

· 环境地质 ·

黄河下游山东段河道带稳定性的 地质环境评价

刘桂仪 董上茂

(山东省鲁北水文地质工程地质勘察院)

提要 黄河下游山东段河道带稳定性受控于新构造运动、活动断裂、地震烈度、河流动力地质作用、河道带地貌结构、土体性质及人为地质工程体性质等因素。该段河道带可分为四个地质环境质量区,据其对河道稳定性的影响程度,确定了地壳稳定性、堤基堤身稳定性、地面稳定性为评价主因子,同时确定了分级评价因子及分值,并采用“因素叠置法”分区进行计算与评价。河道带稳定性评价结果表明:游荡型河道地质环境质量区和尾间型河道地质环境质量区较不稳定,过渡型河道地质环境质量区较稳定,弯曲型河道地质环境质量区为稳定。

关键词 地质环境质量 河道稳定性 黄河 山东

1 概述

黄河下游现行河道,是 1855 年河南铜瓦厢决口夺大清河向东入海形成的,现已行水 140 多年。黄河下游山东段河道全长 628km,流域面积 $1.83 \times 10^4 \text{km}^2$,年平均来水量(高村站) $4.23 \times 10^{10} \text{m}^3$,年平均输砂量 $1.06 \times 10^9 \text{t}$,平均含砂量 25kg/m^3 。

黄河下游山东段河道的特点是:宽度上宽下窄,坡度上陡下缓,排泄能力上大下小;河道因泥砂淤积,河床抬高,形成河床滩面高于两岸背河地面 3~5m 的地上“悬河”(图 1);黄河入海口属弱潮多砂摆动频繁的河口,由于泥砂的快速淤积,侵蚀基准面不断被抬升,年均填海造陆面积 27km^2 ,故黄河尾间摆动改道频繁。

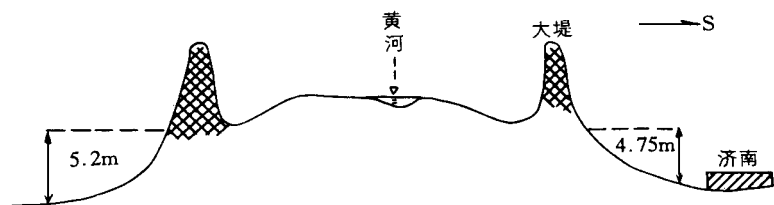


图 1 黄河下游山东段“悬河”示意图

Fig 1 “Hanging river” sketch in Shandong part of Huanghe river’s course

本文 1997 年 7 月收到, 1998 年 8 月改回, 游文澄编辑。

目前,黄河下游山东段河道带面临的问题有:经三次培修加固的堤防,虽能基本满足设防要求,但局部堤段仍存在土质不均、结构疏松、坝基软弱土层分布广等不稳定因素;河道带气温上暖下寒,冬季下段先封冻,冰层较厚,上段晚封冻,冰层较薄,因此易受洪水和冰凌灾害的威胁;黄河下游自70年代初发生断流后,最近几年断流现象日趋严重,并引发了河道淤积萎缩、河口海岸侵蚀、土地砂化等环境地质问题^[1]。本文试从地质环境角度评价黄河下游山东段河道带的稳定性,为悬河的治理及流路的稳定提供地质依据。

2 控制河道带稳定性的主要环境地质因素

影响黄河下游河道带稳定性的环境地质因素十分复杂。在流域多沙和人工堤防束范的决定因素下,新构造运动的差异性、活动断裂、地震、土体工程地质性质,河道带地貌结构、河流动力地质作用、人为地质工程体性质等是其主要控制因素。

