

NingXia  
Geological Hazards

---

宁夏地质灾害

---

闫子忠 仲佳鑫 黄玮等 著



黄河出版传媒集团  
宁夏人民出版社

# 序

我国地域辽阔，特殊的地质环境条件和日益活跃的人类工程活动使崩塌、滑坡等地质灾害频繁发生，造成的危害连年增长，是世界上地质灾害最严重的国家之一。宁夏回族自治区地处我国西北地区，面积虽然不大，但自然环境脆弱，地质构造复杂，地质灾害种类多、分布广，严重地危害着当地人民群众的生命财产和工程建设安全。因此，查明各类地质灾害的分布规律、揭示其成因机理、掌握其活动规律、制定防灾减灾对策，是摆在地学工作者面前的一项艰巨任务。

近十余年来，在中国地质调查局和宁夏回族自治区国土资源厅的共同组织下，宁夏国土资源调查监测院作为主要承担单位先后完成了宁夏各县（市）的地质灾害详细调查研究，取得了一批重要的学术成果。该书即是这些研究成果的综合集成。作者将工程地质学、岩土力学、数学、“3S”技术和数值模拟技术有机地结合起来，统计分析了宁夏各类地质灾害的分布规律，预测评价了地质灾害的易发性和危险性，模拟分析了典型地质灾害的变形破坏过程和成因机理，提出了科学合理的地质灾害防治规划，并研发了地质灾害综合信息平台，将宁夏地质灾害的研究推进到了一个新的层次。

作为地质灾害方面的综合专著，该书理论与实际应用兼备，既包含了大量宝贵的宁夏地质灾害基础数据资料和防治规划，又有创新的学术观点和新颖的研究方法。我相信，该书的出版不仅能提升宁夏地质灾害的研究和防治水平，而且也将为推动我国防灾减灾理论研究和工程实践做出贡献。

中国工程院院士 方凤鸣

2017年6月15日

# 前言

宁夏地处祖国西北地区东部，属黄土高原和内蒙古高原的过渡地带。由于特殊的地理位置和地质背景，宁夏的地质条件十分复杂，新构造运动和地震活动强烈且频繁，是地质环境脆弱，地质灾害易发、多发的省（区）之一。随着社会经济的快速发展和城镇化、工业化进程的加快，人类工程活动的强度前所未有，同时给地质环境带来广泛而深远的影响。近年来，随着山地丘陵区局地极端气候条件的加剧，地质环境问题逐渐增多，滑坡、崩塌、泥石流等突发性地质灾害日趋频繁。宁夏南部黄土丘陵地区是世界闻名的贫困区，人们不仅要面对严酷的生产生活条件和自然地理环境，还要面临地质灾害的威胁，尤其是黄土滑坡，严重威胁当地人民群众的生命财产安全。据不完全统计，宁南黄土丘陵区滑坡达到 1300 余处，至今仍威胁 7 万余人的生命财产安全，严重制约当地社会经济的可持续发展、人民群众脱贫致富和建设社会主义新农村目标的实现。随着各县、市地质灾害详细调查任务相继完成，成果分散，信息化程度不高，缺乏整体、系统、深入研究等问题也逐渐暴露，以科技、理论指导防灾减灾工作的能力有待进一步提高。

本书在编写过程中系统收集了宁夏近 20 年来的基础地质、水文地质、工程地质、环境地质等相关资料，浓缩了宁夏地质灾害调查研究的成果精华，是对广大地质工作者在地质灾害防治、地质环境保护等方面调查研究成果的一次系统总结和提升，同时也融进了编者研究的新成果、新理念，代表了宁夏该领域研究的最新进展。这些成果的推广应用，将充分发挥地质灾害研究成果的公益作用，对宁夏防灾减灾、生态文明建设和扶贫工作具有重大意义。

一是系统总结了宁夏区域地质环境背景条件、地质灾害类型及发育特征、分布规律，深入研究了各类型地质灾害的形成条件，全面分析了各地质环境因素与地质灾害的相关性。

二是深入研究了宁夏各类型地质灾害破坏模式、演化过程及形成机理。通过对大量具有代表性的已滑斜坡进行探讨，将定性经验与数值计算结合，对黄土层内滑坡按不同情况进行分析验算，总结了黄土震陷型滑坡和黄土液化型滑坡的形成条件，提出了黄土震陷—液化型滑坡的形成机理；通过河流侵蚀、地震力、降雨及地下水对滑坡形成的作用研究，分析了黄土红层滑坡的形成机理，在此基础上探讨了黄土红层滑坡 5 个阶段的演化过程；通过对泥石流形成的地形条件、物源条件、水

文气象条件和人类工程活动等因素的分析，总结了其发生条件和发生模式，探讨泥石流的形成机理和降雨激发模式；通过对采空区塌陷的特征、影响因素、形成过程的分析，提出了采空区顶板破坏模式和失稳机理。

