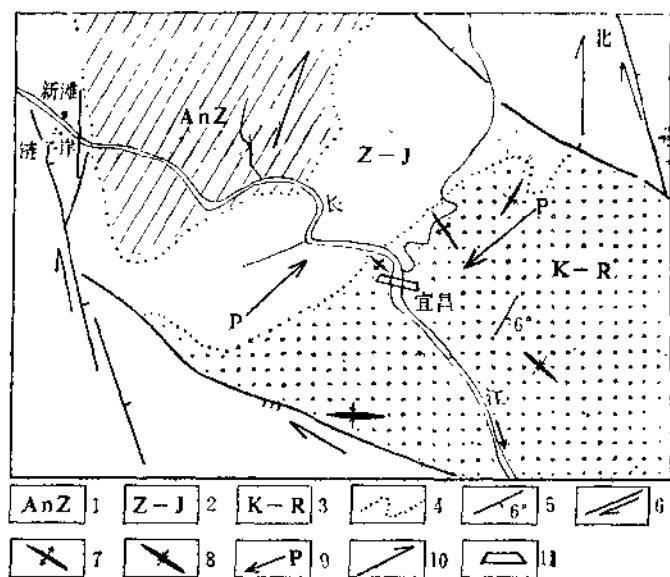


图 1 葛洲坝附近地质构造略图(比例尺约1:1百万)

1—先震旦纪结晶岩基底；2—第一构造层(Z-J)，3—第二构造层(K-R)；
4—构造层界线；5—岩层产状；6—断层及其两盘运动方向；7—背斜；8—
向斜；9—地应力作用方向；10—地块扭动方向；11—葛洲坝位置

6月基坑开挖后不久，沿上、下游边坡都出现岩层沿层面逆冲错动位移现象，并具有以下
主要特征^[1]：(1)岩层错动位移带有爬坡逆冲性质，仰冲约2°左右；(2)错动具有特

趋势；(4)岩崩遗迹显示由东
向西逐渐迁移，南北两岸皆有，
南岸以暴发崩塌方式为主，北
岸以潜移滑动方式为主。

(二) 边坡岩体变形

这是岩体或岩层在地应力
作用下的一种表现。葛洲坝二
江基坑出现的边坡变形^①，是
一个较为突出的例子，见图2。
早在1974年作者之一在研究中
南地区构造体系时，曾指出黄
陵地块及其周缘弧形断裂和褶
皱是一个喜山期以来，发育较
为典型的旋卷构造，并预言处
在旋卷构造东南边缘的葛洲坝
地区存在着强大的北东—南西
向的地应力，它对工程将产生
一定的影响。果然，在1976年

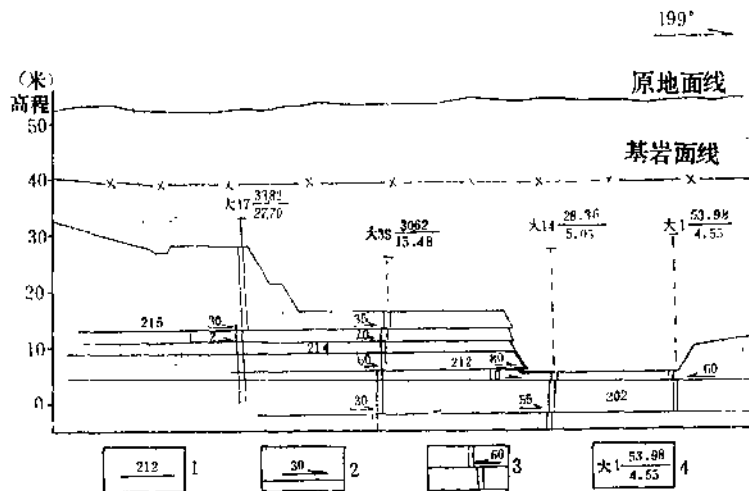


图 2 葛洲坝基坑边坡岩层变形剖面示意图

(据曾昭明等, 1978, 略有修改)

1—软弱夹层及其编号；2—软弱夹层错动方向及其错距(毫米)；3—大口径钻并错动及错
距(毫米)；4—大口径并号

① 长江流域规划办公室勘测处、505工地地质队，1977年，葛洲坝工程二江电厂地段施工过程中基础岩层变形及地质条件变化情况的初步调查报告。

定的区域构造方向,即上游岩层向 223° 方向推移,而下游岩层则向 40° 方向滑移,与岩层走向 30° 呈 10° — 13° 交角;(3) 位移错距,其中 212 号软弱夹层最大错距为 80—90 毫米,而累计位移超过 174 毫米;(4) 变形影响范围在上游方超过 300 米,在剖面上深及基坑底板以下 7.7 米;(5) 变形持续时间长,前后时间达两年之久,变形由快而慢,最后渐趋稳定。如 212 号软弱层初时月变率为 13 毫米,后减缓到 2.7 毫米,终至完全停止。

