

HAIHE LIUYU PINGYUANQU

DIFANG GONGCHENG DIZHI YANJIU

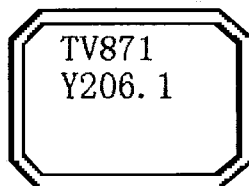
海河流域平原区

堤防工程地质研究

杨计申 李彦坡 等 著



黄河水利出版社



海河流域平原区 堤防工程地质研究

杨计申 李彦坡 等 著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书以翔实的资料论述了海河流域平原区堤防工程的地质环境,针对堤防工程的特点,提出了堤基土(地质体)与堤身土(工程体)的区别,以及各自存在的主要工程地质问题。针对堤防工程质量检查的特殊性,提出了勘察工作设计思路和方法。为便于大江、大河流域防洪规划设计的需要,对堤防工程质量的分类标准和方法进行了探讨和论述,经海河流域防洪规划设计使用,收到了很好的效果。

本书具有较强的工程实用性,可供大专院校教学和水利工程技术人員参考。

图书在版编目(CIP)数据

海河流域平原区堤防工程地质研究/杨计申,李彦坡等著
—郑州:黄河水利出版社,2004.12

ISBN 7-80621-861-0

I. 海… II. ①杨…②李… III. 海河—流域—
平原—堤防—工程地质—研究 IV. TV871

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 121029 号

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

发行部电话及传真:0371-6022620

E-mail: yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位:河南第二新华印刷厂

开本:787mm×1 092 mm 1/16

印张:11.5

字数:261 千字

印数:1—1 500

版次:2004 年 12 月第 1 版

印次:2004 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-861-0/TV·382

定 价:26.00 元

序

海河流域包括海河、滦河、马颊河三大河系,流域面积 31.8 万 km^2 。为了根治海河、兴利除弊,确保海河流域特别是平原区人民生命财产的安全,新中国成立以来,流域内修筑堤防总长 20 000 km (相当于全国堤防总长的 1/10),在防洪、灌溉、城市供水等方面发挥了巨大的效益。

1998 年,长江、松花江流域相继发生了特大洪水,给人民生命财产造成了极大的损失,同时暴露出许多工程质量和工程隐患,引起了党和政府的极大关注。海河流域在“63·8”大水之后近 40 年虽未有大洪水发生,但从历史上看仍是水、旱灾害频发地区。海河流域堤防工程大多修建于 20 世纪 60 年代,虽经不断加固,仍存在断面不足、填筑质量差、堤身隐患多、基础防渗差等问题。

杨计申同志 40 余年来一直坚持在水利水电工程地质勘察第一线,先后主持和参加了潘家口水库、引滦入津工程、万家寨引黄入晋工程、石漫滩水库、黄河大柳树水利枢纽、沙坡头水利枢纽、密云水库加固、雾灵山抽水蓄能电站、桃花寺抽水蓄能电站、刚果英布鲁水电站、海河流域平原区堤防工程质量调查等多项大中型水利水电工程项目的工程地质、水文地质勘察工作,其成果获得多项国家级或省部级工程勘察金奖和银奖。

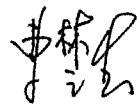
《海河流域平原区堤防工程地质研究》一书,是作者工程勘察实践的总结。针对堤防工程的特点,作者提出了堤身土是“工程体”的新理念,在堤防工程勘察中,对堤基土和堤身土体不能等同相待,而应采取不同的、有针对性的勘察手段和评价标准。鉴于堤身土体质

量分布的随机性特点,本书采用运行管理—施工工艺—设计标准—地质勘察结论的反衍思路,提出了地质、钻探、物探和土工试验方法组合,尤其土工试验与物探相结合,是一个突出的特点,值得研究和推广。

书中运用黏性土结合水渗透理论,解释了浸没、散浸和渗漏等工程地质、水文地质问题,并提出了求取起始水力坡降(I_0)试验方法等。书中还提出了对堤防工程进行质量评价和分级的方法,并被有关单位引用。

我与作者长期共事,深知他们在多年的工程勘测设计、施工与监测管理工作中,积累了丰富的工程经验和深厚的理论基础。本书正是他们多年工程勘察实践和成果的结晶。

中国工程院院士
中国工程设计大师
水利部天津水利勘测设计院
专家委员会主任
天津大学教授



2004.12.14

前 言

堤防工程,是水利工程重要类型之一,是江河防洪体系的重要组成部分,是江河度汛、防洪的重要屏障。堤防工程的质量,是堤防工程能否安全运行的关键。

堤防工程,包括堤基和堤身两大部分。堤基是不同地质时期、不同成因类型的“地质体”,而堤身则是人工填筑而成的“工程体”。前者按着成因类型和成土环境等固有的规律发育和展布,堤防工程质量则取决于填筑土料的工程性质和填筑质量。作为未建堤防工程的堤基勘察,是地质工程师的正常工作范围,而堤身土体质量检查,则不能用通常地质勘察工作设计思路和勘察方法,这就给地质工程师提出了一个新的课题。

