

袁宏利 董 民 贾国臣 洪海涛 著

天津平原

TIANJINPINGYUAN

水利工程

SHUILIGONGCHENG

DIZHIHUANJING
GAILUN

地质环境概论



黄河水利出版社

内 容 提 要

本书对天津平原区水利工程地质环境条件、特点和一些特殊问题进行了概述,意在平原区具体水利工程地质勘察工作的开展及其具体问题的研究有所指导和提供思路上的帮助。本书共分5章,内容包括天津地区区域地质环境概况、天津平原区软土工程地质、平原区水利工程地质环境、天津平原水利枢纽工程地质实录以及平原区水利工程几个特殊地质问题的研究。

本书可供工程地质勘察技术人员、水利工程技术人員等阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

天津平原水利工程地质环境概论/袁宏利等著. — 郑州:
黄河水利出版社, 2008. 4

ISBN 978 - 7 - 80734 - 395 - 0

I. 天… II. 袁… III. 平原 - 水利工程 - 地质环境概
论 - 天津市 IV. P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 018061 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwp@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940, 66020550, 66028024, 66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:13

字数:300千字

印数:1—1 000

版次:2008年4月第1版

印次:2008年4月第1次印刷

定价:36.00元

序

恩格斯说：“社会方面一旦发生了技术上的需要，则这种需要就会比十数所大学更能把科学推向前进。”工程地质学之所以能够成为一门独立的科学，并沿着正确的方向迅速发展，正是大规模经济建设的需要给予了巨大的推动力量。工程地质学是研究与工程建设有关的地质问题的科学。它的研究对象是地质环境与工程建筑二者相互制约、相互作用的关系，以及由此而产生的地质问题，包括对工程建筑有影响的工程地质问题和对地质环境有影响的环境地质问题。它的任务是为工程建设的规划、设计、施工提供地质依据，以从地质上保证工程建设的安全可靠、经济合理、使用方便和运行顺利。为此，必须为工程建筑选择地质性质较好的场地，对于存在的地质问题还应在深入分析的基础上提出处理措施直至地基加固工程的设计和施工。同时，还要研究工程建设引起的环境地质问题，可能引起的地质灾害对工程建筑本身及周围环境的影响，以及采取工程措施消除灾害。由此看来，工程地质研究的领域很广，研究内容十分复杂，涉及的学科较多，大大超出了地质学的范畴，使工程地质成为一门以地质学为基础的综合性科学。

工程地质学的理论体系，概括起来就是以工程地质条件的研究为基础，以工程地质问题的分析为核心，以工程地质评价为目的，以工程地质勘察为手段。工程建筑与其所在的地质环境之间存在着相互制约、相互作用的关系，这就是工程地质学研究的对象。不论工程地质问题，还是环境地质问题，都是由工程建筑和地质环境二者相互制约和相互作用的矛盾关系引发出来的。在这种矛盾关系中工程地质条件是基本的，它制约着工程建筑，尤其是其中的薄弱环节，对工程建筑的规模和类型起着控制作用。因为建筑物的规模愈大，则其施加于地质体的应力愈强，建筑物不同，其施加应力的方向和形式也就不同，地质体在不同应力作用下所引起的变形大小和表现方式也随之不同。变形过大，超过地质体的容许能力，变形发展为破坏，建筑物也随之发生事故，这就是工程地质问题。由建筑物破坏而造成的灾害，以及建筑物作用于地质环境而直接造成的灾害，就成为环境问题。

工程地质问题 and 环境地质问题是可以预测的，只要查清工程地质条件，又有工程建筑的类型和规模，尤其是建筑物作用力的大小和性质，就可以建立二者相互作用的物理模型，进而建立计算模型，作出问题的定性分析和定量分析，对建筑场地给予工程地质评价，指出问题的严重性，找出哪些地质因素对工程不利，不能满足工程建筑的要求。应当采取何种措施予以补救，是减小建筑物的规模以适应地质条件，还是采取工程处理措施，改善地基条件以满足建筑物的要求，这要从技术条件上和经济合理性上进行比较才能确定。由上述可知，工程地质学研究的目的在于协调工程建筑与工程地质条件之间的矛盾关系，这样既保证工程建筑造福人类，又避免它对环境造成不良影响。

岩土工程是 20 世纪 60 年代末至 70 年代初，将土力学及基础工程、工程地质学、岩体力学三者逐渐结合为一体并应用于土木工程实际而形成的新学科。回顾我国近 50 年来岩土工程的发展，它是紧紧围绕我国土木工程建设中出现的岩土工程问题而发展的，其发

展也必将融入其他学科并取得新的成果,岩土工程涉及土木工程建设中岩体与土体的利用、整治或改造,其基本问题是岩体或土体的稳定、变形和渗流问题。

岩体在其形成和存在的整个地质历史过程中,经受了各种复杂的地质作用,因而有着复杂的物质组成、结构和地应力环境。而不同地区的不同类型的岩体,由于经历的地质作用过程不同,其工程性质往往具有很大的差别。岩石出露地表后,经过风化作用而形成土,它们或留存在原地,或经过风、水及冰川的剥蚀和搬运作用在异地沉积形成土层。在各地质时期各地区的风化环境、搬运和沉积环境的动力学条件均存在差异性,因此土体不仅工程性质复杂,而且其性质的区域性和个性很强。

岩石和土的强度特性、变形特性和渗透特性都是通过试验测定的。在室内试验中,原状试样的代表性、取样过程中不可避免的扰动以及初始应力的释放,试验边界条件与地基中实际情况不同等客观原因所带来的误差,使室内试验结果与地基中岩土实际性状发生差异。在原位试验中,现场测点的代表性、埋设测试元件时对岩土体的扰动,以及测试方法的可靠性等所带来的误差也难以估计。

