

HEBEISHENG GONGLU DIANXING DIZHI ZAIHAI PINGJIA YU FANGZHI JISHU YANJIU

河北省公路典型地质灾害 评价与防治技术研究

王普清 张增科 王生力 等著



地质出版社

河北省公路典型地质灾害 评价与防治技术研究

王普清 张增科 王生力 张国强
栾文楼 李爱军 吴新国 王俊茹
朱建民 暴连胜 喇全慧 等著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

以河北省山区公路沿线发生或潜在的地质灾害为研究对象,通过采取地球物理探测等不同的地质灾害勘查方法与技术,深入分析了公路地质灾害的类型特点、分布特征及发育规律,详细研究了滑塌-坍塌式、倾倒-坠落式、拉裂-坠落式以及土崩四种类型的公路崩塌地质灾害的破坏模式及产生原因;通过建立灾害体的评价指标体系,应用黄金分割理论对典型地质灾害点的危险性进行了评判,应用模糊评判理论对典型公路路段进行了危险性分区。在此基础上,根据灾害体的破坏模式及危险性,提出了不同类型地质灾害体的防治技术和措施,并在一定范围内得到推广应用。同时,以 MapGIS 为平台,初步建立了典型路段地质灾害管理信息系统,提出了公路地质灾害防治管理体系建设方案。为河北省山区公路管理与地质灾害防治提供了理论依据,为其他类似灾害体的防治提供了具体方案和技术参数。

本书可供从事公路设计与施工的人员及相关高校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

河北省公路典型地质灾害评价与防治技术研究 / 王普清等著 .

—北京:地质出版社,2007.11

ISBN 978-7-116-05530-8

I. 河… II. 王… III. 道路工程-地质灾害-防治-研究-河北省 IV. U418.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 181038 号

责任编辑:李莉

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324513(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京长宁印刷有限公司

开 本:787 mm × 1092 mm 1/16

印 张:10.25

字 数:250 千字

印 数:1—1000 册

版 次:2007 年 11 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:26.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-05530-8

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

河北省简称冀，位于北纬 $36^{\circ}03'$ ~ $42^{\circ}40'$ ，东经 $113^{\circ}27'$ ~ $119^{\circ}50'$ 之间。属华北地区，环绕京津，东临渤海，西依太行，与山西接壤，北靠燕山，与内蒙古相连，南与河南、山东毗邻，全省总面积 $187\,992\text{ km}^2$ ，其地理位置在政治、经济、国防上具有十分重要的意义。它既是东北三省入关的交通要道，也是首都北京联系全国各省市的必经之地，还担负着晋煤外运和华北进出口贸易的重要任务，同时又是秦皇岛、天津、京唐、黄骅四大港口的物资集散要地。省会为石家庄市，全省下辖 11 个地级市，22 个县级市，108 个县，6 个自治县，36 个市辖区。

河北省交通事业在省委、省政府高度重视和正确领导下，建设成就日新月异，基本上形成了以铁路、水运、航空，特别是公路运输为主体四通八达的综合立体交通网络。目前，河北省境内共有国家干线公路 17 条，省级干线公路 143 条，高速公路 15 段，全省公路通车里程达 $63\,079\text{ km}$ 。其中高速公路 1591 km ，国道 5730 km ，省道 $11\,603\text{ km}$ ，县道 $12\,460\text{ km}$ ，乡道 $31\,551\text{ km}$ ，专用公路 1735 km 。通车里程中有路面里程达 $57\,026\text{ km}$ ，其中高级、次高级路面 $44\,728\text{ km}$ ，晴雨通车里程 $53\,540\text{ km}$ 。公路密度达 $33.61\text{ km}/(100\text{ km}^2)$ 。已开通的高速公路有：京石、石安、石太、石黄、保津、唐津、京秦、京秦廊坊段、京沪、宣大、京张、丹拉等，青银、京承、邢威高速正在建设中。初步形成了以北京为中心，石家庄、天津为枢纽，辐射 10 个省辖市，连接秦皇岛、京唐、天津、黄骅四大港口和大同、阳泉两个煤炭基地，呈“两纵、两横、三条线”布局的高速公路网架系统；实现了我省平原区县（市）由二级以上公路连接，山区县（市）由三级以上公路连接，农村公路通达深度进一步提高。

由于河北省地处太行山、燕山地区，山区公路里程较长，又是经济欠发达地区，因此，在公路建设和运营过程中，公路沿线地质灾害经常发生。据调查统计显示，近几年来，由于地质灾害（泥石流、崩塌、滑坡和地面塌陷等）引起的损坏公路路段的长度已经超过 400 km ，造成的直接经济损失已达几十亿元。由此可见，加强公路地质灾害的防治是公路安全保障工程的主要

内容之一，公路地质灾害的治理是减少公路交通安全事故发生率，为社会经济的快速发展和人民群众的生命财产安全提供保障的迫切需要，保持公路的安全畅通是交通管理部门的首要任务。