(三) 地震活动^{①②}

历史上有关黄陵地区地震活动的记载,多语焉不详,难以评价。据近二十余年来本区地震台网记载,地震震级 M_s 大于 2.5 级者共 15 次,列于表 1。

黄陵地区部分地震活动记载*

表 1

发震时间 年 月 日	震 中 位 置		地 点	震 级 M_s	震源深度 公 里
	北 纬	东 经			
1948. 2. 19	$31^{\circ}50'$	$111^{\circ}21'$	保康黄化	4.7	14—15
1961. 3. 8	$30^{\circ}17'$	$111^{\circ}12'$	宜都潘家湾	5.2	
1964. 9. 22	$31^{\circ}07'$	$112^{\circ}13'$	荆 门 北	2.6	
1965. 6. 22	$31^{\circ}25'$	$112^{\circ}04'$	荆 门 北	3.1	
1969. 1. 2	$31^{\circ}32'$	$111^{\circ}17'$	保康马良	4.7	14
1971. 6. 17	$31^{\circ}05'$	$111^{\circ}48'$	远安城东	3.2	10
1971. 7. 14	$31^{\circ}06'$	$111^{\circ}42'$	远安瓦仑	3.2	11
1971. 7. 14	$31^{\circ}08'$	$111^{\circ}42'$	远安茅坪	2.8	11
1972. 3. 13	$30^{\circ}54'$	$111^{\circ}48'$	秭归周坪	3.0	8
1973. 4. 30	$30^{\circ}47'$	$112^{\circ}02'$	荆门五里铺	3.3	18
1973. 10. 10	$30^{\circ}59'$	$112^{\circ}19'$	荆门五里铺	3.9	18
1974. 8. 3	$31^{\circ}05'$	$111^{\circ}32'$	远安西北	2.9	10
1979. 5. 2	$31^{\circ}06'$	$110^{\circ}28'$	秭归龙会关	5.1	16
1979. 8. 3	$31^{\circ}09'$	$112^{\circ}03'$	荆 门	2.8	
1981. 7. 5	$30^{\circ}58'$	$111^{\circ}36'$	当阳峡口	3.8	10

* 据国家地震局地震研究所周明礼工程师资料。

从表中可以看出本区地震活动特点为:(1) 地震强度小,最大不超过 5.2 级 (M_s),频率低,年平均只有 0.6 次;(2) 地震震中主要集中在几条大断裂带附近,见图 3;(3) 震源线,一般介于 8—18 公里,这正是基底结晶岩顶面埋藏深度,故靠近黄陵地块者浅,反之则深;(4) 地震活动似有由南向北或由北向南迁移,以及东西两侧跳跃的趋势;(5) 震级 ≥ 4.5 级的地震周期约 8—10 年,并有增强之势。

(四) 矿山崩塌^③

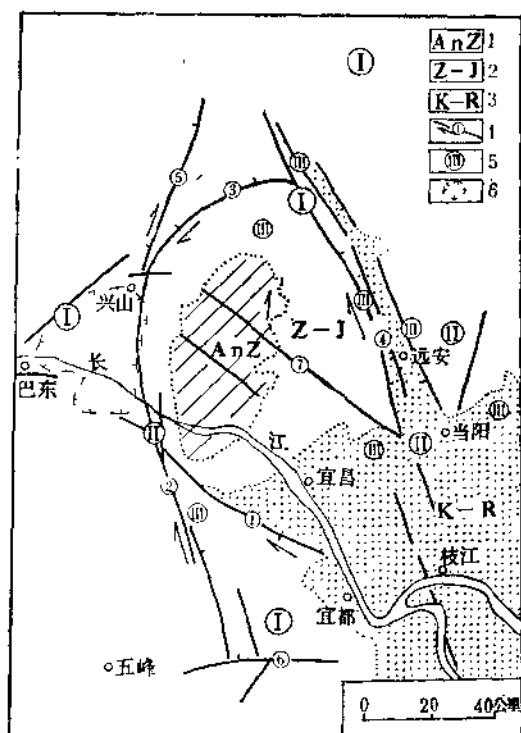
1980 年 6 月 3 日清晨,黄陵地块东北远安县盐池河磷矿,在大雨后突然发生山体崩塌(见图版 I-1),造成严重伤亡事故。崩塌体约 100 万立方,并引起 1.4 级 (M_s) 地震。

还可以举一些动力地质作用的例子,如经常出现在黄陵地块西北山区沿小谷山断裂带

① 李安然, 1980, 峡东地区地震构造及地震强度问题的讨论。

② 秦兴黎, 1981, 秭归—渔洋关地震带考察报告(讨论稿)。

③ 盐池河山崩联合调查组, 1980 年, 远安县盐池河磷矿山崩原因的初步分析。



的大型滑坡^①以及黄陵地块大面积的整体升降运动等。后者仅据1959年至1961年水准测量资料,其西侧相对于秭归盆地年平均上升速度为2—4毫米,东侧相对于江汉平原,年平均上升速度为3—24毫米^②,可见其运动之强烈。

图3 黄陵地区地震震中与断裂构造分布示意图

(据李安然, 1980年, 略有修改补充)

1—先震旦纪结晶岩基底; 2—第一沉积构造层(Z-J); 3—第二沉积构造层(K-R); 4—断裂及编号和两盘运动方向; 5—地震震级(M_s): I, $4.7 \leq M_s < 5.2$; II, $3 \leq M_s \leq 4$; III, $2 \leq M_s \leq 2.9$; 6—秭归盆地。

二、区域地质背景

在探讨动力作用的成因之前,先叙述一下本区地质背景⁽²⁾⁽³⁾——黄陵旋卷构造。

(一) 构造层

从地层间的区域角度不整合接触关系入手,结合岩石结构和构造共生组合的地质体在构造运动下的形变特征,拟将本区由下而上划分为三个主要构造层或亚构造层,见图4。

1. 结晶岩基底(先震旦纪结晶岩基底)