三是对宁夏不同类型且具有代表性的 9 处地质灾害进行了典型地质灾害形成机理研究，并基于 Geo-Studio、2D-Block、ADINA 有限元、离散元等方法对地下水渗流、应力应变、位移及形成过程进行了数值模拟，开展了泥石流运动学、动力学研究及评价。

四是全面总结了宁夏地质灾害区划评价的关键技术。通过介绍宁夏现有区划成果的优劣与困境，更正并统一了地质灾害易发性、危险性和风险性概念，提出了明确的数学模型；通过对宁夏历年地质灾害区划评价的方法、单元、因子等内容进行了系统的讨论对比，指出了各自的优劣性、适用性和局限性；通过对 1:50000 地质灾害详细调查数据库的清洗、筛选和深度挖掘，形成了以数据驱动为导向，基于数理统计模型的崩塌、滑坡区划半定量评价方法，有效结合了地质灾害的风险概率等概念，明确了宁夏崩塌、滑坡的主要控制因素权重，实现了从科学定性到半定量一定量的评价体系改变；以彭阳县为试点，开展了基于神经网络（ANN）的风险性评估研究。

五是总结了地质灾害气象风险预警的技术进展。通过对宁夏气象地质灾害的基本特征、问题表述、预警模型的发展研究等介绍，结合精细化预警研究成果，初步给出了不同降雨条件下的全区崩塌、滑坡气象风险预警区划。

六是系统介绍了宁夏地质灾害空间信息化建设情况。利用数据库服务器、WebGIS、WebServices 的协同工作，采用多层次结构设计，实现了分布式海量异构数据的管理，形成了宁夏地质灾害调查数据的空间网络信息平台。

本书依托“宁夏地质灾害详细调查综合研究”项目，由承担项目的科研人员分别执笔撰写，前言由仲佳鑫、黄玮执笔；第一章区域地质环境，由闫子忠、仲佳鑫执笔；第二章地质灾害发育特征及分布规律，由闫子忠、仲佳鑫执笔；第三章地质灾害与地质环境关系研究，由仲佳鑫、郁冬梅执笔；第四章地质灾害形成机理研究，由闫子忠、仲佳鑫、倪万魁、赵志鹏、黄玮执笔；第五章宁夏地质灾害区划评价技术研究，由黄玮、仲佳鑫执笔；第六章宁夏地质灾害区划评价成果及气象风险预警，由黄玮、闫子忠执笔；第七章宁夏地质灾害防治规划建议，由刘君、扈志勇执笔；第八章宁夏地质灾害数据库与综合信息平台建设，由黄玮、郁冬梅、梁敏执笔。全书由闫子忠、仲佳鑫、黄玮统稿、定稿、编排完成；插图由仲佳鑫、黄玮、郁冬梅、梁敏、吴磊完成；资料整理由弓永峰、扈志勇、吴磊、袁海燕、吴学华、陈亮、何小锋等完成；基于 ArcGIS 的建模分析由黄玮完成；地质灾害数据库和综合信息平台建设由郁冬梅、梁敏、陈君、黄玮、仲佳鑫共同完成。

本书在编撰过程中得到了宁夏回族自治区国土资源厅地环处、宁夏国土测绘院、宁夏地质调查院、宁夏水文地质环境地质勘察院、宁夏遥感测绘勘察院、宁夏气象局以及各市（县、区）国土局等有关部门和各级领导的支持与帮助。中国工程院院士李佩成，中国地质环境监测院副总工周平根，长安大学教授陈志新，宁夏回族自治区国土资源厅副巡视员张黎、调研员贺西江，宁夏地质局副总工于艳青，宁夏国土测绘院教授级高工李天斌，宁夏地质工程院教授级高工柴尔慧，宁夏水文地质环境地质勘察院副院长孙永亮等对本书的编写提出了宝贵意见和建议，在此一并表示衷心的感谢。

今天人们正面临着地质灾害的严重威胁，宁夏地质灾害工作任重道远。本书若能对今后研究宁夏地质灾害的相关问题有所参考和启示，为宁夏的防灾减灾事业尽一点微薄之力，编者将感到十分欣慰。当然，由于编者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2017年3月3日

# 目 录

前 言 .....	001
-----------	-----

## 绪 论

第一节 宁夏自然地理概况 .....	001
第二节 主要环境地质问题 .....	003

## 第一章 区域地质环境

第一节 地形地貌 .....	005
第二节 气象与水文 .....	012
第三节 地层岩性 .....	023
第四节 地质构造与地震 .....	028
第五节 岩土体类型及特征 .....	041
第六节 水文地质条件 .....	046
第七节 植 被 .....	053
第八节 人类工程活动 .....	053