海河流域平原区,河流发育,历史上修筑堤防工程却很少,成为洪、涝、旱、碱灾害的多发区。1963 年大洪水后,毛泽东主席发出“一定要根治海河”的伟大号召,在各级政府和领导的关怀下,平原区内全民动员,利用冬闲时间,按照 1963 年洪水标准,修筑了数千公里的堤防工程。但是,至今大部分堤防工程尚未经受洪水的考验。

1998 年,长江、松花江相继出现特大洪水,沿江堤防险象环生,堤防工程暴露出许多问题,引起党和政府的极大关注。近几年来,各大江、大河流域均开展了对已建堤防工程现状的调查和加固工作。随着已建堤防工程加固工作的不断深入,堤防工程勘察工作越来越引起水利工程领域的重视。对堤身土体质量如何进行检查,采用什么标准进行质量评价,我们在深入分析“工程体”的质量控制因素后,采用反衍思路,组合勘察方法,利用获得的土体强度参数,评价“工程体”的质量。通过综合分析堤防工程地质环境和堤防工程质量,对堤防工程质量进行分类,以作为堤防工程除险加固设计和

施工安排的依据。

本书以翔实的第一手资料,阐述了海河流域平原区堤防工程特点、主要隐患类型、勘察方法组合和质量评价标准,提出了堤防工程勘察手段的新理念,不仅对堤防工程质量检查有十分重要的现实意义,同时对大专院校学生和有关工程技术人员亦有指导和参考意义。

本书由杨计申、李彦坡等著,各章节主要起草人如下:

杨计申:前言,第一篇第四章,第二篇第一章、第三章,第三篇三章。

李彦坡:第一篇第五章,第二篇第二章,第三篇第二章(第一节至第三节)、第四章。

徐建闽:第一篇第一章、第二章、第三章,第三篇第一章。

王清玉:第三篇第二章(第四节),第四篇第三章。

张志恒:第四篇第一章。

袁宏利:第四篇第二章。

杨计申、李彦坡、徐建闽对本书做了统稿、修改和定稿。

本书编写过程得到了海河水利委员会郭宏宇总工程师和李彦东副总工程师的指导和关心,编辑出版得到了海河水利委员会、漳卫南管理局、河北省水利勘测设计研究院和河北省水利勘测设计研究院二院、天津水利勘测设计院的大力支持,在此一并表示谢意。由于水平有限,错误难免,不当之处,敬请读者批评、指正。

作 者

2004 年 10 月

目 录

序	曹楚生
前言	

第一篇 海河流域平原区地质概况

第一章 地形地貌	(3)
第一节 平原区地貌类型	(3)
第二节 各地貌单元特征	(7)
第二章 地层岩性	(9)
第一节 海河流域平原区第三系	(9)
第二节 海河流域平原区第四系	(11)
第三章 构造与地震	(15)
第一节 区域地震地质	(15)
第二节 平原区地震活动性	(23)
第四章 渤海与冀鲁平原发育简史	(28)
第一节 渤海的形成演化与冀鲁平原	(28)
第二节 第四纪以来地质环境变迁	(29)
第三节 海陆变迁及其环境地质	(31)
第五章 水文地质概况	(32)
第一节 第一含水组	(32)
第二节 第二含水组	(33)
第三节 第三含水组	(33)
第四节 第四含水组	(33)

第二篇 土体工程地质特性

第一章 土的分类	(37)
第二章 一般土的工程性质	(40)
第一节 山前倾斜平原区	(40)
第二节 冲积平原区	(40)
第三节 冲积海积平原区	(45)
第三章 特殊土的工程性质	(46)
第一节 黄土	(46)
第二节 膨胀土	(49)
第三节 分散性土	(56)

第三篇 堤防工程勘察

第一章 堤防工程地质问题	(61)
第一节 堤基土体地震液化	(61)
第二节 渗透变形破坏	(63)
第三节 堤身土开裂与沉陷	(65)
第四节 堤身土散浸	(66)
第五节 其他	(67)
第二章 堤防工程土体质量检查方法	(69)
第一节 地质调查(地质测绘)	(70)
第二节 勘探	(70)
第三节 土工试验	(72)
第四节 工程地球物理探测	(73)
第三章 堤防工程质量分类	(82)
第一节 堤防工程质量分类体系的构成	(82)
第二节 堤防工程质量分类	(83)
第四章 堤防加固的地质工程措施	(87)
第一节 灌浆	(87)
第二节 深层搅拌防渗墙施工	(92)
第三节 锥探灌浆	(95)