岩土材料及其试验的上述特性决定了岩土工程学科的特殊性。岩土工程是一门应用科学,在岩土工程分析时不仅需要运用综合理论知识、室内外测试成果,还需要应用工程师的经验,才能获得满意的结果。

一个学科的发展还受科技水平及相关学科发展的影响。二次世界大战后,特别是在20世纪60年代以来,世界科技发展很快。电子技术和计算机技术的发展,计算分析能力和测试能力的提高,使岩土工程计算机分析能力和室内外测试技术得到提高和进步。科学技术进步还促使岩土工程新材料和新技术的产生。如近年来,土工合成材料的迅速发展被称为岩土工程的一次革命。现代科学发展的一个特点是学科间相互渗透,产生学科交叉并不断出现新的学科,这种态势也影响着岩土工程的发展。在展望岩土工程发展时,不能不重视岩土工程学科的特殊性以及岩土工程问题研究的特点。

地质环境与环境地质,有完全不同的含义和性质。地质环境是地壳表层与大气圈、水圈、生物圈,在长期地质历史中进行着能量迁移和物质交换,并在长期演化过程中逐步建立的相对平衡的开放系统。地质环境是有空间概念的,而环境地质则无空间概念,它以地质环境为研究对象,是研究人类技术经济活动与地质环境相互作用、相互影响的学科。环境地质一词,是随着一系列严重的环境问题,如环境污染、地质灾害等对生产、生活的影响愈来愈突出而提出的。地质环境是一个动态平衡系统,地质环境与人类工程技术经济活动也是一个复杂系统。认清系统与子系统间既互相关联又相互制约的关系,对人类正确处理人口、资源与环境和谐发展至关重要。

天津平原软土地基上的水利工程,有其区域性地质环境特点和复杂性,值得岩土工程工作者去系统深入研究。本书就平原区水利工程地质环境、特点和一些特殊问题进行概述,意在対水利工程地质勘察工作的开展及其具体问题的研究有所启发并起到抛砖引玉的作用。

杨计申 边建峰

2007年12月

前 言

天津平原地质环境有其区域性特点和复杂性,而软土地基上的水利工程也会遇到不同于其他岩土工程条件的工程地质问题。往往,看似简单的问题,实际上可能是值得我们去系统深入研究的。本书对平原区水利工程地质环境、特点和一些特殊问题进行概述,就是想起到抛砖引玉的作用。

本书共分5章,内容包括天津地区区域地质环境概况、天津平原区软土工程地质、平原区水利工程地质环境、天津平原水利枢纽工程地质实录以及平原区水利工程几个特殊地质环境问题的研究等。其中,就天津平原区地质环境、软土类型及其工程地质特性、软土地基勘察及地质工程、水利工程场地地质问题、动力条件下的变形及渗流稳定问题等进行了论述,列举了几个平原区水利枢纽工程的勘察实录,并就天津平原区地质灾害等几个特殊问题进行了初步研究和探讨。

编写过程中,得到中水北方勘测设计研究有限责任公司勘察院原总工程师杨计申教授的指导和帮助,在此对他表示深深的敬意!编写过程中,还得到勘察院各级领导和同事们的大力支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢!

本书具有一定的工程实用性,可供水利工程技术人员参考。由于本书定位于“概论”,加之我们业务水平有限,其中不妥或错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2007年12月

目 录

序

杨计申 边建峰

前 言

第一章 天津地区区域地质环境概况	(1)
第一节 自然地理概况	(1)
第二节 地貌类型概述	(3)
第三节 地 层	(10)
第四节 构造与地震	(16)
第五节 渤海与冀鲁平原地质发展简史	(31)
第六节 水文地质概况	(35)
第二章 天津平原区软土工程地质	(38)
第一节 软土成因类型	(38)
第二节 软土工程特性	(39)
第三节 软弱土工程特性	(42)
第四节 软土区工业与民用建筑工程地质勘察	(44)
第五节 软土工程地质评价	(46)
第六节 地基土体加固工程及方法	(47)
第七节 软土和软弱土地基加固方法及其适用性	(61)
第三章 平原区水利工程地质环境	(81)
第一节 场地工程地质	(81)
第二节 天津滨海地区工程地质环境	(89)
第四章 天津平原水利枢纽工程地质实录	(105)
第一节 永定新河防潮闸工程地质	(105)
第二节 独流减河进洪闸工程地质	(137)
第三节 永定河屈家店枢纽工程地质	(146)
第五章 平原区水利工程几个特殊地质问题的研究	(158)
第一节 天津平原地区的地质环境与地质灾害	(158)
第二节 平原区水库渗漏与浸没问题	(162)
第三节 长距离调水工程中的平原区地下水浸没问题	(176)
第四节 海河平原堤防工程地质勘察	(188)
第五节 平原区水库围堤滑坡地质勘察	(192)
第六节 细粒土液限测试标准不同对工程评价的影响	(195)
参考文献	(199)

第一章 天津地区区域地质环境概况

第一节 自然地理概况

天津地处华北平原东北部,东临渤海,北枕燕山,位于北纬 $38^{\circ}33'$ ~ $40^{\circ}15'$ 、东经 $116^{\circ}42'$ ~ $118^{\circ}03'$ 之间,西北与首都北京毗邻,东、西、南、北分别与河北省的唐山、廊坊、沧州、承德地区接壤,海岸线长约133 km,面积11 305 km²。天津这个名称最早出现于明朝永乐初年,意为天子经过的渡口。明朝永乐二年(公元1404年),作为军事要地,天津开始筑城设卫,称天津卫。

