

隐伏断裂研究及其 工程应用

——以北京平原区为例

向宏发 方仲景 贾三发

张晚霞 李如成

著



地震出版社

国家自然科学基金资助项目

隐伏断裂研究及其工程应用

——以北京平原区为例

向宏发 方仲景 贾三发 张晚霞 李如成 著

地震出版社

1994

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

随着工程建设的需要, 隐伏活动断裂的研究得到了发展和深入。本书从北京平原区主要隐伏断裂研究实例入手, 论述了现今隐伏断裂研究的主要思路和方法, 包括地质地貌法、地球化学探测法、浅层物探法, 阐明了隐伏断裂晚第四纪活动性鉴定的综合指标。结合实例, 介绍了隐伏断裂分类与工程安全性评价的关系, 讨论了隐伏断裂探测研究在地震监测、工程地震等评价中的若干问题。

本书可供从事地震地质、工程地质、地球物理科研人员及工程设计人员参考。

隐伏断裂研究及其工程应用

——以北京平原区为例

向宏发 方仲景 贾三发
张晚霞 李如成 著

责任编辑: 朱向军

*

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路 9 号

中国地质大学轻印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 6.5 印张 162 千字

1994 年 11 月第一版 1994 年 11 月第一次印刷

印数: 0001—1000

ISBN 7-5028-1202-4/P·738

(1595) 定价: 8.00 元

目 录

前言	(1)
第一章 隐伏断裂的地质地貌特征	(3)
第一节 区域地质构造背景	(3)
第二节 主要隐伏断裂的卫星影象特征	(6)
第三节 隐伏断裂的微地貌显示	(10)
第四节 隐伏断裂的水系密度分布特征	(15)
第五节 晚第四纪沉积物及其厚度分异	(20)
第二章 隐伏断裂的地球化学研究	(30)
第一节 断层气在隐伏断裂研究中的应用	(30)
第二节 土壤气氧法的应用	(31)
第三节 其它断层气法的应用	(43)
第三章 隐伏断裂的浅层物探研究	(45)
第一节 地质雷达在隐伏断裂探测研究中的应用	(45)
第二节 浅层地震勘探在隐伏断裂研究中的应用	(55)
第四章 隐伏断裂晚第四纪活动性研究	(58)
第一节 隐伏断裂晚第四纪活动性的综合探测研究	(58)
第二节 隐伏断裂晚第四纪活动性的对比研究	(64)
第三节 隐伏断裂晚第四纪以来活动方式的研究	(66)
第五章 隐伏断裂研究在工程安全性评价与地震监测中的应用	(77)
第一节 隐伏断裂的埋深分类与勘测研究对策	(77)
第二节 工程区隐伏断裂研究实例	(79)
第三节 地震监测区的隐伏断裂研究	(90)
主要结论和问题讨论	(93)
参考文献	(96)

前言^①

自本世纪 70 年代以来,随着工程地质和活动断裂研究的深入,隐伏断裂的研究逐渐引起了人们的重视,并在一些方面取得了重要进展。平原区许多大型工程场地选址及城市的烈度区划、平原区地震危险性分析及潜在震源深部构造破裂在地壳浅层的表现特征等问题都直接或间接地涉及到平原区隐伏断裂的研究。

隐伏断裂的探测研究经历了 70 年代初的方法实验研究、70 年代末 80 年代初的单项手段研究和现今的综合定量研究三个阶段。当今的隐伏断裂研究主要包括如下三个方面内容:隐伏断裂的准确定位、隐伏断裂活动时间和隐伏断裂活动方式。

鉴于隐伏断裂研究的难度和目前国内外多采取单一手段为主的研究方法,致使多数研究至今仍然局限在隐伏断裂的定位及一般的活动性分析上,而对隐伏断裂活动时代的准确划分及隐伏断裂活动方式等问题几乎尚未涉及。后面这些问题又常常是工程地质评价的关键点或者是与地震预测相关研究的重要环节。正由于此,我们在国家自然科学基金的资助下,1989—1991 年,在北京平原区开展了隐伏断裂活动性的综合探测研究,对隐伏断裂晚第四纪以来的活动时代与活动方式等问题做了较为深入和卓有成效的研究。通过多种手段的联合剖面探测研究,在隐伏断裂的准确定位、活动时代与活动方式等关键问题的研究上大大向前推进一步,并在实际应用方面取得了具有重要意义的开拓性进展。

全书共分五章。第一章介绍了北京平原区主要隐伏断裂的地质地貌特征,分析了隐伏断裂发生的区域地质背景以及它们在遥感地质、微地貌和第四纪地层分布等方面的显示,首次运用反映沉积环境的松散沉积物中泥、砂含量的等密度分割法研究了隐伏断裂晚第四纪的活动性,引用平原区水系密度分割的最新研究方法研究了隐伏断裂晚近活动与浅层自由水体的流涉、富集的关系;第二章分析了隐伏断裂地球化学探测研究的思路、方法和研究现状,并重点通过土壤气氧、气汞的研究实例,论述了断层气在隐伏断裂定位和活动性对比研究中的意义、地位和影响因素,指出断层气的系列剖面探测的作用和必要性;第三章论述了隐伏断裂的浅层物探,重点论述地质雷达和浅层地震法在浅层和超浅层隐伏断裂定位、断距确定和活动时代判定等方面的作用,并对其它一些浅层物探手段作了简单介绍;第四章阐明了隐伏断裂晚第四纪活动性鉴定的综合指标,首次提出了进行隐伏断裂活动性的区域对比、带与带对比及带内分段对比研究的主要标志,对隐伏断裂晚第四纪以来粘滑与蠕滑两种运动方式的标志进行了有一定创见性的分析和讨论。此外,还讨论了区内隐伏断裂活动与地震活动的关系;第五章综述介绍了隐伏断裂分类及其与工程地震安全性评价的关系,并以我国东部一些重大工程区隐伏断裂研究为实例讨论了隐伏断裂探测研究在地震监测、工程地震等评价中的若干问题。