## 第二章 地质灾害特征及分布规律

第一节 地质灾害类型及特征 .....	058
第二节 地质灾害分布规律 .....	078

### 第三章 地质灾害与地质环境关系研究

第一节	地质灾害与地形地貌 .....	082
第二节	地质灾害与岩土体 .....	090
第三节	地质灾害与地质构造 .....	096
第四节	地质灾害与地震 .....	099
第五节	地质灾害与新构造运动 .....	100
第六节	地质灾害与风化作用 .....	102
第七节	地质灾害与水的作用 .....	104
第八节	地质灾害与人类工程活动 .....	110

### 第四章 地质灾害形成机理研究

第一节	黄土层内滑坡与崩塌的形成机理 .....	112
第二节	黄土地震滑坡的形成机理 .....	121
第三节	黄土红层滑坡的形成机制 .....	134
第四节	泥石流的形成机理 .....	139
第五节	采空区地面塌陷形成机理 .....	146
第六节	典型地质灾害形成机理研究 .....	151

### 第五章 宁夏地质灾害区划评价技术研究

第一节	宁夏区域地质灾害区划评价现状 .....	231
第二节	地质灾害区划评价的基本概念 .....	232
第三节	地质灾害区划评价的基本方法 .....	235
第四节	地质灾害区划评价的基本单元 .....	236
第五节	地质灾害区划评价的因子 .....	241

### 第六章 宁夏地质灾害区划评价成果及气象风险预警

第一节	以往区划成果的总结与评价 .....	254
第二节	当前研究的主要区划方法及成果 .....	259
第三节	地质灾害气象风险预警研究 .....	274

## 第七章 宁夏地质灾害防治规划建议

第一节	防治目标与要求 .....	283
第二节	防治分区的划分与评价 .....	284
第三节	地质灾害防治措施 .....	290
第四节	地质灾害防治管理建议 .....	291

## 第八章 宁夏地质灾害数据库与综合信息平台建设

第一节	概 况 .....	294
第二节	数据库建设工作方法及流程 .....	294
第三节	数据质量评述 .....	299
第四节	综合信息平台建设 .....	301
第五节	综合信息平台系统简介 .....	307

<b>参考文献</b> .....	312
-------------------	-----

## 第一节 宁夏自然地理概况

### 一、地理位置与交通概况

#### (一) 地理位置

宁夏地处我国西北地区东部，西、北部与内蒙古自治区接壤，东、南部与甘肃省、陕西省毗邻。地理坐标介于东经104°17'~107°39'，北纬35°14'~39°23'，南北长约456 km，东西宽45~250 km，全区面积约5.19万平方千米\*。

#### (二) 交通概况

宁夏交通较为便利（图0-1-1）。包兰、宝中、太中银铁路贯穿全境。已建成10多条国道、省道干线和100多条县乡公路，全区公路通车里程达2.65万公里，公路密度为每百平方公里39.9公里。高速公路连接各市、县（区），县城与县内各乡镇及周边区县的县乡级公路呈辐射状布局，各乡镇通柏油路，村村有便道相通，公路密度、高级次高级路面、公路通达率位居西部省区前列。

### 二、社会经济概况

宁夏是我国5个少数民族自治区之一，共辖5个地级市，人口约667.88万，有汉、回、满、蒙古、土、白、壮等11个民族，其中回族人口240.74万，占36.05%；汉族人口420万，占62.89%。自治区首府银川市，是中国历史文化名城之一。宁夏地理条件优越、资源丰富，拥有煤炭、建材、陶瓷、纺织、生物制药、食品、化工、农副产品加工等主要产业，形成百花齐放的工、农、商共同发展格局。2015年，宁夏实现生产总值2911.77亿元，比上年增长8%。其中第一产业增加值238.47亿元，增长4.6%；第二产业增加值1379.04亿元，增长8.5%；第三产业增加值1294.26亿元，增长7.9%。全区人均生产总值43805元，增长6.9%。

宁夏平原土地肥沃，农业十分发达。黄河过境397公里，年过境流量325亿立方米，引黄灌溉条件十分便利，素有“天下黄河富宁夏”的美誉。有高产稳产水浇地600多万亩，被列为国家级