国家安全生产委员会、国土资源部、交通部 2004 年联合下发《关于加强公路沿线地质灾害防治工作的通知》，交通部决定：从 2004 年开始在全国干线公路上实施以“消除隐患、珍视生命”为主题的“公路安全保障工程”。2004 年 3 月，交通部印发了《公路安全保障工程实施方案》的通知，之后省交通厅下发了《关于加强公路沿线地质灾害防治工作及交通建设安全管理的紧急通知》。根据“安全、经济、环保、有效”的公路安全保障工程设计总原则，河北省交通部门结合河北的实际情况，提出安全保障设施与周围环境“协调、美观”的原则，组织各相关公路管理部门和技术人员，对 101、108、109、110、111、112、207、307 等国道以及平涉线、石阎线、保涞线、天走线、滦赤线、半虎线、出海路、平青乐线等省道的路况安全情况进行全面的调查排查，同时立项开展“河北省公路典型地质灾害防治技术研究”。目的在于对河北省主要公路干线地质灾害运用科学的勘查方法进行全面的调查，并对已经发生地质灾害或存在潜在的地质灾害的灾害点进行危险度评判，对主要的公路路段进行地质灾害危险性分区，根据不同的灾害类型和危险程度，提出切实可行的治理措施。为交通管理部门建立地质灾害信息系统，制定合理的整治方案及对策，并通过示范推广应用提供理论依据。

开展公路地质灾害及防治技术的研究在河北省尚属首次，在全国对公路地质灾害的研究多限于局部路段和某种灾害类型的研究。本项目研究的基本思路和内容是：查明河北省公路地质灾害的类型、分布、发育特征与分布规律；通过公路地质灾害勘查方法的应用研究，选择适当的勘查方法与技术，查明灾害体的规模、分布、内部结构等参数；应用先进的评判理论，对典型地质灾害点进行危险性评判，对典型路段进行综合评估和危险性分区，并建立典型路段地质灾害危险性信息系统；提出不同类型地质灾害的防治技术和措施等。

公路地质灾害的调查的是本项研究的基础，灾害类型的调查以及发育特征和分布规律的研究，是政府管理部门的重要基础材料资料，也是后期理论研究的基础。由于河北省公路里程远，分布广，灾害类型多，在有限的时间内很难全部调查清楚。因此，我们始终把河北省主要干道（省道以上）的地质灾害类型的调查作为重点，以便保证对主要干道地质灾害防治技术基础数据的收集。对县级道路以下的公路地质灾害，考虑国土资源厅已经对河北省

山区的地质灾害作过相应的调查，因此，在本项研究中主要以收集资料为主，适当补充野外调查。

地质灾害勘查技术方法使用的合理与否，对评价地质灾害的可靠程度有较大影响。根据河北省公路地质灾害的类型特点与发育规律，本研究重点对具有隐蔽性的灾害体（采空区）进行地球物理勘查手段研究，选择适当路段进行大量的实际探测，以查明地质灾害的规模、分布及其内部特征，为危险性评估与防治技术的制定提供基础数据，同时也可作为类似条件进行地质灾害勘查方法选择和技术参数选择的参考依据。因此，在地质灾害勘查中不仅仅注重勘查结果的分析，同时提出了勘查方法的对比与技术参数选择与调整的范围。

典型地质灾害点和典型路段的危险性综合评估，可以为公路管理和灾害防治提供重要的科学依据，但由于时间与经费的限制，在研究中考虑对所有公路进行灾害危险性评估很困难，本次研究只选择典型路段进行，其他线路有待以后进行。对单个地质灾害体的防治技术研究，选择了具有代表性的类型，在详细分析其危险性和危险程度的基础上，提出防治方法和措施，为类似灾害体的防治提供示范。

本项研究的最终目的是对不同的灾害类型提出切实可行的防治方法和措施，并能被推广应用，因此，在项目研究中始终把推广应用作为一项重要内容，从项目开始至今已有十几处灾害体的治理应用了本项目的研究成果，取得了一定的经济效益。

该项目研究由河北省交通厅公路管理局具体负责组织与实施，石家庄经济学院、河北省交通勘察设计研究院和河北交通职业技术学院联合承担。项目组成员有：王普清、张增科、栾文楼、王生力、冯卫星、朱建民、王俊茹、吴新国、赵瑾瑛等。研究报告由项目组成员联合编写，最后由栾文楼、王生力统编定稿。本项工作的完成得到了河北省交通厅、河北省公路局和石家庄经济学院有关领导的大力支持，省交通厅和公路局领导亲自组织项目组成员讨论研究实施方案，并多次听取项目组的阶段成果汇报。同时，在工作中得到了河北省各市（县）公路局的大力支持与帮助，项目研究的圆满完成，与各位领导的关心和支持是分不开的，在此表示衷心的感谢。