它由一套中、深变质岩崆岭和黄陵杂岩体组成,其结构虽然复杂,构造断裂也十分发育,但由于变质作用或重熔交代作用,已多被“焊接”起来成为一体,故岩体整体性好,刚度大,在构造运动中,往往表现为断块整体活动。它又是构成本旋转构造砥柱的岩体。

2. 第一沉积盖层(震旦系—侏罗系)

本构造层包括了震旦纪至侏罗纪全部海相碳酸岩、泥质碎屑岩和少量海陆相至陆相碎屑岩,厚达8000余米,与下、上构造层呈明显的角度不整合。它与其下结晶岩基底的最大的区别在于前者有明显的面状或层理和岩石的力学性质变化悬殊,往往是强弱岩层相间,因而在构造运动作用下,表现为以层间滑动褶皱为主,断裂次之。

① 湖北省区域地质测量队, 1974, 1/20 万神农架幅区域地质调查报告。

② 湖北省水文地质队一分队, 1978, 黄陵背斜几条大断裂活动性及其评价区域地壳稳定性的意义。

③ 湖北省区域地质测量队, 1970, 1/20 万宜昌—长阳幅区域地质报告。

④ 梁贻昌, 吴玉华, 1980, 黄陵背斜周缘几条大断裂的力学性质转化及其体系归宿。

3. 第二沉积盖层 (喜山构造层, 白垩—第三系)

这是指分布在中、新生代低洼盆地的红层而言, 由陆相红色砂砾岩、砂岩、粉砂岩等组成。其特点是岩石结构复杂, 层理构造很不规则, 岩石强度相差很大, 在构造运动作用下, 引起的变形以高角度断裂占优势, 层间滑动亦相当普遍。

(二) 构造形迹

本区经历了多次构造变动, 从以区域强变质作用为主的吕梁运动开始, 经以振荡运动为主的加里东运动、华力西运动和以强烈褶皱变形为主的印支运动与燕山运动, 直至以强烈断裂形变为主的喜山运动。本节偏重于叙述新生代以来喜山运动所形成的构造形迹, 有时也涉及一些较早的构造变动。

1. 褶皱

(1) 黄陵背斜

它的形态很象一只“眼睛”被“包容”在鄂西各个不同构造体系之间, 与外围构造图象显然不同。背斜核部为走向北西西的结晶岩系构成, 周翼覆盖着倾斜平缓的沉积盖层。背斜轴向近南北, 长73公里, 东西宽36公里, 东西两翼不对称, 东翼倾角在 10° 左右; 西翼倾角为 $30^{\circ}-45^{\circ}$, 局部达 60° 。

更为有趣的是, 在背斜周缘盖层的软弱夹层中出现一系列与背斜构造不相协调而为时较晚的花边褶曲^①, 它们的褶曲轴呈规则的辐射状排列, 向内聚敛, 向外撒开, 其轴面按定向地倾斜, 并与上覆岩层呈锐角相交而与下伏岩层作钝角相交。褶曲轴线的排列与轴面的倾向指示基底岩块与盖层间呈相反的旋扭运动, 即结晶岩基底按反时针方向扭动, 上覆岩层则呈相反方向扭动, 见图4和图5。

(2) 长阳倒转复式背斜^②

它位于黄陵背斜的南面, 北西西向的天阳坪逆掩断裂带是分隔二者的天然界线。复式背斜由一系列走向东西—北西西的次级倒转褶皱和伴随的逆冲断裂构成, 形成较早, 其构造形态和强度和黄陵背斜迥异, 与黄陵背斜似无成生联系。

(3) 荆山弧形复式向斜^③

展布在黄陵背斜的北面 and 东面有一组十分强烈的弧形或反“S”型褶皱带。它们向北

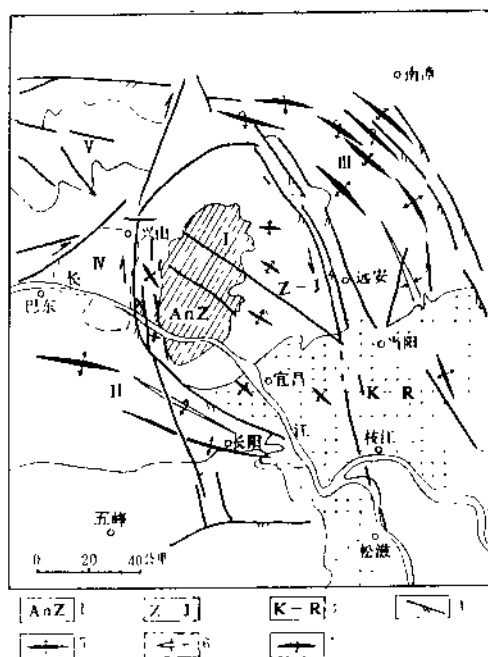


图 4 黄陵地区地质构造略图

(据梁贻吕等, 1980年, 略有修改)

1—先震旦纪结晶岩基底 (An-Z); 2—第一沉积盖层 (Z-J); 3—第二沉积盖层 (喜山构造层 K-R); 4—挤压性断裂; 5—背斜; 6—向斜; 倒转褶皱; 构造区划; I—黄陵背斜; II—长阳复背斜; III—荆山复向斜; IV—梯归向斜盆地; V—神农架隆起。

