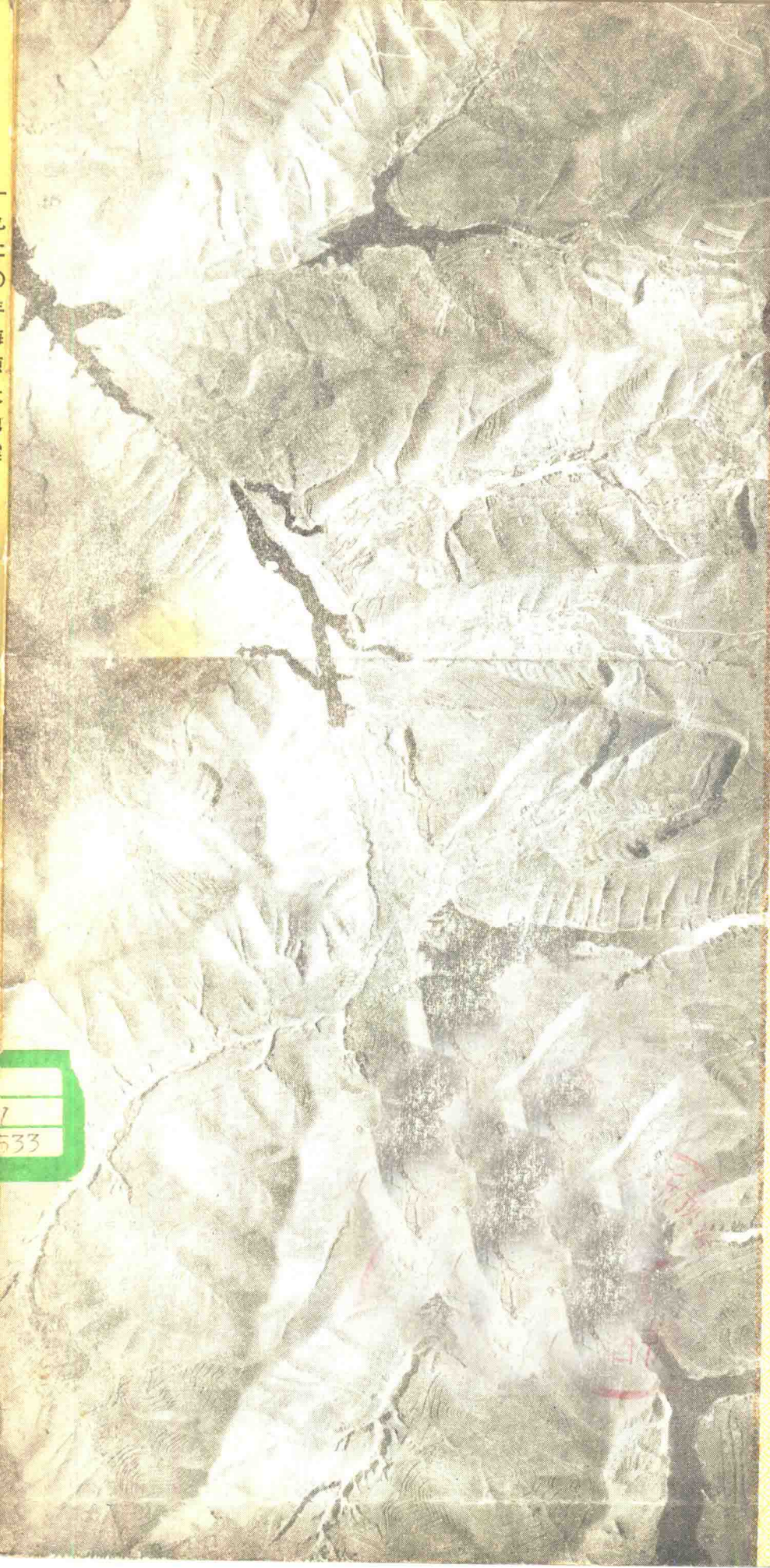


一九二〇年海原大地震

国家地震局兰州地震研究所 宁夏回族自治区地震队 编著



7
533

一九二〇年海原大地震

国家地震局兰州地震研究所

编 著

宁夏回族自治区地震队

地 震 出 版 社

1980

内 容 提 要

本书是为纪念1920年12月16日宁夏海原大地震发生六十周年而编写的。书中搜集了自1921年起直至目前有关这次特大地震的仪器记录、现场调查、观测实验等多方面的实际资料,从宏观、地震地质、地球物理、地震工程等各有方面对这次特大地震进行了较全面的、理论上的研究和总结。全书除绪论外,共分十一章,分别述及海原大地震的概况、极震区的破坏情况、构造形变带特征、震源机制、前震活动、余震活动、宏观前兆、大震强烈原因的探讨、大震的相关现象、地震地质背景以及建筑物震害和抗震经验等,并附有历次调查中拍摄的大量照片。

1927年甘肃古浪县发生的另一次8级大震,由于和海原大地震的关系十分密切,本书也对其进行了简要的总结,作为附录,收在末尾。

本书可供地震、地球物理、地震地质、地震工程等有关科技工作者在科研、教学及地震预报等项工作中参考。

一九二〇年海原大地震

国家地震局兰州地震研究所 编著
宁夏回族自治区地震队

*

地质出版社 出版

北京三里河路 54 号

中国科技情报所印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

各地新华书店 经售

*

787×1092 1/16 8.75印张 210千字

1980年9月 第一版 1980年9月 第一次印刷

印数: 0001—3,800

统一书号: 13180·82 定价: 0.94元

目 录

绪 论	(1)
第一章 海原大地震概况	(6)
1. 震中区的地理位置和自然景观	(6)
2. 海原大地震极震区长轴方向与范围	(8)
3. 海原大地震的等震线特征	(13)
4. 海原大地震造成的人口伤亡	(15)
第二章 海原大地震的极震区	(20)
1. 极震区中心地带的破坏情况	(20)
2. 极震区内边缘地区的破坏情况	(24)
3. 极震区的震害特点	(30)
第三章 海原大地震的构造形变带	(35)
1. 海原大地震构造形变带的展布及其特征	(35)
2. 形变带的组合方式及力学性质	(38)
3. 形变带反映的应力作用方式	(38)
第四章 海原大地震的震源机制与我国大陆构造应力场	(40)
1. 海原大地震的震源参数	(40)
2. 海原大地震震源机制的讨论	(40)
3. 海原周围地区的应力场分析	(51)
4. 海原大地震机制对鉴定我国北部地区应力场的作用	(53)
第五章 海原大地震前的地震活动	(54)
1. 六盘山地震区活动特征	(55)
2. 海原大地震前地震活动的围空区	(56)
3. 海原大地震的孕育、发生过程以及震后效应	(57)
4. 海原大地震的前震及震前周围地区的地震活动	(58)
5. 前兆性的震中迁移	(60)
第六章 海原大地震的前兆异常及原因	(61)
1. 海原大地震的前兆异常	(61)
2. 海原大地震初发时的现象	(64)
3. 前兆异常的时空分布规律	(65)