鉴于隐伏断裂的研究还处在不断探索和逐步完善之中,加之隐伏断裂类型、活动强度与活动方式的各不相同,因此,本书仅是阶段性研究成果的总结,肯定还有不少问题需要

^① 向宏发、方仲景执笔。

进一步研究。本书由向宏发、方仲景、贾三发、张晚霞、李如成分别执笔，最后由向宏发、方仲景修改统编定稿，李文浩参加了部分野外工作。

还需指出，为期三年多的该项研究课题的顺利开展与所、室领导和各个方面的同志支持和关心分不开，在工作过程中还得到了北京平谷、顺义、密云、通县、三河、大厂等县、区科委、水文地质部门的大力支持。浅层地震探测由郝书俭、于之水等同志完成；气汞测量得到了王亮、王基华等同志的支持和帮助； ^{14}C 年龄数据由我所焦文强、彭贵等测试分析；热释光样的测试由计凤桔、李建平等同志协助完成；那燕同志完成本专著书稿的文字输入。在野外工作和本书编写过程中还得到邓起东、马瑾、刘若新、张裕明、汪一鹏、叶洪、汪良谋、王连芳、李祥根、丁梦林等同志的多方关心和指导。我们对上述所有同志的关心、支持和指导深致感谢。

第一章 隐伏断裂的地质地貌特征

埋藏于平原区内的隐伏断裂, 由于其本身的存在及尔后的活动, 便在地形地貌、水系变迁、第四纪地层沉积分布等各个方面反映出来。本章即从卫星影象特征、微地貌、水系密度分割及第四系沉积物与厚度分布等方面论述隐伏断裂的地质地貌特征。鉴于上述问题研究主要在北京平原区进行。因此, 我们首先对北京平原的地质构造背景作一简要叙述。

第一节 区域地质构造背景^①

北京平原区在区域构造上位于北东向的太行山构造带东缘与东西向的燕山构造带南缘的交接部位。从大区域的重力场上看, 该区即处在中国东部规模巨大的北东向大兴安岭—太行山—武陵山重力梯度带中段与东西向燕山重力梯度带及华北平原重力高异常区的交汇部位, 深浅部的地质构造环境较为复杂。

一、构造地貌轮廓

从大的构造地貌单元看, 北京平原区北接燕山隆起山地南坡, 西邻京西隆起山地东坡, 总的地形轮廓是西北高东南低, 从西北山区向东南平原区呈台阶状倾斜下降, 分别构成中山、丘陵、冲洪积扇台地、基岩残丘及平原。平原与山区相对高差在 500—1000m, 由山地到平原显现出四级不同的层状地形面, 其高程依次为 1000m 左右、800—500m、300—150m、20—50m。区内这种层状地形面的普遍发育, 可以认为是新构造时期本区西北部山区间歇性抬升和东南部平原沉陷作用的综合反映。

区内的水系以格子状发育为特征, 它们明显受北东和北西向两组基岩断裂和盆岭地形控制, 大体以京西北的北东向军都山—东西向燕山为分水岭, 其东南坡的大小水系如永定河、北沙河、温榆河、潮白河和蓟运河等均注入北京平原, 对北京第四纪冲积平原的发育起了重要作用。

二、地质构造基本格局

1. 构造演化历史及所处构造单元的基本特点

北京平原及其邻近地区的构造发展演化历史与其所在的中朝准地台一样, 经历了漫长而又有不同发展阶段的构造演化过程, 简而言之, 大致是经历了以下四个阶段:

(1) 太古宙基底发育变形阶段: 太古宙末的阜平构造运动使密云群(原岩为基性、中-酸性火山岩建造和火山碎屑岩建造)强烈挤压变形, 形成以角闪岩相为特征的变质岩系, 构造线为近东西向, 主要展布于研究区的北缘和西北缘。

(2) 中-晚元古代及古生代的准地台盖层发育阶段: 晋宁—加里东旋回发育了一套巨厚的滨海—浅海相碎屑岩和碳酸盐岩建造, 包括中-上元古界的长城系、蓟县系、青白口系

^① 方仲景执笔。

和古生界的寒武奥陶系和石炭二叠系。

(3) 中生代的准地台活化阶段：以侏罗—白垩系的陆相火山—沉积建造为特点，构造活动强烈，大规模的中基性—酸性—偏碱性岩浆喷发与岩体岩脉的侵入活动，形成断褶和推覆构造。主要构造线为北东和北北东向，其次为北西和近东西向，断裂构造发育，奠定了现今主体构造的基本格局。

(4) 新生代的裂陷构造发育阶段：构造活动以上地壳伸展断块差异升降运动为主要形式，块隆成山强烈剥蚀，块陷为坳接受陆相碎屑堆积，形成了现今隐伏的和半隐伏的盆岭构造地貌景观。

北京平原区展布在两个次级的构造单元上即京西凹褶束和北京断凹。

京西凹褶束：西以南口山前断裂与八达岭穹褶束相邻，东以黄庄—高丽营隐伏断裂与北京断凹毗邻。总体走向为北东向，中—上元古界和下古生界盖层建造齐全。最具特征的是在早、中侏罗世发育山间坳陷型陆相盆地，堆积了大厚度的磨拉石和火山岩建造，中侏罗世末的褶皱运动，使之形成一系列北东东向复式褶皱。于喜山晚期，由于北西向的南口—孙河隐伏断裂与北东向的南口山前断裂的联合正断活动，造成了在此单元上叠置一个北西向的马池口—沙河第四纪断陷盆地，一改中生代的构造面貌。这一新构造格局具有深刻的地震构造意义。

北京断凹：新生代时期其西边以黄庄—高丽营隐伏断裂与京西凹褶束邻接，东边以南苑—通县隐伏断裂与大兴断隆相邻，总体为北东向，也是一个在前中生代基底上经裂陷而形成的中、新生代断陷盆地。据资料，该断凹本身又被北西西向的南口—孙河隐伏断裂、来广营—酒仙桥隐伏断裂、永定河隐伏断裂、良乡南隐伏断裂等分割，纵向上形成几个次一级凹陷和凸起相间排列的构造格局。研究表明，北京断凹在演化过程中，其沉积中心是迁移变化的，具南北方向往返迁移的现象。如晚侏罗世沉降中心位于顺义凹陷，早白垩世时南移至丰台凹陷，早第三纪时丰台凹陷和涿县凹陷下沉幅度较大，顺义凹陷基本隆起，晚第三纪沉降中心向北退到丰台凹陷，第四纪时进而北移至顺义凹陷，此时则在北西向的南口—孙河隐伏断裂、来广营—酒仙桥隐伏断裂的引张正断联合作用下转变为强烈伸展断陷。第四系厚度达 800 余米，成为北京平原第四系最厚的断陷盆地。