\* 该面积为计算机拓扑图形统计面积。

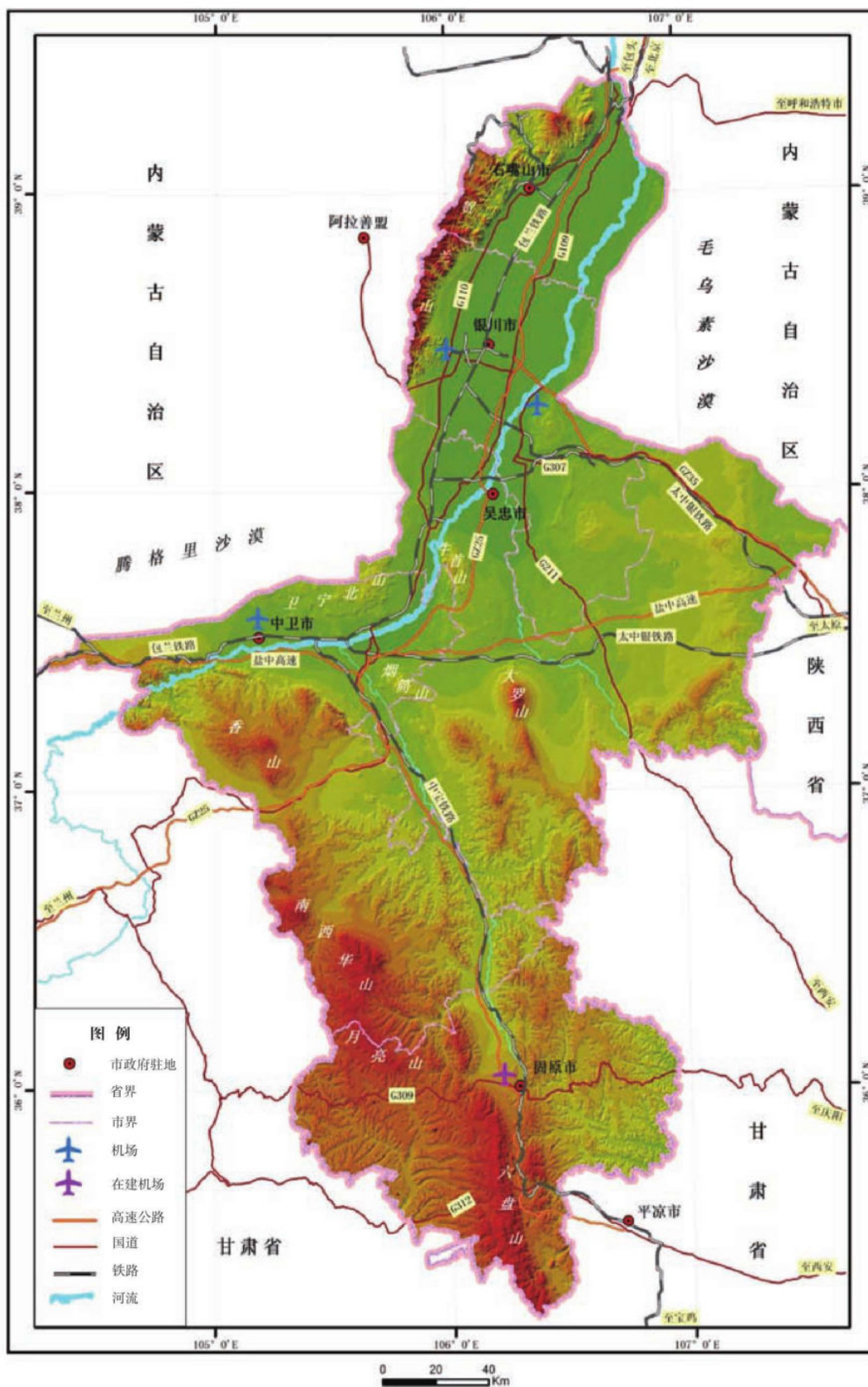


图 0-1-1 宁夏交通示意图

“两高一优”农业示范区，是全国四大自流灌溉区之一。粮食作物以稻谷、小麦、玉米、大豆和薯类为主，经济作物有枸杞、蓖麻、色素菊、中药材等，种植面积广、品质好、附加值高，具有良好的加工前景。由于气候、水资源条件得天独厚，沟渠纵横、条田整齐、林带成网，农业经济逐步向基地化、专业化、产业化方向发展，形成了一批中药材基地、酿酒葡萄基地、优质粮食良种繁育基地、日光节能无公害绿色蔬菜供应基地等，农业综合生产能力位居西部前列。

宁夏矿产资源丰富，品种齐全，形成了以煤炭采掘及加工为龙头，高耗能工业为支柱，轻工、化工、机械加工为依托，建材和农副产品加工为双翼的工业体系。总体上，以煤炭资源为主，煤炭探明储量 336 亿吨，居全国前位，曾被誉为镶嵌在我国北部“黑腰带”上的一颗明珠。贺兰山煤田开采历史较长，煤种齐全，煤质较好，汝箕沟盛产的太西煤中外闻名，是宁夏最大的无烟煤产地。宁东煤田居宁夏四大煤田之首，其资源储量约占宁夏总储量 90%。目前，宁夏依托宁东地区的煤炭资源，初步建成以煤炭、煤电、煤化工和新材料为一体的能源化工基地，成为宁夏经济社会发展的重要增长极。