天津市地跨海河两岸,境内有海河、独流减河、永定新河、潮白新河和蓟运河等穿流入海。市中心距海岸50 km,离首都北京120 km,是海上通往北京的咽喉要道,自古就是京师门户,畿辅重镇。天津又是连接三北——华北、东北、西北地区的交通枢纽,从天津北上到东北的沈阳,西北的包头,南下到徐州、郑州等地,其直线距离均不超过800 km。天津还是北方十几个省市通往海上的交通要道,拥有北方最大的人工港——天津港,有30多条海上航线通往300多个国际港口,是从太平洋彼岸到欧亚内陆的主要通道和欧亚大陆桥的主要出海口之一。其地理区位具显著优势,战略地位十分重要。

天津市辖13个区5个县,人口约1 000万人,已形成以汽车及机械装备、电子、化工和冶金四大支柱产业为主,商贸、金融保险、交通运输、科技教育等第三产业日益发达,是对外开放最具活力的城市。国务院明确指示天津是环渤海的经济中心,要努力建成现代化的港口城市 and 我国北方重要的经济中心。

天津市位于北半球暖温带,中纬度欧亚大陆东岸,夏受海洋之惠,冬获内陆补偿,四季分明,介于大陆性与海洋性气候的过渡带上。冬季受蒙古冷高压控制盛行西北风;夏季受西太平洋热带高压左右而多偏南风。气候类型属于暖温半湿润季风气候。特点是春季干旱多风,冷暖多变;夏季温高湿重,雨热共济;秋季天高云淡,风和日丽;冬季寒冷干燥,雨雪稀少。气象特征如下:

(1)气温。天津市年平均气温的地理分布幅度为 $11.1\sim 12.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。气温由南部及海岸向北部内陆逐渐降低,温差为 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,全市各地气温年变化大体一致。年平均气温 $11\sim 12\text{ }^{\circ}\text{C}$,7月平均气温 $25.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,1月平均气温 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$,极端最高温度 $40.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,极端最低气温 $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(2)降水量。降水量在时空分布上变化较大。一是年内各季分配不均;二是年际变化较大,丰水年和枯水年降水量相差达3~4倍,且多集中暴雨。年平均降水量652.5 mm,一日最大暴雨量304.4 mm,最大积雪深度29 mm。春秋两季降水量分别占全年的10%和13%;夏季6月中旬至9月中旬为雨季(汛期),平均雨日34 d左右,汛期降水量占全年总降水量的73%以上;冬雨雪量只占全年总降水量的1%~3%。

(3)冰冻。最大冻结深度为 67 cm,冻结期平均为 130 d,霜冻期可达 187 d。无霜期自沿海地区向内陆逐渐缩短。

(4)风。天津大部分地区西南风频率最高,风向有明显的季节性变化。冬季盛行西北风,夏季盛行东南风,春、秋两季盛行西南风。年平均风速为 2~5 m/s,最大风速 22 m/s。全市各地瞬时风速大于等于 17 m/s 的大风,年平均日数为 31~53 d。

(5)湿度。天津的空气相对湿度以夏季最大,7~8 月份平均值可达 80% 左右。春季最小,2~4 月份最低为 60%。

(6)日照。全市年平均日照时数为 2 614~3 090 h,年日照百分率为 59%~70%。5~6 月份日照时数最多,12 月份日照时数最少。全市太阳总辐射量为 5 024~5 652 MJ/m²。

天津市位于海河流域各河系的下游,历史上素有“九河下梢”之称。由于上游大中型水库等拦蓄工程的建设,使得入天津各河流水量逐年减少,加上入海河口受潮汐影响,破坏了河口段水沙平衡,河口三角洲不能形成,使河道、河口严重淤积,大大降低了行洪泄洪能力。由于过量开采地下水,造成地面沉降,形成新的环境地质问题。

1412~1963 年的 552 年间,有关天津市的洪水致灾记载共 69 次,平均洪水致灾 8 年一次。其中有 5 次水淹北京,有 8 次水淹天津(1653 年、1654 年、1668 年、1801 年、1871 年、1890 年、1917 年、1939 年),每次大水都给人民生命财产造成巨大损失。进入 20 世纪以来,1917 年、1939 年、1963 年是天津市洪灾较大年份。20 世纪 50、60 年代,天津内河通航里程为 600 km。进入 70 年代后,海河上游各河系来水锐减,再加上市区碍航建筑物不断增加,使得通航里程逐渐缩短,1997 年全市内河通航里程为 90 km。

作为天津腹地的河北平原,属中温带、暖温带大陆性季风气候。主要特征是四季分明,冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨,春季干旱、多风沙,秋季晴朗寒暖适中。年平均气温大部分地区为 0~13℃。1 月平均气温 -21~-3℃,且寒冷季节较长,7 月平均气温 18~27℃,极端最高温 43.3℃。四季长短不均,冬季平原区 5 个月,夏季大部地区 2~3 个月。因冬冷夏热,气温年差较大。无霜期 100~200 d,10℃以上活动积温 2 000~4 400℃。年降水量 300~800 mm,燕山南麓和太行山东麓是降水较多地区,达 700~800 mm。河北平原少雨区年降水量不足 500 mm,降水季节分配不均,夏季占 65%~75%,且多暴雨,尤其在受夏季风的山麓地带,暴雨常形成洪涝灾害。春季温度上升快而多风,地面蒸发旺盛,空气及土壤干燥,春旱突出。降水不仅集中,且强度大,日最大降水量在太行山、燕山区,可达 300~400 mm。降水年际变化甚大,年相对变率达 20%~30%,京、津等地甚至在 30% 以上,旱涝灾害极易发生。

由于受太行山、燕山和温带大陆性气候的影响,降水年内年际变化很大,冬春季干旱少雨。全年降水的 70%~80% 集中在夏季,而且往往集中于一次或几次暴雨,河床坡陡流急,洪水来量和宣泄矛盾很大,常发生毁灭性灾害,洪涝灾害时空分布具有季节性、连续性、地区性和阶段性等特点;同时还造成水资源常年严重匮乏,经常遭受干旱的袭击,但每遇洪水还必须大量弃水,成为全国罕见的既经常受洪水严重威胁,又同时闹水荒的地区。洪、涝、旱、碱四大灾害十分突出,水资源严重匮乏,在很大程度上制约着国民经济的发展。新中国成立后,兴修了大量防洪、灌溉、除涝、治碱工程设施,抗御自然灾害的能力显著增

