

“构造地质学的理论方法与实践”丛书

信阳市燃气混气站断裂活动性 和场地稳定性研究

曾佐勋 曾克峰 樊光明 等著
赵显刚 王亮清



48.261.3
2

 中国地质大学出版社

《构造地质学的理论方法与实践》丛书序言

随着科学技术的发展,构造地质学正在逐步朝着解析构造学和定量化构造研究方向发展。解析构造学要求加强力学的研究,将构造几何学、运动学、流变学和动力学有机结合起来进行综合研究;定量化构造研究则要求运用先进技术,不断改进和完善定量化研究手段和方法,以加深对构造过程和构造形成机制的认识。为了促进这两方面的研究,中国地质大学(武汉)与华中科技大学联合成立了“华中构造力学研究中心”。我校“华中构造力学研究中心”的同志们正按此方向进行不懈的努力,做出了一些初步成绩。《构造地质学的理论方法与实践》丛书,部分地反映了这方面的一些探索与实践。

《构造地质学的理论方法与实践》丛书目前先奉献给读者四本专著:《陕甘川邻接区复合造山带与成矿》、《香肠构造与流变学》、《构造地质学软件包——StrucKit的设计与开发》、《信阳市燃气混气站断裂活动性和场地稳定性研究》。在这些成果中,既有造山带理论研究,也有构造变形与岩石流变学研究;既有在贵金属成矿预测和石油地质方面的应用研究,也有在工程场地稳定性应用方面的研究;还有计算机在构造地质应用方面的研究。

《陕甘川邻接区复合造山带与成矿》一书,根据作者在该区的实践,将滑脱构造和挤出构造有机结合起来,将造山带二维挤出推广到三维挤出,建立了陕甘川邻接区复合造山带三维滑脱挤出构造新模式,将造山带构造几何学、运动学、流变学、年代学和动力学研究紧密结合起来,并结合地球物理、地球化学、遥感地质、计算力学等多种手段和方法,采用地理信息系统综合分析,建立了该区复合造山带与成矿的关系,探索了成矿规律和成矿条件,进行了成矿远景区预测。提出的新模式、新概念、新理论和新方法对造山带与成矿的理论和实践具有重要意义。

《香肠构造与流变学》一书,重点介绍了作者们在香肠构造和岩石流变学方面的研究进展,特别是作者研究了应用香肠构造反演岩石流变参数(包括应力指数和粘度比)方面的成果。利用构造变形反演岩石流变参数的定量方法主要有应变折射流变计、能干层褶皱流变计和香肠构造流变计。《香肠构造与流变学》一书中重点研究的香肠构造流变计方法是目前国际上常用的这三种方法之一,是作者们

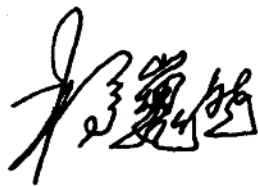
的开创性成果。作者们在国内首次(国际上第二次)发现了骨节状石香肠构造,并对复合石香肠构造进行了专题研究。在模型流变参数测定、透射电镜的应用以及在香肠构造控矿作用等方面,都有作者们自己的探索。

《构造地质学软件包——StrucKit 的设计与开发》一书,介绍了作者们编制的包含地质构造数据投图、有限应变测量、断裂和岩层几何参数测定、岩石流变参数测量等方面的 12 项功能的构造地质学软件包 StrucKit 以及构造面曲率分析软件 SurCurv 和液压模拟实验仪数据自动采集系统。这些软件反映了作者们在应用计算机进行构造地质学定量研究方面的一些成果和探索,对于构造地质学的定量化教学和有关科研及教学人员使用,是非常有益的。

《信阳市燃气混气站断裂活动性和场地稳定性研究》一书中,作者们以地球系统科学理论为指导,应用构造地质学、岩石学、地层学、新构造学、地貌学及第四纪地质学、计算力学、年代学、地球物理学、地震地质学、工程测量学、遥感地质学、工程地质学等多学科的理论与方法,对信阳市燃气混气站断裂活动性和场地稳定性进行了综合研究和评价,在多学科知识、方法的整合和技术的有效应用方面有显著的进展,为工程场地稳定性评价积累了有益的经验。

对“华中构造力学研究中心”的目标而言,这些成果虽然还是初步的,但反映了作者们朝着解析构造学和定量构造学方面做出的探索和实践。今后我们将朝着这两方面不断努力,期望有更多的新成果奉献给读者。

