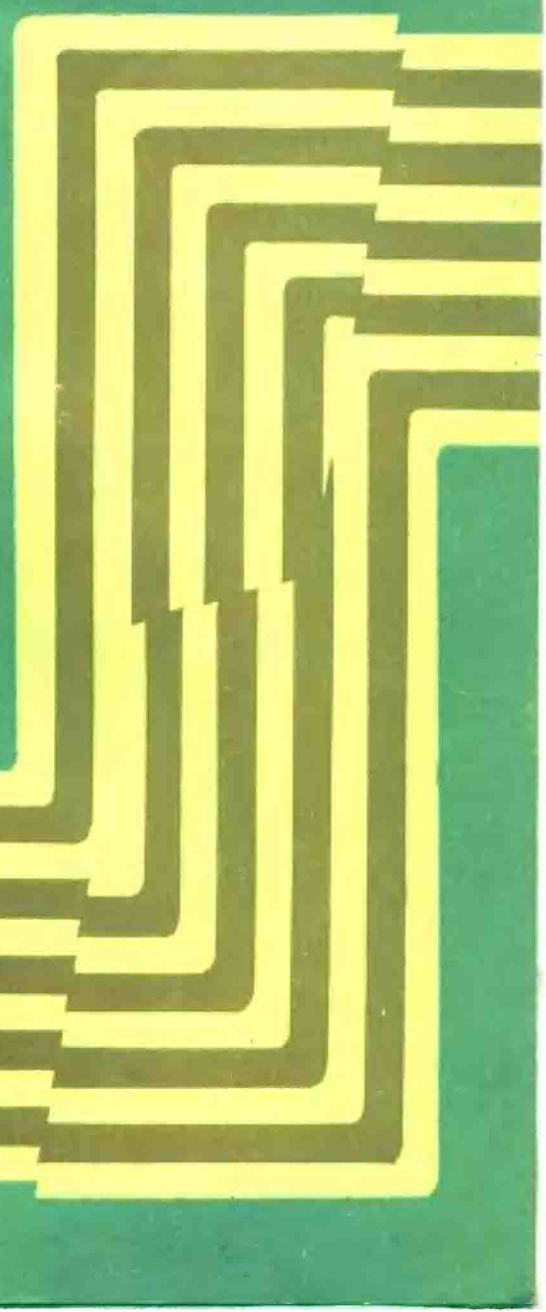


地裂縫

謝廣林 編

地質出版社



地 裂 缝

谢广林 编

地 震 出 版 社

1 9 8 8

地 裂 缝

谢广林 编

责任编辑：李红杰

地震出版社出版

北京复兴路63号

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

787×1092 1/32 3.375印张 76千字

1988年11月第一版 1988年11月第一次印刷

印数：0001—3200

ISBN7-5028-0095-6/P.64

(497) 定价：1.50元

前 言

1974年夏、秋期间，大别山北麓出现了大量的地裂缝，其展布范围南北宽70多公里，东西长近200公里，横跨豫、皖两省11个县，共损坏了7000多间房屋，引起了当地人民的极大恐慌，也引起了地学工作者和工程建筑工作者的极大关注。这一事件，也许是我国有关地裂缝及其灾害的一次严重事件。从此以后，在一些报刊和杂志中，有关地裂缝的报道和研究文章就常有所见。

综合近20多年来的资料，在我国所出现的地裂缝大致有如下几次重要事件：1976年唐山地震前后，长江—黄河中下游地区地裂缝广泛分布，其发育状况、危害程度大大超过1974年大别山北麓的情况；1976年至1985年，渭河流域特别是西安一带，地裂缝的产生与发展一直持续不断，并损坏了不少建筑物；1980年湖北省远安县的盐池河，因地裂缝的发展扩大，造成陡峭的山体崩塌，巨大的崩塌体凌空而降，毁坏了一个小矿山，压死了近300人；1983年甘肃省东乡县的洒勒山，山顶上地裂缝的发育与扩张，造成了严重的崩塌与滑坡，滑塌体顺坡而下，毁坏了山下的村庄，致使近300人死亡；1985年长江三峡的新滩镇，因20多年前在其北侧中低山上发育的地裂缝不断发展扩大，造成大规模的滑坡，滑塌体捣毁拥有457户人家的新滩镇，并坠入江中，激起36米高的涌浪，致使长江断航数日。