① 湖北省区域地质测量队, 1970, 1/20万宜昌幅区域地质报告。

② 湖北省区域地质测量队, 1970年, 1/20万宜昌—长阳幅区域地质报告。

③ 湖北省地质科学研究所第一室综合组, 1976年, 中南地区主要构造体系及其特征。

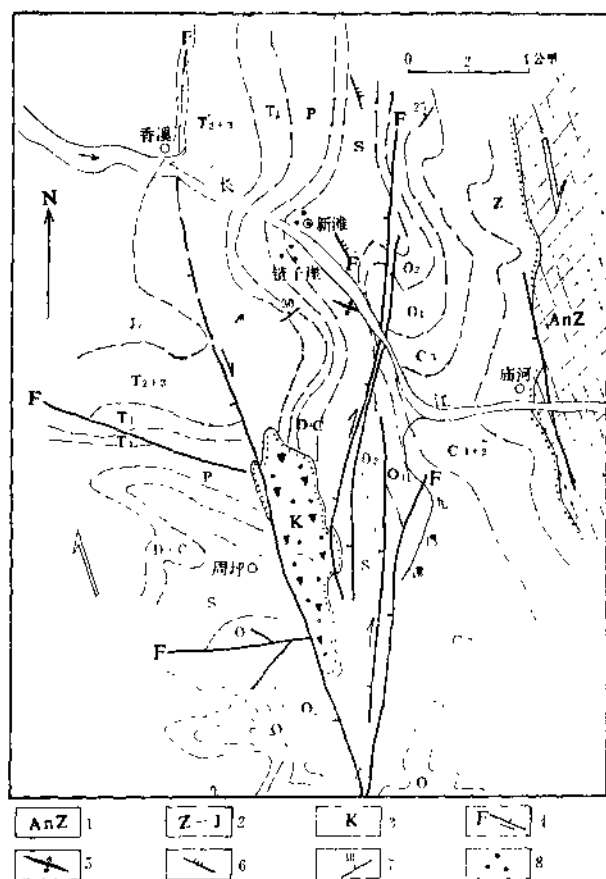


图 5 新滩附近反“S”型扭动构造示意图

(据1/20万巴东幅地质图, 1965年)

1—先震旦纪结晶岩基底 (An-Z); 2—第一沉积盖层 (Z-J); 3—第二沉积盖层 (喜山构造层); 4—断裂及其两盘扭动方向; 5—层间小褶曲; 6—层间小逆冲断层; 7—岩层产状; 8—崩塌体遗迹。

结合在一起, 形成今天所看到的发育完整的环状或半环状弧形断裂带, 并把内侧黄陵背斜和外围构造区分隔开来。

在此可举两个例子来阐明弧形断裂晚期活动的力学性质。

例一, 远安断裂^{①②}, 它是远安地堑的东侧边缘断裂, 北起马良向南经远安而没于江汉平原第四系之下, 全长120公里以上。断裂总体走向为北15°—20°西, 倾向西, 倾角60°—80°。断裂晚期活动把其早期活动产生的构造岩挤压成透镜体和叶(片)理, 其与主断面的交角指示断裂的东盘向南推移, 见图6。

例二, 仙女山断裂^③, 走向为北10°—25°西, 倾向西(或东), 倾角80°。断裂纵切古生代及中生代地层, 断裂带宽20米左右, 据红层中砾石的错移, 水平擦痕以及小型褶曲与主断面所构成的“人”字型构造(见图7), 反映断裂东盘南移, 在老林河一带可见水平

西至北西西收敛, 向南至南南东散开, 向斜翼部分布着古生代地层, 轴部分布着中、新生代地层。从其展布空间和发展时间看来, 它与黄陵旋卷构造有十分密切的成生联系。

(4) 秭归盆地

它位于黄陵背斜的西面, 是一个外形略似圆形的中生代盆地, 充填在盆地中央及偏北部为侏罗系, 周缘分布着三叠系。盆地成因尚未清楚, 或许是一个向下的旋涡盆地。

2. 断裂⁽²⁾⁽³⁾

环绕黄陵背斜周围, 展布着一条环状或半环状的弧形断裂带。从背斜南面起, 依次为天阳坪断裂、仙女山断裂、香溪河断裂、小谷山—马良断裂和远安断裂。它们都是经历了长期多次“活动”的断裂, 以前可能具有各种不同的力学性质, 并分属于不同的构造体系, 但在晚期, 从其切割了中、新生代红层, 以及彼此首尾相接和统一地呈右旋压扭性应力活动(见图6、7)等特性来判断, 可以得出这样结论: 只是到了喜山期以后, 它们才由于黄陵地块的旋卷运动面互相联

① 湖北区域地质测量队, 1970年, 1/20万宜昌—长阳幅区域地质报告。

② 梁贻昌、吴玉华, 1980年, 黄陵背斜周缘几条大断裂的力学性质转化及其体系归属。

③ 秦兴黎, 1981年, 秭归—渔洋关地震带考察报告。

断距超过千米。

近年来周坪水准测量结果表明,在正常情况下,断裂西盘每年下降 0.045—0.048 米,同时还向北水平推移,年平均约 0.04—0.06 毫米(秦兴力,1981),说明仙女山断裂东侧的黄陵背斜(地块)目前仍在作反时针方向上升旋卷运动。