强,一般水旱灾害逐步得到控制,灾情明显减轻,盐碱地大部分得到改良。

河北平原是我国水资源缺乏的地区。人均水资源占有量 380 m^3 ,为全国人均占有量的 $1/6$ 亩^①,均水资源占有量为 240 m^3 ,为全国亩均的 $1/7$,其中人均和亩均地表水资源量只有全国平均的 $1/10$ 和 $1/8.5$ 。农业灌溉主要以渠灌和井灌为主。进入 20 世纪 70 年代后,随着地表水的日益匮乏,防渗技术和喷灌、滴灌等先进的节水灌溉技术得到推行。

有上述自然地理及气候特征不难看出,洪、涝、旱、碱灾害是天津平原地区突出的环境问题。

第二节 地貌类型概述

一、平原区地貌类型

地貌及第四纪地质,是水利工程地质环境研究的重要内容之一。我们知道,任何一种外力地质作用,在塑造地壳表部地貌形态的同时,亦形成(或生成)不同成因类型的松散堆积物。天津地区第四系松散堆积物厚达近千米,具有复杂的成因类型。而地貌学和第四纪地质学则是从不同角度研究同一对象,或称研究同一地质作用的两个方面,其研究成果,在多数情况下有着相互验证和相互补充的作用。因此,对于天津地区巨厚松散堆积物工程地质特性的研究,首先应是对其分布地段的各级地貌类型的研究,并以此推测其成土环境和成因类型;依据成土环境、搬运动力和物源类型,进一步分析土体的物质组成、结构特征及其后期改造和物理—化学变化的可能形式,以宏观判别土体的工程地质特性,即通常所说的工程岩土地质条件和岩土工程地质问题,预测可能的工程环境地质问题。所以,研究土体工程地质特性,首先应研究地貌类型和第四纪地质,这亦是水利工程有针对性地地质勘察技术策划的重要依据。

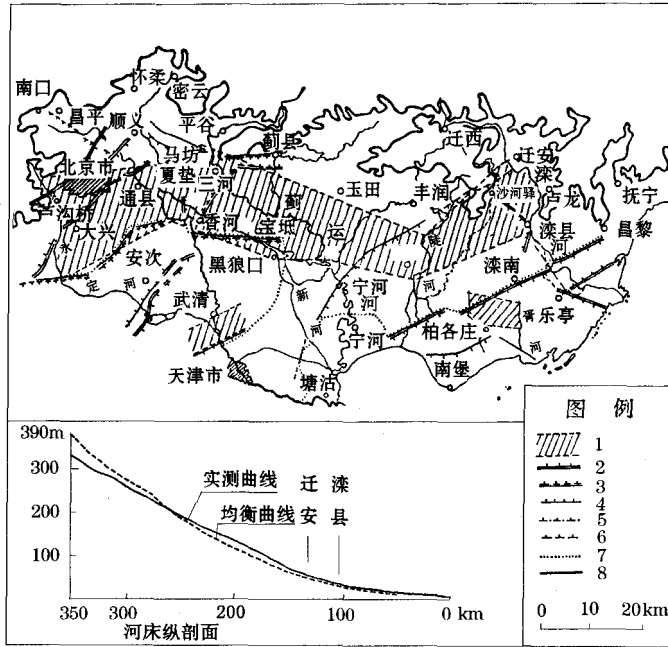
根据海河流域南系、北系和滦河流域多年来的地质勘察资料,以及南水北调中线天津干渠综合物探资料的分析,海河流域平原区各级地貌类型如图 1-1 所示,滦河冲洪积平原地貌变迁示意图如图 1-2 ~ 图 1-4。

海河流域平原区地貌为 I 级地貌单元——平原地貌,即指第三纪以来以下降为主,接受河、湖、海堆积作用形成的地貌单元。根据地貌形态和相应的物质组成,平原地貌又可分为如下几个 II、III 级地貌单元,见表 1-1。

(一) 海积、冲洪积平原

海积、冲洪积平原是指以海积作用为主、由海积及冲积共同作用形成的堆积地貌。海积、冲洪积平原地表平坦,高出海平面不超过 5 m ,微向海倾斜,地形坡降 $1/5000 \sim 1/20'000$;主要由黏性土和粉细砂或淤泥质土组成,普遍含有孔虫、海相介形虫及海相或海陆混生软体生物贝壳;分布于东营—沾化—黄骅—天津—柏各庄以东地带。根据微地貌形态和物质组成,还可以分为五个 III 级地貌类型:海滩、泻湖地、滨海洼地、滨海低平地

① 1 亩 = $1/15 \text{ hm}^2$,下同。



1—构造形变异常带;2—近期(新第三纪以后)曾有活动的断层;3—近期活动性有怀疑的断层;
 4—近期活动性未研究的断层;5—近期无活动的断层;6—推测断层,注:断层线
 旁侧短线表示断层倾向,无短线者表示倾向不明;7—相对隆起与拗陷区的边界;8—平原与山区的分界线

图 1-2 京津塘地区河床纵比降构造形变异常带图

(据中国科学院地理研究所:河北省滦县附近构造新活动性及地震危险区划分)