由此看来，地裂缝的产生与发展，常常给人民的生命财产带来一定的甚至是严重的危害。因此地学和工程建筑工作者不仅要研究其形成机制，而且还需要研究防治和减轻其灾害的方法措施。过去有许多科学工作者已从不同的角度对地裂缝进行过研究，但一般只论述了某一成因的地裂缝，或者只将地裂缝作为某一专题研究的附加问题讨论，而未将不同成因的地裂缝的形态特征进行系统的总结与论述。

本书的编写与出版，一方面是适应当前研究地裂缝的需要，另一方面笔者试图将有关地裂缝的科学知识系统化，使读者对地裂缝有一个全面的了解。这本书也奉献给专业工作者，作为他们对地裂缝进行深入研究的参考。

对于与这一学科有关的大专院校的师生，本书也可作为一种辅助阅读材料。

目 录

前言	(Ⅲ)
一、一种常见的自然现象	(1)
二、地裂缝的形态特征	(8)
三、地裂缝的分类	(17)
四、地震地裂缝	(26)
五、火山地裂缝	(37)
六、构造蠕变地裂缝	(42)
七、膨胀土地裂缝	(49)
八、崩塌与滑塌地裂缝	(58)
九、塌陷与陷落地裂缝	(68)
十、湿陷、渗蚀和干旱地裂缝	(75)
十一、融冻地裂缝	(82)
十二、盐丘地裂缝与泥火山地裂缝	(89)
十三、地裂缝的研究方法	(93)
十四、研究地裂缝的意义	(98)

一种常见的自然现象

地球在不断地运动着，地球的表面也在不断地变化。通常人们看不到沧海变桑田，甚至感觉不到地壳变动，因为沧海桑田，产生于不知不觉的地壳运动之中。几十万年前至一二千万年前，华北平原和苏北平原，不正是一片汪洋大海吗？而它们在地壳运动的塑造下，却形成了今日广袤的肥沃良田。有时，人们也可亲自看到或亲身感到自然界的巨大力量，譬如地震、火山、狂风骤雨、滚滚激流，都是瞬时或短期内的急速变化，它们往往导致自然面貌的局部改观。的确，在自然营力作用下，地球表面一直处在发展变化之中，而且往往处于两种状态，一种是缓慢的相对静止状态，一种是急速的显著变动状态。这两种状态，造成了地球表面的千姿百态，产生了多种多样的自然现象，留下了许许多多的形迹，岩石和土层中出现的裂隙和地裂缝就是其中之一。

大家知道，岩石坚硬，粘土富于粘性，是因为组成岩石和粘土的各种矿物颗粒之间具有不同的结合力，使它们结合成一整体，而要破坏其整体性和使其破裂，就必须有一股力大于矿物颗粒之间的结合力。但是，不同性质的岩石和土层抵抗变形和破裂的力量大小不同。表1中的数据，说明两个道理：①土体中矿物颗粒之间的结合力远比岩石小得多，其差距达到上千倍至上万倍，因此只要施加一个很小的力，就可以使土体破裂或产生裂缝。②同一种岩石或土层，受力的

方式不同，产生破裂的极限强度也不一样，其中以拉张力最容易使岩石和土体破裂，剪切力次之，而压缩力一般需为拉张力的几倍至几十倍，才能使土体或岩石破裂。

表1 岩石与土层的破裂强度(单位: 公斤/平方厘米)