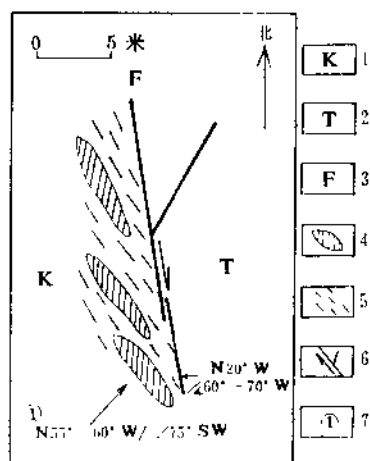


图 6 远安断裂素描图

1—白垩系红色砂岩; 2—三叠系灰岩; 3—主干断层(远安断裂); 4—构造透镜体; 5—叶(片)理; 6—分支断层; 7—断裂或构造岩的产状(走向、倾向和倾角)。

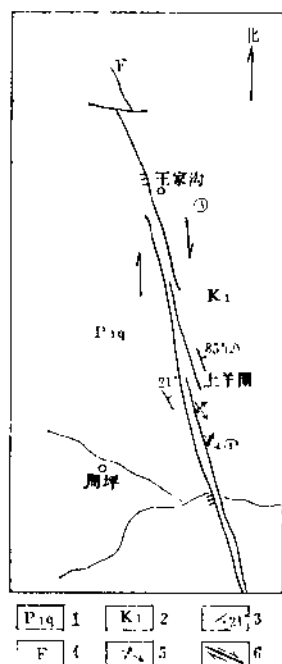


图 7 周坪附近仙女山断裂北段平面示意图

(据长办505地质队, 1976年)

1—下二叠统栖霞灰岩; 2—下白垩统红色砂岩; 3—岩层产状; 4—仙女山断裂; 5—小褶曲(背斜); 6—箭头表示断层两盘运动方向。

综上所述,我们清楚地看到黄陵地块及其周缘的花边褶曲、环状弧形断裂带和荆山反“S”型褶皱带等构造形迹,在空间展布上和发生时间上有着密切的成生联系,是在统一的构造应力场下形成的独立构造体系。这就是以黄陵地块为砥柱和以弧形断裂和褶皱为旋迴层(面)的黄陵旋卷构造。它的内旋层呈反时针方向扭动而外旋层或盖层则相对作顺时针方向扭动,它起始于喜山期,至今仍在活动。

二、动力地质作用的成因分析

(一) 新滩链子崖岩崩成因

链子崖位于黄陵旋卷构造西南边缘,界于仙女山断裂和九湾溪断裂之间,见图 1 和图 5。链子崖危岩体由座落在早二叠世马鞍煤组之上的厚层至块状栖霞灰岩构成,高百余米,南北长 400—700 米,东西宽 30—180 米。灰岩走向北 40° 东,倾向北西,倾角 30° 左右,总厚度大于 130 米,其下煤组中的煤层在危岩体范围内几乎全部采空,从而使危岩处于半悬空状态,增加了危岩体的不稳定性。

1. 裂隙形态和排列组合

(1) 裂隙形态

栖霞灰岩中构造裂隙十分发育，而扩张成为开口大裂缝者凡三十余条。按其产状可分为二组：走向北 45° — 80° 西追踪张性裂隙和走向近南北（或北 10° 西至北 15° 东）扭张性裂隙（断裂）。兹将二组特点分述如下：

第一组走向北 45° — 80° 西、倾角近于直立的追踪张性裂隙：本组裂隙最发育，也是岩崩最重要的边界条件。它们在平、剖面上皆呈锯齿状追踪展布，以裂缝 T_2 为例，其总体走向为北西向，但各段具体走向则往往迁就先存在的X型节理而改变，见图8和图版I-2。这里裂缝的东端走向，初为近东西向，往西转为北 40° 西和北 70° 西向，后又折回北 55° — 45° 西向，直至与走向北 20° 东的 T_1 裂缝相交。 T_2 裂缝总长大于120米，延深超过100米，在重力作用下拉开成缝，东段缝宽达5米，见图版I-3、I-4，向西北逐渐变窄，至尾部仅宽2厘米。缝壁参差不齐，壁面淋蚀轻微，缝内空洞，见图版I-2，说明裂缝是近期才拉开的，

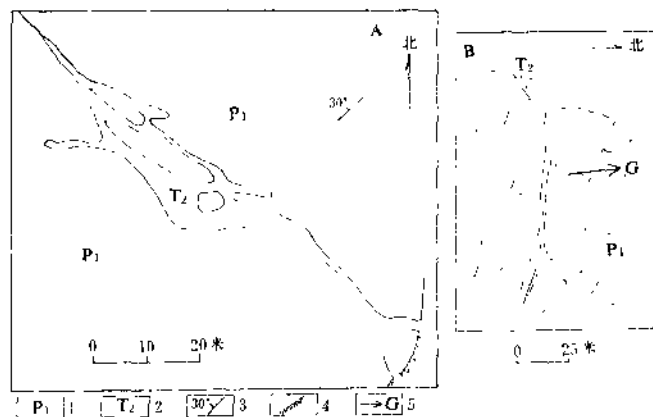


图8 链子崖 T_2 裂缝形态示意图(据长办地质勘察处)

A—平面图，B—剖面图

1—下二叠统栖霞灰岩；2— T_2 裂缝；3—岩层产状；4—断层；5—重力作用方向

而且目前仍以年5—8毫米的速度继续扩张^①。

第二组走向近南北（或北 15° 东和北 10° 西）、倾向东、倾角 60° — 80° 裂隙或断裂：这一组裂隙（断裂），裂面平直，并披有方解石薄膜，膜上的水平擦痕指示西盘向北错动，裂隙宽0.02—0.1毫米，内夹有断层角砾岩和断层泥。这一切反映此类裂隙具有明显的扭裂面力学性质。其可见长度约500米，深度大于100米。它们虽然为数不多，但其长度和深度都比较大，构造岩固结不好，目前活动明显，故对岩崩发展影响很大。岩崩的迁移和断崖的形成都严格地受它们控制，见图9。