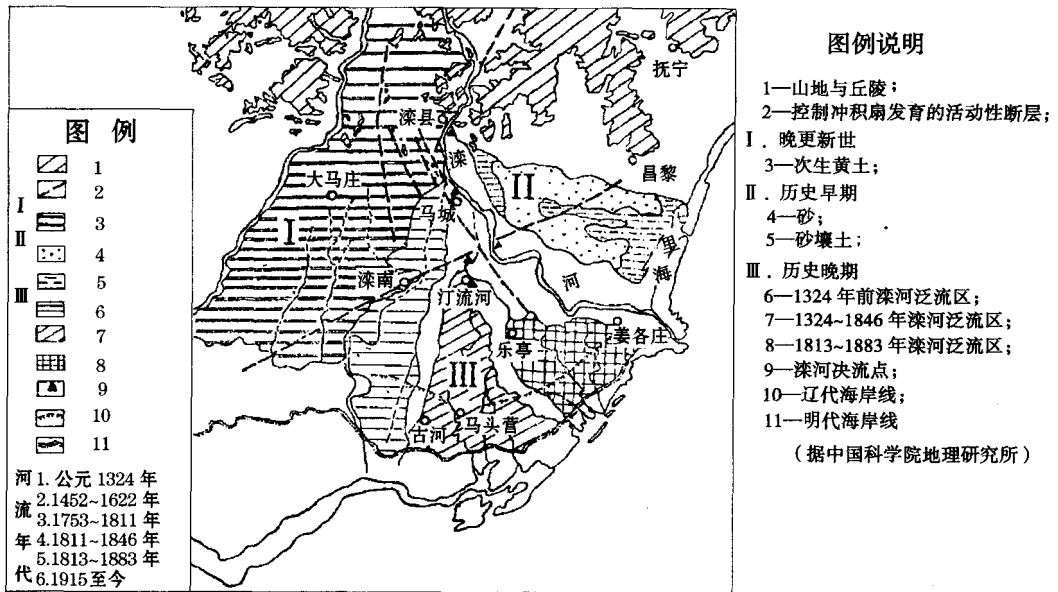


图 1-3 滦河冲洪积扇形态示意

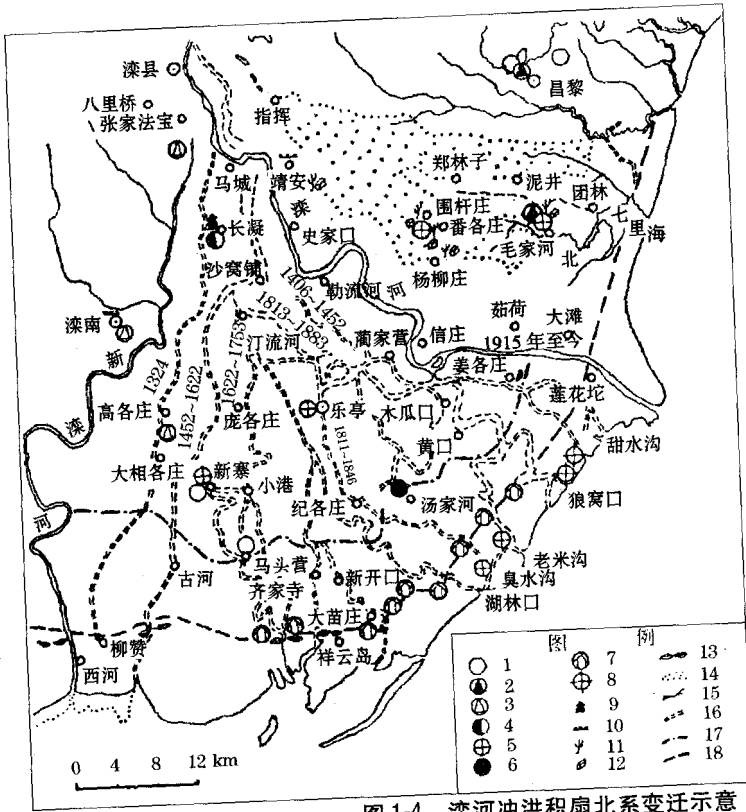


图 1-4 滦河冲洪积扇北系变迁示意

图例说明

- 1—新石器遗址;
 - 2—殷商遗址;
 - 3—春秋战国遗址;
 - 4—唐遗址;
 - 5—宋遗址;
 - 6—金遗址;
 - 7—明朝海防炮台;
 - 8—清朝炮台;
 - 9—唐塔;
 - 10—古城;
 - 11—四不象鹿角;
 - 12—草木炭;
 - 13—贝壳堤;
 - 14—沙带;
 - 15—现代河道;
 - 16—古河道;
 - 17—辽代海岸线;
 - 18—明代海岸线
- [据中国科学院地理研究所]

和河口三角洲。

(二) 冲湖积平原

冲湖积平原大都分布在山前坡地与洪冲积扇或洪冲积扇与冲积平原交接地带,其展布方向和规模决定于交接带方向及其地形形态。主要由黏性土(多为淤泥质土)组成,地势低洼易涝,地形坡度 1/10 000 左右,成为地表水的汇集区和地下潜水的排泄区。地下水位埋深浅,水质常为咸水;水的矿化度大于 2 g/L,水化学类型以 Cl·SO₄(或 SO₄·Cl) - Na 型为主,土壤易盐渍化。主要有宁津泊、白洋淀和大黄庄洼等。根据微地貌和物质组成,还可以细分为:河湖三角洲(仅分布在白洋淀滞龙河入口处)、低洼地(分布在上述几个洼地的中央区)、低平地(分布在上述几个洼地的周边)。

(三) 冲积平原

主要由海河、黄河等变迁、泛滥冲积而成,分布广泛,为平原区主要地貌类型。地形平均坡降 1/5 000 ~ 1/6 000。区内古河道多而长,呈微高地分布,古河道之间分布一系列洼地,构成明显的岗、坡、洼地等相间分布的地貌形态,在平原区南东和东部有规律的呈 NE30°方向的条带状展布(如南运河两侧地带)。古河道附近常分布有决口扇。在洼地中的较高处或高地中的低洼地带,地下水位埋深较浅,土壤盐渍化,常为咸水,水的矿化度达 2~5 g/L,地下水水化学类型常为 SO₄·Cl - Na 或 Cl - Na 型。根据微地貌形态和物质组成,还可细分为河漫滩、河间洼地和泛滥洼地、泛滥坡平地及冲积平地、决口扇、冲积扇的缓坡地、河流故道高地和微高地等Ⅲ级地貌单元。