华中构造力学研究中心副主任



2002 年 10 月

前言

信阳市燃气混气站是河南省信阳市的一项重要基础设施建设。其场址选择在信阳市南缘的马鞍山七里棚附近(图 0-1)。由于历史的原因,该工程属于边施工、边勘察设计的项目。在场址区岩土工程勘察过程中,发现场地内存在断裂带,勘察单位建议燃气发展有限公司请有关部门进一步研究论证其活动性。应燃气公司之邀,作者在场址区踏勘过程中,又新发现已建设起来的综合楼正坐落在一条第四纪断裂带上。此外,由河南省豫震科技开发公司提交的《信阳市城市管道燃气工程混气站工程场地地震安全性评价工作报告》中也提到“确定本区的第四纪断层活动性还有待进一步工作”。由于施工场地断裂带的发现,以及对其活动性缺乏研究,给前期已经投入 1 000 万元的工程项目提出了难题。废弃这一场址,重新选址和征地,一方面要造成巨大的经济损失,另一方面要延长建设工期;继续施工,则要冒由断裂活动引起燃气站破坏、爆炸造成信阳市人民生命财产损失的风险。正是在这样一种背景下,我们受河南省信阳市燃气发展有限公司委托,对信阳市燃气混气站场地断裂活动性和场地稳定性进行了多学科、多手段相结合的系统研究。

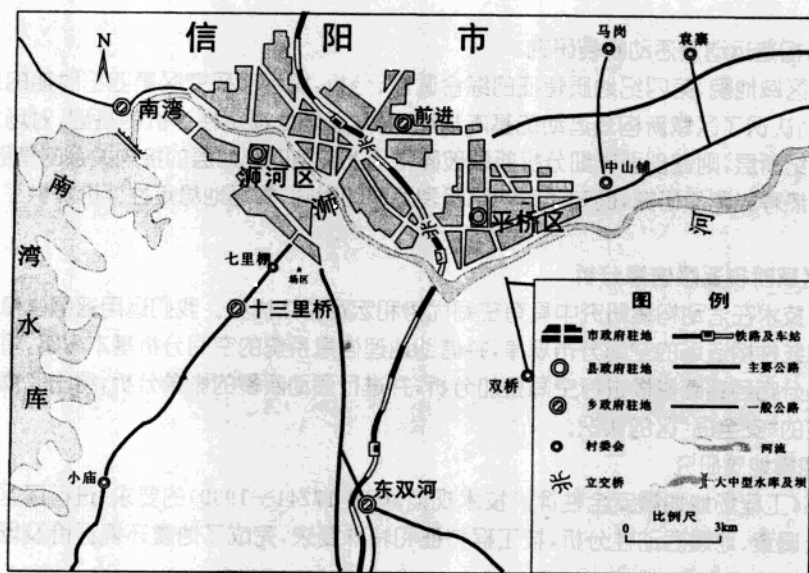


图 0-1 河南省信阳市燃气混气站交通位置图

在研究区,前人的工作主要有两个方面:一方面是 20 世纪 50 年代末以来,该区先后做过不同比例尺的区域地质调查;另一方面是近两年围绕燃气混气站场地问题开展的岩土工程勘察和地震安全性评价等工作。并且,还积累了关于本区域的地质、地球物理、遥感地质等方面丰富的资料。在上述工作及资料的基础上,我们开展了研究区的断裂活动性和场地稳定性的研究

工作。

为了使断裂活动性和场地稳定性评价能够符合实际,我们在以往工作的基础上还进行了必要的野外调查研究和室内测试分析工作。

由于工程场地内存在的断裂带对工程建设影响的重要性,决定了研究工作必须在很短的研究期限内得出合乎客观实际的研究结论。因此,运用多种技术方法综合研究,区域分析与场地深入研究相结合,确定区域地质构造格架、区域构造应力场、区域新构造运动特征、场地内断裂发育特征及断裂的活动性是必要和可靠的途径。本书针对上述问题,开展了下列研究:

1. 构造岩研究

场区内发育有糜棱岩系列和碎裂岩系列,与场地稳定性相关的主要是碎裂岩系列。经显微镜下观测,除了通过综合楼地基的 F_3 断裂有断层泥和断层角砾未固结外,场地内的其它隐伏断裂都已紧密胶结和固结。而 F_3 断裂属于非全新活动断裂(详见后)。

2. 区域构造应力场数值模拟

从区域板内块体的现代运动资料来看,信阳地区区域上活动断裂的水平运动方向为南北向拉伸,平均速率为 $0.2\sim 0.4\text{mm/a}$,现今构造应力的压应力主轴近东西向,地形变资料和震源机制解资料反映出研究区处于东西向压缩和南北向拉伸的受力状态。为了分析燃气站场址区应力分布特征和稳定性,我们以震源机制和活动断层位移资料为基础,考虑到活动断裂介质的非连续性,应用非连续介质有限元软件 GNF,对信阳地区现今区域构造应力场特征进行了计算机数值模拟,获得了具有重要参考价值的结果,为场地稳定性评价提供了应力分布的依据。

3. 新构造运动及活动断裂研究

通过区域地貌、第四纪地质特征的综合调查、分析,揭示了研究区第四纪时期的地质演化过程,从而认识了区域新构造运动的基本规律,奠定了场地稳定性评价的基础,对场地区内发育的第四纪断层,则在剖面详细分析断裂破碎带与上覆第四纪地层的接触关系的基础上,进行了系统的热释光测年研究,确定了第四纪断裂活动的时间,为场地稳定性评价提供了年代学依据。