2.1 新构造运动的差异性

新构造运动主要表现在该区晚第三纪以来的差异性升降运动的沉降幅度上。黄河下游山东段河道带,位于鲁中山地前缘和鲁西台隆与开封拗陷、济阳拗陷分界处附近,其位置受聊城-兰考断裂、齐河-广饶断裂的控制。济阳拗陷中生代以来一直处于缓慢下沉状态,沉降幅度大,晚第三纪以来沉积厚度达2000m左右;鲁中山地、鲁西台隆则处于缓慢上升或稳定剥蚀状态,沉降幅度相对较小。据有关资料^[2],黄河下游河道带地面沉降量(1951~1986)一般为1.5~3mm/a,其中郑州至鄄城段为4~5mm/a,高青至河口段为3~5mm/a。这种差异性升降使得黄河历史上的决口、泛滥、改道等大部向北变迁。黄河下游河道形成6000多年来,黄淮海平原北部行河5300余年,而南部仅行河600多年,北部行河遗留的决口扇、古河道高地大都分布在黄河北岸,也可作为证据。

2.2 活动断裂

黄河下游山东段河道带走向受控于活动断裂。黄河河道在河南兰考突然由EW流向折转为NE40°流向,主要是受聊城-兰考断裂和黄河断裂的控制;进入山东后,受NNE向巨野断裂的影响,其流向由NE折转为NNE;再往下游因受齐河-广饶断裂的制约,流向又发生二次折拐变化(图2)。黄河下游地区断裂构造多呈NNE、NE向展布,活动断裂穿过的地方,险工较为集中。例如,黄河南侧的东明附近,由于活动性聊城-兰考断裂从那里通过,因此该处有一长约1600m险工比较集中的河段,地质环境质量较差。

2.3 地震

地震是诱发黄河决溢改道的重要因素之一。山东境内的黄河河道及其周边地区,历史上曾发生过5~7级地震达40余次,其中以菏泽(1937年7级,1948年5.5级,1983年5.9级)、渤海湾(1969年7级)和唐山(1976年7.8级)地震对黄河河道带稳定性的影响最大,震后两岸大堤均不同程度地产生扭曲变形、裂缝及脚堤喷水冒沙、管涌等现象,大堤周围还发生房屋倒塌。据有关资料,1937年菏泽发生的地震烈度为IX度的强烈地震,震后附近的黄河大堤发生明显的裂缝,东明、鄄城等地的黄河大堤也出现喷水冒砂现象(图3)。据《1:400万中国地震烈度区划图》(国家地震局,1991)估测^[3],未来50年内华北地区的地震烈度将增加1度,因此,地震对黄河河道带稳定性的影响值得关注。

2.4 河流动力地质作用

指黄河在输水输砂过程中产生的冲刷、淤积、渗流以及由于冲淤积作用而引起的河势变化。黄河下游山东段的水砂比值高, 河道普遍淤积, 年均淤积量达 $2.5 \times 10^8 \text{ t}$, 其最大危害是使河道排泄能力降低, 河床抬高, 出现高滩漫水, 大堤偎水, 渗水乃至发生决溢。冲淤作用引起的河势变化, 表现为河道的主槽、滩地在地表发生摆动。黄河下游山东段的河势变化为: 高村以上河道宽, 水较浅, 槽高滩低, 槽滩差小, 河势摆动幅度大, 易发生侧向侵蚀作用; 高村—陶城埠河道较宽, 槽高滩低, 河势有一定的摆动幅度; 陶城埠以下, 河道宽窄不一, 河床窄深, 水流受控制工程约束, 限制了河湾的发育, 河势较为稳定。

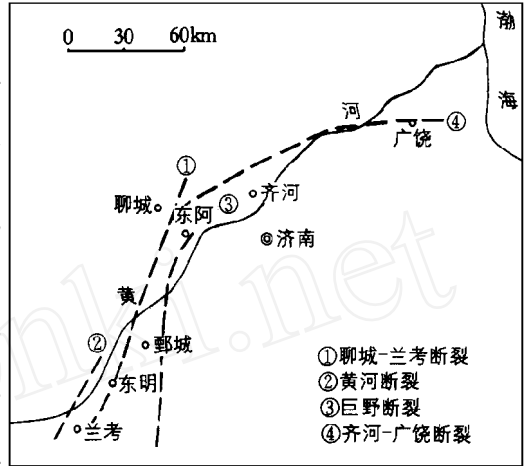


图 2 山东境内黄河走向与活动断裂关系略图

Fig. 2 Sketch showing the relation between the trend of the Yellow River and active faults in Shandong