岩石或土层	抗压破裂强度	抗张破裂强度	抗剪破裂强度
花岗岩	370—3790	30—50	150—300
玄武岩	2000—3500		
砂岩	110—2520	10—30	50—150
石灰岩	60—3600	36—60	100—200
板岩	600—3130	250	150—250
石英岩	260—3200		
大理岩	310—2620	30—90	100—300
片麻岩	630—1230		
软粘土	0.27—0.54*		0.12—0.24
中等软粘土	0.54—1.08*		0.24—0.49
硬粘土	1.08—2.15*		0.49—0.98
很硬粘土	2.15—4.30*		0.98—1.95
坚固粘土	>4.30*		>1.95

注: 有*者为抗压极限强度, 不一定破裂。

在自然界中, 岩石和土层经常受到各种自然力量的作用。这种力量可来自地壳内部, 称之为内营力, 包括岩浆活动, 构造运动, 地震等所产生的力量; 也可来自地球表面, 称之为外营力, 包括风吹、雨打、日晒、流水、冰川、潮汐与波浪等所产生的力量。在这些自然营力作用下, 岩石和土层可以发生变形, 而当力的作用与积累超过岩石和土层内部

的结合力时，就破坏它们的连续性而发生破裂，形成裂隙。这些裂隙在地下由于遭受周围岩石的限制和上部岩石的重压作用闭合比较紧密；而在地表则由于具有一定的自由空间和围压作用力比较小，裂隙一般比较宽阔。人们习惯称后者为地裂缝。

裂隙，一般都是一种地质历史时期的产物，它可以产生于长期的缓慢变动之中，也可以出现在短期内的急速变化之时。地裂缝，可以说是裂隙的一种特殊形态，其本质与裂隙差不多，但规模比裂隙壮观，形成的时间也比较短暂。

早在几千年前，我们的祖先对地裂缝就给予了一定的重视，并在一些史书中作了记载。北宋时期有一部巨著叫《太平御览》，在第八百八十卷中，有关地裂缝的记载共计15条。在《墨子·非攻下》一文中，记述了一次地震地裂缝的情景：“昔者三苗大乱，天命殛之……地坼及泉”。地坼，即现在所说的地裂缝。据历史考证，三苗欲灭时，大约相当于夏代帝发之前700多年的黄帝晚年，约为公元前2550年左右。可见我们的祖先对地震地裂缝的出现已有深刻的印象。在《史记赵世家》一书中，对地震地裂缝的描述又进了一步。书中介绍说：秦始皇十六年（公元前231年），“代地大动，自乐徐以西，北至平阴，台屋墙垣大半坏，地坼东西百三十步。”书中所说的代地，在今河北省蔚县境内，其所描述的地裂缝，不仅有方向，而且还涉及到地裂缝的长度。

除了地震地裂缝之外，在史书中还记载着许多非地震地裂缝。例如：《后汉书本纪》指出，汉和帝永元七年（公元95年），易阳（今河北永年县西境）出现“地裂”。《后汉书五行志》指出，汉灵帝建宁四年（公元171），山西河东出现地裂12处，裂合长十里百七十步，广者三十余步，深不见底。《晋

书本纪》记载着，晋怀帝永嘉三年（公元309年），湖北当阳地裂三所，各所三丈，长三百余步。在《顺治新郑县志》中，对地裂缝的描述又有所前进，书中写着：“明崇祯十三年（公元1640年）秋，新郑县西南二十里桐树张家庄地裂，阔二丈余，长三十余丈，并裂两开，水溢出”。

这些史书的记载，仅仅是浩瀚史料中的点滴，已说明地裂缝是一种常见的自然现象。我们的祖先对地裂缝的研究相当重视，从秦汉到明清，从专门史籍到地方县志，史料中均有记载。所记载的地裂缝大多分布在中国东部地区。史籍中简单数语，已一清二楚地指出了地裂缝的长度、方向、形状，伴随的喷水、泉涌现象，对民房、宫室和水井的损坏等。我们的祖先对地裂缝的研究虽然还很不深入，但集腋成裘，汇集分析这些史料，人们可以清楚地看出，地裂缝不单是地震时产生的，还有其他许多成因。