作者

2007年7月15日

目 次

前 言

第一章 河北省公路自然地理与地质环境	(1)
第一节 气象水文	(1)
一、气 候	(1)
二、水 文	(2)
第二节 地形地貌	(3)
第三节 土壤植被	(4)
第四节 地层岩性	(5)
一、地层岩性及其分布	(5)
二、岩浆活动与火成岩	(7)
第五节 地质构造	(7)
一、大地构造分区	(7)
二、主要的深大断裂构造	(7)
三、新地质构造运动	(8)
四、地 震	(9)
第六节 水文地质条件	(9)
一、地下水含水介质及其分布	(10)
二、地下水水量及水质特征	(10)
三、地下水补、径、排条件	(10)
四、地下水的动态特征	(11)
第七节 岩土体工程地质类型	(11)
一、岩体结构类型及工程地质岩组	(11)
二、土体结构类型及工程地质岩组	(12)
第八节 人类工程活动对地质环境的影响	(13)
一、公路建设引起的地质灾害	(13)
二、矿产资源开发诱发的地质灾害	(14)
三、人类农牧业经济活动对环境的影响	(14)
第二章 河北省公路地质灾害类型及发育特征	(15)
第一节 公路地质灾害的类型及其危害	(15)
一、公路地质灾害的类型及分布	(15)

二、公路地质灾害的危害	(16)
第二节 公路地质灾害发育特征及分布规律	(18)
一、崩 塌	(18)
二、滑 坡	(24)
三、泥石流	(30)
四、地面塌陷	(34)
第三节 公路地质灾害的特点及发育规律	(39)
一、公路沿线地质灾害特点	(39)
二、公路地质灾害的发育规律	(39)
第三章 公路地质灾害勘查技术方法研究	(42)
第一节 公路地质灾害勘查技术方法概述	(42)
一、地质灾害勘查的目的和任务	(42)
二、公路地质灾害勘查的主要方法	(42)
三、地球物理勘探技术方法的特点及作用	(43)
第二节 公路采空区地球物理勘查	(44)
一、青兰高速公路采空区瞬变电磁法勘查	(44)
二、省道天走线采空区地质雷达勘查	(49)
三、公路采空区地震勘查	(53)
第三节 公路路基断裂构造地球物理勘查	(56)
一、青兰高速公路隧道地震勘查	(56)
二、公路断裂构造高密度电法勘查	(60)
三、承德东外环高速公路隧道区构造勘察	(61)
第四节 公路岩溶塌陷的地球物理勘查	(65)
一、工程概况	(65)
二、探测岩溶塌陷的技术方法	(65)
三、探测岩溶塌陷的地质解释技术	(66)
四、浅层地震勘测岩溶塌陷的波场特征识别及地质解释依据	(66)
第五节 公路路基地裂缝地球物理勘查	(68)
第六节 公路煤田陷落柱地质雷达勘查	(70)
第七节 公路路基土洞地球物理勘查	(71)
第四章 公路地质灾害危险性预测及综合评估	(73)
第一节 公路地质灾害危险性预测	(73)
一、崩塌灾害危险性分析	(73)
二、滑坡灾害危险性分析	(83)
三、公路塌陷区场地稳定性分析	(87)
第二节 典型路段地质灾害危险性综合评估	(89)
一、公路地质灾害危险性综合评估指标体系	(89)

二、地质灾害危险性综合评估原则	(94)
三、模糊综合评判方法的基本理论	(95)
四、评价单元的划分及计算	(100)
五、S202 (K68 + 300—K154 + 000) 井陘—赞皇段评价结果	(101)
六、S202 (K68 + 300—K154 + 000) 段地质灾害危险性分区评价	(102)
七、地质灾害信息管理系统的建立	(105)
第五章 公路地质灾害处治措施及技术手段	(107)
第一节 公路地质灾害防治方法及特点	(107)
一、公路沿线地质灾害防治措施	(107)
二、河北省公路地质灾害防治措施中的缺陷及建议	(115)
第二节 典型路段地质灾害防治	(116)
一、崩塌、滑坡灾害的治理措施	(116)
二、泥石流灾害的治理措施	(134)
三、公路塌陷的治理措施	(137)
第六章 河北省公路地质灾害防治管理体系建设方案	(140)
第一节 地质灾害防治工作现状	(140)
一、地质灾害防治工作取得的成就	(140)
二、地质灾害防治管理工作中存在的问题	(141)
第二节 公路地质灾害防治管理体系建设方案	(142)
一、建立行之有效的制度保障体系	(142)
二、地质灾害数据库模块	(145)
三、地质灾害监测网络模块	(146)
四、地质灾害危险性评估模块	(147)
五、地质灾害预报预警模块	(148)
六、地质灾害应急处理模块	(149)
七、各模块网络系统运营体系	(150)
第七章 结 语	(151)
一、主要成果	(151)
二、存在问题及建议	(152)
参考文献	(153)

第一章 河北省公路自然地理与地质环境

公路地质灾害的发育分布及其危害程度与其所处位置的自然地理条件、地质环境条件以及人类工程活动及其强度等有着极为密切的关系，是它们综合作用的结果。

第一节 气象水文

一、气候

河北省地处中纬度地区，属北温带大陆性季风型气候，春季干燥多风，夏季炎热多雨，秋季昼暖夜凉，冬季寒冷少雪。受太平洋副热带高压和北进南撤的早晚直接影响，所以省内降水量明显偏少，但夏季受西南来的低压系统沿太平洋副热带高压边缘向东北方向移动的影响，往往出现大雨和暴雨的天气。