表 1-1 平原区地貌单元类型

地貌单元类型		
I 级	II 级	III 级
平原	海积、冲洪积平原	海滩
		泻湖地
	冲湖积平原	滨海洼地
		滨海低平地
	冲积平原	河口三角洲
河湖三角洲		
低洼地		
低平地		
冲洪积平原	河漫滩	
	河间洼地和泛滥洼地	
洪坡积平原	泛滥坡平地及冲积平地	
	决口扇	
残坡积倾斜地	冲积扇的缓坡地	
	河流故道高地和微高地	
洪坡积平原	扇上和扇前洼地	
	洪积扇或缓斜地	
洪坡积平原	洪坡积倾斜地	
	残坡积倾斜地	

(1)河漫滩。沿河分布,从滦河到黄河,各河河漫滩均呈现上游较宽,下游变窄的形态。微向河床倾斜,较泛滥坡平地低 2~5 m 不等。堆积物主要为粉砂、砂壤土与壤土互层,平原区北部河流漫滩颗粒组成略粗,尤其河流上游段,可为中粗砂或含砾中、粗砂。

(2)河间洼地和泛滥洼地。平原区内河道间分布有洼地,沿河流发育方向呈长条形分布。如临西洼地、恩县洼地、衡水—献县洼、河间—任丘洼地等。一般较平原地面低 1~5m,常为粉质黏土、砂壤土等。地下水位埋深浅,水质呈微咸水,地下水矿化度 1~3 g/L,地表土壤多盐渍化,局部因地下水排泄不畅而呈沼泽化,有芦苇丛生。

(3)泛滥坡平地及冲积平地。是指泛滥形成的微高地、古河道高地和决口扇与泛滥洼地间的地带。平原区内分布最广,呈宽条带状沿北东向展布。地势低平,土的颗粒组成较细,多为粉质黏土。一般不含地下水。

(4)决口扇。主要发育于黄河北岸侧,且常见于凹岸外,如图 1-5 所示。与泛滥坡平地呈过渡关系,无明显坡折,仅有颗粒组成的差别。土的颗粒组成较粗,透水性相对较强。仅局部洼地处长有盐渍化现象。

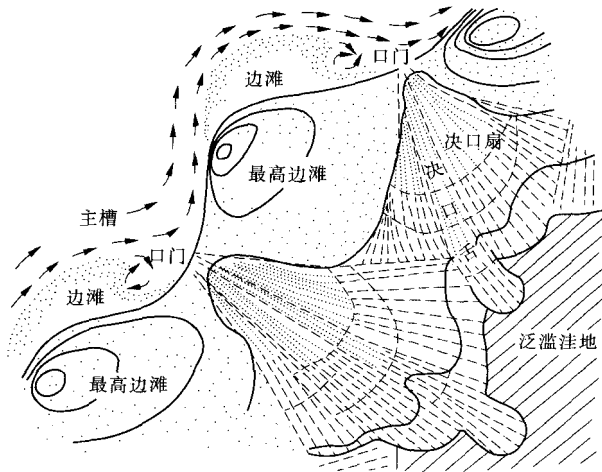
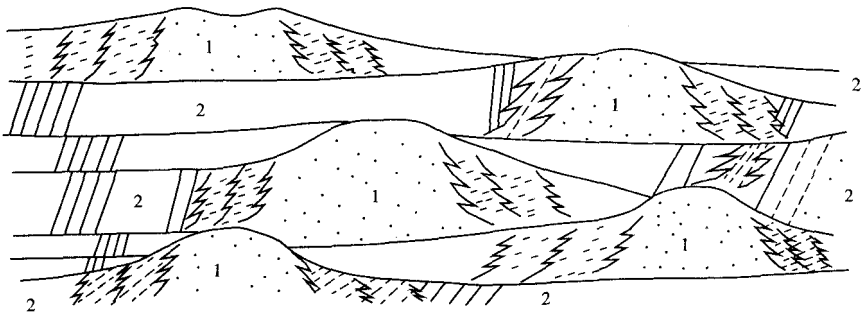


图 1-5 老决口舌和决口扇叠加地貌示意

(5) 冲积扇的缓坡地。主要分布在黄河北岸的长垣、濮阳以西地带。呈扇形分布,地面高程 40~90 m,向北东方向倾斜,地形坡度 $1/3\ 000 \sim 1/6\ 000$ (见图 1-6)。颗粒组成主要为砂土、粉土和砂壤土等。局部低洼处有盐渍化现象。

(6) 河流故道高地和微高地。由河流故道形成的微高地,常常高出两侧地面 2~6 m。平原区内的东和南东部河流故道多沿北东 30° 方向呈条带状展布。最宽最长的河流故道高地为馆陶—德州—庆云间故道高地。主要由粉砂、砂壤土组成。其上常发育沙岗、沙垄、沙丘等微地貌形态。地下水位埋深一般较深。如图 1-6 所示。



1—河流故道,地形地形成沙后或沙岗等;2—泛滥洼地

图 1-6 海河流域泛滥洼地示意

(四) 洪冲积平原

洪冲积平原分布于山前平原与丘陵台地相接地带,或者与洪坡积平原相接。是季节性洪流和常年水流共同作用的结果,可谓之混合成因的洪冲积平原。地形坡度在出口处约为 $1/300$,逐渐变为 $1/10\ 000 \sim 1/3\ 000$ 。区内分布有面积最大的属漳河、滹沱河、永定河、滦河的洪积扇。根据微地貌特征和颗粒组成,又可细分为扇上和扇前洼地、洪积扇或缓斜地。

