

长江中游江西江段(上段) 防洪干堤基础环境地质问题浅析^①

李钧辉, 魏源, 马振兴

(江西省地质调查院, 江西南昌 330201)

摘要:江西近年来发生水患灾害,在全国属较为严重的省份之一。在每年汛期(4~8月)为水患灾害发生的高峰期。长江中游江西江段是江西防洪的主要地带,近年来由于该段防洪干堤经第一、第二期修堤工程,坝体稳固。虽然1998年、1999年长江大水没有造成溃堤,但潜在的水患地质灾害仍是非常严重。作者通过对野外实地进行调查、访问,对防洪干堤隐伏的工程地质问题进行了初步分析。

关键词:水患灾害,环境地质问题,防洪干堤基础,江西江段(上段),长江中游

中图分类号: P642.2 **文献标识码:** A

江西江段(上段)长江防洪干堤在历史上曾多次发生溃堤,几遭修复和迁堤,现已修建成江西防洪干堤的标准堤坝。自1954年长江大水造成溃堤修复以来,未发生过溃堤现象,这在历年来全国大水年长江汛期高水位得到检验,如1998年长江创历史最高水位,堤坝抵遇住了百年一遇的大水。然而自1995年以来,随着长江河道主泓线不断南移,江岸崩塌严重,引发了干堤基础许多工程地质问题,如管涌、崩岸、滑坡、堤基变形等,对防洪大堤的稳定造成了极大的威胁。

1 自然地理环境

1.1 自然地理位置

江西长江防洪干堤(上段)位于湖北省与江西省交界部位的九江市上游长江南岸,上起瑞昌市码头镇皇坝,下至九江赛城湖闸,江岸线长44.5 km,堤线长32.7 km。地理位置为东经 $115^{\circ}35'$ ~ $115^{\circ}55'$,北纬 $29^{\circ}42'$ ~ $29^{\circ}50'$ 。由梁公堤(又称建设堤)、赤心堤、永安堤组成。其中梁公堤自码头镇至城子镇长5.4 km,赤心堤自城子镇至徐家湾长10.7 km,永安堤自徐家湾至赛城湖闸长16.6 km。这段江堤呈弧形,大堤正处在凹岸部位(见图1)。

1.2 水文气象条件

^① 收稿日期: 2002-03-25

国家地质调查项目:长江中游主要水患区环境地质调查评价(19991230003044)项目资助。

万方数据

作者簡介:李钧辉(1963~)男,四川马边人,高级工程师,从事1:5万区调及环境地质调查评价工作。

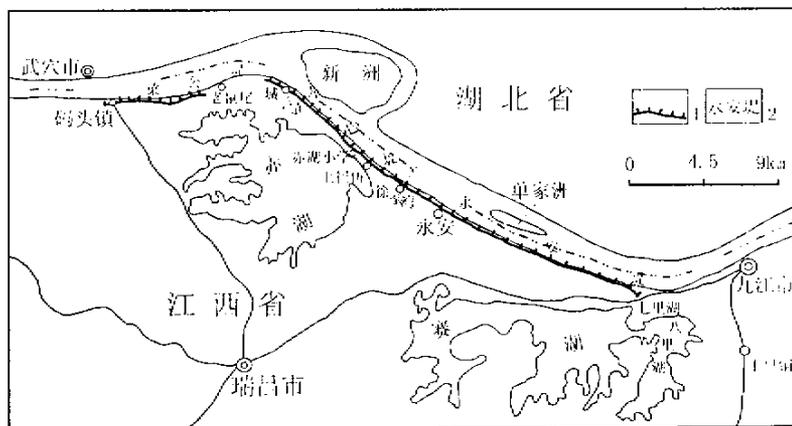


图1 长江中游江西江段(上段)防洪干堤位置图

Fig.1 The location map of control flood dike of Changjiang river in Jiangxi

1-防洪干堤 2-堤段名称

该区段的年平均气温为 16.5°C ,1月平均气温 4.1°C ,7月平均气温 29.5°C ,极端最低气温 -13.0°C ,极端最高气温 41.0°C 。年降水量 1500 mm ,无霜期 257天。