国外对地裂缝的研究始于何时，暂且搁置勿论，但从19世纪英国著名自然科学家C·莱伊尔的著作中可以知道，世界上许多地区都曾经发生过地裂缝。

C·莱伊尔在《地质学原理》一书中，曾多次描述了多种不同成因的地裂缝。他说，在乔治亚州省会米利奇维尔西3.5英里的地方，1826年这里的土地没有深沟，但在森林被砍去之后，太阳的热力使泥土开裂成3英尺深的裂缝。在福法市勒斯柯倍湖附近，1839年因修筑铁路而使泥炭沼泽地发生不均匀的隆起，形成了一个12米长、2.4米高的地脊，地脊最高部分有几条不规则的裂缝，最大宽度约1.8米，深约2米左右。在1839年一个异常潮湿的季节里，得文郡海岸岩石的裂隙充满了水，水在上、下岩层之间犹如润滑剂一样，使上覆岩块在重力作用下，增加向海滑动的速度，11月24日早晨

岩块破裂产生了响声，当天晚上地面出现了裂隙，住宅的墙壁开裂，同时向下沉陷，最后形成了一个长度达 $3\frac{1}{4}$ 英里、深度达30到45米、宽度超过72米的深沟。

C.莱伊尔还多次地描述了不同地区的地震地裂缝和火山地裂缝。他写道，1848年新西兰南岛地震时，在一个300—1200米高的山脉中，产生了一条地裂缝，裂缝平均宽度不得0.5米，总长近100公里，走向北北东—南南西，和山脉的轴线相平行。1783年意大利卡拉布里亚地震时，其所产生的地裂缝不仅数量多，而且分布很广，几乎遍布于卡拉布里亚半岛。1669年埃特纳火山喷发时所产生的—条裂隙，长达19公里，在它的底部可以看到炽热的熔岩，沿这条裂隙，在最容易泄出熔岩和火山渣的各点，陆续积成喷发锥，锥上有很多深的裂隙和细谷，象车轮的辐条—样，从轴心附近向圆周或锥的基部辐射。

20世纪时期，随着自然科学和工业建设的发展，随着地震科学研究和野外地质考察的深入，世界各地发现的地裂缝愈来愈多，愈来愈普遍。

20世纪前半期，我国除了一些大震产生的地裂缝之外，对其他地裂缝的研究和记载极少。50年代，我国正处于经济恢复和建设时期，人民对地裂缝的研究日益重视，例如湖北省通城县水兴的猪毛山，1954年发大水时，山坡上出现了一条地裂缝，长约30米，裂缝口宽10厘米。当时，这条地裂缝曾引起了群众的惊慌，有的说是山崩地裂的序曲，有的说这是地震的前兆，因此有人对此地裂缝作了比较详细的记载。1960—1961年间，河北省邯郸、邢台等地出现了大量的地裂缝。事隔几年，在邢台的东北部宁晋县于1966年发生了7.2阶地震，并且产生了大量的地裂缝。因此进一步唤醒了人们

的注意，人们对地裂缝的讨论日益深入。据一些资料的不完全统计，从60年代至今的20多年内，地裂缝的发育几乎遍布中国东部地区，北起辽宁，南至广东。其中有的地震地裂缝的分布范围竟达二三十个县。这些地裂缝对于房屋的损坏有时很严重。但地裂缝并不都是产生于突然的地动山摇之时，有时也会悄悄然地逐渐开裂形成，甚至持续数年之久才最后定形。近十多年来，湖北省所出现的地裂缝屡见于鄂东丘陵、江汉平原和鄂西山区。1975年在暴雨成灾的长阳、秭归、宜昌等地发育了大量地裂缝，导致了山崩地塌，毁坏了农田、公路和房舍。1977年在大冶某矿山，坑道的开拓曾引起地面的不均匀沉陷和产生了一些地裂缝，导致十多座房屋损坏。