4. 引起异常现象机制的初步分析.....	(66)
第七章 海原大地震后的地震活动	(68)
1. 海原大地震的余震.....	(68)
2. 海原大地震的震后效应.....	(71)
3. 海原大地震后震源区的地震活动特征.....	(72)
4. 海原大地震后的震中迁移.....	(74)
第八章 海原大地震强烈的原因	(76)
第九章 海原大地震的相关现象	(80)
1. 海原大地震之前地磁场的变化.....	(80)
2. 地球自转速度的变化.....	(80)
3. 极移.....	(81)
4. 气象变化.....	(81)
5. 海原大地震时地球运行轨道与近日点的关系.....	(82)
6. 陨石雨.....	(82)
第十章 海原大地震的地质构造背景.....	(83)
1. 海原大地震的构造背景.....	(83)
2. 海原大地震成因的初步探讨.....	(88)
第十一章 海原大地震的震害及抗震经验	(91)
1. 震害的分布状况以及场地条件对震害的影响.....	(91)
2. 震区建筑物的状况及震害分析.....	(95)
3. 震区的地形变及其引起的震害.....	(108)
4. 海原大地震在抗震方面提供的经验教训.....	(112)
附 录 1927年古浪 8 级大地震	(116)
1. 古浪大地震的震源参数.....	(116)
2. 古浪大地震极震区的破坏与波及情况.....	(118)
3. 地震形变带的特征与发震构造.....	(128)
4. 古浪大地震前的地震活动.....	(131)
5. 古浪大地震的临震前兆及触发因素.....	(132)

绪 论

在我国西北的甘肃省和宁夏回族自治区交界处，有一座自南向北绵亘的大山，山势雄伟，渡越不易，名曰六盘山。此山之西有北西向的南华山、西华山与其相接。与两山相邻的地区，地势渐渐低下，覆盖着很厚的黄土，构成了我国黄土高原的最西部分。这里土地贫瘠，气候干旱，树木稀少，曾是我国经济、文化十分落后的地区之一。当地的回、汉人民多在山坡上穴土而居，或用土坯盖成简易房屋居住。1920年（民国九年）12月16日（农历庚申年十一月初七）的海原大地震*就发生在这里。海原地震不仅是我国历史上最大的地震之一，而且也是世界上最大的地震之一。据古登堡计算，这次地震的震级达8.5级。宏观震中位于宁夏回族自治区海原县的干盐池附近。其极震区东起固原，经西吉、海原、靖远等县，西止景泰县，面积达二万余平方公里。地震时，这里山崩地裂，河流壅塞，交通断绝，房屋倒塌，景象十分凄惨。破坏最严重的地区的宏观烈度竟达十二度。根据当时中外地震仪记录的S波和P波的到时差推算，地震发生的时刻应为北京时间20点06分09秒。

由于海原地震释放的能量特别大，而且强烈的震动持续了十几分钟，世界上有96个地震台都记录到了这次地震。在日本东京，即便是放大倍数仅12倍的地震仪，也记录到了这次地震绕地球两圈的面波^[1]。因此，兰州市白塔山公园的庙碑上用“环球大震”四个字来形容这次大地震，是最恰当不过的了。这一次强烈的地震给震区人民的生命财产造成了极大的损失，灾情惨重，闻者悖心。据当时《陕甘地震记略》一文报道^[2]，大震后灾区人民“无衣、无食、无住，流离惨状，目不忍睹，耳不忍闻；苦人多依火炕取暖，衣被素薄，一日失所，复值严寒大风，忍冻忍饥，瑟瑟露宿，匍匐扶伤，哭声遍野，不特饿殍，亦将殁毙。牲畜死亡散失，狼狗亦群出吃人……”。当时，由于反动政府没有及时采取有力的救灾措施，致使灾情进一步加重。面对这种惨景，甘肃在北京工作的人员和学生一再呼吁，要求救济灾民。直到1921年2月24日，甘肃旅京人员仍在《中国民报》上发表文章要求政府救济，并抨击当时的反动政府，文中说：“甘肃为国家征出租税之地方，甘肃人民即为国家负担义务之分子，今遭此亘古以来未有之浩劫，竟不能邀并顾兼筹之余惠。既拂与情，亦非人道。”“甘肃此次劫灾，因地方邮电交通不便，平日在外游客经商之罕稀，遂使弥天劫尘，不成空气，而责任当局，亦不关心。莽莽七十余州县，统一地图上无颜色；蚩蚩九百万人民，于共和国之内，为孤孽饮痛而无泪可挥……”。这些记载都是对海原大地震灾区惨景的真实写照。根据当时各县统计，在这次地震中共死亡了二十三万余人。

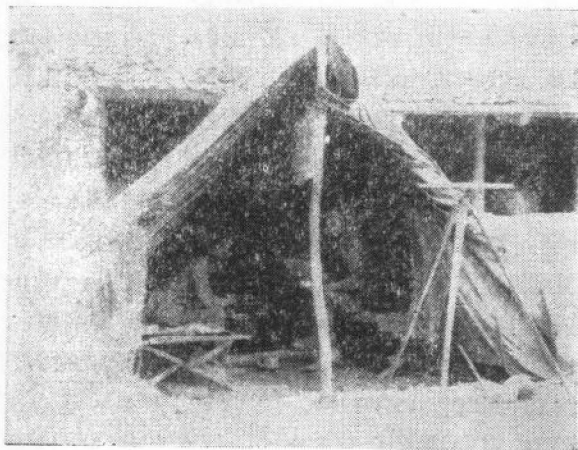
海原地震波及范围之大有史罕见。据有关资料记载，地震时北京“电灯摇动，令人头晕目眩”，上海“时钟停摆，悬灯摇晃”，广州“掉灰泥片”，汕头“客轮荡动”，香港“大多数人感觉地震”。其有感范围超过了大半个中国，甚至在越南海防附近的观象台上也有“时钟停摆”的现象^[3]。