1998年6~8月汛期降雨比同期多年平均值多40% ,其中7月21~23日,发生了有史以来的最大降雨,在20多h内下暴雨600多mm,相当于全年降雨量的 $1/3^{[1]}$ 。

据九江水文站资料,长江12月至翌年3月为枯水期,平均水位 7.78 m (黄海高程,下同) ,6~9月为汛期,平均水位 15.33 m ,4、5、10、11月为平水期,平均水位在 $12.36\text{ m}^{[4]}$ 。历史最高水位 21.14 m 。最低水位 4.7 m ,水位变幅达 16.44 m 。1998年长江全流域洪水期最大洪峰流量为 $61\,500\text{ m}^3/\text{s}^{[1]}$ 。

2 地质环境背景

2.1 地质构造

该江堤段长江北岸属江汉冲积平原,下部为第四系全新统联圩组冲积层,堆积灰褐色粘土、粉质粘土;上部为近代堆积的腐植土、粉质粘土、黑色淤泥。长江南岸为广阔的河流冲积平原,以第四系全新统联圩组为主,上部为灰褐色粘土、亚粘土、粉质粘土,下部为中、粗砂、砾类土。次为晚更新统新港组,为褐色粉质粘土、含铁锰质胶膜粘土;中更新统进贤组为棕红色网纹状粘土,下部为砂砾石层,局部(城子镇西侧)出露有下第三系新余群紫红色粉砂质细砂岩、砂砾岩(湖泊相碎屑沉积)。

资料显示,第四纪期间,由于大别山的不断隆升,地势由北向南趋向倾斜,长江深泓线不断南移,造成长江河道不断南迁,此外从多方资料也表明,大致沿长江河道均有新构造断裂在活动。本区江段有一条NW向断裂通过,为码头—赛湖断裂,展布方向与长江河道基本一致,这已由遥感解译成果及瑞昌市幅1:5万区调资料获得证明。在此断裂带上有温泉分布及近期地震活动,于1972年4月29日发生五级上、烈度为2.1级地震。

2.2 工程地质条件

2.2.1 防洪干堤基础

防洪干堤基础主要指长江岸带基础,包括易冲刷的第四纪地层组成的岸带和耐冲刷的基岩岸带。第四纪地层组成的岸带有全新世联圩组、晚更新世新港粘土、中更新世进贤组地层。联圩组上部为粘土、亚粘土,下部为中粗砂、砾类土,进贤组上部为网状状红土,下部为砂砾石层。两者均为二元结构。由于江水的不断侵蚀作用,往往沿上下岩层界面掏空,岩层失稳使岸坡崩塌。新港粘土为粉质粘土、含铁锰质胶膜粘土,饱水状态下比较稳定,气候干燥岸坡后缘则发育收缩和拉裂缝,易形成崩岸和滑坡。基岩岸带主要由第三纪新余群细砂岩、砂砾岩组成,岩石胶结较松散,抗风化能力较弱,钙质胶结物易风化淋滤,砾石脱落后形成残留空洞,江水冲刷作用下,发展成岩洞和“岩穴”。显然,通过对岸带地质条件的调查,可以进一步说明江水冲刷侵蚀对岸带作用的强度。

依据长江大堤(钻孔 34 个)资料得知,地表粘土、亚粘土、粉质粘土层总厚度最厚处为 18 m(于梁公堤段),最薄处仅 2.8 m(徐家湾处),一般都小于 10 m,多处为 4~6 m,下部为砂层、砾石层,堤基地层具二元结构。江心沙洲的存在,改变了水流方向,加强对江岸的侧蚀作用。大别山的不断隆升,造成长江河道的继续南迁,长江深泓不断南移,加速对南岸的侵蚀作用。新构造活动亦直接影响堤基、堤身的稳定。因此,调查区内的此段江岸极易造成岸崩、滑塌也就不足为奇。