最惹人注目的还是唐山地震前后几年，长江—黄河中下游地区接连出现的大量地裂缝。1974年从河南潢川至安徽霍丘等地，在方圆一万多平方公里的范围内，普遍发现了地裂缝。据调查，当时在淮河流域中游地区发育的地裂缝，主要集中在河南省的潢川、固始、淮滨、商城、息县、光山，安徽省的霍丘、阜南、金寨、六安、颍上等十几个县，地裂缝的分布范围东西长约150公里，南北宽约100公里。

1976年地裂缝发展到整个长江—黄河中下游地带，北起河北省北部和辽宁省南部，南至湖北省和江苏省南部，整个地带所发育的地裂缝似乎可以连成一片。据江苏、山东、安徽、河南4省152个县的初步统计，所发育的地裂缝约有2000多处，其范围南北宽约500公里，东西长约1000公里，倘若将当时广东、福建等有关地裂缝的零星报道考虑进去，可以说唐山地震前后，地裂缝的发育几乎遍布于中国东部地区。

近几年，中国东部地区地裂缝的发育比前几年少多了，但

仍时有所闻。例如，1983年4月广东省封开县江口镇东侧的虎鼻山所发生的地裂缝，就曾引起封开县有关部门的密切注意，县政府动员山麓下的居民搬迁，并禁止在虎鼻山采石和伐木。据报道，该地的地裂缝属于滑坡早期的地裂缝，展布在山脊边缘，呈弧形，断续延伸长达120米，单条最长达48米，裂缝的最大宽度、深度和两侧的错距分别为50厘米、235厘米和35厘米。

地裂缝的形态特征

当某地出现地裂缝时，人们首先见到的是地裂缝的形态。那么，地裂缝的形态包括哪些内容，具有哪些特征呢？

1. 地裂缝的规模

地裂缝的长短、宽窄与深浅合称为地裂缝的规模。不同情况发生的地裂缝的规模往往差别悬殊，同一情况发生的许多条地裂缝的规模也可以差异很大。

据一些文献记载，强大的破坏性地震所形成的地裂缝，单条长度一般为数十米至数百米，个别长可达1—2公里以上。一般来说，多条地裂缝往往组合在一起，成为一条地裂缝带，延伸长达数十公里以上。1974年夏、秋时，大别山北麓虽只发生了一些小于3级的弱震，但却发生了大面积的构造蠕变地裂缝，其中在潢川县桂花岭园艺场有一条北北西向地裂缝，长逾400米。1966年苏联塔什干发生5.4级地震后，在地表形成了一条长50公里的地裂缝带。1920年，我国海原8.5级地震所形成的地裂缝带长度超过200公里。1957年，美国阿尔达克岛8.2级地震后，从阿留申群岛至阿拉斯加半岛，地裂缝断续在许多岛屿上出现，破裂带约延伸了1200公里。就不同成因而言，地震地裂缝带和构造蠕变地裂缝带的规模较大，而外营力形成的地裂缝带却相形见绌。

地裂缝的宽度，窄者1—2厘米或近于密闭状态，宽者一

一般为1—2米之内。1975年辽宁海城7.3级地震在田庄台造纸厂附近产生了一条宽达2—7米的地裂缝（图1）。1973年四川炉霍7.9级地震产生的地裂缝最宽可达2.5—3米。1695年临汾8级大震时，极震区内有一条北东向地裂缝，将临汾城东的堡头村分割为东西两个村庄，后因雨水的侵蚀冲刷，已形成一条宽约30米、深约20米的地裂缝沟。有时，外营力作用下产生的地裂缝，宽度也可达到数米。它们一般发生在陡峻的山坡上或者悬崖峭壁边缘，主要是沿断裂或老的构造裂隙进一步扩展形成的。如1975年8月湖北长阳县西阴公社岩落峰产生的滑塌地裂缝宽约4.5米：