(2) 裂隙排列组合

链子崖灰岩中的裂隙虽然错综复杂，但绝非杂乱无章，从图9中清楚地告诉我们，走向北 45° — 80° 西略具弧形的追踪张性裂隙呈有规则的帚状排列，即向西收敛向东撒开，并指示其外旋层按顺时针方向扭动，内旋层按反时针方向扭动，与附近区域性地块运动一致。

2. 裂隙的演化

根据裂隙的发生、发展、组合及与区域构造发展的关系，裂隙演化大致分为三个阶段，见图10。

① 长办勘测处，1980年，新滩及其两岸边坡稳定性。

(1) 早期 (印支期?): 初始时这里地层产状近于水平, 后在北西-南东向主压应力作用下, 出现一对与主压应力面斜交的扭节理。当应力继续作用, 岩层开始以 30° 向北西倾斜, 同时产生北西向追踪张性节理 (裂隙) 和走向 30° 东的正断层 (如 T_6 及链子崖断层等)。

(2) 中期 (燕山期?): 这时区域构造应力场的主压应力作用方向转变为近东西向, 黄陵背斜开始有所显示, 而处在背斜西南边缘的链子崖地区的局部压应力方向则为北东-南西向, 从而产生了一对北 0° - 15° 东和北 70° - 85° 东的扭节理和走向为北 15° - 25° 西的正断层 (如 T_{12} 断裂)。

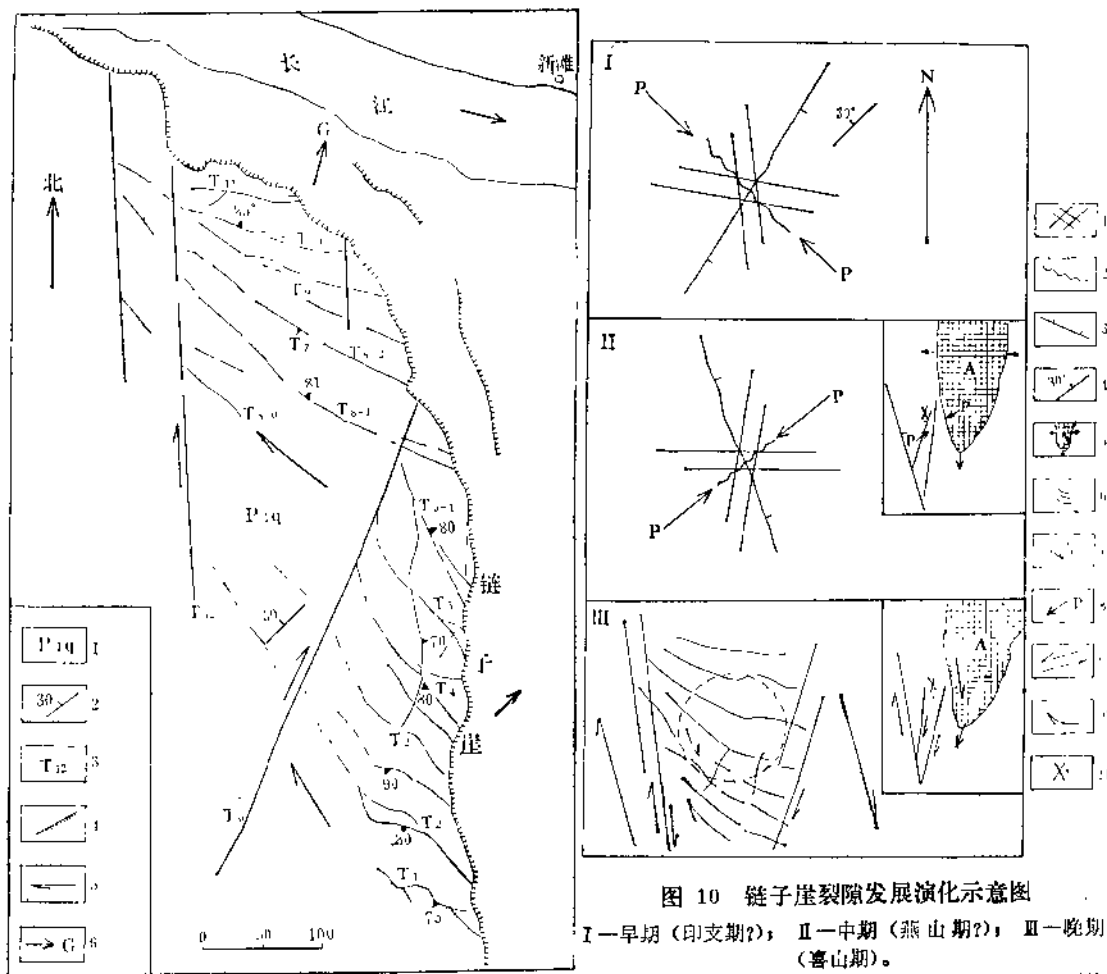


图 9 链子崖裂缝展布示意图

(据长办勘测处, 1982年略有修改)