全省年平均降水量 350 ~ 800 mm，其分布除受大气环流的制约外，还受地势地形影响，降雨地域差异大。冀东燕山山前一带，由于海岸线走向与夏季东南季风来向相垂直和燕山的抬升作用，降水量在 750 mm 以上，是降水最多的地区。张家口坝上康保和桑、洋盆地怀安、涿鹿等在 400 mm 以下，为省内降水量最低地区。太行山区和东部沿海区在 650 mm 以上。坝头一带，由于东南来的水气流到此第二次爬坡，形成一个相对多雨带，降水量一般在 400 ~ 500 mm 之间。省内冬季受北方来的干冷气团主宰，夏季则受南来的暖湿海洋气团控制，春秋两季为两种气团交接时期。夏季各地降水量一般占年降水量的 60% 以上（冀东在 75% 以上），春、秋季分别占 10% ~ 20%，冬季仅占 1% ~ 2%。

全省年平均气温 $-0.3 \sim 14.0^{\circ}\text{C}$ ，气温由东南到西北逐渐降低。长城以北年平均气温低于 10°C ，坝上低于 4°C ；长城以南地区为 $10 \sim 14^{\circ}\text{C}$ ，总的趋势是纬度每增加 1° 年平均气温降低 0.5°C ，同纬度地区，气温随海拔高度的增加而降低；沿海地区受海洋影响，年平均气温较内地低约 0.5°C ；绝大部分盆地及河川谷地年平均气温高出同高度的山地 1°C 左右。河北省各市年平均气温如图 1-1 所示。

全省气温年较差（最热月与最冷月平均气温之差）较大。太行山地区及山麓平原为 $28 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，冀南、冀中低平原和冀东低平原为 $30 \sim 32^{\circ}\text{C}$ ，北部山区为 $32 \sim 35^{\circ}\text{C}$ ，坝上地区最大，为 $35 \sim 39^{\circ}\text{C}$ 。全省年平均气温日较差（一日最高气温与最低气温之差）一般高于 10°C ，多在 $23 \sim 28^{\circ}\text{C}$ 之间。

省内南部地区无霜期在 200 天以上，坝上地区不足 100 天。北部山区，沿长城一带及怀来、承德河川盆地无霜冻期在 140 ~ 170 天之间。无霜冻期的递减率为 5 天/1 个纬度；随海拔高度的递减率，太行山地及桑干河、洋河流域为 5.5 天/100 m，坝上及坝头、燕山

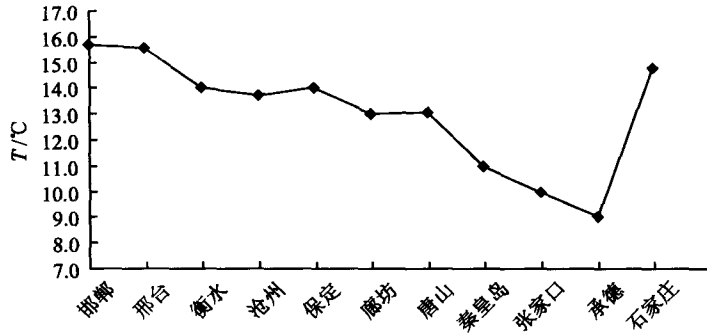


图 1-1 河北省各市年平均气温

山地为 6.5 天/100 m。

土壤从 10 月上旬到 11 月中下旬由北向南逐渐开始冻结，次年 3 月上旬到 5 月中旬由南向北逐渐解冻。坝上冻结期为七八个月，石家庄、衡水以南为三四个月。土壤冻结由表及里进行，一般二三月份冻土最深。长城以北最大冻土深度在 1 m 以上，坝上为 2~3 m，长城以南冻土多在 1 m 以下，石家庄至衡水一线以南地区，最大冻土深度只有 20~50 cm。

全省年日照时数为 2450~3100 小时。坝上及北部山区最多，为 2800~3060 小时。东部沿海及太行山北、中部次之，为 2700~2900 小时。山麓平原、低平原及太行山南部最少，为 2500~2700 小时。全省年日照百分率为 55%~69%，张家口、承德、秦皇岛、沧州及石家庄、保定两市西部为 60%~69%，中南部平原大多数为 55%~60%。

二、水 文

河北省是水资源最贫乏的省份之一，多年平均水资源总量为 $238.6 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ （其中地下水 $149.6 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ ），进入 20 世纪 80 年代以来，随着工农业生产的迅速发展，人类活动影响加剧，流域下垫面条件等因素发生了较大变化，加上气候干旱等原因，大部分河流干涸，仅滦河和拒马河长年有水，导致水资源呈减少趋势。缺水地区广泛地分布于全省的山区和平原。山区地下水补给资源较丰富而可开采资源少，河北平原区不同程度地缺水，中东部平原的沧州地区、衡水地区缺水最为严重，过量开采地下水造成地面沉降等环境地质问题阻碍了经济发展。