4. 区域断裂遥感信息分析

遥感技术在活动构造研究中具有空间优势和宏观整体优势。我们运用遥感信息客观地揭示了区域线性构造场的空间分布规律,并借助地理信息系统的空间分析基本思路,将区域地震点的空间分布与遥感影像进行空间叠加分析,并进行活动断裂的影像分析,得出了燃气站处于相对稳定的“安全岛”区的认识。

5. 地震地质研究

根据《工程场地地震安全性评价技术规范》(GB 17741—1999)的要求,进行了区域及近场地震地质调查、地震活动性分析,按工程特征和特殊要求,完成了地震环境评价及场地地震安全性评价。

6. 红外相位法位移监测

为了了解场地内发现断裂两盘在一定时间内的运动现状,我们通过横跨场地和断层两盘的定点红外相位法高精度位移监测,获得了有说服力的高新测量技术数据。

7. 高密度电阻率法测量

了解场地内的断裂分析规律、走向和愈合情况,是场地稳定性评价的重要依据。由于第四系堆积层的覆盖,揭露隐伏断裂的发育特征是十分困难的。显然地球物理测量是快速、可靠、经

济的选择。高密度电阻率法测量在信阳市燃气混气站场地内隐伏断裂研究中,由于研究周期短,获得数据系统、可信,并得到了钻探验证,显示了重要的作用。

8. 构造裂隙统计分析

通过对场区及外围地区不同时代地层内发育的构造裂隙进行系统的测量、统计和分析,了解了裂隙的形成时代、优选方位、分布的不均匀性以及场区稳定性的影响,为场地稳定性评价和工程设计提供了有价值的参考资料。

9. 工程地质条件分析

在工程地质条件分析、计算的基础上,结合钻孔资料和岩石力学实验成果,评价了场地内岩、土体岩土力学性质,基岩斜坡,天然边坡和人工边坡的稳定性以及膨胀土对场地建筑物的影响,既满足了场地稳定性研究的需要,也为工程进一步设计施工提供了科学依据。

本书显著的特点,表现为以地球系统科学理论为指导思想,基于当前科学技术发展的现状,运用构造地质学、新构造学、地貌学、第四纪地质学、地震地质学、构造力学模拟、年代学、地球物理学、遥感地质学、工程测量学、工程地质学等多学科的理论和方法,对信阳市燃气混气站断裂活动性和场地稳定性进行了综合研究和评价。在多学科知识、方法的整合和新技术的有效运用方面有明显的特色,具有快速、高效、可靠的优点。本书理论联系实际,针对性强,为工程场地稳定性评价积累了有益的经验。

当然,工程场地稳定性研究是一个十分复杂的系统科学问题。研究内容涉及到多学科的理论和方法,是具有重大社会效益、经济效益和环境效益的研究领域,作者们深感尚有许多问题有待进一步深入的研究,限于作者的水平,文中存在的缺点、疏漏和错误,敬请同行专家、学者批评指正。

本书由中国地质大学(武汉)曾佐勋、曾克峰、樊光明、王亮清、张志、刘立林、李细光、余英、董浩斌、程新文、陈性义和河南省豫震科技开发公司赵显刚、姚文斌、潘林山、睢建设、董晓光、杨忠英等共同编写完成。具体写作分工如下:

前言 曾佐勋 曾克峰

第一章 李细光 董晓光 曾克峰

第二章 曾克峰 张 志 吴武军

第三章 赵显刚 姚文斌 潘林山 睢建设 董晓光 杨忠英

第四章 刘立林 曾佐勋 胡 建

第五章 樊光明 曾佐勋 曾克峰 余 英 程新文 陈性义 樊 春 徐云峰

第六章 樊光明 王亮清 曾克峰 董浩斌 李志勇

第七章 王亮清 曾克峰 樊光明

第八章 曾佐勋

英文摘要 曾佐勋

在本书编写过程中,周继彬等绘制了主要图件。

研究工作期间,河南省信阳市燃气发展有限公司、中国地质大学(武汉)地球科学学院、工程学院、地球物理系、国家地震局地质研究所热释光实验室、河南省地震局、核工业信阳工程勘察院、河南省信阳工程地质勘察院、河南省第三地质调查队等单位给予了热情的支持和帮助。在此一并表示衷心的感谢。