图1 海城地震田庄台地裂缝

在史书记载和民间流传中，常有地裂缝“深不见底”之说，这毕竟是文学的笔法，并没有一个基本的数量估计。据

一些文献的记载，地裂缝的深度一般在10米之内。1974年，我们在调查大别山北麓的地裂缝时，曾利用竹竿探测近30条地裂缝，深度为2—5米。因竹杆尖端的直径约为1.5—2厘米，地裂缝的垂直剖面又常常弯曲转折，故推测其深度应大于5米。唐山7.8级地震时，不仅在地表产生了大量的地裂缝，而且在地下230米和450米的矿井巷道和峒室中，普遍可见到地裂缝的发育，甚至在地下740米的矿井巷道中，也因地裂缝的发育而造成砌体的掉灰现象。在层峦叠嶂、巉岩悬壁丛立的鄂西南—湘西北一带，由于地下岩溶洞穴与岩溶裂隙的发育，由于重力与地下水的作用，在山体崩塌、滑塌和地表塌陷之前，有一些构造裂隙常常扩张成为地裂缝，它们的深度往往达到数十米、数百米以至近千米。

2. 地裂缝的形态

地裂缝的发育，不论在平面上或是剖面上，其形态总是以一定的图形显示出来，因此在描述地裂缝形态时，必然与其所显示的图形相联系，并在此基础上逐步深入地进行研究。

在平面上，单条地裂缝并不是一条简单的直线或曲线。通常情况下，若干条地裂缝组合在一起，或相互穿插，或相互平行，或首尾相望，形成错综复杂的图象。

任何一条地裂缝在平面上总有一定的延伸方向，地质工作者称之为地裂缝的走向。对一条地裂缝来说，它总有一个总体延伸方向，但有的地裂缝追踪利用别的地裂缝的轨迹而形成，以致局部线段的走向经常发生变化。因此人们在野外考察时，不仅需要测量地裂缝的总体走向，还需要测量各个线段的走向，以便从中总结出某些认识。一般来说，各个局部地裂缝段与它们所组成的地裂缝的总体走向以锐角相交，通常情况下其交角为 30° — 60° 。对于若干条地裂缝组合在一

起形成的地裂缝带来说，它的走向往往与该带的主干地裂缝的走向一致或者近于平行。因此在野外考察时，倘若确认了该带的主干地裂缝和测定了它的走向，即可继此追索和研究该地裂缝带的特征。对于某些成因的地裂缝，如地震地裂缝、构造蠕变地裂缝等，只要它们形成的力学机制和边界条件相同，它们的走向也应该一致或者相近。因此对地裂缝的走向、平面图形和力学性质的综合分析，往往有助于我们进一步分析地裂缝的成因。

目前，对地裂缝的垂直形态的研究，远不及对其平面形态的研究深入。因为地裂缝的切割深度往往比较大，鉴于人力、物力、时间和技术条件所限，不可能普遍挖掘探槽对地裂缝的垂直剖面进行研究，而只能选取个别地裂缝进行解剖。从现有的资料来看，地裂缝的垂直剖面形态也是多种多样的。一般来说，平直光滑的裂缝面为数较少，凹凸不平的裂缝面比比皆是。光滑裂缝面的倾角往往比较大，大多数在 60° 以上，有的近于 90° ；而那些凹凸不平的裂缝面的倾角则常常变化不定，甚至出现倾向相反之现象。裂缝一般表现为上宽下窄，多呈“V”形，有的呈槽形，有的呈漏斗状。它们的宽度与深度之比通常都在1:5以上。

地裂缝形成之后，在较短的时间内绝大多数便被砂土或其他碎屑物所充填，个别保留时间可达百年以上，有的还因流水的冲刷而发育成为沟谷。砂土等碎屑物充填后，地裂缝便呈封闭状态。这些充填物与其两侧岩层、土层具有很大的差异，借助这些差异可分析、研究古地裂缝。如在粘土层中突然出现一条管道状砂脉；在坚硬完整的岩层中突然出现一条填满岩屑的管道，等等。这些都可能是古地裂缝的遗迹。