1. 河流水系

全省河流长度在 10 km 以上的约 300 条，分四大流域系统。

(1) 海河流域

海河流域汇集燕山山地和太行山地的来水，组成扇状水系，包括蓟运河—潮白河、永定河、大清河、子牙河、漳卫河—南运河五大水系。

(2) 滦河—陡河及沿海诸河流域

滦河发源于丰宁县西北巴彦图古尔山北麓，经承德至潘家口、大黑汀两座大型水库，又经罗家屯峡谷入迁安盆地，从滦县流出丘陵山区进入冀东平原，在乐亭县东南注入渤海，全长 877 km，沿途接纳了小滦河等 11 条较大支流。滦河在坝上草原地区，河床宽且

浅，水流迂缓，沼泽湿地沿河分布。河谷横穿燕山山地，时宽时窄，崇山峻岭，坡陡流急，落差大，水利资源极为丰富。向下河床展宽，河曲显著，水流分支，易于改造。进入山前平原，河床变宽，时而变迁河道。滦河各支流均属于山溪性河流，雨季河水暴涨暴落，水量较大，其他时间水量较小。

冀东平原其他独立入海河流有：陡河、石榴河、沙河、洋河、石河等，均发源于燕山南麓丘陵地区。

(3) 内陆河流域

除平原区黑龙港水系外，主要分布于张家口市西北部的坝上地区。有大青沟河、黑水河、灯笼素河、葫芦河、安古里河等。河流源近流短，径流量小，季节性明显，旱季断流，雨季水位暴涨，各河分别注入湖淖。

(4) 辽河流域

辽河流域包括承德地区东北部、七老图山东麓、围场坝上的姜家店、红松洼一带的阴河上游诸小河，西路嘎河上游诸小河和平泉东北部的大凌河上游诸小河。

2. 地表水体

(1) 湖泊、洼淀

20世纪50~60年代，河北平原分布有白洋淀、千顷洼、文安洼、大陆泽、宁晋泊、永年洼等20多个湖泊洼淀，同时分布有星罗棋布的小型池塘。80年代中后期开始逐渐减少，至今池塘全无，较大型洼淀大部分干涸，辟为农田，只有在特大水年份才调蓄洪水，水量较多的白洋淀也从80年代开始，由于用水量剧增，干淀次数日益频繁，先后干淀13次。目前一般年份要靠上游水库补水才能维持一定的水面。

另外，在坝上地区有少部分内陆河形成的湖淖已干涸。生态环境不断恶化。全省水面面积由20世纪50年代的2700 km²，减少到目前的700 km²。

(2) 水库

目前山区有省管大型水库18座，中型38座，小型1086座，总库容 $112.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。潘家口、大黑汀、岳城三座大型水库及北京市管辖的官厅水库、密云水库，天津市的于桥水库，控制全省山区面积达85%，控制山区水量的90%。省管18座大型水库总库容 $91.75 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，1998年为平水年（降水量537.1 mm），蓄水量 $39.79 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占总库容的43.3%。而1999年枯水年（降水量376.9 mm），蓄水量 $31.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占总库容的34.4%。

第二节 地形地貌

河北省北倚高原，面向海洋，西北山峦重叠，东南平原辽阔，地形复杂。高原和山地约占全省面积的3/5。地貌具有类型多样、高差较大、排列有序的特征。从西北向东南大致呈半环状逐级下降。可分为坝上高原、燕山及太行山山地、山间盆地和河北平原四个地形区。

坝上高原：分布在西北部张家口市与承德市的北部地区，是内蒙古高原的一部分，面积为18 202 km²，占全省总面积的9.7%。地形大致呈南高北低，海拔在1200~1600 m之

间。内部区域差异显著，北部和南部皆以丘陵为主；南部西段为汉诺坝玄武岩台地，东段则广泛分布着火山岩切割而成的垄状低山；中部岗洼起伏，残丘星布，湖泊滩地点缀其间，构成典型的波状高原。

燕山-太行山山地：由燕山和太行山两大山脉构成，大部分形成于燕山运动。由中山、低山、丘陵、山间盆地交错组成，面积为 95 098 km²，占全省总面积的 50.5%。海拔多在 500~1000 m 之间，部分地区超过 1500 m，高度大于 2000 m 的孤峰有 10 余座。如小五台山、灵山、大海陀山、雾灵山、云雾山等，海拔高度均在 2000 m 以上。其中，小五台的东台，海拔 2882 m，为全省第一高峰。北部与西部的山地，海拔高度不同，相对高差也不同，地形坡度差别很大。山地又可分为：构造剥蚀的中高山（如小五台山）；构造剥蚀的中山（如花岗岩构成的雾灵山、响山、军都山，火山岩构成的海陀山）；侵蚀剥蚀的低山（燕山、太行山绝大部分低山）；侵蚀剥蚀的丘陵（主要分布在燕山、太行山山麓与河北平原的交界地带）。