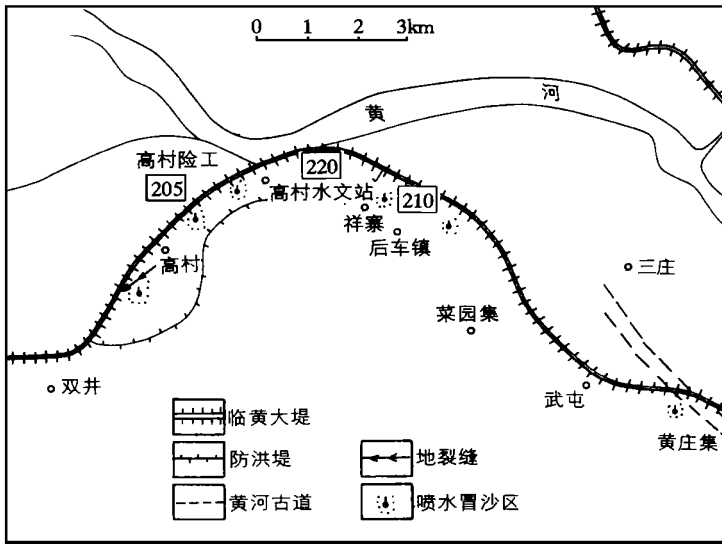


图 3 菏泽地震(1937)对黄河下游高村大堤的影响

Fig. 3 The effect of Heze earthquake (1937) to Gaocun barrage in the lower course of Huanghe river

2.5 河道带地貌结构

黄河下游山东段河道带地貌, 按其成因和对悬河所处的功能, 可分为现代河道地貌、人工堆积地貌、历史决溢泛滥堆积地貌三个系统, 微地貌形态有河床、河漫滩、人工堤防、人工坝、决口扇形地、背河洼地、滞洪洼地等。其中河床、河漫滩的发育程度和两岸大堤堤距对河道稳定性的影响最大(图 4)。不同河段地貌结构特点: 陶城埠以上河床宽度 650~

3 300m, 水流分散, 沙洲、心滩多, 漫滩宽阔, 滩面坡降大, 槽高滩低, 主槽摆动频繁且幅度大, 堤距宽 1.5~ 20km, 河势不稳; 陶城埠以下河谷南岸高于北岸, 向北倾斜, 且堤距窄, 河床宽度 300~ 2 000m, 河漫滩狭窄, 零星, 局部有高、低滩, 槽滩差大; 渔洼以下至黄河口, 滩面较窄, 堤距为上游窄, 下游宽, 呈喇叭状向河口延伸, 河流易摆动。

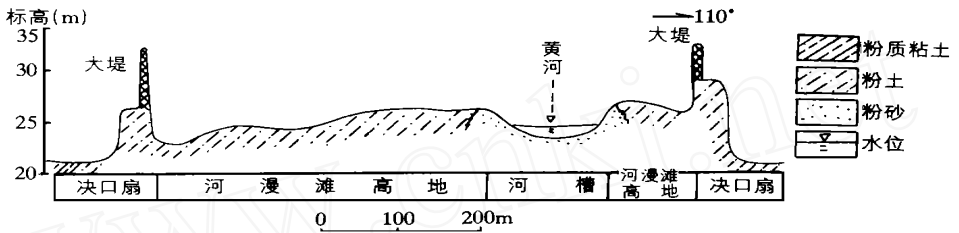


图 4 山东济阳—吴家寨黄河弯曲型河道地貌结构剖面

Fig. 4 Profile of morphostructure in Huanghe river's zigzag course from Jiyang to Wujiazhai in Shandong