海原大地震，距今已整整六十年了。在这六十年间，曾有不少地震工作者深入震区，对

* 海原县现属宁夏回族自治区。1920年前后海原县属甘肃省管辖，因之，早期一些国内外文献中皆称该次地震为甘肃海原大地震或六盘山大地震。

海原地震进行了实地考察，获取了大量珍贵的资料。

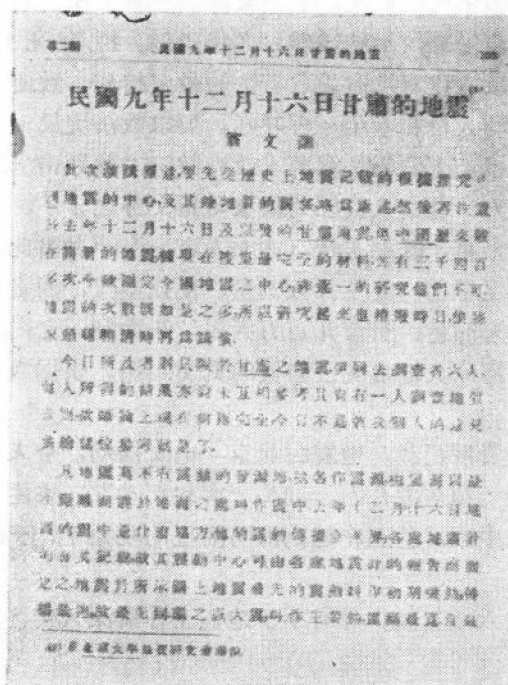
1920年海原大地震发生后的次年，当时的内务、教育、农商三个部曾派翁文灏、谢家荣、王烈、苏本如、易受楷和杨警吾六委员赴灾区调查。他们于1921年4月15日离开北京，经呼和浩特、银川到达兰州，尔后进入震区，经会宁、静宁赴固原，再由固原经平凉、天水返回兰州（照片绪-1）^{〔4〕}。这次调查历时四个月，他们除了了解灾情外，还特别注重了科学考察。



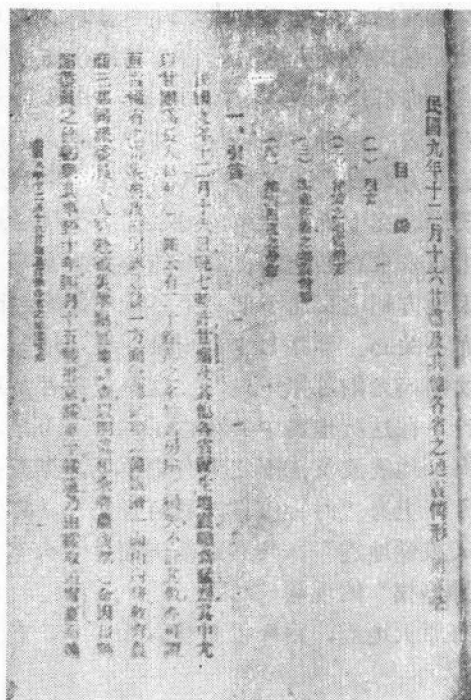
照片绪-1 翁文灏(左)在静宁考察海原地震时的帐篷中

在他们的调查报告中曾写道：“此行目的，尤注意科学之研究，故除调查震灾状况，勘探山崩地裂诸现象外，复从事于地质之考察，俾明此次地震之起源及地壳之关系焉。”^{〔4〕}翁文灏等六人除实地调查外，还采用给灾区各县知事发“调查表式”的方法进行函调，广泛搜集有关灾情及各种宏观现象。当时收到各县填写的这样的调查表共有三、四十份之多。他们的这次考察及调查到的内容经翁文灏、谢家荣、王烈三人整理后分别编写了专题报告，先后发表在北京《晨报》、《科学》、《地质杂志》等报纸和刊物上（照片绪-2、绪-3）。

他们的报告内容主要有：海原大震的宏观震中、发震时刻、极震区的范围及其伤亡情况；地震造成的宏观破坏情况；大震前和大震时的一些异常现象，如地声、地光、气象异常、井泉涨落等；余震活动情况；对海原地震成因的分析，以及这次大地震发生的地质背



照片绪-2 翁文灏在《科学》第二期上发表的海原地震论文



照片绪-3 谢家荣在《地质杂志》第八、九期上发表的海原地震论文

景。报告中还附有当时拍摄的灾情照片^[4,5,6,7]。在他们的报告中以及同时发表的署名“存吾”的三篇《地震之研究》^[8,9,10]、署名“幼雄”的《地震的研究》^[11]等论文中,都谈到了对地震预报的愿望。



照片绪-4 霍尔、克劳斯一行在赴震区途中

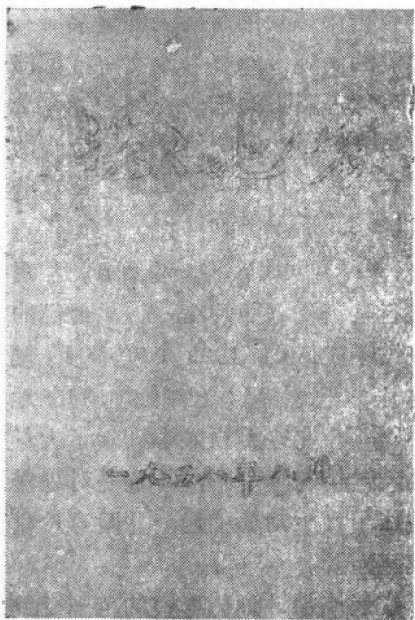
与此同时,国际饥饿救济协会的J·W·霍尔(J·W·Hall)、U·克劳斯(U·Close)、E·麦克考尔密克(E·McCormik)等,也曾到达震区进行过调查(照片绪-4)。他们的调查结果发表在1922年美国地理杂志上,题目是《在山走动的地方》^[12]。在这篇报道中列举了大量有关灾情的实际资料,特别是对地震滑坡作了很生动的描述,并附有珍贵的震害照片。

翁文灏等六人调查的资料是十分可贵的。尽管当时由于交通不便,他们考察的范围受到了限制,对极震区内的大多数地方未能实地考察,但是他们所得到的大量的第一手资料,直至今今天仍然具有很高的科学价值。翁文灏一行的这次调查堪称是我国地震史上第一次对大地震所做的全面而详细的科学调查。1966年5月,周总理在接见邢台地震科学讨论会代表时指出:“说旧社会有了地震不去实践,是否这样差?1920年六盘山大地震总有人去看过,不要否定一切,历史也要一分为二,批判吸收啦!”周总理这里所指的就是翁文灏等人对1920年海原大震的考察。据李善邦教授介绍,从1920年海原大地震后,当时的“中央地质调查所正式负调查地震之责任,国内任何一地发生地震,必须设法汇报报告,以为研究张本”^[13]。从此,地震工作在我国便作为一门科学正式开展起来了。正因为如此,傅承义教授对这次调查也给予了高度评价,在他编写的《地震学讲义》中曾有这样一句话:“用现代的科学方法来观测地震,在中国可以说是从1920年的甘肃大地震之后才开始的。”但是,在当时的社会制度下,这门科学的发展却是极其缓慢的。像海原这样大的地震,直到解放,在近三十年的时间内,都没有人再对其进行过系统的考察和研究。