山间盆地：盆地大多成因于构造断裂，盆地周围被低山丘陵围绕，盆地内部多有河流贯穿，形成冲积平地或河谷平地，边缘多发育有洪积冲积扇，形成 3°~5° 的坡地，坡地上有冲沟发育。省内大的盆地分布在洋河、桑干河流域；在太行山、燕山和冀北山地，盆地和谷地穿插期间，其中较大的盆地有阳原、蔚县、怀安、宣化、涉县、武安、井陘、涞源、遵化、迁西、抚宁等盆地和平山、承德、平泉等谷地。盆地和谷地底部，由于地壳活动和河流贯穿而形成河床、河漫滩和阶地。

平原：构造堆积成因的河北平原，广阔坦荡，地势平缓，是华北大平原的一部分。平原区面积 75 052 km²，占全省总土地面积的 39.8%。自山麓至滨海，可分为三部分：①山前冲洪积倾斜平原，沿燕山、太行山山麓呈带状分布，海拔为 50~110 m，由冲洪积扇相连而成；②中部冲积湖积低平原，地势自北、西、南三面向渤海湾方向缓缓倾斜，海拔高度 3~40 m；③滨海冲积海积平原，大致以唐海洼地—芦台—北仓—静海—唐官屯—盐山—一线为界，环渤海湾沿岸展布，由河流三角洲、滨海洼地、海积沙堤缀连而成，海拔 0~10 m。

第三节 土壤植被

河北省土壤在区域性上由于气候、地形的变化，地层岩性、水文地质条件的不同和人为活动的影响，在水平、垂直方向上具有分带特点。从北往南形成了多种土壤类型。不同类型的土壤及其理化特征在很大程度上影响着土地利用方式和植被发育状况。据资料表明：河北省土壤可划分为 21 种类型，如：

1) 分布于承德市丰宁、围场坝上和部分接坝处，在半湿润森林、森林草原植被下发育着的灰色森林土、黑土，是省内重要的林、牧区。

2) 分布于张家口坝上高原的草原栗钙土，是省内春小麦、莜麦、胡麻、马铃薯集中产区，以牧业为主。

3) 分布于燕山、太行山山地丘陵和山麓平原的草原棕壤、褐土，主要生长落叶、阔叶林、灌木。

4) 分布于省内冲积平原区, 由于地下水位较高, 地下水参与成土过程, 加之人为作用使自然草甸过程难以进行而发育成的潮土。本区地势平坦, 土层深厚, 是重要的粮棉油产区。

另外, 还有粗骨土、栗褐土、石质土、滨海盐土、风沙土、灌淤土、新积土、沼泽土、草甸土、砂姜黑土、水稻土、山地草甸土、盐土、碱土、红粘土等。

这些土壤在不同的地区, 由于自然环境不同, 生长着各种不同种属的庄稼作物、果木、林木等植物。如:

1) 栽培作物: 粮食作物小麦、玉米、谷子、水稻、高粱、豆类等; 经济作物棉花、油料、麻类等。

2) 木本植物: 经济树种有二青杨、香椿、云杉、油松、柏树、华北落叶松、榆、槐、青檀、白楸、桦、杜仲、泡桐、黄连木等; 果树有板栗、核桃、柿子、红枣、花椒、梨、苹果、红果、杏、桃、葡萄、李、石榴等。

3) 草本植物: 主要有禾本科的羊草、无芒麦草、冰草, 豆科的紫花苜蓿、山野豌豆等。

4) 药用植物: 主要有葛藤、甘草、麻黄、大黄、党参、枸杞、枣仁、柴胡、防风、知母、白芷、远志、桔梗、薄荷及黄芩等。

第四节 地层岩性

一、地层岩性及其分布

河北省地层由太古宇、元古宇、古生界、中生界、新生界构成, 除普遍缺失上奥陶统至下石炭统外, 其他层位发育齐全。

1. 太古宇 (AR)

广泛出露于太行山及燕山地区, 面积近 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 约占基岩出露面积的 $1/4$, 累计厚度达万米以上, 由麻粒岩相至角闪岩相的深变质岩组组成, 岩性主要有麻粒岩、片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩、大理岩等, 经多期构造、岩浆和变质作用, 部分地段混合岩化强烈, 具有片麻状结构、不均质性及各向异性, 裂隙发育, 易风化, 强度低。

2. 古元古界 (Pt_1)

分布在太行山南段和冀东的青龙附近, 以及冀北的康保地区, 出露面积仅几百平方千米。岩性主要有变质砂砾岩、千枚岩、二云岩、变玄武岩和火山碎屑岩, 厚度近千米。岩性复杂, 片理、板理发育, 节理裂隙较发育, 易风化, 强度低。

3. 中新元古界 (Pt_{2-3})