第四篇 堤防工程质量检查实例

第一章 ××河系堤防工程地质勘察	(101)
第一节 ××河堤防工程地质	(101)
第二节 堤防工程地基	(104)
第二章 ×××河堤防工程地质	(129)
第一节 堤基工程地质	(129)
第二节 堤身土体质量	(139)
第三章 堤防工程物理勘探	(156)
第一节 地质概况和地球物理特征	(156)
第二节 工作方法	(156)
第三节 资料整理与解释	(162)
第四节 成果综述	(169)
参考文献	(173)

第一篇

海河流域平原区地质概况

第一章 地形地貌

第一节 平原区地貌类型

海河流域平原区为Ⅰ级地貌单元——平原地貌,即指第三纪以来以下降为主,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,平原地貌又分为如下几个Ⅱ级地貌单元,见表1-1-1。

表 1-1-1 海河流域平原区地貌单元类型

Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
平原	海积、冲洪积平原	海滩 泻湖地 滨海洼地 滨海低平地 河口三角洲
		河湖三角洲 低洼地 低平地
	冲湖积平原	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 冲积扇缓坡地 河流故道高地和微高地
	冲积平原	扇上和扇前洼地 洪积扇或缓斜地
	洪冲积平原	洪坡积倾斜地 残坡积倾斜地
	洪坡积平原	

一、海积、冲洪积平原

海积、冲洪积平原指以海积作用为主,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 5m,微向海倾斜,地形坡降 $1/5\ 000 \sim 1/20\ 000$ 。其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 5 个Ⅲ级地貌类型——海滩、泻湖地、滨海洼地、滨海低平地 and 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。其主要由黏性土(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 2g/L ,以 $\text{Cl}^- \cdot \text{SO}_4^{2-}$ (或 SO_4^{2-} 、 Cl^-) - Na^+ 型水为主,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

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 $1/5\ 000 \sim 1/6\ 000$ 。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地呈 $\text{NE}30^\circ$ 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,较大的决口扇主要分布在黄河北岸的范县、阳谷、齐河、滨州等处。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 $2 \sim 5\text{g/L}$,地下水化学类型常为 $\text{SO}_4^{2-} \cdot \text{Cl}^- - \text{Na}^+$ 或 $\text{Cl}^- - \text{Na}^+$ 型水。根据微地貌形态和物质组成,还可细分为下述Ⅲ级地貌单元。

(一)河漫滩

沿河分布,从滦河—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 $2 \sim 5\text{m}$ 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。

(二)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—献县洼地、河间—任丘洼地等。一般较平原地面低 $1 \sim 5\text{m}$,常为粉质黏土、砂壤土等。地下水位埋深浅,水质呈微咸水,地下水的矿化度 $1 \sim 3\text{g/L}$,地表土壤多见盐渍化,局部因地下水排泄不畅而呈沼泽化,有芦苇丛生。

(三)泛滥坡平地及冲积平地

系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。

(四)决口扇

决口扇主要发育于黄河北岸侧,且常见于凹岸外(图 1-1-1)。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,仅局部洼地处见盐渍化现象。

(五)冲积扇的缓坡地

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 $40 \sim 90\text{m}$,向北东方向倾斜,地形坡度 $1/3\ 000 \sim 1/6\ 000$,如图 1-1-1 所示。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。