1—下二叠统栖霞灰岩; 2—岩层产状; 3—裂缝及其编号; 4—断层; 5—岩块扭动方向; 6—重力作用方向。

图 10 链子崖裂隙发展演化示意图

I—早期 (印支期?); II—中期 (燕山期?); III—晚期 (喜山期)。

1—扭裂隙 (节理); 2—追踪裂隙 (节理); 3—纵张裂隙 (节理); 4—岩层产状; 5—黄陵地块; 6—帚状裂隙构造; 7—链子崖块体运动方向; 8—压应力作用方向; 9—扭应力作用方向; 10—帚状构造扭动方向; 11—链子崖位置。

(3) 晚期 (喜山期): 喜山期黄陵地块在深部构造运动带动下, 呈螺旋式反时针方向上升旋卷运动, 它一方面产生了象龙马溪反“S”型花边扭动构造, 同时还相应地带动了仙女山断层和九湾溪断层两盘发生右旋扭动。于是, 处在两断层间的链子崖地质块体也

随之旋卷,使早期的北西至北西西向的追踪张性裂隙进一步发展为向西收敛,向东撒开的帚状构造。最后,在重力作用配合下拉开成为今天所见到的裂隙形态,如图8,图10和图版I-2、I-3、I-4所示。

3. 链子崖岩崩应力场分析

链子崖岩崩是处在一特定的地质构造部位和地应力作用下而产生的。当位于它东面的黄陵地块发生反时针方向扭动时,引起其附近的仙女山断裂和九湾溪断裂各自的两盘也作

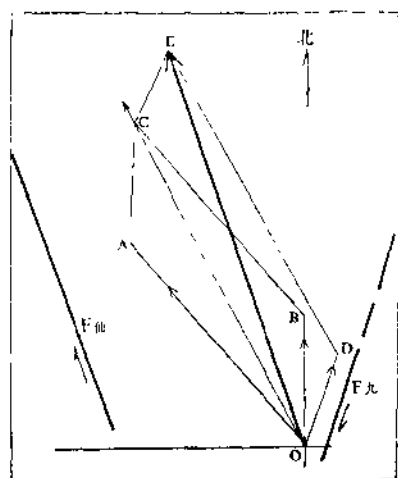


图 11 链子崖岩块晚期应力分析示意图

F_{11} —仙女山断裂及其运动方向; F_{12} —九湾溪断裂及其运动方向; OA — F_{11} 拉应力作用方向; OB — F_{12} 拉应力作用方向; OC — OA 与 OB 合力作用方向; OD —岩体重力作用方向; OE —岩体运动方向。

相应的右旋扭动,从而分别派生出北西向和南北向的拉应力(见图11),二者的合力为北北西向,驱使岩体向北北西方向移动,但同时还有北向的重力作用,于是岩块乃改向北或北偏西移动。据链子崖岩体位移变形观察^①,岩体位移总的趋势是向北移动。如 $G_{\perp}$ 点从1978年至1980年的三年来,每年以平均11.5毫米的速度向北或北偏西方向移动,与上述分析基本一致。另外,长办科学院于1978年于东面太平溪测得地应力 $\sigma' = 140$ 公斤/厘米²,方位为北 60° ±东,拉应力方位为北北西,这一结果对本区地应力分析也是一个有力的旁证。

(二) 边坡岩体(层)变形成因^{①②}

1976年葛洲坝二江基坑中出现的边坡岩层变形,充分揭示了地应力对工程建设尤其是对巨型工程建设稳定性的重要性,要了解地应力作用的特点,只有从研究现今活动的区域构造运动(或活动构造体系)入手,方能奏效。

葛州坝水利枢纽工程位于黄陵旋卷构造的东南隅早白垩世红层之上,见图1。这里红层走向北 30° 东,倾向东南,倾角 6° 。据长办505地质队研究,喜山运动以来,红层曾经历过三次不同方向的构造运动^{②③},早期构造运动奠定了宜昌单斜构造,在层面方解石薄膜上,还残存着方向为 320° — 340° 的顺层倾向的擦痕,表明上、下岩层曾作北西—南东向的相对层间错动;中期构造运动产生了轴向为 300° ,两翼不对称的石门背斜和伴生切过早期擦痕、方向为 30° 的近水平擦痕,指示上、下岩层间曾发生过北北东—南南西向的相对扭动;晚期构造运动产生的构造形迹更为显著,如轴向 325° — 330° 的张家场背斜和新场向斜以及大量北北西向(330° — 350°)缓倾角的逆冲断层和切割前二组擦痕、方向为 60° 近水平的擦痕,说明岩层作北东东—南西西相对扭动,这时构造应力场的主压应力方向为北 50° 东左右,与本区实际地应力测量的主压应力方向为北 45° — 50° 东的结果相符,其最大压应力值为30—40公斤/厘米²。另外,石门组砾石移的错断位(图12),也同样证明近似的构造应力作用方向。

① 长办勘测处,1981年,西陵峡新滩链子崖外部变形观测资料汇编。

② 长办505地质队,1977,葛洲坝工程二江电厂地段施工过程中基础岩体变形及地质条件变化情况的初步调查报告。

至此,我们可以得出这样的认识:喜山期以来,当黄陵地块发生反时针方向扭动时,除沿盖层断裂的两盘发生右旋运动外,同时盖层中上、下层还沿着软弱层①面或不整合面发生相应的扭动,因此在岩层中积聚了相当强大的地应力(能量),一旦岩层遭到破坏(如基坑开挖),便失去平衡,地应力得以释放,迫使岩层按一定方向推移,这就是葛洲坝基坑边坡出现岩体边形的根源。