包括长城系、蓟县系和青白口系, 由一套未变质或轻变质的地台型海相沉积地层构成。主要岩性有含燧石的白云岩、白云质灰岩、石英岩、页岩、砂岩等, 厚度巨大, 出露良好, 广泛分布在尚义—承德以南的广大地区。燕山地区厚度为 $43 \sim 9200 \text{ m}$, 太行山地区厚度为 $0 \sim 3126 \text{ m}$, 中厚层, 层理较清晰, 坚硬、不易风化。

4. 寒武系 (Є)

以海相碳酸盐岩为主, 广泛分布在阳原—宣化—平泉一线以南的燕山、太行山区, 厚度在 422 ~ 629 m 之间。主要岩性有厚层—巨厚层石灰岩、白云岩, 中厚层—薄层泥灰岩及紫红色页岩夹薄层泥灰岩等, 成层条件好, 发育有岩溶地质现象, 坚硬、不易风化。

5. 奥陶系 (O)

以中早奥陶世封闭至半封闭的浅海相含膏盐的碳酸盐岩沉积为主, 广泛分布在阳原—怀来—平泉一线以南地区, 厚度为 200 ~ 900 m。岩性为厚层至巨厚层石灰岩、白云岩、白云质灰岩, 以及薄层至中厚层泥灰岩、泥质白云岩、钙质泥灰石膏层。成层条件好, 岩溶裂隙发育, 坚硬、不易风化。

6. 石炭系 (C)

石炭系下统与奥陶系中统之间有一个巨大的沉积间断 (志留纪至泥盆纪地层), 剥蚀面上古岩溶发育, 并形成巨大的陷落柱。属稳定的地台型浅海相至滨海沼泽相沉积。主要岩性有粉砂岩, 铝土质页岩, 炭质页岩夹煤层及薄层灰岩, 厚度为 40 ~ 320 m, 在太行山中段的井陘—临城—峰峰一带较连续分布, 太行山北段至燕山南麓, 仅分布于小向斜中, 兴隆、宽城、平泉有零星分布。地层成层条件好, 中厚层状, 软硬相间。

7. 二叠系 (P)

有地槽型海相沉积与地台型陆相沉积两种类型。地槽型海相沉积出露于北部围场康保一带, 主要岩性有砂砾岩、页岩, 厚度大于 343 m。地台型陆相沉积分布在平泉—怀来—阜平—一线以东, 下部为灰色砂岩、页岩夹煤层, 上部为杂色、紫红色砂页岩, 厚度为 255 ~ 1500 m。成层条件好, 中厚层状, 软硬相间。

8. 三叠系 (T)

为一套热干旱气候条件下形成的内陆盆地河流相沉积, 岩性以红色砂岩、砂砾岩、泥岩为主, 地层总厚度约 2272 m。中厚层状, 坚硬。

9. 侏罗系 (J)

以复杂的陆相火山岩、火山沉积岩系为主, 下部为含煤砂页岩系, 底部常见玄武岩; 中部为河流相红色砂砾岩及安山岩、安山角砾岩、集块岩、凝灰岩; 上部为流纹岩、粗面岩、火山角砾岩、凝灰岩。主要分布在中部中生代断陷盆地中, 太行山北段有零星分布, 岩性相变较大, 质较硬, 岩体完整性差, 易风化。

10. 白垩系 (K)

由陆相含煤与油页岩的泥岩、砂岩、砂砾岩、安山岩、凝灰角砾岩组成。分布在北部滦平、丰宁、围场、承德、隆化、平泉、宣化等地。太行山仅见于临城竹壁。地层成层条件好。

11. 第三系 (R)

主要分布在坝上高原, 其次分布在阳原、蔚县、涞源、曲阳灵山等地的山间盆地及临城—磁县的山麓地带, 始新统一渐新统为紫红色泥岩与砂砾岩层, 其中夹煤层, 厚 391 ~ 1464 m, 中新统为橄榄玄武岩, 厚 56 ~ 508 m, 上新统为红色粘土夹褐色砾石层, 厚度大于 25 m。

12. 第四系 (Q)

(1) 坝上高原及燕山—太行山区

主要分布在山间盆地, 河谷地带及山麓边缘, 堆积物类型复杂, 有冲积、洪积、湖沼

积、坡积、冰水积、洞穴堆积及残积。岩性以未胶结或半胶结的砾石、砂砾石、砂、亚砂土、亚粘土等组成，厚度为 90 ~ 800 m。

(2) 河北平原区

第四纪堆积厚度在 350 ~ 550 m 之间。其成因类型复杂，以冲积、洪积、湖积为主，间有海积、风积、冰积堆积和火山堆积等类型。山前平原为冲洪积砂、砾层；中部为冲积湖积泥质亚砂土与中细砂互层夹泥炭；东部为海积淤泥质粘土、亚砂土夹薄层泥炭；滨海地区为泥质粘土、亚砂土夹海相层。