2. 断裂构造及第四纪断陷盆地

1) 断裂构造

北京平原及其相邻山区的断裂构造较为复杂，多数断裂形成历史较早，具有多次活动和活动方式转变的特点。北东向断裂是区域主干断裂，其次为与之近于直交的北西向横向张断裂以及近东西向和近南北向断裂。对区域地貌、第四纪地质、新构造起作用的断裂主要是北东向和北西向断裂，规模较大，长度多在几十公里甚至上百公里，往往成为划分不同级别构造单元的边界断裂。如图 1-1 所示的第四纪活动断裂包括有北东向的延庆盆地北缘断裂、南口山前断裂、小汤山—东北旺隐伏断裂、八宝山断裂中段、北石城—河防口断裂、黄庄—高丽营隐伏断裂、顺义—前门—良乡隐伏断裂、大华山断裂、通县西隐伏断裂、大兴隆起东缘隐伏断裂(北段为夏垫隐伏断裂)、北北东向的青石岭断裂、程各庄断裂；北西向的南口—孙河隐伏断裂、来广营—酒仙桥隐伏断裂、安次盆地东缘隐伏断裂等。

2) 第四纪隐伏断陷盆地

如前所述，新构造期以来，在区域伸展构造环境的影响和作用下，北京平原区隐伏着

的北东和北西向断裂产生了引张正断活动，即在两组或两组以上断裂的联合控制作用下，发育了一些同生构造——沉积盆地。这些盆地在形态上往往是不对称的或类似箕状的断陷盆地。这种盆地往往以一侧的边界断裂为主并持续活动到第四纪晚期，从而造成盆地的沉积中心偏于主控断裂一侧。这一特点可以从诸隐伏盆地的第四系等厚度线分布形态得到证明。很显然，这些隐伏盆地的主边界断裂都应视为第四纪活动断裂。据新近研究，在区内属于上述类型的第四纪隐伏断陷盆地有五个，它们是马池口-沙河盆地、小汤山-顺义盆地、大厂盆地、怀柔盆地、安次盆地等。另外，还有两个成因不明的凹陷盆地：平谷盆地和昆明湖盆地。下面就上述五个隐伏盆地作一些介绍：

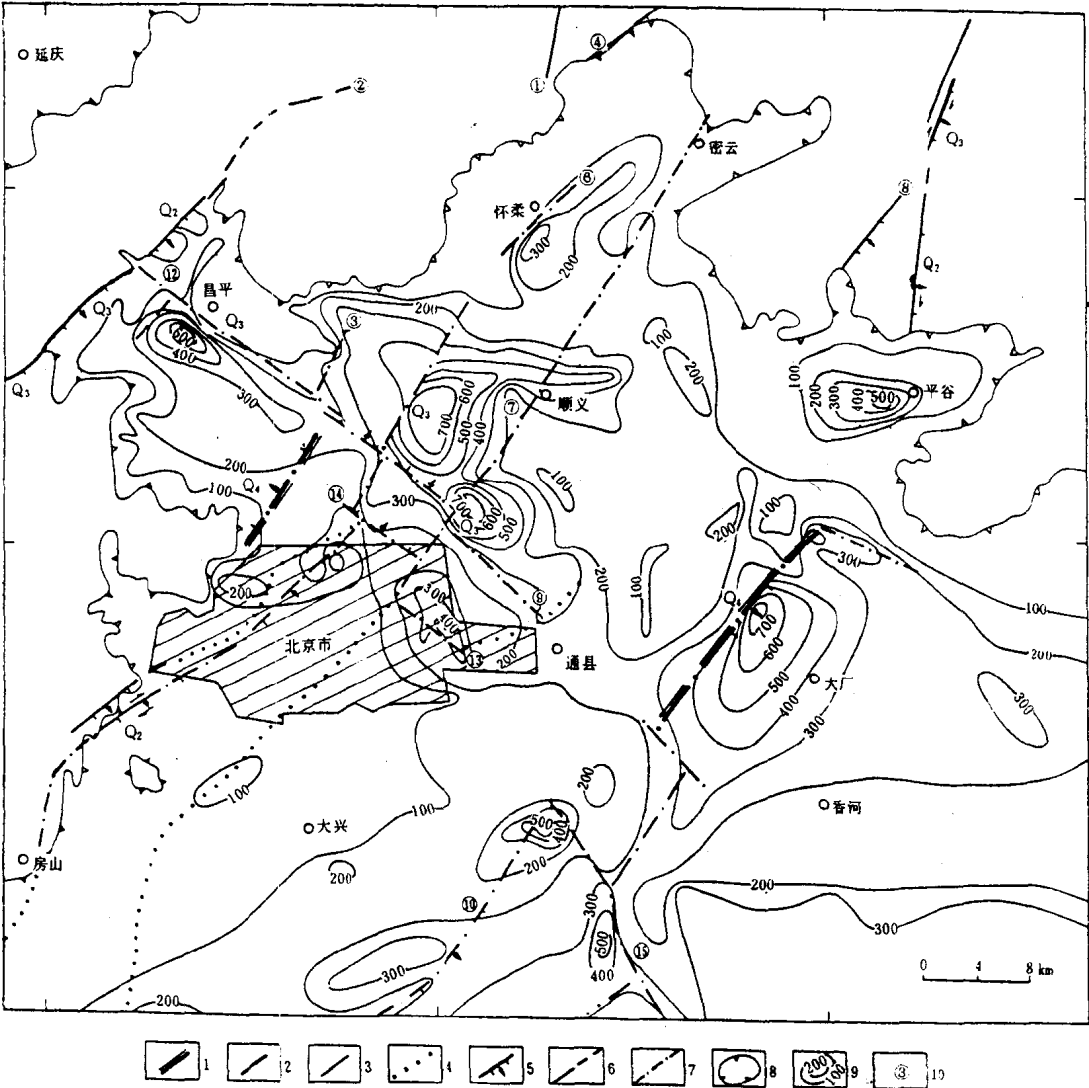


图 1-1 北京平原区第四纪活动断裂及断陷盆地分布略图

1. 全新世断裂；2. 晚更新世断裂；3. 中更新世断裂；4. 早更新世断裂；
5. 倾滑正断裂；6. 实（推）测断裂；7. 隐伏断裂；8. 平原（盆地）边界；
9. 第四系等厚度线（m）；10. 断裂编号

(1) 马池口-沙河隐伏盆地: 该盆地隐伏于南口山前平原下。由第四系厚度分布形态可以看出, 该盆地形态为一典型的单侧断陷盆地, 盆地的长轴方向为北西, 长 20km, 宽 6km, 它的形成、发展主要受控于南口-孙河隐伏断裂北西段的正断作用。据马池口、辛店的两个钻孔资料得知, 第四系厚度达 600 余米, 表明沉积中心紧靠盆地东北的主边界断裂一侧。