作 者

2002 年 11 月

目 录

第一章 区域地质背景.....	(1)
第一节 区域大地构造背景.....	(1)
第二节 区域地层.....	(2)
第三节 区域构造格架.....	(4)
第四节 区域地壳结构.....	(7)
第五节 区域地球物理场特征.....	(7)
第六节 构造变形及其演化.....	(9)
第二章 新构造运动分析	(10)
第一节 区域地貌、第四纪地质信息分析.....	(10)
第二节 第四纪地层信息分析	(12)
第三节 区域断裂活动的遥感信息分析	(13)
第四节 新构造运动特征分析	(17)
第五节 场地区活动断裂研究	(18)
第三章 地震安全性评价	(19)
第一节 地震活动性分析	(19)
第二节 地震烈度及地震动衰减关系	(24)
第三节 概率分析方法对场址地震危险性的评价	(27)
第四节 场地地震动参数的确定	(32)
第四章 区域构造应力场数值模拟	(40)
第一节 几何模型和单元划分	(40)
第二节 边界条件	(40)
第三节 物性参数	(41)
第四节 结果与分析	(41)
第五章 场址及外围断裂活动性的综合研究	(43)
第一节 断裂的特征分析	(43)
第二节 断裂活动性的地貌分析	(48)
第三节 断裂活动的年代学分析	(48)
第四节 断裂活动性的红外相位法位移监测	(48)
第五节 断裂活动性的构造岩分析	(54)
第六节 裂隙统计与分析	(57)

第六章 燃气站场地工程地质条件分析	(64)
第一节 场地地貌	(64)
第二节 场地地层岩性	(64)
第三节 场区地质构造	(66)
第四节 场区地形及基岩形态	(72)
第五节 高密度电阻率法测量	(73)
第六节 水文地质条件	(75)
第七节 岩土体物理力学性质	(75)
第八节 不良地质现象	(79)
第七章 场地稳定性综合评价	(81)
第一节 场地稳定性的断裂活动性评价	(81)
第二节 基岩斜坡稳定性评价	(81)
第三节 滑坡稳定性评价	(81)
第四节 人工边坡稳定性评价	(83)
第五节 膨胀土对场地建筑物的影响	(84)
第六节 地震环境及场地地震安全性评价	(84)
第八章 结论及建议	(86)
第一节 结论	(86)
第二节 对燃气站建筑设计的一点建议	(86)
参考文献	(89)
英文摘要	(92)
图版及图版说明	(94)

CONTENTS

CHAPTER I	REGIONAL GEOLOGICAL BACKGROUND	(1)
I - 1	Regional geotectonic background	(1)
I - 2	Regional strata	(2)
I - 3	Regional tectonic frame	(4)
I - 4	Regional textures of the earth's crust	(7)
I - 5	Characteristics of the regional field of geophysics	(7)
I - 6	Tectonic deformation and its evolution	(9)
CHAPTER II	ANALYSIS OF NEOTECTONIC MOVEMENT	(10)
II - 1	Information analysis of the geomorphology and Quaternary geology	(10)
II - 2	Information analysis of the Quaternary strata	(12)
II - 3	Remote sensing information analysis of the activity of the regional faults	(13)
II - 4	Characteristics analysis of the neotectonic movement	(17)
II - 5	Research on active faults in the site	(18)
CHAPTER III	SEISMIC SECURITY EVALUATION	(19)
III - 1	Activity analysis of the earthquake	(19)
III - 2	Relationship between the earthquake intensity and dynamic attenuation of earthquake	(24)
III - 3	Evaluation on the fatalness of the earthquake in the site with the probabi- lity analysis	(27)
III - 4	Determination of the dynamic parameters of the earthquake in the site ...	(32)
CHAPTER IV	NUMERICAL MODELING OF THE REGIONAL TECTONIC STRESS FIELD	(40)
IV - 1	Geometric models and element dividing	(40)
IV - 2	Boundary condition	(40)
IV - 3	Material parameters	(41)
IV - 4	Result and analysis	(41)
CHAPTER V	COMPREHENSIVE RESEARCH ON THE ACTIVITY OF THE FAULTS IN THE GAS-WORKS SITE AND ITS ADJACENT AREA	(43)
V - 1	Basic features of the faults	(43)
V - 2	Geomorphological analysis for the faults activities	(48)
V - 3	Chronological analysis for the faults activities	(48)
V - 4	Ultrared distance measurement for faults activities	(48)
V - 5	Analysis of the tectonic rocks for faults activities	(54)

V - 6	Analysis and statistics of the joint	(57)
CHAPTER VI ANALYSIS OF THE ENGINEERING GEOLOGICAL CONDITION		
	IN THE GAS-WORKS SITE	(64)
VI - 1	Geomorphology in the site	(64)
VI - 2	Strata and rocks in the site	(64)
VI - 3	Geological structure in the site	(66)
VI - 4	Geomorphology in the site and shape of the basic rocks	(72)
VI - 5	2D high density resistivity imagine survey	(73)
VI - 6	Hydrogeological conditions	(75)
VI - 7	Physical and mechanical behaviors of the geotechnical mass	(75)
VI - 8	Harmful geological phenomena	(79)
CHAPTER VII SYNTHETICAL EVALUATION OF THE SITE STABILITY		
VII - 1	Evaluation of the stability of the gas-works site from faults activity	(81)
VII - 2	Evaluation of the stability of the basement rock slope	(81)
VII - 3	Evaluation of the stability of the slide stability	(81)
VII - 4	Evaluation of the stability of the manual slope	(83)
VII - 5	Effect of the expansive soil on the buildings in the site	(84)
VII - 6	Evaluation of the security and the seismic environment	(84)
CHAPTER VIII CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS		
VIII - 1	Conclusions	(86)
VIII - 2	Some suggestions to the building design for the gas-works site	(86)
REFERENCES		
ABSTRACT		
PLATES AND RELATED EXPLANATIONS		