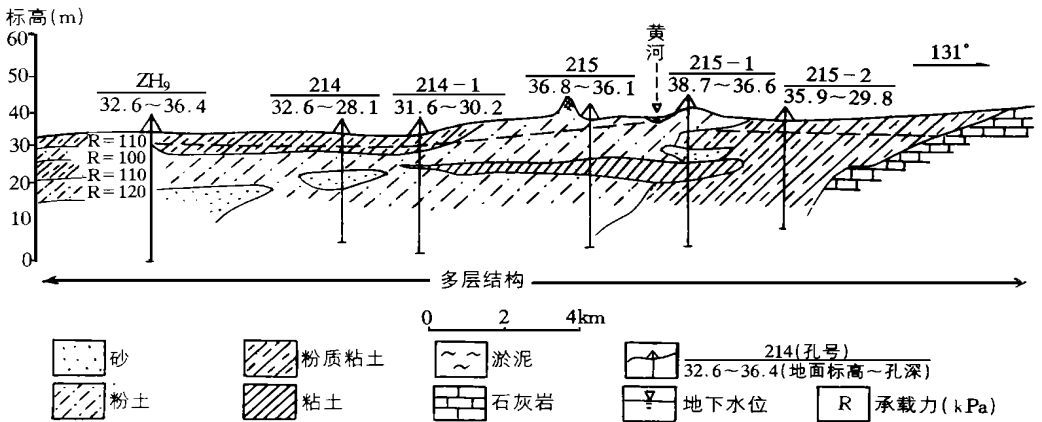


图 5 东阿县牛角店—平阴县柰湾工程地质剖面
(据山东地勘局水文二队有关资料编绘)

Fig. 5 Geo-engineering profile from Niujiadian in Dong'e to Luanwan in Pingyin

2.6 土体工程地质性质

土体工程地质性质是影响河道堤基稳定性的主要因素之一。黄河河道 0~ 30m 深度内的土层成分主要为第四系冲积、冲洪积物, 是由粘土、粉质粘土、粉土、粉细砂、淤泥质类软土组成的多层结构型土体(图 5)。粉土松散、饱和, 中—低压缩性, 平均承载力为 150kPa; 粉质粘土呈可塑状态, 平均承载力 140kPa; 粉细砂饱和, 密实—松散, 平均承载力 150~ 200kPa; 淤泥类土含水量大(一般为 35%~ 60%), 压缩性高, 平均承载力小于 100kPa, 埋藏浅。由于地下水埋深仅 1~ 2m, 土层处于饱和状态, 因此当堤基下埋藏有抗

震性差、承载力低的淤泥类土或液化砂土时,就容易使堤基产生不均匀沉陷、裂缝和冒砂喷水,从而危及堤坝安全。如1982年8月10日东阿井圈砌石坝发生裂缝和塌滑,就是因为堤基下埋藏有小于5m的淤泥类土造成的。由此可见,液化砂土和淤泥类土是堤基稳定性的两大隐患。

2.7 人为地质工程体(人工防洪大堤)性质

黄河下游山东段防洪大堤,先后经历过1958年、1976年、1982年三次洪水考验,未出现决溢险情,对稳定河道与防洪起了重大作用。但目前该防洪大堤已局部存在土质不均,堤身单薄,结构疏松,裂缝渐显,临背差值大及串、堤河发育等问题,因此容易发生大堤偎水渗漏、管涌、不均匀沉陷、滑塌等险情。如东明县郭庄附近即有一长2 030m的大堤因堤身单薄而渗水;滨州贾庄附近也有一长1 840m的大堤因土质差而多处管涌。