(2) 小汤山-顺义隐伏盆地: 主要是由北西向的南口-孙河隐伏断裂的东南段、来广营-酒仙桥隐伏断裂和北东向的小汤山-东北旺隐伏断裂东北段、黄庄-高丽营隐伏断裂东北段、前门-良乡隐伏断裂东北段和通县西隐伏断裂等共同控制发育的由西向东和由南而北呈阶梯状下掉加深的复式断陷盆地, 东西长 40km, 南北宽 34km, 长轴为北西向, 第四系厚度也是由西向东、由南、北向盆地中心变厚的, 最大厚度达 800 余米, 成为北京平原最深的第四纪隐伏断陷盆地。

(3) 怀柔隐伏盆地: 这是一个轴向北东、主要受北东向黄庄-高丽营隐伏断裂北部的庙城-前桑园段控制的小型单断盆地, 若以 200m 等深围限的范围作为盆地的大小, 则其长 16km, 宽 6km, 最深 300 多米, 估计是晚更新世以来仍有活动的断陷盆地。

(4) 大厂隐伏盆地: 主要受新夏垫隐伏断裂与其南北端相交汇的北西向隐伏活动断裂共同控制的不对称单断式盆地, 长轴作北东向, 长 28km, 宽 12km, 第四系最厚近 700m, 钻孔(夏 4) 资料表明, 沉积中心靠近北东向的新夏垫隐伏活动断裂, 是北京平原诸隐伏断陷盆地在历史上唯一发生过 8 级地震的全新世活动盆地。

(5) 固安-安次-永清隐伏盆地: 这是隐伏于北京平原东南部、由北东向的固安北缘隐伏断裂段、安次西缘隐伏断裂、永清北缘隐伏断裂和北西向的安次东缘隐伏断裂、永清东缘隐伏断裂共同控制发育的多个次级沉降中心的复式断陷盆地, 总体上呈三角形, 由北西向南东逐级下掉的台阶式断陷盆地。盆地南北宽 48km, 东西长 68km, 包括 7 个深 400—800m 不等的次级沉积盆地。从第四系沉积厚度的比较分析, 其平均沉积速率在京津平原诸隐伏断陷盆地中还是比较大的。

综合上述可知, 在北京平原区有五个规模不等的第四纪隐伏断陷盆地, 它们都是区域隐伏断裂强烈断陷活动的产物。在这些隐伏断陷盆地中唯大厂盆地在历史上发生过 8 级大震。调查表明, 8 级大震的发震断裂就是主控大厂盆地西侧边界的新夏垫断裂。因此, 深入研究那些历史上无大震的第四纪隐伏活动盆地的主边界隐伏断裂晚更新世以来的活动性, 运用地震构造类比分析, 评估其潜在地震危险性是具有重要现实意义的。基于这种考虑, 我们有意识地选取了具代表性的北东向新夏垫隐伏断裂、顺义-前门-良乡隐伏断裂(或称密云-前门隐伏断裂)和北西向的南口-孙河隐伏断裂等(图 1-2)作为平原区隐伏断裂活动性综合勘测研究的对象。

第二节 主要隐伏断裂的卫星影像特征^①

通过卫星影像的解译, 可以看出, 北京平原区的线性构造十分发育。根据影像的色调、形态轮廓及对水系影响等分析, 区内具有一定规模的隐伏断裂主要有: 北东向的黄庄

^① 李如成执笔。

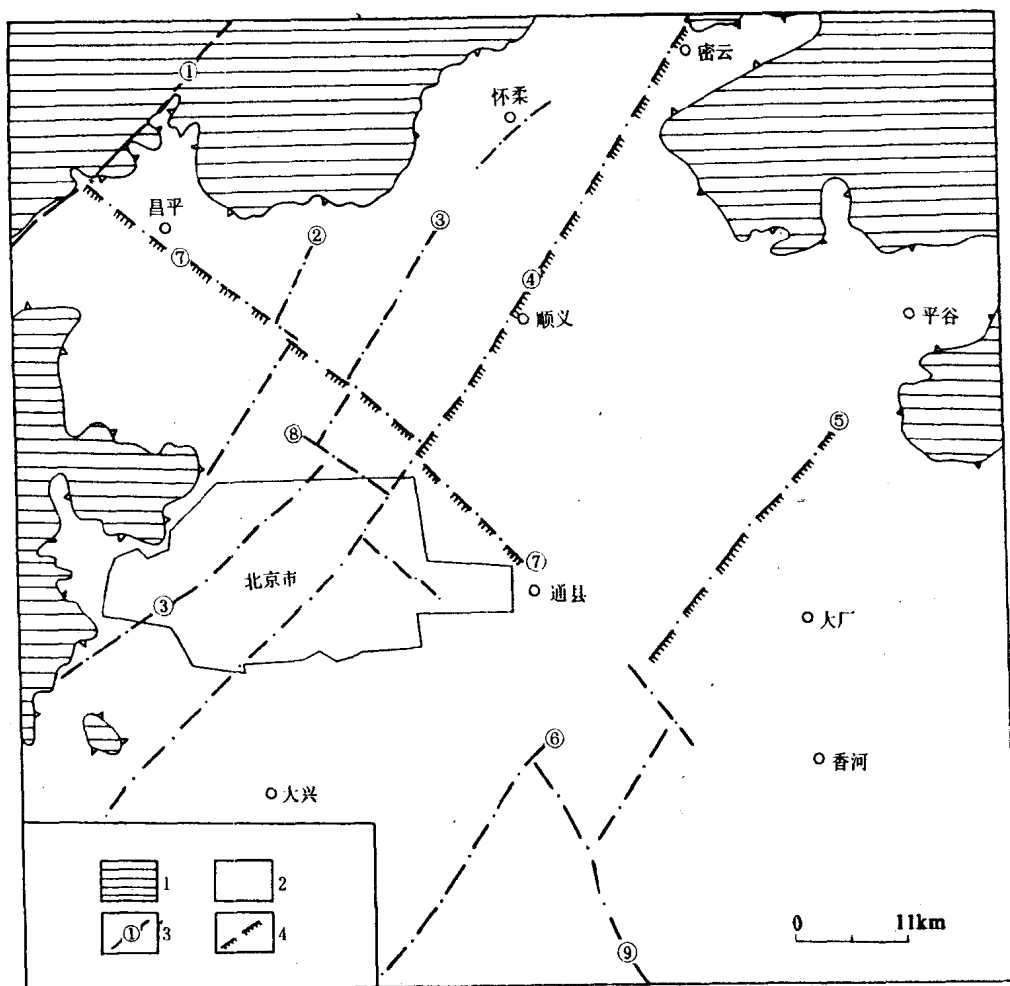


图 1-2 研究区主要隐伏断裂分布图

1. 基岩区; 2. 第四纪平原区; 3. 主要隐伏断裂及编号; 4. 选择作为研究对象的隐伏断裂段

① 南口山前断裂; ② 小汤山-东北旺断裂; ③ 黄庄-高丽营隐伏断裂; ④ 密云-良乡隐伏断裂; ⑤ 夏垫隐伏断裂; ⑥ 大兴隆起东缘断裂 (南段); ⑦ 南口-孙河隐伏断裂; ⑧ 来广营-酒仙桥隐伏断裂; ⑨ 安次东缘隐伏断裂