解放后,我国的地震工作有了迅速的发展。1958年中国科学院地球物理所派郭增建、蒋明先、刘成吉、赵荣国、安昌强、王贵美等六同志组成地震预报考察队对海原大地震进行实地考察,这是继翁文灏等人之后的又一次规模较大的调查。这支考察队翻山越岭,跨沟渡河,历时一个多月,取得了较丰富的第一手资料(照片绪-5)。他们第一次访问到并勘查了由李俊堡经海原县城南至干盐池的地震断裂带。这一断裂带穿山跨谷,不受任何地形影响,按一定的方向延伸,其整体走向约为北西向,长约100公里。另外,他们还第一次调查访问到了干盐池湖泊在地震时向北迁移的这一巨大地壳变形现象。此外,通过民间取经,这支考察队还调查到了许多有价值的前兆现象,在他们的总结报告



照片绪-5 地震预报队在南华山角下集体合影留念



照片绪-6 1958年地震预报考察队
所散发的科普材料

中概之为：（1）前震；（2）地震前地下水的变化；（3）地震前的声音；（4）地震前的发光现象；（5）1920年大震前动物的异常现象；（6）地震前小孩的动态；（7）地震前的天气；（8）1920年大地震伴随的其它一些现象。可以这样说，我国民间所掌握的宏观前兆，在这次地震考察后基本上已经明确了。当时的中国科学院西北分院曾在其《科学情报》刊物上以“破地震预报之谜，地震考察队将赴民间取经”为题，对上述考察队的工作做了报道，文中指出“这次民间取经，对研究地震预报问题将有很大帮助”。这支地震预报考察队在工作期间，还向当地群众散发了油印的“谈谈地震”这本科普材料（照片绪-6），迈出了向群众宣传地震知识的第一步。

六十年代初期，闾荣举等同志在甘肃景泰地区进行地震探测工作时，对海原大地震也进行了一些考察。他们在极震区西北的景泰、兴泉堡等地勘察到了1920年海原大地震西部的一条断裂带。它向东可与郭增建等同志勘察到的断裂带衔接起来。现已查明，这条地震断裂带应由固原县的硝口起，经海原南、西安州、干盐池直至景泰县的兴泉堡，全长220公里，断裂带的总体为北 50° — 70° 西。在这期间，中国科学院兰州分院地球物理研究所地震研究室宁夏分室的唐铭麟、朱皆佐同志对海原大地震的地震形变带也徒步进行了详细追索，进一步弄清了这一断裂带的全貌。

1970年，李玉龙、康哲民、沈作华、曹少康等同志对海原大地震再次作了实地考察。在他们的报告中，除收集了为开展烈度区划工作所需要的资料外，还第一次明确地提出1920年海原大地震的发震断层为反时针旋扭的观点。他们指出水系沿断裂带有系统的拐弯现象，显示出反时针扭动的迹象。这一构造运动特征与1920年海原大震的发生很可能有直接的相关性。

1971年，康哲民、陈立军、冯学才等同志又对1920年海原大地震后第九天（即12月25日）发生的7级强余震进行了考察，发现其震中并不在主震极震区东南的泾源县（此震中位置是由远台仪器资料所定的），而是在极震区西北的打拉池一带。在此前后，原地质部西北地震地质大队以及后来的国家地震局兰州地震大队中长期队，也曾多次到海原大地震的现场进行过考察，对该次大地震在地震形变带、发震构造、地质现象等方面做了大量的调查和研究工作。该队的李龙海等同志经访问当地群众后，发现在干盐池西，山前有十几条石砌田埂被1920年海原大地震的断裂带水平错开，错距达2米左右，方向为反时针扭动。这一现象至今仍十分醒目，它为海原大地震时地震断裂带的错动方向提供了最确切的依据。另外，他们的考察还进一步证实了1920年12月25日7级强余震的震中位置不在泾源，而是在海原大地震极震区的西半部，具体位置可能要比打拉池还偏西一些。

1971年至1972年间，原国家地震局兰州地震大队区划抗震队的康哲民、孙崇绍、刘朔宽、许国昌、郑铁生、郭兰等同志，曾在海原大地震的极震区内与甘肃中部地区作过民房抗震性能的调查。他们除详细调查了1920年海原大地震时民用建筑物的震害情况以及场地条件对震

害的影响外，还收集了各种前兆现象。他们初步总结了这次大地震中建筑物抗震的经验与教训，并针对该区的实际情况提出了民用建筑的抗震措施。

除上述几次规模较大的考察外，徐煜坚、时振梁、徐静明、史正一和姚俊义等同志以及其他许多同志也都在海原大地震的现场做过工作，在此不再一一列举。

应当指出，特大地震并不是经常发生的。据记载，有史以来像1920年海原8.5级这么大的地震，在我国仅发生过三次，而在这三次大震中，只有海原地震才经过了多次调查和研究。因此，这次大地震发生前、发生时以及发生后的不少自然现象已为人们有所了解和掌握。由于这些现象对我们今后的地震研究和地震预报工作都是十分宝贵的，为此，我们在以往工作的基础上对海原大地震进一步进行了总结，并编写了本书。书中较系统地介绍了海原大地震的基本素材，同时还阐述了我们在这次大地震的一些粗浅看法，与广大地震工作者进行交流，以此来纪念1920年海原大地震六十周年。

同时，在本书中，我们也初步讨论了统一应力场的问题。由于这次地震特别大，形成它的力源必然是控制着大区域应力场的力源，因此，由海原大地震的震源机制分析，也可对周围地区（例如华北地区）孕育地震的力源进行鉴定，从而定性地确定大区域的统一应力场。

本书由国家地震局兰州地震研究所与宁夏回族自治区地震队联合编写。其中绪论、第五、七、九章由李孟璠执笔，第一、六章由冯学才执笔，第二、十一章由孙崇绍执笔，第三、十章由李龙海执笔，第四、八章与附录由秦保燕执笔。书中插图由冯爱敏、赵玉珍清绘，刘庆民、任庆维整理了部分照片。全书是在郭增建同志的具体指导下编写成的。

在本书编写过程中，于1979年5月，国家地震局兰州地震研究所和宁夏回族自治区地震队在银川市召开了“1920年海原地震学术讨论会”，共同对这次大地震的有关问题进行了讨论。国家地震局、国家地震局地球物理研究所、地质研究所、物探队、辽宁省地震局、云南省地震局、宁夏回族自治区地质局等单位的代表参加了这次会议。与会代表大都是在海原地震区及附近作过考察的同志，对本书提供了宝贵的修改意见和珍贵的补充材料。在此表示感谢。

第一章 海原大地震概况

1. 震中区的地理位置和自然景观

1920年海原大地震的宏观震中，位于海原县西部的干盐池附近。其极震区西起黄河西岸，即甘肃省景泰县的兴泉堡（锁罕堡），向南东东延伸，经靖远县的水泉进入宁夏回族自治区海原县境内，沿干盐池、西安州直至油房院，尔后折向南东，经李俊堡终止于固原县的硝口附近。全长约220公里，大部分位于海原县境内。