堤身素填土、杂填土结构普遍疏松,固结差、透水性大。钻孔曾遇有空洞,并且发现各孔均有不同程度的钻孔冲洗液漏失现象,其中有 70% 的钻孔冲洗液 100% 漏失。注水试验中孔内常出现坍塌。在有渗流情况下,可能出现潜蚀不良工程地质现象。

堤身与堤基接触部位常不够紧密,形成较大空隙。堤身下常为透水性极弱之粘性土,在地下水作用下,易形成流塑或流砂状态,致使钻孔岩芯采取困难,岩芯采取率偏低。在有渗流情况下,可能出现堤基渗漏及潜蚀等不良地质现象。

堤基地层结构为双层结构,上层为粘性土,下层为中、细砂。堤基上层,厚度变化较大,有的地段很薄,大堤内侧常因取土、打井使粘性土更薄,造成洪水期堤基渗水、管涌等险情。

2.2.2 岸线的变迁

据《九江水利志》记载,该江段在湖北省境内,上游由广济县(今武穴市)盆塘入口,沿马鞍山,绕蔡山流入万丈湖。清代,江北在武穴新矶兴建丁坝,杀水南行,造成江水混流,使北岸淤积,河身抬高,河道南移,江北的新洲、人民洲就是近代沉积的陆洲。据九江地区 1971 年 11 月的实地调查,查明长江深水河槽已逼近南岸,梁公堤十里坝堤外滩由 1953 年的 300 多 m 宽,缩到 100 余 m,老鼠尾江心的鸭儿洲,曾是近 200 户居民的小镇,现已成为水下沙洲,赤心堤外滩曾有菖蒲洲,面积 4000 余亩,明末清初时期,洲上有人常驻耕种土地,洲北与江岸仅隔 1 条小港与下崔伍连成一个边洲,现两个洲已全部冲走,江堤内迁 3 次,后退千余米,1971 年江水逼近堤脚 4~10 m,尤以永安堤段的情况最为严重,1936~1955 年,江堤内迁 8 次,累计千余米。

长江变迁遥感图象解译成果表明,长江河道在本区先后进行了六次变迁,总的趋势是北东向南西迁移,形式为裁弯取直(见图 2)。

通过区域地质调查及南北两岸钻孔岩性对比分析,显示长江在全新世时期有过三次改道,造成了深部有较厚的不同堆积物质,层次清楚。

第一次长江的入口在龙坪镇一带,经过田空和孔垄镇。该期堆积物以 ZK19 孔为代表:从 14.52~14.82 m 为冲积细沙,下部含砾、卵石以孔垄镇一带最厚,底板标高为

- 33.43 ~ - 37.27 m。该层从下往上,由冲积到冲淤积过渡到淤积,层次分明。

第二次长江的入口在徐家湾一带,经项家铺至阎家渡到龙开河,与航片解译江南 IV 期位置基本相当。堆积物为阎家渡砂砾石层,以 ZK9 孔为代表:从 8.86 ~ 24.01 m 为中粗砂; 24.01 ~ 28.07 m 为细砂; 28.07 ~ 50.28 m 为砂砾石。埋深在 - 10 m 左右,底板标高 - 4.89 ~ - 34.93 m,分布较稳定。