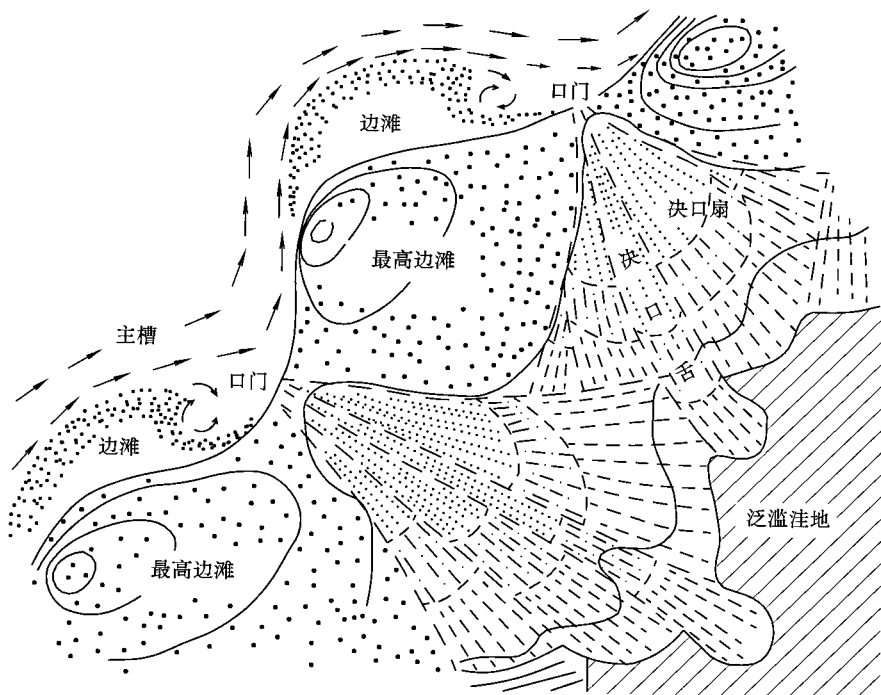
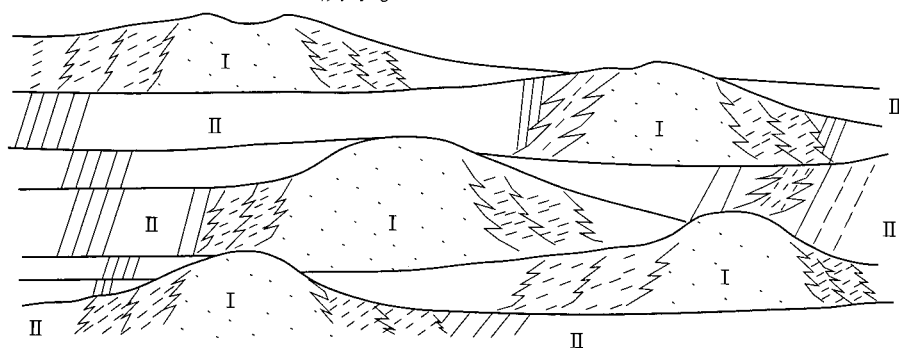


图 1-1-1 决口舌和决口扇叠加地貌示意图

(六) 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 2~6m。平原区内的东部和南东部河流故道多沿 NE30°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,地下水埋深一般较深。如图 1-1-2 所示。



I—河流故道,地表形成沙丘或沙岗等; II—泛滥洼地

图 1-1-2 海河流域及泛滥洼地示意图

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,洪冲积平原又可细分为以下两种。

(一) 扇上和扇前洼地

物质组成以细颗粒为主——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。

(二) 洪冲积扇或缓斜地

洪冲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,故洪冲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、残坡积倾斜地分布在太行山、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(图 1-1-3)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。

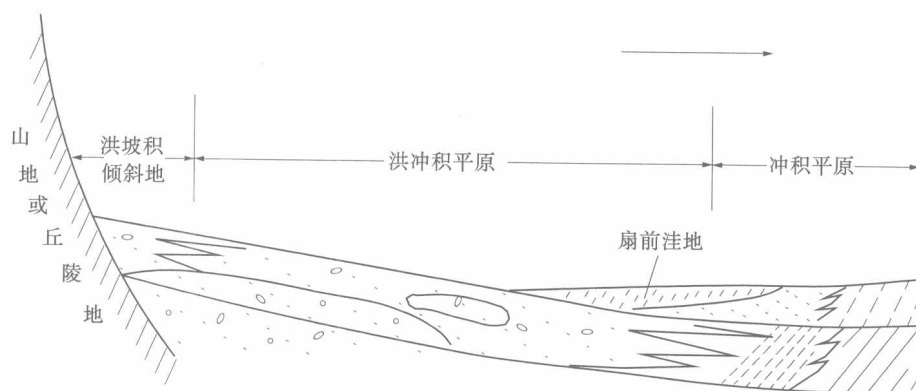


图 1-1-3 洪坡积(或残坡积)倾斜地、洪冲积平原示意剖面图

(一) 地貌结构呈阶梯状

山前为坡积洪积平原、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。

(二) 平原区岗、坡、洼地地貌发育明显

广大平原在周围山地丘陵的夹峙下,形成一个开阔的低洼地区,直接与渤海大陆架相连,总的地势是西高东低。在不同的河流控制下,岗、坡、洼地地貌形态发育明显,而且正

负地形呈带状展布,构成平原区地貌的主体。

(三)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,因此河流的含沙量较大,对河北平原区地形的塑造起了很大作用。

第二节 各地貌单元特征

一、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 $1/500 \sim 1/1\,000$,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 $2 \sim 3\text{m}$,河床变动较小;中部地带坡降 $1/1\,000 \sim 1/5\,000$,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 $1/5\,000$,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,海拔在 $4.5 \sim 5.0\text{m}$ 之间,平均坡度 $1/5\,000 \sim 1/6\,000$,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作用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 570km^2 ,丰水期水深 $10 \sim 15\text{m}$,最大蓄水量达 $19 \times 10^8\text{m}^3$;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积水面积。

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

渤海湾海积平原,是近代海成平原,海拔仅 1~3m,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,海拔不超过 5m,地面坡降小于 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。