在地理位置上，海原大地震恰恰发生在几个自然景观的交界部位。其北西西—南东东向的极震区，基本沿着哈思山、西华山、南华山、六盘山一线延伸。这些山脉大致构成了隴西黄土丘陵和宁南黄河以南半荒漠山间盆地的分界。其南的隴西黄土丘陵是大片的黄土梁壟状山区，从极震区以南一直绵亘到秦岭北麓，主要发育着黄河的一级支流祖厉河、宛川河和渭河水系；其北的宁南山间盆地是南华山、西华山和香山、米钵山之间的一个东西狭长的洪积

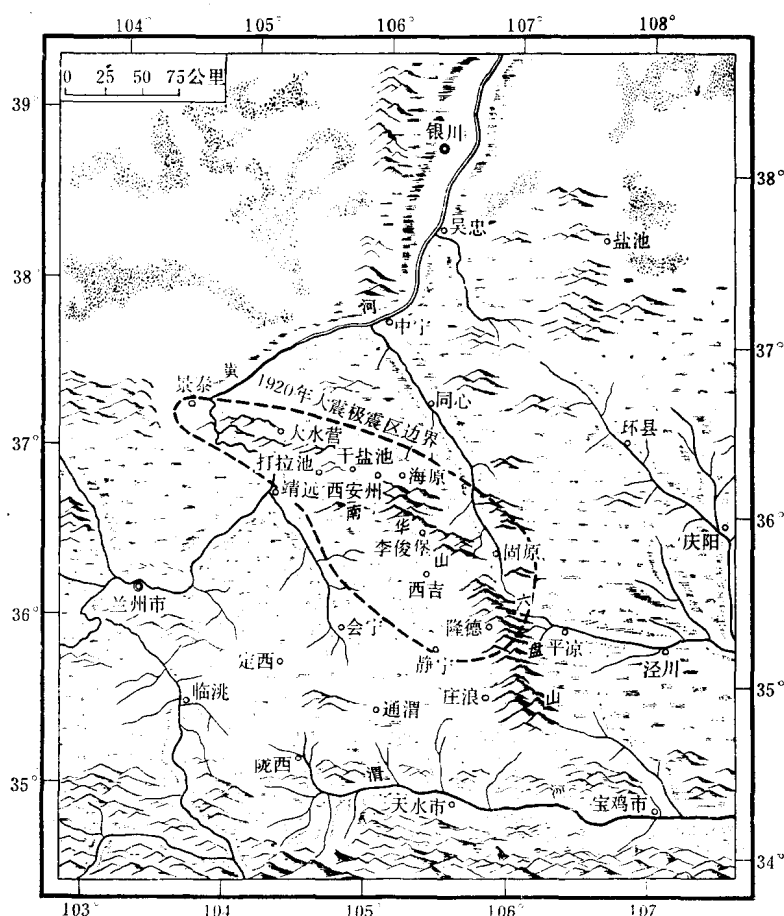
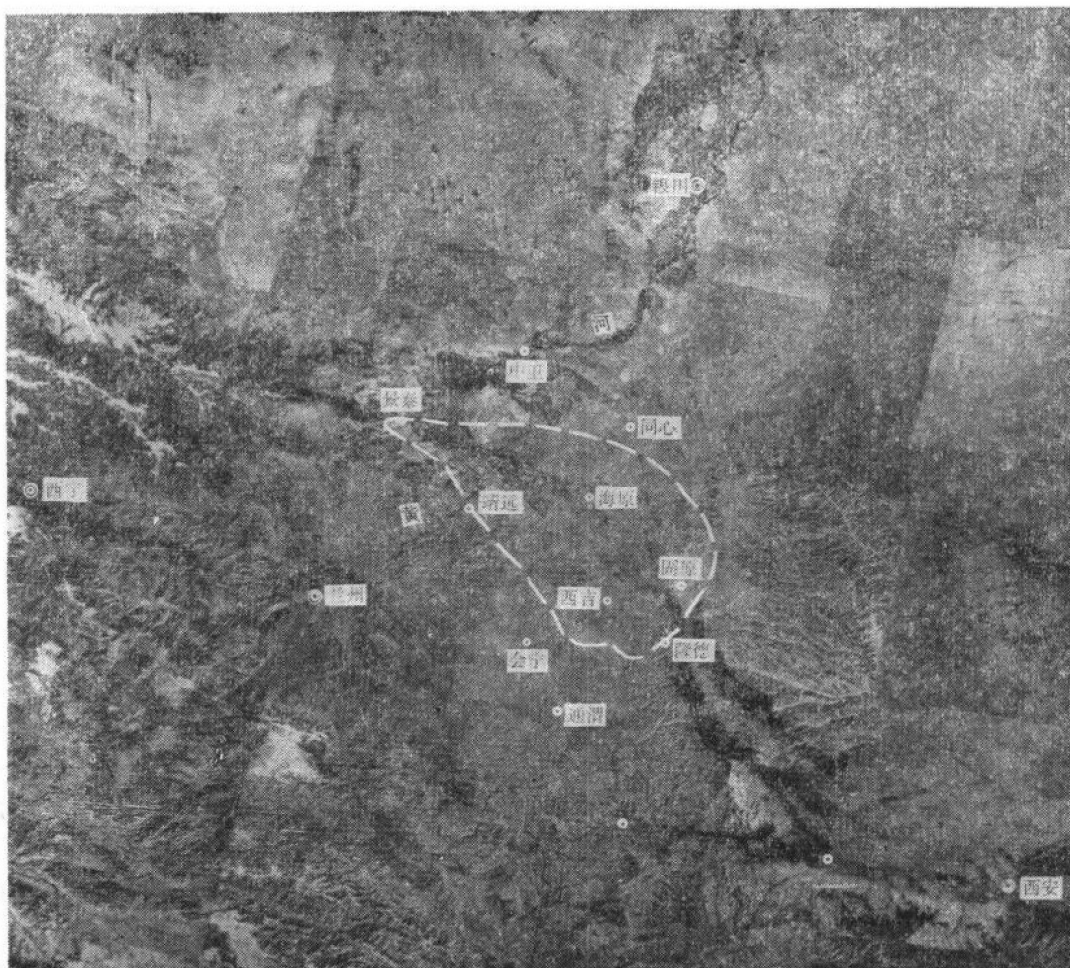


图 I-1 甘宁交界地区地貌图

-冲积准平原，黄河一级支流清水河自南向北流经其东部，该处的自然景观与南部的梁壠状黄土丘陵差异较明显，其地形起伏不大，是典型的半荒漠草原带的低山丘陵和准平原。极震区以东，翻过六盘山后，即与陕北—隴东黄土高原的西北隅毗连；极震区的西端则隔着景泰盆地与高大的祁连山系遥遥相望，如图 I -1 和照片 I -1 所示。