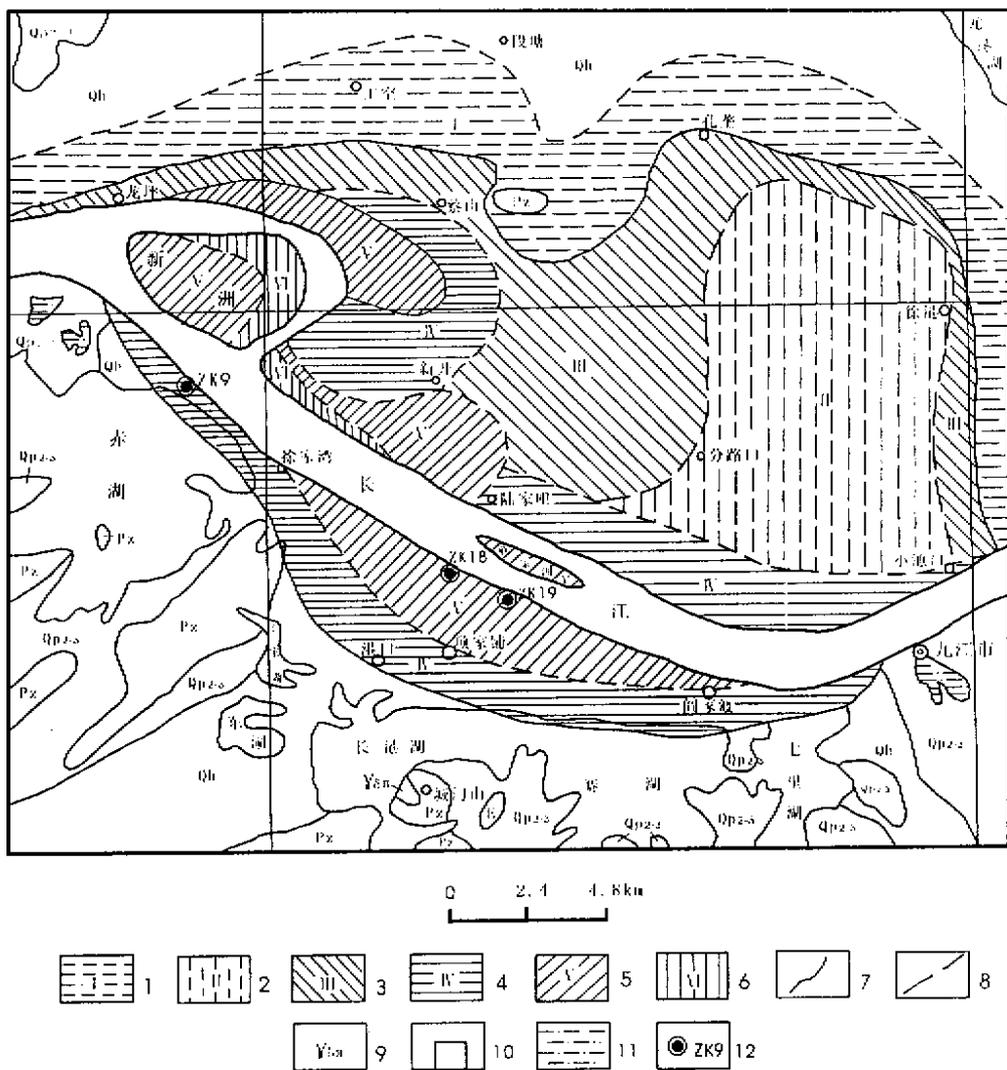


图 2 龙坪—小池口航片解译长江河道改道期次分布图(江西遥感地质站资料)

Fig.2 The course changing of Changjiang river map of Longping - Xiaochiko part based on the airphoto
1 - 第一次河道变迁分布区 2 - 第二次河道变迁分布区 3 - 第三次河道变迁分布区 4 - 第四次河道变迁分布区 5 - 第五次河道变迁分布区 6 - 第六次河道变迁分布区 7 - 地质界线 8 - 各期沉积物界线 9 - 花岗闪长斑岩; 10 - 1:5 万九江市幅范围; 11 - 水体; 12 - 钻孔编号及位置; Pz - 古生界 E - 下第三系 Qp₂₋₃ - 中—上更新统 Qh - 全新统

第三次长江位置在陆家咀至小池口一带,与航片解译江北 IV、V 期位置基本相符。堆积物质以 ZK18 为代表:自 7.40 m 以上为青灰色亚砂土,以下为青灰色粉细砂层,比较稳定