第一章 区域地质背景

第一节 区域大地构造背景

区域大地构造位置属于秦岭造山带东段,南以襄樊—广济断裂与扬子地台为界,北以华北地台南缘断裂与华北地台接壤,构造复杂。实际上,秦岭造山带东段内部结构以南阳—商城断裂、南阳—应山断裂为界,由北而南可划出三个次级构造单元,即北淮阳地向斜、淮阳地背斜和南大别加里东地向斜(杨森楠,1985)(见图 1-1)。

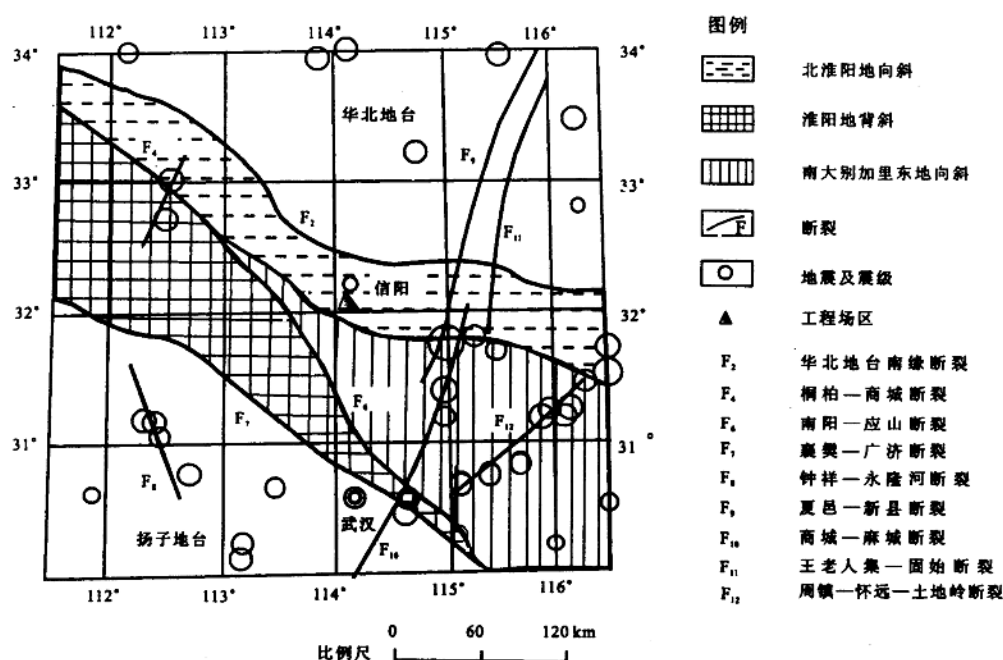


图 1-1 区域断裂构造及地震分布图

北淮阳地向斜以凉亭韧性剪切带为界,北部属北秦岭地层区、南部属桐柏—大别山地层区,基底岩系北部主要出露下元古界秦岭岩群深变质岩和古生界中、浅变质岩系,南部主要出露中元古界龟山岩组和泥盆系南湾组片岩、变粒岩,盖层出露白垩系火山岩、火山碎屑岩和砂砾岩,第四纪主要为洪、冲积层,坡积层和堆积层(河南省地质矿产厅第三地质调查队,1996);淮阳地背斜主要由深变质的大别群和上覆中深变质的红安群组成,北西向断陷盆地(如南阳盆地)沉积一套白垩系火山岩;南大别加里东地向斜广泛出露一套浅变质的火山—沉积岩系。

第二节 区域地层

一、基底

基底以凉亭韧性剪切带为界,划分出两个地层区,即北秦岭地层区、南部桐柏一大别山地层区(见表1-1)①②③。

表1-1 测区地层系统一览表

地方性地层单位名称					注记	备 注	
盖 层	第四系	全新统	冲洪积		Q_h^{2pl}	信阳盆地	~~~角度不整合~~~ 含恐龙蛋化石 ---平行不整合--- ~~~喷发不整合~~~ ~~~喷发不整合~~~
			冲洪积		Q_h^{1pl}		
		更新统	冲洪积		Q_p^{3pl}		
			坡积层		Q_p^{2dl}		
	白垩系	上 统	周家湾	上 段	K_{2z}^2		
				下 段	K_{2z}^1		
		下 统	陈棚组	上 段	K_{1c}^3		
				中 段	K_{1c}^2		
				下 段	K_{1c}^1		
石炭系		下 统	花园墙组		C_1h	含植物化石 ---断 层---	二郎坪 构造岩片
寒武统	刘山岩岩组	二岩段	$\in l^2$				
		一岩段	$\in l^1$				
			张家大庄岩组	$\in z$			
上古生界			蔡家凹大理岩		P_{22c}	含动物化石 ===韧性剪切带===	秦岭 构造岩片
下元古界			秦岭岩群		P_{t1qn}		
桐柏—大别山地层区	泥盆系	南湾组	上段	Dn^3	含微古植物化石 ===韧性剪切带=== Sm-Nd 等时线 1 397Ma	信阳构造岩片	
			中段	Dn^2			
			下段	Dn^1			
	中元古界	龟山岩组	二岩段	P_{t2g}^2			
			一岩段	P_{t2g}^1			