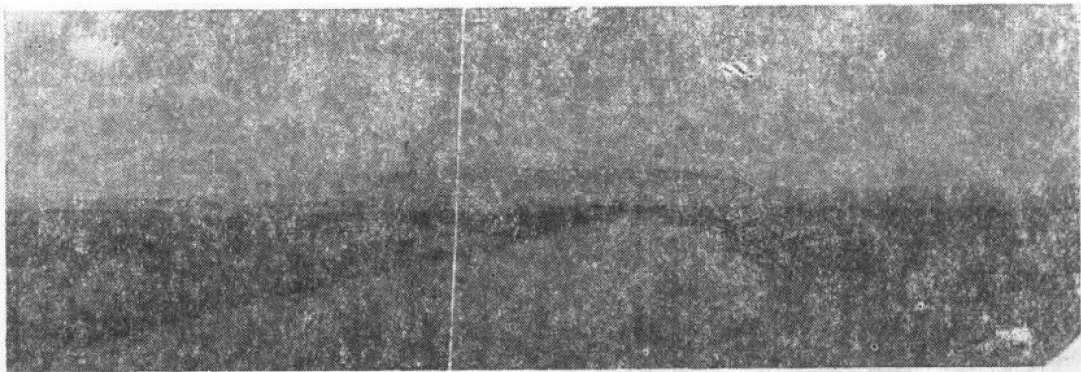
照片 I -1 海原及其周围地区的卫星照片

海原大地震极震区的长轴，即地震形变带所通过的地带本身也是一条两种反差较大的地貌单元分界线。在西端，它为米峡山与其北的一条山间平原的分界；到了黄河以东，地震形变带又将北侧的哈思山、黄家洼山与南侧的打拉池、干盐池等几个小盆地分割开来；地震形变带在穿过北东向的鸡窝山后，便由北高南低的地貌特征转为南高北低的地貌特征，它仍是两种地貌单元的分界线，其南为西华山、南华山中山丘陵，其北为开阔的西安州—海原盆地。这种地貌上的反差为海原大地震在这里爆发及地震断裂带在这里通过，提供了十分有利的场所。

在海原大地震极震区长轴所在的地区，还分布着一系列山间小盆地，自西向东有：景泰盆地、大水营盆地、打拉池盆地、干盐池盆地、西安州盆地、海原盆地等。其中除干盐池是封闭的内陆盆地外，其余都为开放式。

此外，极震区长轴两端，各有一个南北向的山间盆地。西端是夹在祁连山、一条山、米峡山间的景泰盆地；东端是六盘山以东的固原盆地。1920年海原大地震极震区的东西两端就终止于这两个盆地的边缘。

地形、地貌的差异反映着地质构造的差异。海原大地震极震区的长轴和地震时地表出现的形变带在位置和方向上的一致性表明，这次大地震的发震构造也应与此相吻合，为北西西至北西向的，其东端至固原的硝口，西端至景泰附近。该构造在晚近地质年代中断层两盘有明显的差异运动，形成了两侧的山区剥蚀地貌和盆地的堆积地貌（照片1-2）。极震区两端的景泰盆地和固原盆地处于不同走向山系的衔接处，这也可能反映了震源两端是不同走向的构造交会区。



照片 I-2 自海原西安州盆地远眺南华山。发震断裂从山脚下通过，两侧地貌和地形有着明显差异

2. 海原大地震极震区长轴方向与范围

一般说来，一次大震，特别是8级以上的特大地震，其极震区的位置和延伸方向是可以很快确定下来的。但是，由于种种条件的限制，海原大地震极震区的面貌却直至解放以后，即地震后三十余年才逐渐弄清楚。

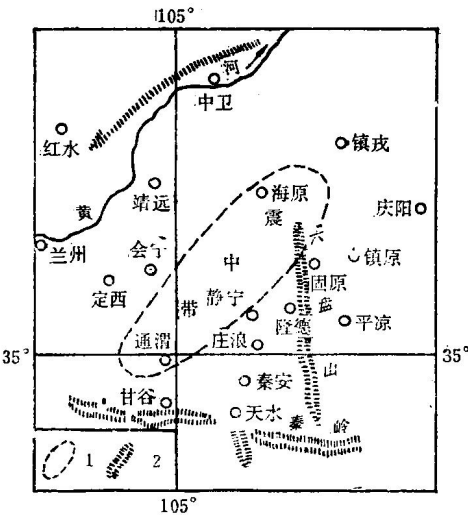


图 I-2 翁文灏绘制的1920年海原地震极震区(5)

1. 震中带边界；2. 山脉

地震当时，座落在我国大陆上的唯一的地震台——法国神甫 E. 古泽 (E. Gherzi) 主持的上海徐家汇观象台，记到了这次地震。根据记录，E. 古泽确定的震中在距上海 1400 公里处，即位于甘肃省的平凉、泾川一带。稍后，根据来自震区的初步报告，又将震中定为距上海 1550 公里的固原一带⁽¹³⁾，至于极震区的方向、面貌，仍然一概都不清楚。1921年初，原农商部、教育部等所委派的翁文灏等六人以及国际饥饿救济协会的 J. W. 霍尔、U. 克劳斯等曾先后到震区做了调查。他们首次抵达了极震区，从宏观上又进一步确定了这次大震的震中位置，特别是翁文灏一行，当时就明确地指出该地震的震中区不在固

原而在海原^[4,5]。可是由于交通等条件的限制，他们也错误地将通渭的高烈度异常区当作了极震区对待，所以将极震区划成了北东—南西向，如图1-2所示。

解放后，从1958年开始，我国地震工作者对海原大震又做了多次详细的考察，这才将极震区的位置、走向、范围逐渐确定了下来。其确定的主要依据有：

(1) 地震造成的构造形变带。前已说明，在景泰县的兴泉堡至固原县硝口长220余公里的地带上，连续发育着规模巨大、走向稳定的地震形变带，这是发震断层剧烈活动在地面上留下的痕迹。这条地震形变带主要由一系列大小不等的裂缝组成，其总体走向与米峡山—黄家洼山—西、南华山山前的地质大断裂走向完全一致，而且位置亦与这条地质大断裂在地表的露头重合。这种类型的地裂缝在其邻近地区和地震的波及地区均未见到。有些地方（如固原三营一带），地裂缝尽管规模很大，但却与滑坡或表土的变形有关，其方向受地形及土质的控制，而与该地区的构造并没有直接联系。

关于这条地震形变带，我们将在第三章中作详细讨论。

(2) 震害及地震当时的感觉。这是确定极震区的基础。首先，从当时人的感觉及静物的表现上看，极震区最突出的一点是震动猛烈，但持续时间短促。据海原县干盐池一个亲身经历过这次大震的人回忆，地震前，他正在街上行走，突然感到有人将他猛推一把，当即跌倒在地，晕了过去，待清醒后大吃一惊：街道两旁的房屋庐舍已化作一片瓦砾，尘埃蔽天，全城死一般的寂静。在海原县西安州附近，有人见到屋盖突然整体抛到院中，室内的人员又被推到落在地面的屋顶上……这种来势极猛但历时较短的运动和附近波及地区长时间的来回摇摆有很大的区别。