二、岩浆活动与火成岩

岩浆活动的地质时代主要为太古宙、元古宙、古生代和新生代。太古宙的岩浆活动剧烈，但大部分岩浆均已深变质成各类变质岩类。元古宙的中基性、中酸性火山岩、侵入岩也达到了较深的变质程度。古生代加里东（加里东时期与华力西时期）的岩浆活动，主要在康保—围场以北的褶皱带中，华北地区仅有少量的中基性岩侵入体。中生代的燕山期，是河北省岩浆活动最强烈的时期，由基性、中性到酸性至偏碱性岩浆经过了多期次、多旋回的活动，在境内形成了 500 多个岩浆岩侵入体和大面积的巨厚火山岩系，大的面积近千平方千米，小的仅几平方千米，在一些中生代断陷盆地中，火山岩系厚度可达数千千米，火山熔岩形成的成岩裂隙与气孔、熔孔、熔洞发育。新生代玄武岩、火山碎屑岩，在坝上高原及阳原、蔚县、井陘、阳邑等山间盆地、海兴县小山均有出露。质硬，岩体整体性较好，块状，个别岩层易风化。

第五节 地质构造

一、大地构造分区

河北省横跨两个 I 级大地构造单元，即康保—围场以北的内蒙古—大兴安岭地槽褶皱系（ I_1 ）和以南的中朝准地台（ I_2 ）。五个 II 级大地构造单元，即内蒙古华力西晚期褶皱带（ II_{11} ），位于康保—围场以北，内蒙古—大兴安岭褶皱系南缘；内蒙古地轴（ II_{21} ），位于康保—围场以南、尚义—隆化以北，是中朝准地台北缘的一个近东西轴状隆起；燕山台褶带（ II_{22} ），位于尚义—隆化以南，阜平凸起与桐柏—大城断裂以北；山西断隆（ II_{23} ），位于河北省西南太行山东部边缘；华北断拗（ II_{24} ），位于河北平原大部分地区。

二、主要的深大断裂构造

(1) 康保—围场深断裂

系内蒙地轴，也是中朝准地台北深断裂的中段，其总体走向近东西向。深断裂自太古宙至中生代长期发育，加里东期与华力西期造山运动表现得尤为剧烈，已切入上地幔顶

部。它长期控制着南、北两侧迥然不同的大地构造发展史。

(2) 丰宁 - 隆化深断裂

为内蒙地轴南缘深断裂带的北支断裂，总体走向近东西向。该断裂发生在新太古代，经历了多期活动，其中以古生代末期超基性岩浆侵入最为强烈，切割深度已达莫霍面。燕山期构造运动剧烈，形成一复杂的构造 - 岩浆活动带，在丰宁、隆化等有热泉喷出。

(3) 大庙 - 娘娘庙深断裂

也是内蒙地轴南缘深断裂带的一条北支断裂，总体走向近东西向。

(4) 尚义 - 平泉深断裂

该断裂总体走向近东西向，大体沿北纬 41° 线延伸，为内蒙古地轴南缘深断裂带的南支断裂。该深断裂，形成于太古宙，主要活动在中一晚白垩世之前。其中，中一新元古代为断裂的主要生长期。在宣化、赤城、古北口等地，有热泉喷出。

(5) 上黄旗 - 乌龙沟深断裂

是斜贯河北省的太行山深断裂西带——紫荆关断裂带的主干断裂的北支。总体走向北东 25°，断裂切深已超过莫霍面。该断裂大致以赤城为中心，因南、北两段的地壳结构不同而存在着明显的差异。赤城以南的断裂区段形成较早，晚侏罗世—早白垩世，为断裂剧烈变形时期，形成了复杂的北北东向大型构造 - 岩浆带，新生代断裂活动微弱。

(6) 紫荆关 - 灵山深断裂

是太行山深断裂西带——紫荆关深断裂带主干断裂的南支。总体走向北东 20° ~ 30°，形态类型属正断层。

(7) 马市口 - 松枝口大断裂

该大断裂位于张家口地区西部，走向北西 30°。在于中新元古代即已存在，至中一晚白垩世局部仍有活动。

(8) 密云 - 喜峰口大断裂

该断裂位于尚义 - 平泉深断裂南侧，两者平行排列。总体走向近东西向。该断裂同北邻内蒙古地轴南缘深断裂带的发育过程极为近似，但级别较低，切割深度在康氏面附近。

(9) 平坊 - 桑园大断裂

该断裂为大兴安岭东麓前缘深断裂的南延部位，与尚义 - 平泉深断裂相交。在平泉以北，走向为北东 15° ~ 20°，过平泉往南，走向突然转折成北东 50°，其形成于侏罗纪与白垩纪之间，剧烈形变于早白垩世末，继承性活动不明显。

(10) 青龙 - 滦县大断裂

该断裂总体走向北东 25° 左右，形成于太古宙晚期至元古宙，至新生代仍有继承性活动。

三、新地质构造运动

河北省从第三纪以来新构造运动的基本格局是：西北部坝上高原整体上升，东南部河北平原总体沉降，燕山与太行山山区强烈的构造隆起与构造差异运动，一系列山间盆地的形成及山麓地区丘陵与山前古潜山带的形成。第四纪以来则以大面积断块式沉