-高丽营断裂、密云-良乡断裂、新夏垫断裂; 北西向的南口-孙河断裂。此外还有北西向的马坊-甲山断裂、永定河断裂; 北东向的南口山前断裂和南苑-通县断裂 (图 1-3)。现对区内主要隐伏断裂的影象特征分述如后。

1. 黄庄-高丽营断裂

从影象图上看, 北起怀柔, 向西南经高丽营、太平庄、黄庄、长辛店到大紫草坞附近, 总体走向 30° , 长约 85km。据影象特征, 可将其分为三段:

北段 (高丽营-怀柔段): 总体走向 30° , 图象上色调显示的线性构造信息较弱, 连续性较差。断裂线两侧的色调虽有微弱差异, 但其边界不明显, 南东侧稍深, 北西侧相对稍浅。地质调查证明, 该段地貌上有一明显的陡坎存在, 如高各庄、桃山村一带, 北西侧是晚更新世的冲洪积台地, 南东侧为全新世低凹平地, 两侧高差达 1.5—2m 左右。推测该段可能属晚更新世中晚期前的活动断裂。

中段（黄庄—高丽营段）：本段是黄庄—高丽营断裂的主体部分，从图象上显示的线性构造看，走向变化较大，由黄庄附近的 40° — 50° 变化到 30° 走向，断裂线在影象上为不同色调的分界线。断裂东侧是顺义凹陷的主体部分，第四纪松散沉积物厚度达 700 余米（图 1-1），且在色调上相对较深；断裂西侧为断裂带的上升盘，第四纪覆盖层较薄。地形地貌上两侧差异明显，在太平庄一带，西侧为晚更新世河湖相堆积层，地形上为北东向延伸的高平台；东侧则为清河的厚层中细砂层，地形上相对较低，两相对比，形成一明显的坡折带地形。该坡折带走向是 30° ，与断裂走向一致。另外，沿断裂有河流的拐弯及沟谷发育现象。

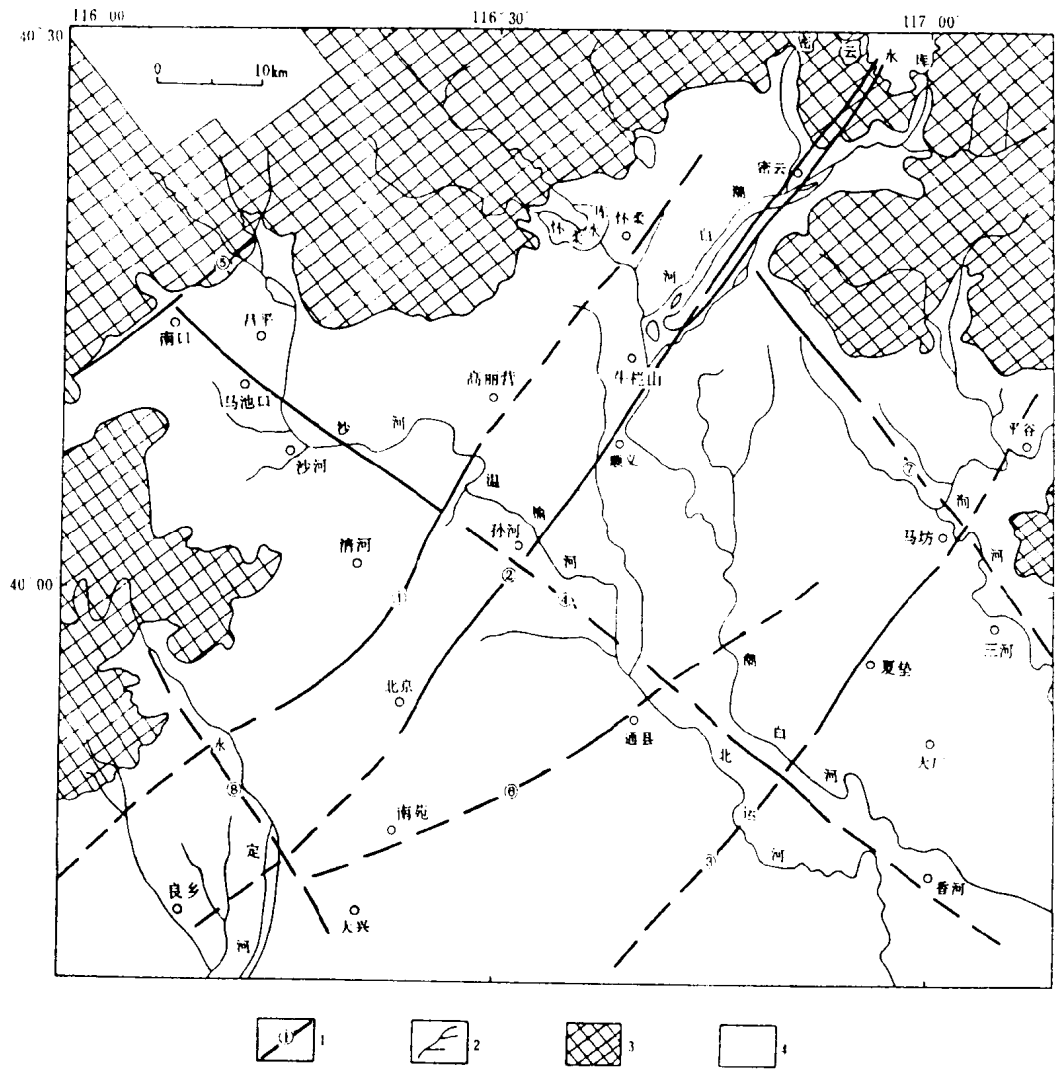


图 1-3 研究区卫星影象解释的主要线性构造图

1. 活动断裂、推测活动断裂及编号；2. 水系；3. 基岩山区；4. 第四纪平原区
 ①黄庄—高丽营断裂；②密云—良乡断裂；③夏垫断裂；④南口—孙河断裂；⑤南口山前断裂；
 ⑥南苑—通县断裂；⑦马坊—甲山断裂；⑧永定河断裂