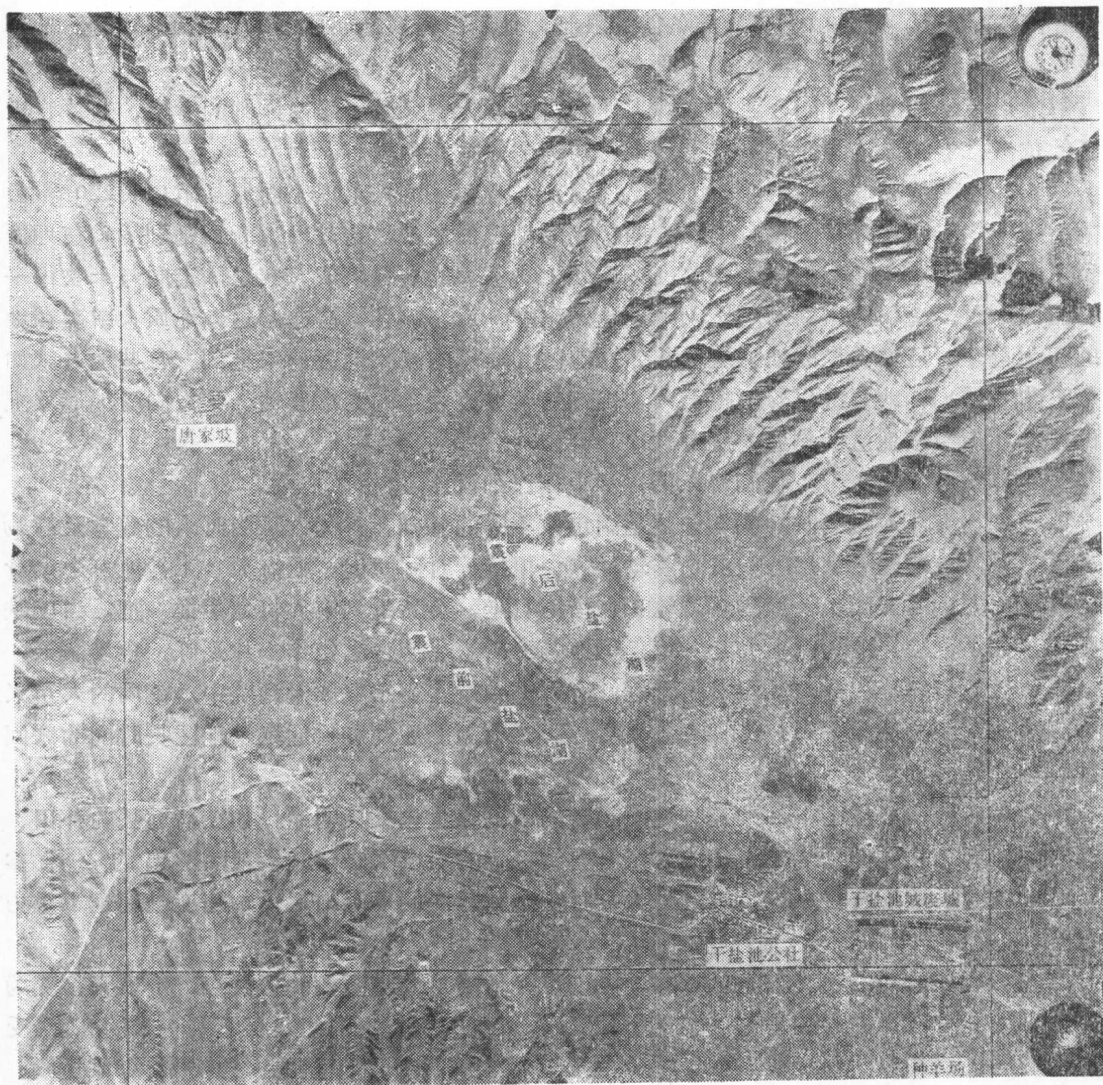
不仅如此，在极震区中，地震时地面运动的垂直分量也极其明显。如在靖远县的种田、海原县的西安州、陈家营等处，很多人亲自看到打场的石碾（碌碡）从地面跳起约一米多高，有的跳起后落下将牛砸死。这说明大震时在這一地区的垂直向运动加速度已超过了重力加速度。

其次，极震区当然也是震害最重的地区，位于地震形变带两侧的居民点，震后大多变为一片瓦砾，几乎没有幸存的房屋（参见第二章），土筑的院墙也只能残存不到一米的高度。受灾最重的居民点如锁罕堡（现兴泉堡）、论古、水泉、邵家水、干盐池、西安州、海原县城、油房院、李俊堡等都位于这一狭长的条带上，显示了极震区的展布方向。

从建筑物荡然无存这一点来看，海原大地震极震区内的最高烈度，显然已超过了十度。

(3) 极震区有明显的地形改观，即在一定范围内地震前后等高线的形状和位置发生了较大的变化。干盐池湖面位置在地震前后的变迁就是一个十分典型的实例。这盐湖位置的变化，实际上等于为我们进行了一次地震前后的水准对比测量（照片I-3、4）。在极震区的其他地方，由于不具备这种优惠的条件，这种大面积地面的升降运动不易为目力所察觉。此外，在极震区西南的西吉一带，1920年海原大地震造成了规模巨大、数量极多的滑坡，使这一带的山川大为改观，地震堰塞湖星罗棋布，形成了干旱黄土高原的独特地震景观。照片I-5是沿西吉县澜泥河河谷产生的大小不等的滑坡体，它将河流分段堵截，形成了一系列串珠状的堰塞湖，其中蒙宜公社党家岔堰塞湖是现今遗留下来的最大的一个，长达5公里，宽约250米。