3 河道带稳定性的地质环境评价

3.1 评价原则及评价因子的选取

根据影响河道带稳定性的主要环境地质控制因素,结合黄河下游山东段河道带及其水流动力地质作用特征,首先将河道带划分为游荡型河道、过渡型河道、弯曲型河道及尾间型河道四个地质环境质量区。在此基础上,确定影响河道带稳定性的主因子和分级因子,按分区进行综合评价。

评价主因子:选取河道地壳稳定性,河道堤基、堤身稳定性和河道地面稳定性三项。

评价分级因子:河道地壳稳定性选取地震烈度、新构造运动、活动断裂三项;河道堤基、堤身稳定性选取土体性质、堤基承载力、砂土液化、特殊土、地下水位埋深、堤身渗水及管涌险点分布等六项;地面稳定性选取河势变化、河道特征、临背差值、特征地貌四项。

3.2 评价标准

河道带稳定性综合评价,按总分值的大小分为三级:大于0.75者为稳定;0.55~0.75者为较稳定;小于0.55者为较不稳定。

3.3 评价方法及结果

河道带稳定性评价是一个难以量化表述的问题,只有定性与定量相结合,才能求得较为切合实际的结果。因此,本次采用“因素叠置法”进行,其具体方法是:根据分级因子对主因子的影响程度及分级因子间的差异性,按稳定性分级综合给定分级因子的分值(表1);以地质环境质量区为评价单元,对不同单元的分级因子进行量化赋值与计算,求取主因子分值并分别进行分级评定(表2);依据对主因子分级评定结果,叠加计算总分值,并依据稳定性分级标准,对河道带进行综合评价(表3)。

4 结语

游荡型河道地质环境质量区较不稳定,其地壳和堤基、堤身均较不稳定;河势不稳定,串沟、堤河发育。防治办法:对黄河大堤应加强Ⅶ级以上地震的抗震设防,注意砂土液化及埋深小于5m的淤泥类软土等的不均匀沉陷;应加强河道治理,完善强化控导险工工程,

表 3 不同类型河道带稳定性综合评定结果

Table 3 Stability evaluation results in different types of river course

地质环境质量区	地壳稳定性	堤基 堤身稳定性	地面稳定性	总分值	综合评定结果
游荡型河道	0.40	0.50	0.48	0.46	较不稳定
过渡型河道	0.56	0.65	0.60	0.60	较稳定
弯曲型河道	0.80	0.75	0.78	0.78	稳定
尾闾型河道	0.47	0.40	0.72	0.53	较不稳定

放淤固堤, 增大堤宽, 控制河势。

过渡型河道地质环境质量区较稳定, 其地壳和堤基、堤身均较稳定; 河势较不稳定, 串沟、堤河较发育。防治办法: 应进一步稳定河势, 放淤固堤, 消除险点隐患。

弯曲型河道地质环境质量区稳定, 其地壳和堤基、堤身稳定, 河势基本稳定。防治办法: 应注意局部险情险点, 加强堤防维护。

尾闾型河道地质环境质量区较不稳定, 其地壳和堤基、堤身均较不稳定, 河势不稳。防治办法: 对黄河大堤及其它重大水利工程要加强Ⅶ级以上地震的抗震设防, 注意砂土液化及淤泥类软土等特殊土体的不均匀沉陷; 要采取水沙综合利用, 辅以“截支强干, 工程疏导, 定向入海, 固滩定槽”水利工程, 降低河口标高, 稳定河势, 尽量延长现行清水河流路的行水年限; 要综合规划, 选择好预备性流路, 以保障黄河三角洲综合开发和可持续发展。

参 考 文 献

- (1) 刘桂仪等. 黄河下游断流问题的环境地质效应分析. 山东地质, 1997, 13(2): 60~ 64
- (2) 叶青超. 影响黄河下游河道决溢的环境因素. 人民黄河, 1994, 17(9): 12~ 13
- (3) 国家地震局. 1:400 万中国地震烈度区划图. 北京: 地震出版社, 1990