地分布在长江南北两岸地带。在第三次改道形成之后,长江北岸突出而形成凸岸,堆积了沙洲、浅滩,由点逐渐扩大成片,使长江水流方向向南岸冲刷加强,而成凹岸,岸边形成淘空、崩塌和滑塌等侧蚀作用,因此长江河道由北向南慢慢迁移,而形成现代的长江河道。

2.2.3 堤防工程地质条件

梁公堤始修于明朝万历年间(约公元 1577 年),曾多次冲决,几经修复。民国 20 年(1931 年)大水,大堤再溃,旋即修复。民国 27 年,国民党与日军激战,在泥湾渡破梁公堤以阻日军,修复后堤顶高程 21 m,顶宽 3 m。

赤心堤于清朝同治三年(1864 年)始修,曾屡修屡增。1950 年冬由瑞昌县培修两堤。1952 年又培修梁公堤,1954 年大水,梁公堤出险,赤心堤溃决,同年冬修复。

永安堤建于清朝同治元年(1862 年)。江堤堤段滩岸变化大,对岸沙洲南移,北淤南塌,主流不断南迁。1917 年至 1955 年,迁堤 13 次,总计退堤总长 14100 m,宽度累计千余米。

1955 年始,采石固岸,抛石护坡,整个堤段因长江主流靠近南岸,深泓线不断南移,堤外滩冲失,尤其永安堤段情况严重。1963 年~1966 年兴建护岸工程,其中建有 8 个丁坝。1972 年 5 月开始第一期工程施工,至 1974 年,对堤坝进行加高培厚,并除蚁穴多处。到 1982 年底,抛石护岸,重点护岸长度 16.66 km,1983 年大水涨至 20.23 m,超过 1954 年 4 cm,大堤无恙。第二期工程自 1983 年起施工,至 1988 年止,梁公堤加高到 24.01~24.61 m,赤心堤加高到 23.54~23.58 m,永安堤加高到 22.95~23.54 m,堤顶高加到 8 m,内外坡比达 1:3。防洪能力可抵御二十年一遇洪水。这在 1998 年长江特大洪水灾害没有发生溃堤得到检验。1999 年后,赤心堤、永安堤段顶面宽 8 m,修建了柏油路面,迎水一侧堤顶由钢筋混凝土灌浆修建了 50 cm 高、30 cm 厚的防浪墙,迎水坡度 15° , $3 \times 3 \text{ m}^2$ 水泥预制块浆砌护坡,背水坡坡度 15° ,草皮护坡,修建了内戗堤,宽 6 m,低于堤顶 3 m。外坡抛石固岸,险工险段处砌石护坡,外滩较宽处种植了防浪林。堤内进行了广泛的压砂,压砂厚度 2~3 m,压砂宽度大于 50 m。

大堤堤身由人工堆填土构筑,一般为素填土,个别地段有杂填土。堤身素填土由当地沉积粘性土、砂性土经人工堆填,压实而成,其岩性与其附近浅部沉积表土层有着密切关系。一般以粘土及粉砂为主,含有细砂及少量中粗砂、砾石,组成粘性素填土及砂性素填土。土中可见有少量砖瓦碎块及植物根系,个别钻孔岩芯中可见有螺壳、铁锰质物,局部含有煤渣、石灰渣或碎石、块石、粗砂、砾石形成杂填土。

江岸大堤的功能主要是防洪,保护面积为 3040 km^2 ,其中耕地面积 368.07 km^2 ,保护人口 53.08 万人。同时,该堤段还是九江市西翼的一个重要屏障。

2.3 环境地质问题

1995 年以前,此堤段内侧管涌、泡泉点较少。随着长江河道的不断南迁,岸带(外滩)向江中崩塌、滑塌加剧。1998、1999 年洪水期堤内多处发生管涌,外滩多处发生滑坡和脱坡现象。水患险情多为洪水期的 6 月下旬~8 月初和汛期过后江水回落时期 10~11 月。