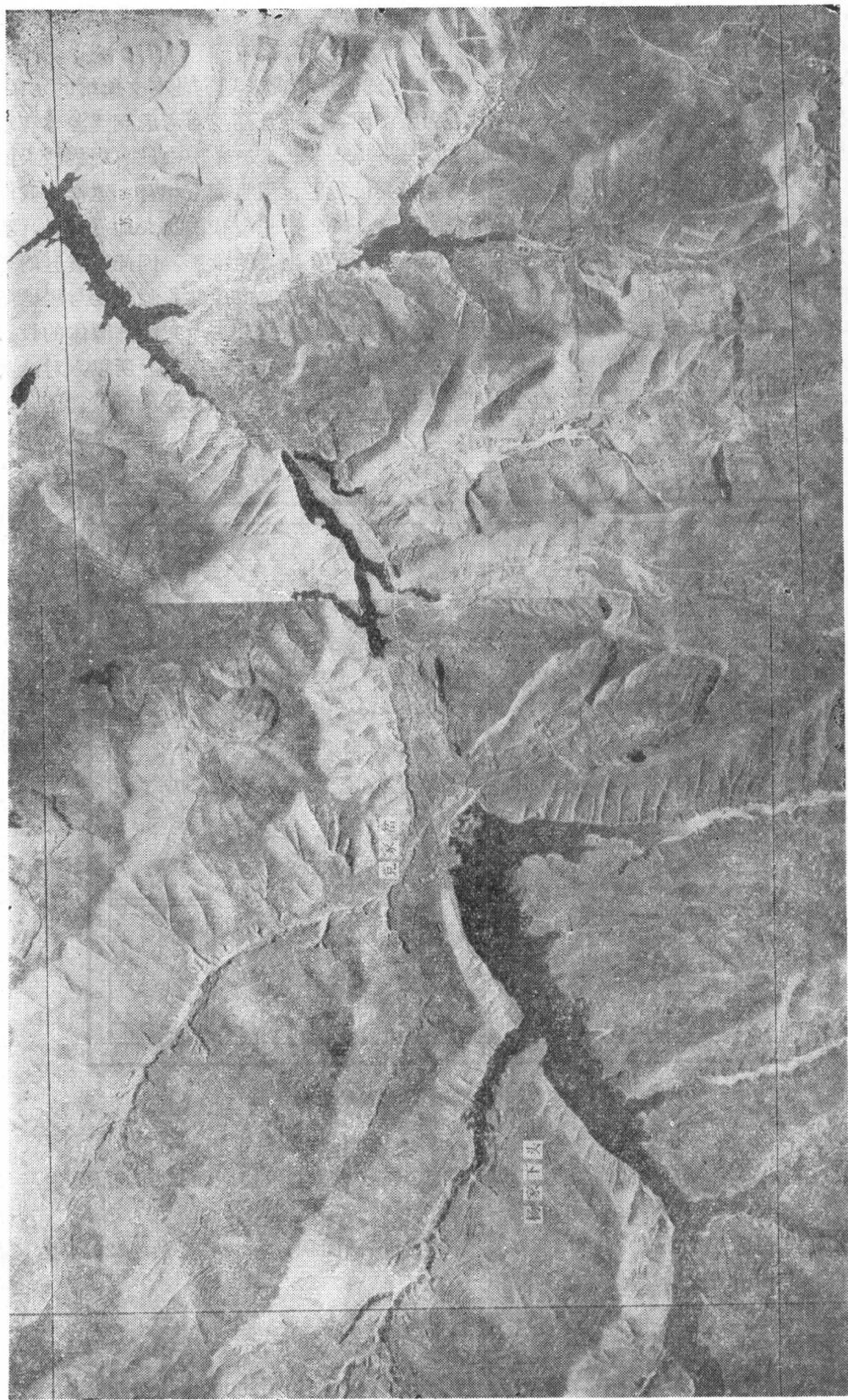
总之，从以上三点出发，结合对本地区地质构造、地貌、新构造运动的认识，可以认为，目前所确定的极震区位置、方向是完全可靠的。这个极震区西起景泰，经靖远、海原直至固



照片 I-3 内陆湖——干盐池的航空照片



照片 I-4 1920年海原地震造成干盐池盆地南部升高，使盐湖向北迁移一公里之远（镜向：北东，1979年摄）



照片 I-5 1920 年海原大震时在西吉蒙古公社一带造成的滑坡与串珠状堰塞湖

原一带，全长220余公里，其西段长轴走向为北60—65°西，东段长轴走向为北45°西，呈弯曲弧形。极震区中心部位最高裂度达十一—十二度。

必须说明的是，海原大地震的极震区范围以九度的破坏情况来划定是本文所给的定义。我们认为在所圈定的极震区范围内不仅要考虑宏观破坏现象，而且还应当考虑到震源体在地表的垂直投影范围内所出现的其他现象。前已述及，海原大震极震区范围内就有规模较大的地震形变带。另外，海原大震前较强地震的围空区与其极震区范围也完全相合。这样，我们所定义的极震区范围就可能是海原震源体在地表的直接反映。对于现代浅源大地震来说，我们还可以参考余震带的分布，使极震区更正确地反映震源体在地表的投影。因此极震区的划定不能单纯地依赖于地震烈度。实际上即使对于同一能级的地震，由于其震源深度与场地条件的不同，造成等震线的形状和大小也有很大差异。根据以上所述，海原大震震源体的投影应如图 I-3 中所示的极震区范围。这个投影的边界大体相当于九度区的范围。所以，对这次地震来说，也可以把极震区理解为九度区的范围。在后面的讨论中，凡是涉及到极震区时，使用的都是这个涵义。

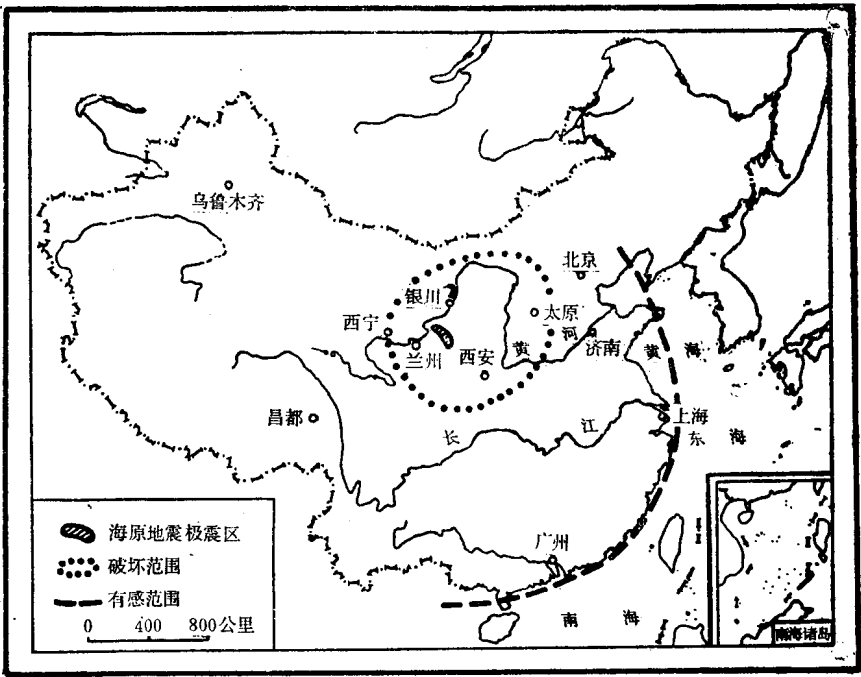


图 I-3 1920年海原大地震的破坏和有感范围

一般说来，震源体的长度约为其宽度的二倍。按震级 M 和极震区面积 A 的经验式

$$\lg A = 0.95M - 3.73$$

算得这次大震极震区的面积为22000平方公里；若按椭圆面积计算，取长轴为220公里，短轴为其一半，即110公里，求得极震区的面积

$$A = \pi \cdot \frac{220}{2} \cdot \frac{110}{2} = 18997 \text{ (平方公里)}$$

两式算得的结果相差不多。看来，海原大地震的极震区面积约为20000平方公里。