宁夏旅游资源丰富，文化历史悠久，有中国生态盆景之称，不大的版图上，分布着高山、大河、丘陵、平原、沙漠、湖泊、草原等多种地形地貌。“两山一河”（贺兰山、六盘山、黄河）、“两沙一陵”（沙湖、沙坡头、西夏王陵）、“两堡一城”（将台堡、镇北堡、古长城），构成了具有多样性、差异性和独特性的旅游资源。在这些文化旅游资源中，有草木青翠的自然风光，见证大自然的鬼斧神工；有镇北堡华夏西部影视城，讲述中国电影走向世界的文化奇迹；还有东方金字塔之称的西夏王陵，记载着古老而又辉煌的西夏文明。

## 第二节 主要环境地质问题

宁夏是我国西北地区生态环境和地质环境较为脆弱的地区之一，其特殊的自然地理和环境条件，也导致了类型多样的环境地质问题。宁夏当前的地形地貌是内、外营力地质共同作用的结果。宁夏中北部山地主要是由地壳挤压变形，在褶皱、断裂等构造作用下隆升，后期经风化、剥蚀等外动力地质作用改造而成；平原区（构造上属新生代断陷盆地），则在外动力地质作用下，由河流、湖泊等长期淤积、堆积而成；宁夏南部黄土丘陵区则是经过地面流水切割、土壤侵蚀等地质作用改造而成。由地质作用产生的环境地质问题主要有：水土流失、土壤盐渍化、土地沙化、地下水污染、滑坡、崩塌、泥石流、采空区塌陷以及黄土湿陷、黄土陷穴（落水洞）、黄土裂隙等。往往在人类和工程活动存在的地区引发地质灾害。

宁夏地质灾害的主要类型有滑坡、崩塌、泥石流及地面塌陷。其中，以滑坡、崩塌为主，主要分布于宁夏南部黄土丘陵区清水河支流葫芦河流域、茹河、红河等较大河谷两岸斜坡地带；泥石流因固体物质不同，南北差异明显。中、北部基岩山区多以水石流为主，南部黄土丘陵区以黄土泥流为主。地面塌陷主要分布于井工开采的煤矿区，以宁东和贺兰山地区分布最为广泛。

## 一、滑坡

宁夏滑坡主要为黄土滑坡，属于宁南黄土地区典型的环境地质问题之一。其主要特征是滑坡形态轮廓完整，圈椅状特征明显，后壁较为清晰，部分滑坡具有明显的双沟同源现象，滑床、滑带完整或局部完整。滑坡规模多以小型为主，滑体厚度以中、浅层为主。西吉、海原、原州区等地的滑坡多为老滑坡，主要由举世闻名的1920年海原大地震诱发，属于地震液化和震陷滑坡。泾源、隆德、彭阳一带，第四系黄土披覆于古近系—新近系以及白垩系红层之上，形成“戴帽黄土”，在降雨和地下水作用下，下伏红层软化，抗剪强度降低，上覆黄土在重力作用下产生滑坡。

## 二、崩塌

崩塌是宁夏分布广泛的环境地质问题，主要由基岩崩塌和黄土崩塌两种类型。以后者发育较多，主要分布于黄土丘陵区沟谷沿岸。自然形成的黄土崩塌一般危害较小，多为不良地质现象。而切坡建房建窑形成的高陡边坡崩塌则往往产生人员伤亡和财产损失。基岩崩塌主要分布于宁夏中、北部基岩山区，多是由于切坡修路、采矿形成高陡临空面，在重力作用下产生崩塌灾害，这类崩塌主要威胁过往车辆、人员、设备的安全，多属于流动承灾体。总体上，宁夏崩塌规模一般较小，但灾害发生往往速度快、危害大，难以预防。

## 三、泥石流

泥石流也是宁夏分布较为广泛的地质灾害。按照地貌条件，宁夏区内主要存在沟谷型泥石流和坡面型泥石流两种。沟谷型泥石流一般发生在陡峻的山区或切割较深的黄土丘陵，多自成一个流域，流域面积在1~50 km<sup>2</sup>，上游沟谷形态多呈树杈状、羽状，沟岸斜坡多在30°~50°，主沟纵坡降较大，流通区一般顺直，堆积区地形相对平缓。坡面型泥石流主要分布于茹河、红河、泾河上游30°以上的“V”形谷坡或锥形沟谷里，无明显沟槽和流通段，一般规模较小，过程短，但来势猛，冲击力强。

## 四、地面塌陷

宁夏的地面塌陷主要为采空区塌陷，多分布于惠农区、汝箕沟—石炭井、宁东地区、彭阳王洼等地。一般规模较大，地表常形成串珠状的塌陷坑，伴有塌陷裂缝发育，长度、宽度不等，往往造成建筑物和土地破坏。随着宁东地区开采规模的不断扩大，地面塌陷将成为宁夏不可忽视的环境地质问题之一。