(三) 地震活动特性的原因②

黄陵背斜周缘地震活动特点已见上文。据航磁测量结果证明,黄陵结晶岩基底的范围远远超出露露部分,黄陵砥柱的旋卷运动,只不过是整个基底旋卷运动的局部反映罢了。黄陵旋卷运动与地震关系,正如前述,地块砥柱旋卷运动时,势必引起基底与盖层之间、断裂两盘之间相应的滑动或水平运动。在层间滑动的情况下,地应力沿层面易于释放而难积累和集中,因此很少发生较强的有感层间滑动地震。但在断裂带部位情况就不同了,首先盖层断裂与基底交接部位是构造突变的部位;其次是断裂两盘的岩石成份、结构和强度的不均一性以及断裂本身变化复杂,连通性差,所以断裂带尤其是它们的末端、转折端和交汇处,就成为地应力积累、集中和释放的部位。只要地应力积累③超过岩石强度,就造成岩层破裂并爆发地震。这就是本区地震活动特性所在的原因。地震强度小而频率低与黄陵地块旋卷运动的缓慢或时续时断有关;地震震中沿断裂带分布和震源浅,这是因为断裂带是地应力积累、集中和释放的地带,而断裂主要是盖层断裂的缘故;至于地震活动的迁移性和跳跃性,恰好说明地震活动是黄陵地块旋卷运动引起的。

(四) 盐池河磷矿山体崩塌的原因

关于引起盐池河磷矿山体崩塌的原因过去认为主要是④:(1)地质条件上的岩性不均一和构造断裂裂隙十分发育;(2)地形上为深切沟谷,两侧谷坡尽是悬崖峭壁,山体稳定性差;(3)矿层开采面积过大,引起采空区上部岩层失去支撑,发生不均匀沉降和拉裂缝;(4)大雨久雨促使山体变形加快,激发山体崩塌。我们认为除此之外,地应力作用是

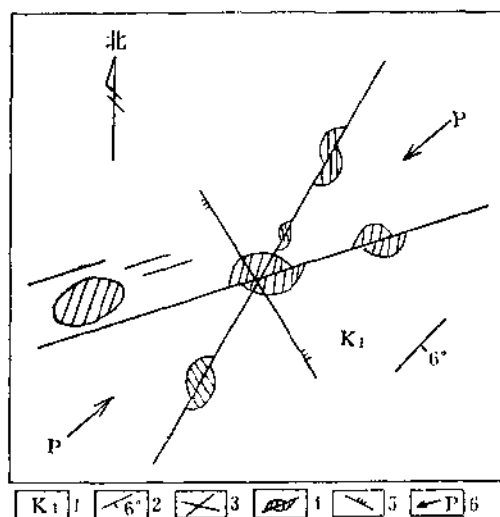


图 12 南津关附近下白垩统石门组砾岩中砾石错移示意图

(据长办505地质队资料)

1—下白垩统石门组砾岩; 2—岩层产状; 3—断裂隙(节理)或劈理; 4—砾石; 5—北北西向对冲逆断层; 6—压应力作用方向。

① 长办505地质队, 1977年, 葛洲坝工程二江电厂地段施工过程中基础岩体变形及地质条件变化情况的初步调查报告。

② 刘锁旺等, 1981, 黄陵地块周缘及邻区构造主应力场主压应力轴向的交变与地震活动。

③ 据秦兴黎报导, 仅仙女山断裂每年平均积累的能量达 3.4×10^8 尔格。

④ 盐池河山崩联合调查组, 1980年, 远安盐池河磷矿山崩原因初步分析。

不可忽视的, 因为这里岩层产状平缓, 仅以倾角 10° 向东南倾斜, 可是山体崩塌却向北倾倒, 并略带逆推性质并不受岩体产状的制约。依黄陵旋卷构造特点来判断, 本区地应力的主压应力作用方向应为南北向或北偏东向。当崩塌体下部磷矿层被采空后, 在重力作用下引起上覆岩层发生边缘裂缝, 把崩塌体与整合岩体割开, 导致地应力沿破裂面集中和释放, 推动岩体崩塌。这才是矿山岩体崩塌的全部原因。

四、结 论

从以上四个动力地质作用的特征来看, 尽管它们表现形式不同, 出现的部位不同, 发生时间有先有后, 但都具有一个共同的因素, 这就是都与黄陵旋卷构造有关, 是在统一地应力作用下的产物。

喜山期以来, 以黄陵地块为砥柱和以周缘盖层中的弧形断裂或褶皱为旋迴面(层)的旋卷构造是一个在统一应力场下强烈活动的扭动构造。一切与它有成生联系的动力地质作用, 全都受旋卷构造运动统一应力场的支配和制约, 因此, 链子崖(包括新滩)危岩体并不稳定, 而地应力对葛洲坝的威胁也未消除。

参 考 文 献

- [1] 曾昭明、周兴志、徐瑞春, 1978, 产状平缓多层面软弱夹层地基深基坑开挖中的岩体变形。《人民长江》第三期。
- [2] 李珩、张世良、刘行松、谢梅阳、唐汉军, 1965, 对长江三峡东段新构造的几点认识。《构造地质问题》, 科学出版社。
- [3] 蒋镇亚, 1982, 黄陵—神农复连环旋卷构造体系。《中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊》第 5 号。