该江段内的主要环境地质问题有滑坡、脱坡、崩岸、堤基管涌和溃堤。

2.3.1 滑坡、脱坡、崩岸

通过野外调查和实地走访,了解到长江段连年来均发生不同程度、不同规模的滑坡、崩岸。老鼠尾(梁公堤段)以下的丘山,50 年前没有崩塌现象,现已塌掉半壁;王以珍险段、汤昌水险段(永安堤段)多次发生滑坡,特别是王以珍险段,对面江心为单家洲所在,经访问当地水利员说近 30 年来,此沙洲在向下游移动,已经下移了 3~4 km,它是洲头遭受江水冲刷,

洲尾淤积,沙洲形态大小基本未变,平面上呈一楔状体。1964年10月发生过大型滑坡,一次性向江中错落达300余米宽,当时外滩尚有50m宽,1984年崩岸长800m,宽20余m,1998年10月又滑坡180m,宽12m,现已崩至堤脚。此处根据钻探资料,地表粘土层厚为5m左右,12.31m以下为砂层,地下水位为14.35m。自50年代以来,该江段发生比较重大的崩岸计12km长,导致江岸干堤总体南移千余米。严重的崩岸作用使得岸带形状呈锯齿状。发生比较严重的滑坡、脱坡、崩岸作用的堤段有:春光村段、火龙村段、皇坝头段、王以珍段、汤昌水段等区段。

2.3.2 堤基管涌

在1998年长江洪水期,堤基管涌占干堤重大险情的54.5%,居多种险情之首。历史上长江干堤决堤90%以上都由堤基管涌造成^[2]。该江段是整个江西江段管涌作用最为强烈的地段,曾发生管涌十几处,发现管涌泉眼数十个,而且管涌点有愈来愈多的发展趋势。管涌类型有两类:即垂直地面管涌和横向垂直堤身管涌。前者广布整个江段的内堤内,多发生在取土坑、人工打井的弱势点处;后者则仅见赤湖小学处的13个泉眼,它们集中分布在堤脚的十余平方米范围内,泉洞横向垂直堤身,水平分布(涌水时当地群众用竹杆水平插入洞中几米不到头),当时长江水位为18.61m,已经超过了堤脚高程,说明是堤身渗漏。造成堤身渗漏的原因有三:一是蚁穴造成;二是江水冲击堤岸,造成堤身变形;三是新构造运动造成堤身变形。此段曾多次灭除多个蚁穴,因此此处为蚁穴造成堤身渗漏的可能性极大。具查实,江西省境内长江大堤1998年洪水期间曾发生66处因蚁害导致大面积漏水^[2]。堤防渗漏具隐蔽性、突发性特点,难以觉察。初期渗漏对堤防的破坏是逐渐发生的,当渗透破坏达到一定程度时就会加速发展,形成管涌^[2]。管涌出险时间梁公堤段为8月初,出险水位为21.01m,临界水力梯度值为1.14(由E·A扎马林公式: $i_p = (G - 1)(1 - \eta) + 0.5\eta$ 计算,G—砂土的比重, η —砂土的孔隙度);赤心堤段为6月下旬,出险水位为18.61m,临界水力梯度值为0.783;永安堤段为8月初,出险水位为20.11~20.71m,临界水力梯度值为0.783。

1954年以前,整个防洪大堤由于建设工程比较粗糙,经常发生溃堤事件,每遇大水,基本上大堤都被冲决或多处溃口。自1953年国家大力投资,固岸护坡,培修大堤,堤身稳定性有了较大提高。在1954年特大洪水时,整个堤防仅于赤心堤赤湖小学和永安堤王以珍险段两处溃口。后经修复,特别是经过二期工程,从梁公堤至永安堤再没有发生过溃堤。