# 第一章

# 区域地质环境

## 第一节 地形地貌

宁夏地处黄土高原与内蒙古高原的过渡地带，总体地势南高北低、西高东低，全境海拔高程 1000 m 以上。从地貌类型看，南部以流水侵蚀的黄土地貌为主，中部和北部以干旱剥蚀、风蚀地貌为主。区内有较为高峻的山地和广泛分布的丘陵，也有经黄河冲积而成的平原，还有台地和沙丘。

### 一、地形

宁夏地处我国地势第二阶梯向第三阶梯转换的过渡地带，呈阶梯状下降，高差近 1000 m。南部黄土丘陵区海拔高程 2000 m 左右，中部山间平原海拔高程 1300~1500 m，北部平原区海拔高程 1100~1200 m，三者形成宁夏的三级地势阶梯。其余地区为山地和山前丘陵及沙漠，山地与平原交错分布。全区地形高差悬殊，最高点位于贺兰山主峰敖包圪塔，海拔高程 3556 m，最低点位于宁夏北端头道坎（黄河河谷），海拔高程 1071 m。

利用 25 m×25 m 精度的 DEM 数据对宁夏地形进行坡度提取，最大地形坡度为 74°，若以 10°为基本单元划分，宁夏不同坡度区间所占面积及分布规律，如图 1-1-1 和表 1-1-1 所示。

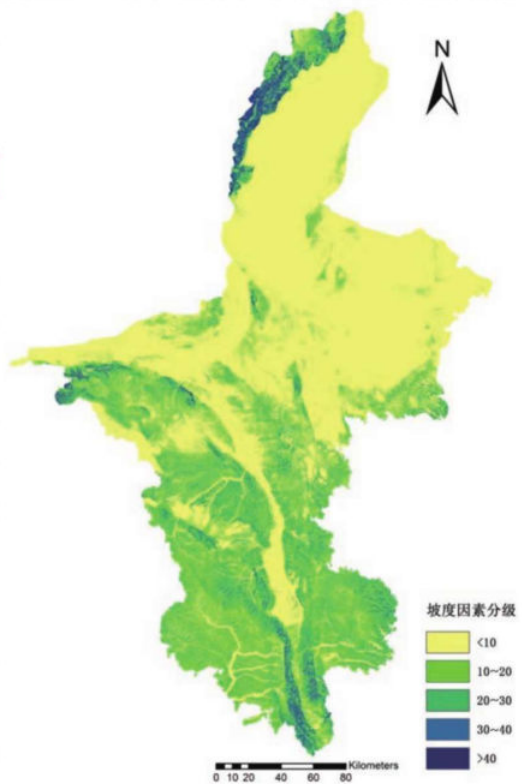


图 1-1-1 宁夏地形坡度分级图

表 1-1-1 宁夏地形坡度分区统计

坡度分级(°)	面积(km <sup>2</sup> )	百分比(%)
0~10	33033.88	63.57
10~20	10668.33	20.53
20~30	5918.765	11.39
30~40	1927.886	3.71
>40	415.7166	0.80
合计	66399.73	100

统计分析表明,宁夏 10°以下的地形坡度分布范围最广,主要以平原、台地、沙漠和盆地地貌为主,约占全区总面积的 63.57%,坡度在 10°~40°的斜坡主要分布在基岩山区和丘陵区,约占全区总面积的 35.63%,而坡度>40°的地段极少,多为陡崖、断壁,由于坡度过大,投影在平面图上面积很小,仅占全区面积的 0.80%。

## 二、地貌

宁夏地貌格局以北西走向的牛首山断裂为界,南北各异。北部贺兰山、银川平原、灵盐台地南北向展布,自西而东依次平行排列,呈带状地貌格局。中、南部以罗山、青龙山、窑山、云雾山南北一线为界,西侧展布着三列弧形断块山地和两列断陷平原:第一列弧形山地包括窑山、烟筒山、泉眼山和卫宁北山,第二列弧形山地包括清水河西侧山地和香山,第三列弧形山地包括月亮山、南华山、西华山。一、二列弧形山地之间挟持卫宁平原和清水河平原,二、三列弧形山地之间镶嵌兴仁洼地和西安州洼地。由南西向北东,弧形山地的曲率逐列增大,长度逐级降低。三列弧形山地会聚于六盘山,向西北撒开,弧形山地及山间平原组成弧形地貌格局。罗山、青龙山、窑山、云雾山南北一线以东为鄂尔多斯盆地西缘,地貌形态以黄土残塬、黄土梁、峁为主,中低山次之,间河谷平原、小型盆地(图 1-1-2)。山地、丘陵(红岩丘陵、黄土丘陵)、台地、平原和沙漠 5 种地貌类型的面积分别为 8210.41 km<sup>2</sup>、19746.53 km<sup>2</sup>、9145.76 km<sup>2</sup>、13926.51 km<sup>2</sup>、935.36 km<sup>2</sup>,分别占宁夏总面积的 15.8%、38.0%、17.6%、26.8%和 1.8%。