(1) 扇上和扇前洼地。物质组成以细颗粒为主,含粉质黏土、砂壤土等。具有特定的

水文地质条件,地下水水质较差,多为咸水或微咸水。

(2)洪积扇或缓斜地。分布于太行山、燕山山前河流出口处。由于山地间歇性上升,故洪积扇扇顶不断向平原迁移,相邻扇体及不同时期的扇体间呈偏转或相互叠置的关系。部分晚更新世洪冲积扇或缓斜地已遭受剥蚀。

(五)洪坡积平原

洪坡积平原分布在太行山、燕山山前低山丘陵前缘,由于山地急剧抬升,平原区剧烈下降,该带在地貌上分布很窄(相对而言),并且地形亦较平缓。由季节性水流和坡面水流堆积而成。根据微地貌形态和颗粒组成,可细分为洪坡积倾斜地和残坡积倾斜地两个Ⅲ级地貌单元。

综上所述,海河流域平原区地貌形态成因类型复杂多变,主要有海积平原、湖积平原、冲积平原以及洪积平原等。此外,还有部分由多种营力综合作用形成的海积冲积平原、湖积冲积平原、洪积冲积平原等。从区域地貌特点上看,海河流域平原区地貌具有以下特点:

(1)地貌结构呈阶梯状。山前为坡积平原、洪积平原、洪积冲积平原和冲积扇平原,而后逐渐过渡为冲积平原、湖积平原、海积冲积平原和海积平原等。

(2)平原区岗、坡、洼地地貌发育明显。广大的平原周围分布着山地丘陵,形成开阔的低洼地带并直接与渤海大陆架相连,总的地势是西高东低。在各河流控制下,岗、坡、洼地地貌形态发育明显,正负地形呈带状展布,构成平原区地貌的主体。

(3)水系变迁对平原内部地貌的形成和发育起主导作用。平原地貌建造的营力主要是河流流水和泥沙堆积的共同作用,海河水系的上游,多属松散的黄土堆积区,河流含沙量较大,对平原区地貌的塑造起了很大作用。

二、各地貌单元特征

(一)洪积冲积平原

洪积冲积平原由常年流水或季节性流水的河流堆积而成,主要分布于山前地带。地面坡降由 $1/300 \sim 1/500$,逐渐减缓到 $1/500 \sim 1/1000$,与其他类型的平原交接处有明显坡折。洪积冲积平原主要地貌类型有洪积扇、微倾斜平地、岗地、槽形洼地等,它们在一定程度上表现了河流的变迁史。

(二)冲积扇平原

冲积扇平原是来自太行山、燕山等边缘山地的一些河流所堆积而成的平原,以永定河、拒马河、滹沱河、漳河等河流的冲积扇规模较大。扇形平原上的古河道高地、沙岗、古河漫滩、古河床洼地等微地貌特征,往往反映了河流变迁的过程,成为冲积扇平原上的特色地貌景观。

冲积扇平原从上游到下游坡降变化明显,靠近山前的顶端地带坡降大致为 $1/300 \sim 1/500$,河流有一定下切能力,河漫滩低于地面 $2 \sim 3$ m,河床变动较小;中部地带坡降 $1/1000 \sim 1/5000$,是河流经常改道、决口、泛滥的地带,地面有大片沙地及古河道遗迹;冲积扇前缘地带,地势低平,坡降小于 $1/5000$,且有不同河系的径流交汇,雨季排水困难,造成严重的洪涝灾害。

(三) 冲积平原

海河冲积平原是由流域内河流迁移和泛滥冲积而形成的,分布面积广,地势平坦,高程在 4.5 ~ 5.0 m 之间,平均坡度 1/5 000 ~ 1/6 000,在基底构造和河流流向的控制下,平原区地势总体由西南向东北倾斜。

不同河流历次改道和沉积物分异形成本区地貌的基本轮廓,地表正负地形相间排列,不同的地貌类型如河漫滩、自然堤、河间洼地、平地等具有带状平行排列的规律。

(四) 冲积湖积平原

冲积湖积平原由河流与湖泊共同作用堆积而成,多分布于冲积扇平原或山前冲积平原的外围,是现代湖泊(如冀中的白洋淀)或古代湖泊洼地(如冀南的宁晋泊、大陆泽、恩县洼、文安洼等)的所在地,其地貌类型主要有湖滩、滨湖低地、平地、低平地、洼地等。

白洋淀由大小 92 个淀泊组成,总面积约 570 km²,丰水期水深 10 ~ 15 m,最大蓄水量达 19 亿 m³。宁晋泊、大陆泽、恩县洼、文安洼等虽已干涸,但洪水季节还有一定面积的积水,1963 年特大洪水,曾使宁晋泊和大陆泽这两个洼地连成一片泽国。

(五) 海积平原

渤海海积平原是近代海成平原,高程仅 1 ~ 3 m,地面坡降小于 1/10 000。其地貌类型主要为滨海低地、泻湖洼地和海滩,以滨海低地面积最大。滨海低地地面平坦,水流缓慢。泻湖洼地主要有南大港和北大港洼地等。

(六) 海积冲积平原

海积冲积平原为古代滨海地区,地势低平,高程不超过 5 m,坡降小于 1/5 000,洼地和平地是其主要的地貌类型,在众多的洼地中,以大黄铺洼、团泊洼的规模较大,是昔日的古泻湖。

由上述地貌单元的划分和各地貌单元特征不难看出,天津地区由于永定河泛滥以及黄河北上屡屡改道,形成了复杂的微地貌和成土环境。由于其物源主要为西部黄土高原再搬运黄土,不同地貌单元内物质组成尤其是颗粒组成差别不大,仅是因动、静水沉积环境不同,存在黏粒、胶粒成分含量的差异。