(据河南省地质矿产厅第三地质调查队,1996)

- ① 北京地质学院. 1:20万信阳市幅区域地质调查报告. 1958
 ② 河南省地质矿产厅. 信阳市幅 1:5万地质图说明书. 1996
 ③ 河南省区测队. 1:20万信阳市幅修测报告. 1980

(一) 桐柏—大别山地层区

1. 中元古界龟山岩组(Pt_2g)

呈带状分布,往北斜冲到秦岭岩层之上,南侧与南湾组(Dn)构造接触,由北向南划分成两个岩段:

一岩段(Pt_2g^1)主要岩性为绢云石英片岩夹含榴二云片岩,经历多期强烈韧性剪切变形和静态重结晶改造。

二岩段(Pt_2g^2)主要岩性为绢云石英片岩、石英云母片岩(含榴)含斑斜长角闪(片)岩、绿帘角闪片岩,夹含片理化细粒石英岩、绿帘变粒岩,含斑角闪质岩石的原岩为早期顺层侵入的基性火山岩,长英质岩石的原岩可能为酸性火山岩。云英片岩、含榴斜长片岩和浅粒岩中见余砂状结构和发育典型的固态流变褶皱,表明其原岩可能为泥砂质碎屑岩。

2. 泥盆系南湾组(Dn)

主要由一套变质程度较低、构造变形相对简单的泥砂质碎屑岩组成。下段主要由含斑含砾斜长黑云母片岩组成;中段岩性以黑云母斜长片岩、变粒岩为主;上段岩性以绢云斜长片岩为主。

(二) 北秦岭地层区

1. 下元古界秦岭岩群(Pt_1qn)

呈条带状分布于南湾—信阳市西一带和张家冲等地,为一带状无序变质地层,主要由深度变质强变形的长英质糜棱岩角闪片岩等组成。

2. 寒武系变质火山岩

位于信阳市西北处,变形变质较强,主要由浅粒岩、斜长片岩、基性火山岩等组成。

3. 上古生界蔡家凹大理岩(Pz_2c)

呈条块状夹持于 Pt_2g 与 Pt_1qn 之间,由一套具强变质塑性变形特征的碳酸盐质构造混杂岩组成。

4. 下石炭统花园墙组(C_1h)

零星分布于笔架山等地,为灰黑碳质石英砂岩夹碳质板岩。

二、盖层

盖层主要由中、新生代地层组成。

(一) 中生界

1. 下白垩统陈棚组(K_1c)

零星分布于信阳盆地的南部边缘,与下伏地层呈角度不整合接触,主要由一套酸性火山岩、火山凝灰岩、凝灰质砂岩组成。

K_1c^1 : 在十三里桥北零星分布,厚约 190m,与下伏变质岩地层呈不整合接触,主要岩性为紫红色含凝灰质粉砂岩。

K_1c^2 : 广泛分布在信阳盆地的南部边缘上,厚约 137m,与下段在多处表现为喷出不整合,主要岩性为岩屑晶屑凝灰岩、凝灰质砂岩。

K_1c^3 : 零星出露,与 K_1c^2 呈喷发不整合,其岩性为流纹岩等。

2. 上白垩统周家湾组(K_2z)

零星分布于信阳盆地,与下伏地层呈不整合接触,主要岩性由一套紫红色砾岩、含砾砂岩、砂岩组成。

(二) 新生界

研究区第四系(Q)分布广泛,根据其发育特点及区域对比,由老到新可划分为:

1. 中更新统(Q_p^2)

中更新统按成因可划分为冲洪积层(Q_p^{2pl})和坡积层(Q_p^{2dl})。

冲洪积层(Q_p^{2pl}):主要分布于彩虹桥西侧溱河两岸,构成溱河山前洪冲积扇。其顶面相当于三级阶地面,相对高度 25~30m 左右,主要为砾石层,呈棕红色,砾石有较好的磨圆度和分选性,充填物主要为粘土、亚粘土,固结较好,充填物受湿热化古气候影响,局部有灰白色粘土团斑。出露厚度约 10~15m。

坡积层(Q_p^{2dl}):广泛分布于剥蚀丘陵如贤山、马鞍山、龟山等地坡麓带,形成古坡积裙,出露高度一般在 90~105m,构成剥蚀堆积台地。主要为亚粘土层,呈棕红色,局部有灰白色粘土团斑,垂直节理较为发育,固结程度较好,孔隙不太发育。底部往往有砂砾透镜体发育,厚几厘米至十几厘米,与下伏基岩之间多为起伏不平的剥蚀面,呈不整合接触。