3 长江河道变迁及环境地质问题成因机理分析

长江为什么几次改道?这是因为一方面在江段上游,北有龙坪—蔡山的二叠系灰岩,南有码头—城子镇第三系砂岩等岩层为障阻,构成较窄的河道,使水流速度增大,进入江段的中下游地段,地势宽阔平坦,流速突然变慢,江水携带之物易于在河口地带沉积或淤塞,形成一系列的弓形鬃岗和浅洼及砂坝等,使河床成曲型发展。当河曲发展到一定的限度之后,便进行裁弯取直。依此反复作用,构成了长江河道几次比较大的改道。另一方面,除上述原因之外,还因为江段正处秦岭—大别山东西隆起带及华南隆起带之间的扬子地块,北带秦岭、大别山脉近期隆升(由国家地震局地震研究所湖北省现代地壳垂直形变水准测量资料,大别山现在仍以2~3mm/a的速率抬升^[3]),扬子地块发生沉降(长江水利委员会十八年的水准观测,确定九江市年下降率为1.8mm),长江中游处于掀斜状态,加之区内新构造活动比较活跃,从而为长江改道的发展,提供了一个有利的软弱地带。科氏力的作用,是河床改道的

又一动力因素。此外,在历代修筑堤防的同时,为了护堤修筑的许多人工矶头使河流产生涡流,使河道加深,加剧了河道变迁的进程。

目前,长江河床继续向南迁移,江流对南岸的侧蚀、淘蚀作用强烈。强烈的侧蚀、淘蚀作用使得边岸的坡脚被淘蚀成空穴。退水时,空穴上方的泥土、砂土突然失去江水顶托力的支撑,重力失衡,从而产生滑坡、崩岸作用。江心沙洲的存在可以加速对边岸的侧蚀作用。由于河床的持续南移,且河床底为 -15 m 标高左右,长江水可以与砂砾石含水层接触,产生水力联系。枯水期,地下水排泄流入长江,洪水期,长江水反补给地下水。防洪干堤座落地段正处在地下水排泄与反补给活动带,在此活动带内堤基地层最易发生物理力学性质与渗透性能的变化而产生潜蚀。汛期长江水位抬高,增大了地下水的水力梯度,使地下水向地表的顶托力加大,在一些冲淤积粘土较薄地段等弱弱点处就极易形成堤基管涌、堤身渗漏。这也就是近年来,由于长江河床南移,堤段内形成管涌点愈来愈多的主要原因。在枯水期,江水回落以后,地下水反补给长江流域,使松散的砂层中的砂粒潜蚀掉,不断带入江中,使江岸的稳定性不断降低,这也是江岸在枯水期易发生滑塌、岸崩作用的一个主要原因。

参考文献

- [1] 魏成阶,王世新,阎守邕,等.1998年全国洪涝灾害遥感监测评估的主要成果[J].自然灾害学报,2000,10(2):16-25
- [2] 朱建强,邹社校,潘传柏.长江中游堤防侵蚀及其防治[J].水土保持通报,2000,20(5):5-10
- [3] 李长安,桐柏一大别山掀斜隆升对长江中游环境的影响[J].地球科学,1998,23(6):562-566
- [4] 曾马荪.长江岸边九江段工程地质稳定性[J].江西地质,1991,1(2):154-162

Analysis on the basic environment geology of flood bank in Jiangxi ,the Middle Reaches of Changjiang River

LI Jun - hui ,WEI Yuan ,MA Zheng - xin

(Jiangxi Institute of Geologic Survey , Nanchang 330201 , China)

Abstract

The flood catastrophe in Jiangxi recent years has been the most serious one in China. The flood crest usually occurs from Apr. to Aug. The important flood-protection zone in Jiangxi is Jiangxi reach of the Middle Reaches of Changjiang River. Since the flood bank underwent the first and second flood-protection repair work, flood never occurred in 1998 and 1999. But there still exists a potential flood catastrophe. According to the investigation of the fieldwork, the authors analyze the reasons of the change of river channel and its genetic mechanism in the potential flood bank project.

Key words : flood catastrophe ; environmental geology problem ; flood bank basement ; Jiangxi River(upper river) ; Middle Reaches of Changjiang River