南段（黄庄—大紫草坞段）：该段尽管地面有零星露头，但图象反映的线性构造信息不清，连续较差，对水系也无明显的控制作用，推测第四纪以来活动强度相对中、北段为弱。

2. 密云-良乡断裂

为一斜贯北京断凹并经北京城区的一条主要隐伏断裂,从图象所显示的线性构造特征看,断裂带南起良乡附近,以 30° 走向,经北京城区、孙河镇、顺义县城北、牛栏山,然后沿潮白河直达密云水库,长达110km左右。

据图象中线性构造线的清晰程度及对水系地形地貌的控制作用可分为二段:

北段(前门-密云水库段):该段的影象特征主要表现为色调的线性界线、微地貌的差异及水系沿带分布特征等(李文浩等,1992)。断裂线两侧色调差异不大,均为深色调,但在顺义以北,南东侧色调相对更深一些,可能与古河道有关。但是在色调基本一致的图象中,浅色的线性构造仍十分清晰,且连续性较好,对顺义县城附近的城北减河和潮白河及牛栏山以北的潮白河直流段的控制作用明显(图1-2)。结合铁匠营一带浅层钻探揭示的第四纪淤泥层在两侧相差1.1m的资料(李文浩等,1992)综合分析,该断裂的北段,第四纪以来除有明显的水平运动外,还兼有幅度不大的升降运动。

南段(前门-良乡段):从影象上的线性构造特征看,该段延伸仅30km左右,图象中色调差异组成的线性构造线断断续续,推测断裂带在前第四纪活动强烈,而第四纪以来活动性明显减弱。

3. 新夏垫断裂

为大厂凹陷的西部主边界断裂,从影象上看,该断裂北起平谷县城以北的山区,向 240° 方向延伸,经马坊、齐心庄、潘各庄、夏垫镇北、东柳河屯到幅外的采育一带。

幅内断裂长约65km左右。根据影象色调差异、水系及地形地貌特征等,大致以马坊、东柳河屯为界分北、中、南三段。

北段(马坊以北):在影象上,断裂两侧为色调大致相同的暗色调,在此背景上呈现出浅色线条带,但该浅色线性影象的清晰度较差,断断续续,对水系无明显控制作用。按过去的地质资料,夏垫-马坊断裂带在齐心庄以北、马坊以南,由三条向北东撒开的断裂组成。影象显示较为清晰的一条相当于岳各庄-门楼断裂(向宏发等,1988)。从平谷凹陷第四系厚度分析,北段断裂在第四纪中晚期以来活动不明显。

中段(马坊-东柳河屯段):该段影象显示的色调界线清晰,连续性好,线性信息浑厚。这种影象特征说明该段断裂活动性较强。该线性构造的南东侧影象呈深色调,地表水网发育;而北西侧呈浅色调。在二里半村和潘各庄一带线状浅沟发育。1679年的三河-平谷8级大地震就发生在该段断裂带上,至今在二里半村附近仍留有1—1.5m的断层陡坎,该段大地原始面大部分地段都表现出明显的坡度转折带(向宏发等,1988);另外,第四系厚度分布表明线性构造线南东侧第四系厚达700余米,而北西侧第四系仅厚300余米。综合资料表明,该段断裂的新活动一直延续至今(向宏发等,1988)。

南段(东柳河屯以南段):影象显示的线性构造信息较弱,断断续续,两侧色调差异不明显,对水系流向控制作用也不明显。这可能反映断裂南段第四纪以来活动性相对较弱。

4. 南口-孙河断裂

是北京平原区内规模较大的一条北西向隐伏断裂带。从影象上看,该断裂北起南口镇以北的关沟,向 140° 方向延伸,经南口、雪山、百泉庄、白浮、东三旗、西集,直达香河县城附近。幅内长达95km左右。

该断裂的影象特征主要表现为不同色调的线性构造界线、微地貌的界线和水系异常分布

等，并可按上述特征分为二段：

西段（南口-东三旗段）：在影象上表现为黑白分明的线性构造。色调清晰、浑厚，连续性好。该线性构造线以北，色调较浅，地貌上为晚更新世冲积台地和一些呈北西展布的基岩残丘(图1-4)。第四纪松散沉积物厚度仅100余米。该断裂以南地势低平，沼池发育，河流纵横，其中心部位是第四纪的辛店-马池口凹陷。凹陷中心第四系厚度可达607m左右，近断裂线第四系等厚线密集(图1-1)。影象上显示深灰色调。另外，沙河自沙河水库流出后呈近直角折向南流，可能与南口-孙河断裂晚更新世晚期至全新世初期的活动有关(向宏发等，1991)。