2. 上更新统(Q_p^3)

上更新统主要有冲积层(Q_p^{3ul})和坡积层(Q_p^{3dl})。

冲积层(Q_p^{3ul}):主要分布在溱河两岸及东双河、里河的中下游河谷。主要为黄褐色、浅黄色砂砾石层,砾石有较好的磨圆、分选性,充填物多为砂、粉砂、粘土,固结较差。局部剖面可见具二元结构,构成河流二级阶地,相对高度一般 5~10m,由于人工改造,变化较大。

坡积层(Q_p^{3dl}):广泛分布于研究区的剥蚀堆积丘陵表层,主要为灰褐色、黄褐色亚砂土层,披盖于不同时代的下伏地层之上,厚度变化大,可以从几厘米到十余米。垂直节理发育,发育黑色铁锰质薄膜或铁锰质结核。发育大孔隙、虫孔、植物根孔。

3. 全新统(Q_h)

全新统包括分布于河流两岸的冲积层(Q_h^{ul})和分布于丘陵面上的坡积层(Q_h^{dl})。

冲积层(Q_h^{ul}):多由砂砾层、砂层构成,呈灰黄色,全新世早期冲积层构成河流一级阶地,相对高度一般在 2~4m,因人工改造,变化较大。全新世中晚期冲积层则一般组成河漫滩地貌。

坡积层(Q_h^{dl}):主要为灰黄色亚砂土层,松散,厚薄不一,披盖于不同时代的下伏地层之上。

第三节 区域构造格架

本区位于桐柏—大别山造山带中段。基本构造格架表现为不同时代、不同成因类型的构造岩片在纵向上堆垛叠置与横向上镶嵌拼合,形成线状强变形变质带和其间的弱应变域的规律组合,形成了不同的断裂和褶皱^{①②}。

一、断裂构造

本区断裂具有各种性质、各组方向展布和多期活动的特征(表 1-2,图 1-2)。

(一) 北北东—北东向断裂

区内分布最广、规模最大、活动时间最长,且具多期活动特点的一组脆性断裂,沿着断裂带构造角砾岩发育,岩石普遍具硅化和褐铁矿化,其断裂性质多为平移正断层,主要有南湾—溱河港断裂、张湾—平桥断裂、颍河断裂。

① 北京地质学院. 1:20 万信阳市幅区域地质调查报告. 1958

② 河南省地质矿产厅. 信阳市幅 1:5 万地质图说明书. 1996

表 1-2 工程场地和近场断裂构造一览表

序号	断裂名称	产 状			区内长度 (km)	距场址 (km)	活动 性质	最新活 动年代
		走 向	倾 向	倾 角				
1	杉树湾断裂	300°	SW	50°~70°	11	8	逆断层	前第四纪
2	龟山—凉亭断裂	295°	SW	55°~65°	42	6	逆断层	前第四纪
3	桐柏—商城断裂	300°	SW	50°~80°	30	12	逆断层	前第四纪
4	南湾—溱河港断裂	NE	SW		17	7	正断层	第四纪
5	柳河断裂	近 SN	E	50°~80°	36	2	逆断层	前第四纪
6	张湾—平桥断裂	NNE	NW		36	14	正断层	第四纪
7	洋河—罗山断裂	NWW	NE		25	20	正断层	前第四纪
8	缙河断裂	NE	SE	60°~80°	25	25	正断层	前第四纪
9	游河—赐儿山断裂	NWW	NE		32	11	正断层	前第四纪
10	中山铺—双桥断裂	NW	NE		25	8	正断层	前第四纪

(二) 北北西—北西向断裂

本区形成较早、活动时间较长的一组脆性断裂,亦不同程度地对区内变质地层的空间展布和信阳盆地的形成与发展起着控制作用。断裂性质为逆断层(兼有平移性质),主要有柳河断裂(见图 1-3)、杉树湾断裂、桐柏—商城断裂。