从微地貌形态分析,天津地区河、湖堆积环境基本为中性或略碱性环境,尚未发现膨胀土或分散型土发育。但近年来,像大黄庄洼等洼地,由于多年的干旱,水面大大缩小,其边缘地带是否会有分散性土形成,还是应该予以关注的。

第三节 地 层

海河流域平原区所处的华北地区,位于西太平洋边缘岛弧后地带,自喜马拉雅山运动(以下简称喜山运动)以来,主要处于 NW—SE 方向的拉张应力场中。燕山运动以来形成或复活的一些主干断裂,由挤压转换为引张,并发生一侧沉降,从而孕育了新生代的主要断陷盆地和裂谷盆地,逐步形成了著名的华北平原及其外侧的若干小型拗陷。从第三纪始新世到第四纪全新世,华北平原区总体表现为大幅度下降,形成多个相间排列的 NNE 向拗陷,并接受了巨厚的沉积物(见图 1-7)。现将与海河平原区水利工程关系较为密切的第三系、第四系地层简述于后。

系	统	组	段	柱状剖面	厚度(m)	岩性特征及分布	
上	新	明化镇组	明上段		160 ~ 800	灰、浅灰绿、棕黄色泥岩与灰白、棕黄色粉砂岩、细砂岩互层、局部地区下部夹含砾砂岩。 分布全区	
			明下段		155 ~ 933	棕红、紫红色泥岩与棕黄色粉、细砂岩互层(不等厚), 时夹灰绿色泥岩, 含砾砂岩。遍布全区, 黄骅小区厚达1 063 m	
		中新统	镇陶组		0 ~ 956	紫红色泥岩与灰、灰白色砂岩、含砾砂岩互层。局部地区夹灰绿色泥岩, 底部普遍有一层石英、碱石砾岩。遍布全区, 仅局部缺失(边缘)	
下	渐	东营组	一段		0 ~ 700	紫红、灰绿色泥岩与灰、灰白色砂岩互层。主要分布于冀中、黄骅小区	
			二段		0 ~ 533	灰绿色泥岩夹浅灰色砂岩及介形虫灰岩, 含螺泥岩。主要分布于冀中、黄骅小区	
			三段		0 ~ 552	紫红、灰色泥岩与浅灰、灰绿色砂岩互层。黄骅小区南部夹介形虫泥岩。分布于冀中、黄骅小区	
	新	河	沙	一段		0 ~ 1 100	冀中小区: 上部暗紫红色泥岩夹浅灰色砂岩; 中部灰绿色泥岩; 下部钙质页岩、生物灰岩、油页岩、灰岩, 底为灰色砂岩 黄骅小区: 由油页岩、钙质页岩、碎屑灰岩、泥质白云岩组成, 顶部为灰色泥岩、砂岩。厚度7-1 000 m
				二段		0 ~ 800	暗紫红, 灰绿色泥岩, 砂岩、钙质砂岩夹石膏薄层。黄骅小区为灰绿色泥岩夹砂岩、砂砾岩。邯郸—衡水小区为紫红、棕红色泥岩与灰、浅灰色粗砂岩、砂岩互层
			沙三上段		0 ~ 828	顶为灰, 灰绿色泥岩, 以下为灰、绿色、深灰色泥岩与灰白色粉砂岩、砂岩互层, 夹深灰色炭质泥岩、油页岩和薄层煤, 局部地区夹紫色泥岩。主要分布于冀中、黄骅(厚670m), 邯郸—衡水小区	
			沙三中段		0 ~ 417	灰、深灰色泥岩夹灰白、灰色粉、细砂岩, 黄骅小区下部夹油页岩, 含钙砂岩。主要分布于冀中、黄骅(厚670m), 邯郸—衡水小区	
			沙三下段		0 ~ 1 190	上部: 灰、深灰色泥岩, 钙质页岩与灰白、浅灰色砂岩、含油砂岩互层, 局部地区砂岩中含砾; 下部: 灰、深灰色泥岩、钙质页岩、油页岩与灰、灰白色砂岩互层, 局部地区砂岩中含石膏团粒。分布于冀中、黄骅(厚400m), 邯郸—衡水小区	
			沙四上段		0 ~ 967	上部: 灰、深灰色, 褐灰色泥岩夹砂岩薄层或砂岩条带; 下部: 灰、深灰色含钙泥岩, 局部含砂; 底部: 夹钙质页岩, 泥灰岩、泥质白云岩。分布于冀中小区北部	
	新	组	沙四中段		0 ~ 782	绿灰、深灰、灰色泥岩与灰白色粉、细砂岩不等互层, 夹玄武岩。在黄骅、邯郸—衡水小区为深灰色泥岩夹石膏层或为互层, 时夹泥质白云岩。厚500余m。遍布冀中、黄骅小区	
			沙四下段		0 ~ 1 079	上部: 灰黑色泥岩夹灰色粉砂岩, 局部夹玄武岩; 中部: 深灰、灰色泥岩夹暗紫红色泥岩及粉砂岩; 下部: 紫红色泥岩与浅灰色砂岩不等厚互层, 夹碳质泥岩薄层。底为砂岩、含砾砂岩 分布于冀中、黄骅、邯郸—衡水小区	
			孔店组		88 ~ 692	上部: 棕红色泥岩与砂岩互层, 夹石膏泥岩, 顶部为青灰色泥岩夹含石膏页岩; 下部: 棕褐色泥岩夹含砾砂岩、砂岩	
系	统	店	二段		116 ~ 437	深灰、黑色泥岩夹油页岩、钙质页岩, 砂岩, 局部地区夹灰岩、含膏泥岩、玄武岩	
			三段		205 ~ 487	紫褐、紫红色泥岩夹砂岩、砂砾岩, 底为砾岩, 局部夹玄武岩	
			白垩系			泥岩夹砂岩	

图 1-7 平原区第三系综合柱状图(引自区域地质志)