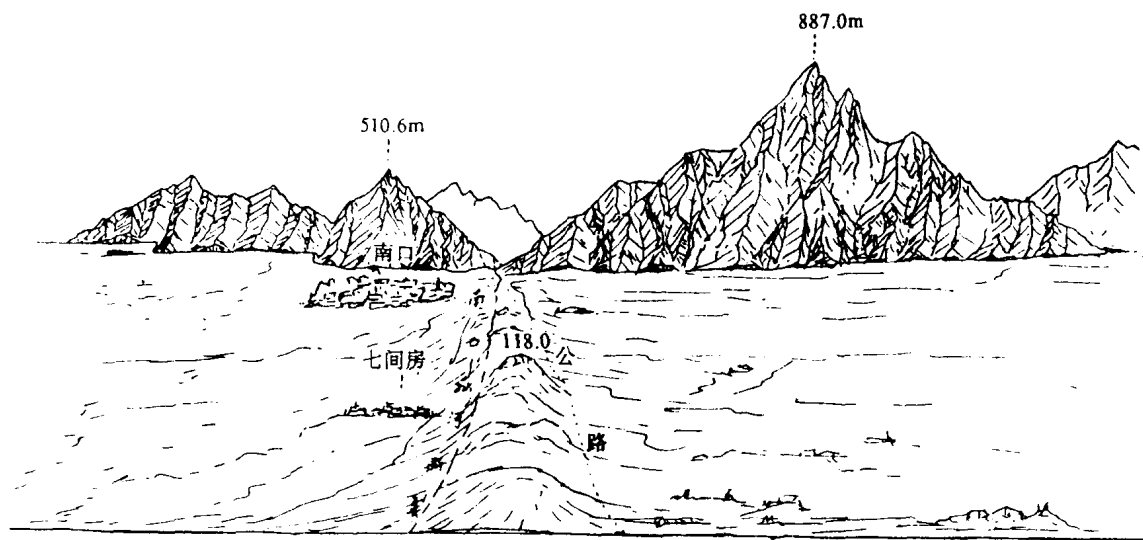


图1-4 雪山—西北旺南口-孙河断裂地形地貌景观

东段（东三旗-香河段）：该断裂段在影象上的主要特征表现为以色调差异为主的线性构造时隐时现、连续性差，但断续延伸较长。温榆河和潮白河在通县至香河段呈北西流向的分布特征，可能受南口-孙河断裂活动所制约。根据上述影象特征并结合第四系厚度的分布，可以得出，南口-孙河断裂东段活动性相对要弱一些(向宏发等，1992)。

第三节 隐伏断裂的微地貌显示^①

鉴于隐伏断裂发生时间、活动阶段及后期活动强度等方面的差异，隐伏断裂的地貌类型、规模及其清晰程度等方面均有不同。就北京平原区的隐伏断裂而言，在地貌上主要表现为地貌分区界线、大地貌面的线形坡度转折和水系分布与阶地高程变化等三个方面。

一、地貌分区界线

隐伏断裂长期以来继承性活动或晚近时期强烈差异活动均可造成隐伏断裂在地貌分区上的明显差别，如南口-孙河隐伏断裂西段中更新世以来的强烈差异活动，使南西盘大幅度拗陷，北东盘相对上升，造成断裂北东盘在地貌单元上为边缘轻微沉降区，区内至今尚有些孤

^① 向宏发执笔。

立的残丘总体作北西向分布（图 1-5）；而断裂南西盘在地貌单元上则是中等沉降区和强烈沉降区。这种地貌单元分异在现今地形仍然保留着北东高南西低的总的明显地势差异。

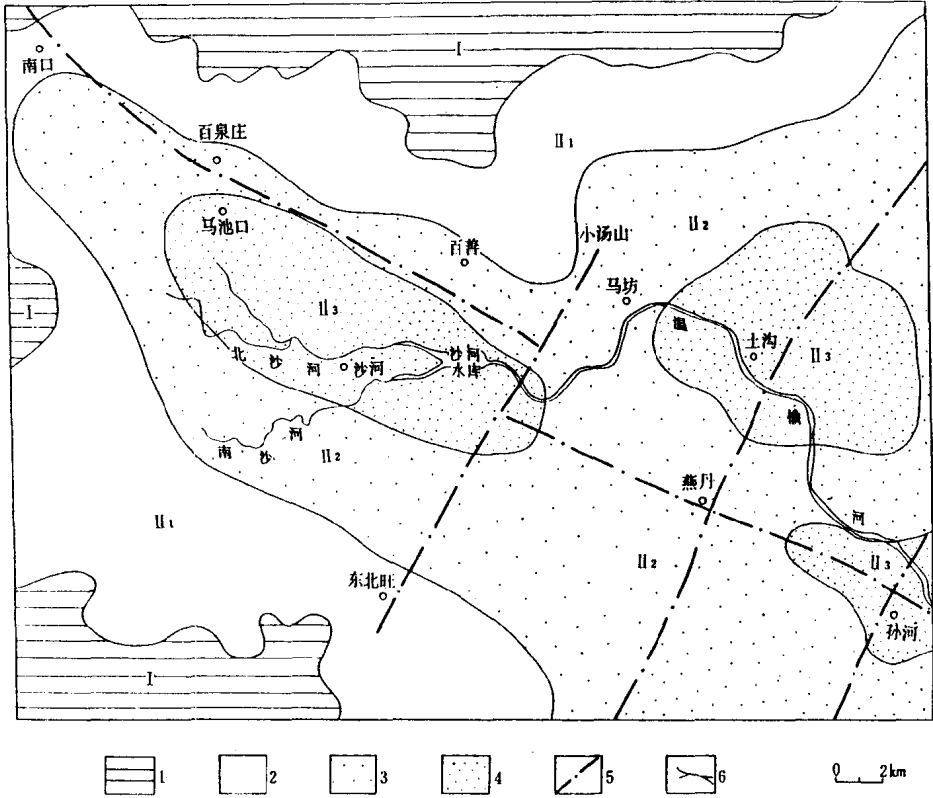


图 1-5 南口-孙河隐伏断裂地貌单元划分图
1.基岩隆起区；2.边缘轻微沉降区；3.中等沉降区；4.强烈沉降区；
5.隐伏断裂位置；6.水系、河流

二、大地貌面的线形坡度转折带

在人口密集我国东部广大平原区，第四纪以来活动的隐伏断裂常常并不表现为明显的线性断层陡坎，究其原因，一方面是我国东部平原区多数隐伏断裂具有缓慢同生断裂活动性质，加上沉积速度大于断错速度，难以在地表上显示断错的地貌陡坎；另一方面是后期人类活动的改造。人类的改造作用可将原来的线性断层陡坎“平滑”，或改变其原始面貌，造成“假断层陡坎”。但这类断层陡坎多数情况在大地貌面仍然表现为作线性分布的坡度转折带，因此，通过仔细的野外微地貌观察和测量，仍然可以识别和恢复其本来面貌。

如在大厂、东柳河屯至潘各庄、大胡庄一带，1679 年三河-平谷 8 级地震形成的断层陡坎多数地段已面貌全非，它们有的为建筑物所占据，有的经人工耕地而“平滑”掉。但当你站在断层陡坎位置上沿走向仔细观察，仍然可见到大地貌面东南部整体性的明显下落，并沿着北东方向仍然见有一个宽达 100 余米的地势坡度转折带。综合探测证实，原始的断层陡坎即位于该坡度转折带的某个位置上。

南口-孙河隐伏断裂在百泉庄一带也显出这一大地貌面的总体性西南低、东北高的明显地

势落差，这种地貌面的高差不是河流阶地或洪积扇的前缘斜坡地带，而是与明显的线性断层活动相关。钻探资料（图 1-6）和断层地形坡度角实测资料（图 1-7）证明了这一点。