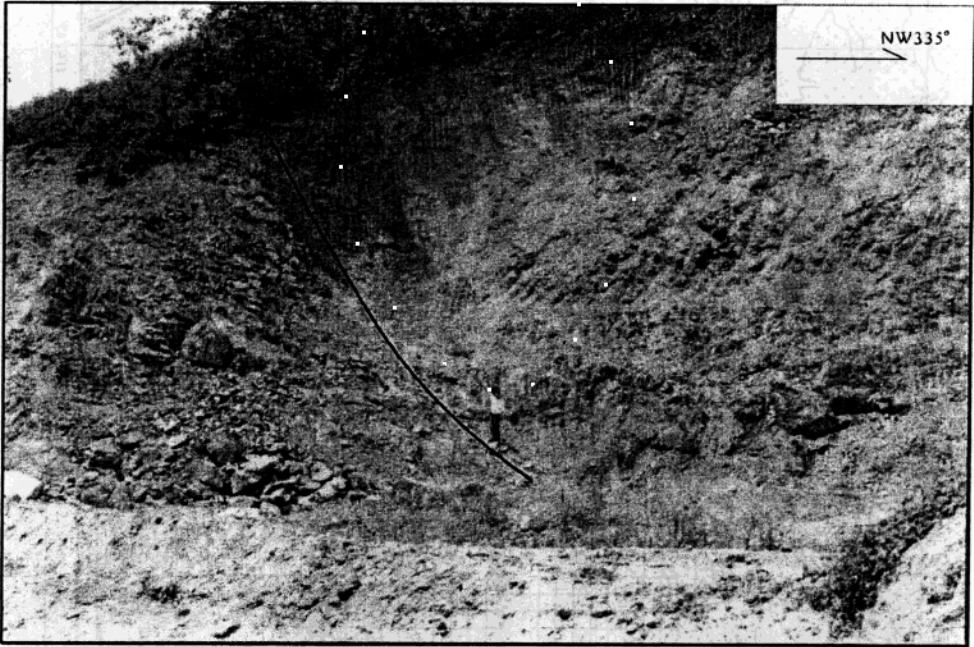


图 1-3 柳河断裂中段——七里棚断裂

(三) 北西西向断裂

本组断裂带内岩石多具硅化和铁矿化,第四纪时期往往具活动性。如洋河—罗山断裂、龟山—凉亭断裂。

二、褶皱构造

本区泥盆系中发育一系列直立倾伏褶皱,两翼产状陡倾,对称且紧闭,构成泥盆系的主要构造格架。中元古界龟山组发育一大型褶曲,以浅粒岩和大理岩透镜体为标志层,分布于十三里桥—杨粉坊一带,长约10km,南北宽约1km,其褶曲转折端位于杨粉坊,北翼倾向南西,倾角 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$,南翼倾向北东,倾角 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$,枢纽产状 $300^{\circ}\angle 15^{\circ}$ 。

第四节 区域地壳结构

区域地壳厚度的趋势为东西两侧厚,中间薄,新生代拗陷区地壳较薄,隆起区地壳较厚。西部伏牛山和桐柏山及东南部的大别山区地壳较厚,地壳厚度约40km,信阳盆地为中、新生代拗陷区,地壳较薄,厚度约35km(袁学诚,1996)。

根据郑晔(1989)、董树文(1998)、徐佩芬(2000)等进行的地震层析、地震测深、大地电磁测深等方面的研究,本区地壳结构成层性较好,通常分上、中、下三层:上地壳厚约10~12km,包括结晶基底和盖层,盖层面埋深达6km,平均波速 $5.30\sim 5.80\text{km/s}$ 左右,结晶基底厚约6~7km,平均波速 6.20km/s ;中地壳厚约7~12km,推测为闪长质岩石,横向差异大,中地壳中部普遍存在低速层(低速层),速度在 5.80km/s 左右,厚度4km(见图1-4);下地壳厚度在9~13km之间,平均波速 6.75km/s ,推测为玄武质岩石,莫霍面埋深33~37km,随县下方最深,达37km,在信阳附近莫霍面明显上拱,幅度为3~4km。莫霍面的深度变化反映区域东南部、西北部地壳上隆,中部及北部地壳下陷,地壳中间薄,东、西两侧厚,这与走向近南北、往北东方向递减的布格重力异常带一致,也与地表形态呈镜像对称关系。

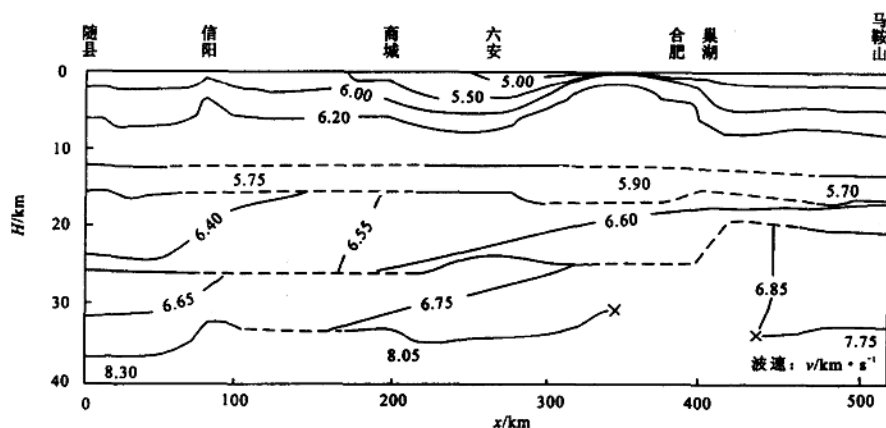


图1-4 随县—马鞍山地壳上地幔结构(据郑晔,1989)

第五节 区域地球物理场特征

一、重力场特征及深部构造

区域重力场大致为走向东西的布格重力异常带,区域重力场与地形呈宏观镜像关系,自西向东由重力高变为重力低,同时叠加南北走向异常,因而使区内异常比较复杂。区域重力场的