### (一) 山地

#### 1. 贺兰山山地

贺兰山北起乌兰布和沙漠,南至卫宁北山,东邻银川平原,西接腾格里沙漠,山体走向近南北,绵延 200 km,东西最宽达 60 km。山体两侧均被断裂控制,主要由前古生界、古生界变质岩、碎屑岩、碳酸盐岩建造组成。贺兰山中段、北段为高、中山地,沟大谷深,山势陡峻,海拔高程 3000 m 左右,相对高差约 1500 m,山地梁脊坳谷相间排列,沟谷多为“V”形谷,一些较大的沟谷切深百余米,大致呈近东西向展布(照片 1-1-1)。自三关口向南(贺兰山南段)地势逐渐变缓,相对高差 200~500 m。花布山一庙山湖一带为缓坡丘陵和台地,地形波状起伏,中间高,南北低,总体呈鱼脊状,因沟谷切割而形成孤山、残丘地貌,丘顶呈浑圆状,表面碎石广布。

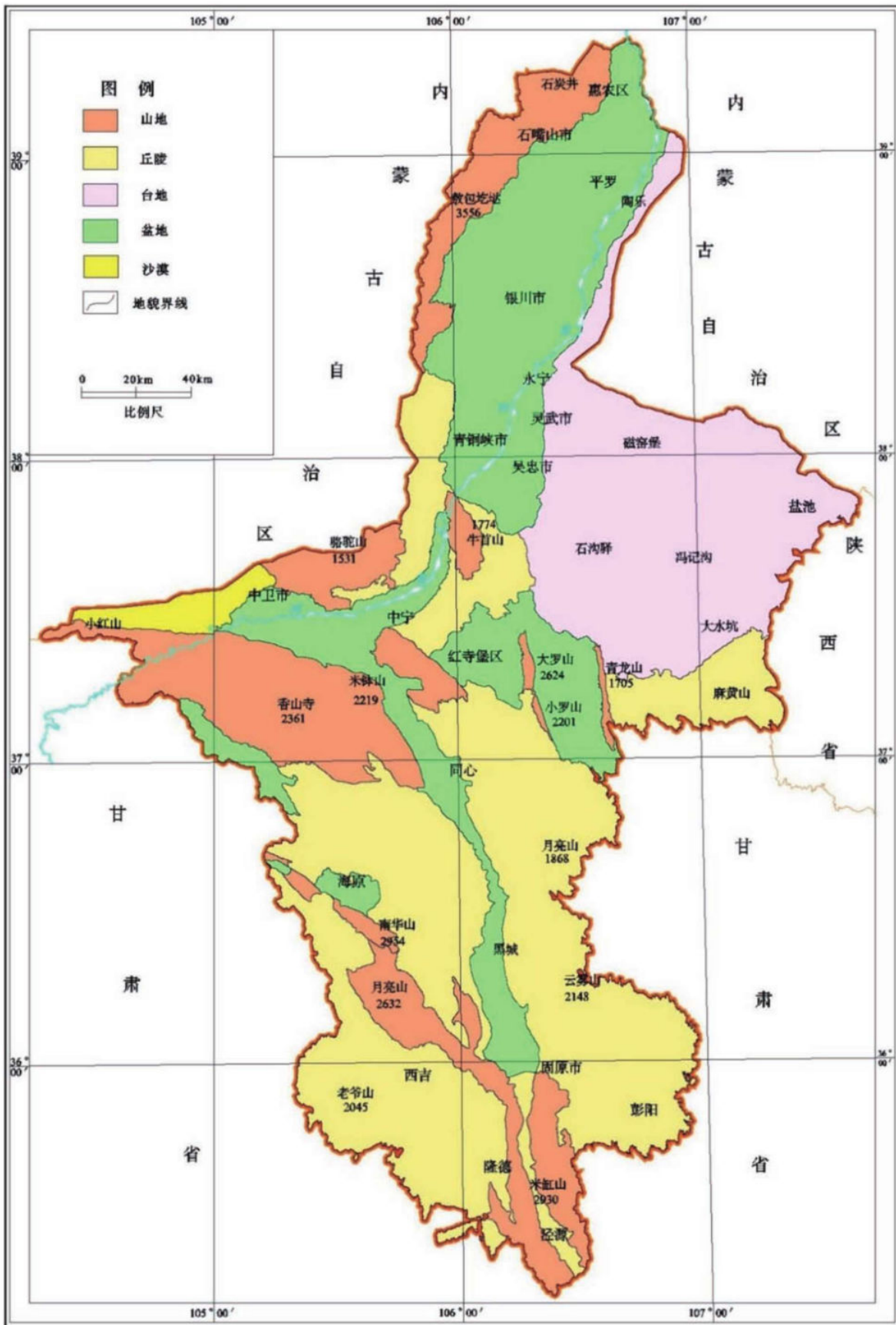


图 1-1-2 宁夏地貌分区



照片 1-1-1 贺兰山构造剥蚀高、中山地 (镜向西)