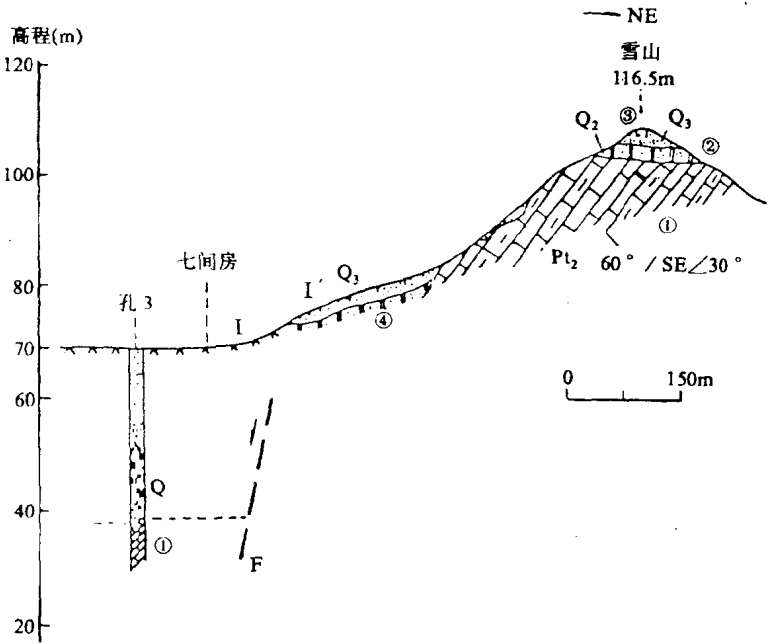


图 1-6 南口七间房断层综合地质剖面

①砂质条带白云岩；②棕红色含碎石亚粘土；③浅黄色碎石亚砂土；④砂砾石层及砂粘土层

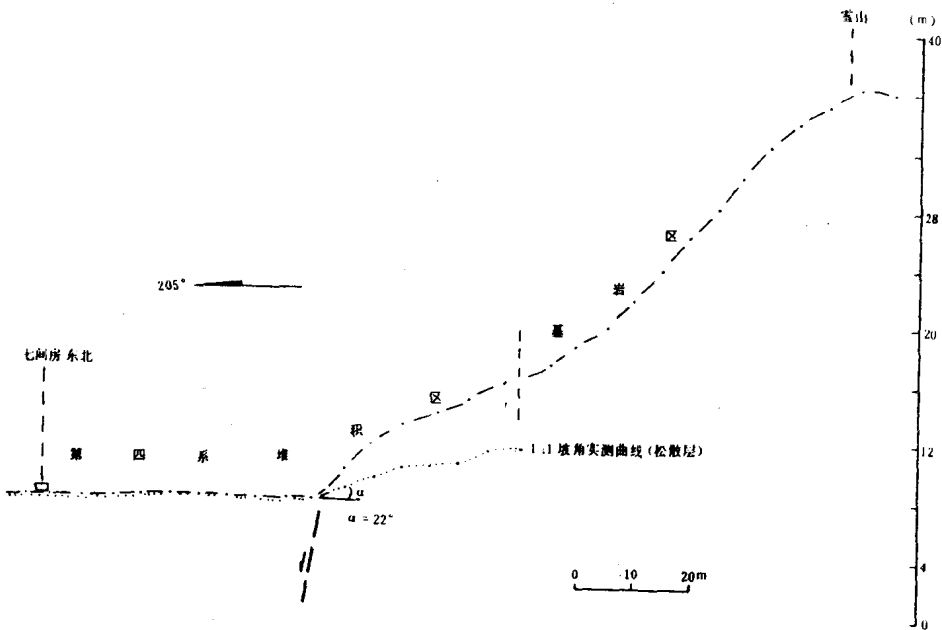


图 1-7 南口七间房断层地形坡度角测量剖面图

三、水系分布及阶地发育的不协调

水系分布与断裂的相关性是从构造地貌角度研究活动断裂的重要方面。在平原区, 隐伏断裂的活动也明显影响到水系的分布及水系的形态变化等, 如水系多沿隐伏断裂分布, 且常偏于下降的一盘; 水平位移明显的隐伏断裂还可使水系发生同步位错等, 这已有许多研究, 本文不再论述。这里专门分析隐伏断裂对水系分布影响的几个特殊现象。

1. 水系流向在断裂枢纽部位的不正常拐弯

如温榆河上游水系(北沙河、南沙河)作近东西向蜿蜒展布于南口-孙河断裂南盘的马池口-沙河拗陷区内, 但当它们流经现今沙河水库位置后, 北西西-近东西流向突然转为北北东流向, 向东北方向经马坊、土沟拐了一个大弯后于古城南再度恢复北西西流向。通过第四系厚度分布等综合资料的分析研究, 查明在沙河以东是南口-孙河断裂活动性质的枢纽部, 其间有北东走向的小汤山-东北旺断裂作为断裂分段边界, 该断裂以西的西段断层倾向南西, 且南西盘下降; 东段倾向北东, 且北东盘下降, 南西盘相对上升, 而呈现高处自由水体总是向低位、相对沉降的地区流动。因此, 温榆河水系在沙河水库东流向的明显改变和向东北的大拐弯正是水系从南口-孙河隐伏断裂一个下降盘经枢纽(断裂)点向断裂另一个下降盘的流动(图 1-3)。

2. 隐伏断裂两侧河流阶地发育的不对称性

通过南口、七间房的一条流经隐伏断裂并似被左旋错扭的冲沟(图 1-6)的河床纵比降和断裂两侧二级阶地(T_2)面高程对比的实测发现, 断裂带附近河流纵比降变化较大(图 1-8a), 断裂两侧同一阶地(T_2)高程也有明显变化, 其垂直落差 2.53m, 经二级阶地上部黄土的热释光测年, 其形成年龄约为距今 1.66 万年(图 1-8c)。

南口-孙河断裂两盘河流阶地的不对称变化在孙河镇东大桥东南的温榆河河段也有表现。同样, 在密云-良乡隐伏断裂通过处的密云县西北及白辛庄一带的阶地也有这种不对称现象发育(李文浩等, 1992)。

在孙河镇东南油箱制桶厂东北, 温榆河河段阶地剖面表明, 河西南岸, 温榆河发育拔河 7.6m 的 II 级阶地, 而河东北岸仅发育拔河 3.8m 的 I 级阶地(图 1-9)。这种南北两侧阶地的不对称发育可能与南口-孙河断裂西南盘相对抬升、东北盘相对下降的运动相关。