## 2. 宁中山地

宁中山地分布于卫宁平原四周。北部为东西走向的卫宁北山，东部为南北走向的牛首山，东南为近南北延伸的烟筒山、窑山、罗山、青龙山等，西南部为北西向延伸的香山、天景山等。这些山地除香山（主峰海拔高程 2356 m）和罗山（主峰海拔高程 2624.6 m）山势陡峻、相对高差大于 500 m，属中山外，其余山地海拔高程一般不超过 2000 m，相对高差 300 m 左右，山势低缓，均属低、中山。宁中山地的边界多被断裂控制，属构造断块山（照片 1-1-2）。



a. 牛首山构造剥蚀中山山地

b. 香山构造剥蚀中山山地

照片 1-1-2 宁中构造剥蚀低、中山地

## 3. 宁夏南部山地

宁南山地包括断续相连的六盘山、月亮山、南华山、西华山、黄家洼山等，组成北西—南东走向的弧形山地，屹立于陇东、陇中两盆地之间，成为泾河与渭河、清水河与祖厉河的分水岭。海拔高程 2500 m 左右，最高海拔 2955 m（南华山主峰）。宁南山地两侧为断裂构造，亦属断块山（照片 1-1-3）。



a. 南华山构造剥蚀低中山地

b. 六盘山构造剥蚀中山山地

照片 1-1-3 宁南构造剥蚀低、中山地

## (二) 丘陵

### 1. 红岩丘陵

主要分布于贺兰山南麓花布山至卫宁北山东麓一带、清水河下游平原西侧桃山口至喊叫水一带、牛首山东侧和罗山西侧部分地段。红岩丘陵区地势舒缓，坡度一般小于 $30^{\circ}$ ，相对高差一般小于50 m，主要由古近一新近系及白垩系砂岩、泥质砂岩、砂质泥岩、泥岩构成，植被覆盖度很低，大部分地段岩层裸露。红岩丘陵梁、峁多呈鱼脊状、馒头状，梁、峁间沟谷宽浅(照片 1-1-4a)。

### 2. 黄土丘陵

宁夏南部广泛分布黄土丘陵，以强烈侵蚀切割的黄土梁峁为主，黄土残塬次之。海拔高程 1600~2200 m。地势南高北低，相对高差一般 200~300 m。黄土梁峁与河(沟)谷冲积小平原相间分布(照片 1-1-4b)。根据微地貌形态和地形切割程度可分为：



a.红岩丘陵

b.黄土丘陵

照片 1-1-4 丘陵地貌

#### (1) 海原黄土梁峁丘陵区

包括香山以南，清水河以西，西华山、南华山、月亮山北东地区，总体呈三角形。海拔高程 1700~1900 m。地势总体由西南向北东倾斜，源于南华山和西华山的园河南西—北东向穿过该区，其上游黄土丘陵近山地带切割相对微弱，形成黄土残塬和盆地相间分布的地貌；园河中、下游地段，支流发育，地面切割加剧，切割深度自数十米至二百余米。

#### (2) 西吉黄土梁峁丘陵区

分布于六盘山西侧的葫芦河流域。葫芦河西侧以黄土梁峁为主，海拔高程 1900~2100 m；葫芦河东侧源于六盘山和月亮山的葫芦河各支流，将该地段沿各支流走向分割成黄土梁与河谷冲积平原相间分布的次级地貌单元，黄土梁海拔高程 2000~2300 m，河谷平原海拔高程 1700~2000 m，与相邻黄土梁相对高差约 300 m。

#### (3) 清水河东侧黄土丘陵区

清水河东侧的麻黄山、窑山、凤台山、炭山、云雾山等基岩山地呈南北向突起于黄土丘陵区。山地及其两侧黄土丘陵没有明显的塬、梁、峁之分，河谷川地、盆洼地甚少，地形破碎零乱，起伏大，实乃黄土覆盖之山地。本区东南部属泾河水系，地势由西北向东南方向渐低，海拔高程 1600~1900 m。其中，彭阳县大体继承了鄂尔多斯台地黄土地貌的形态，是宁夏黄土丘陵区黄土塬残留最多的地段，有大小残塬十余个。塬面平坦，塬边缘沟谷切割强烈。另外，该区域地表水较丰富，茹河、红河发育其间，形成了古城、红河、新集等较大的河谷川地。该区西北部属清水河流域，地形支离破碎，仅在北部的预旺盆地地势较平坦，海拔高程 1500~1600 m，形成黄土塬状地貌。