

某近坝滑坡工程地质特征与稳定性评价

杨汉良¹, 周 力²

(1. 长江岩土工程总公司(武汉), 湖北 武汉 430010; 2. 长江工程职业技术学院, 湖北 武汉 430200)

摘要:某近坝滑坡分布在一拟建水电站大坝右坝肩上游侧、电站进水口南侧,滑坡若失稳将直接对大坝水工建筑物产生危害,是水电站工程建设首要解决的重大技术问题。通过工程地质测绘、钻探、平硐勘探、岩土测试等大量勘察工作,查明该滑坡体约 70 万 m³,为中型堆积层滑坡,现状整体处于基本稳定性状态,水库运行后或建坝前后叠加暴雨久雨滑体饱水等多种工况下,滑坡整体处于欠稳定-不稳定状态,因此必须采取工程治理措施。经比较,建议结合大坝三期围堰建设对该滑坡采取清除的工程措施,彻底消除滑坡危害。

关键词:工程地质; 滑坡; 基本特征; 稳定性; 工程治理

中图法分类号: P642

文献标志码: A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.16.011

1 工程概况

某拟建水电站坝轴线右岸上游 130 ~ 390 m 发育一中型堆积层滑坡,体约 70 万 m³,在该滑坡上游 260 m 处为已建成的电站施工大桥,滑坡位于大坝和大桥之间,地理位置见图 1。

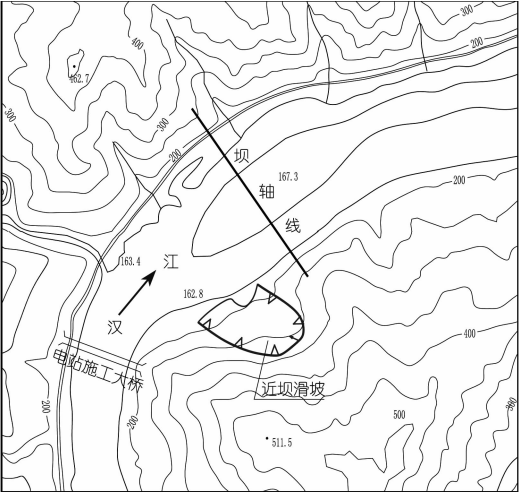


图 1 滑坡位置示意

滑坡对水电站和大桥存在潜在危害,主要表现在:水电站建设之前,滑坡若在汉江高洪水位时失稳,主要影响汉江河道行洪,以及滑坡失稳所产生的涌浪对大桥安全存在一定程度的影响;水电站建设过程中,滑坡

若失稳,将直接影响大坝上游围堰和电站进水口的施工,毁坏位于滑坡体上的大坝右岸施工道路;水电站建成运行过程中,滑坡若失稳,将直接封堵位于滑坡前缘的电站进水口,毁坏位于滑坡体上的大坝右岸交通道路,失稳所产生的涌浪直接危及大坝水工建筑物和上游汉江大桥的安全运行,危险性大。为此,需要对该滑坡采取工程治理措施^[1-4]。

鉴于该滑坡对工程的重要性,若处理稍有不慎,就有可能酿成重大的地质灾害事件,因此,该滑坡的稳定性和工程处理问题是拟建水电站工程首要解决的重大技术课题。本文通过区域地质环境调查、1:500 工程地质测绘、平硐勘探、钻探、槽探、岩土测试等大量勘察工作,查明了该近坝滑坡的工程地质特征,分析了滑坡的稳定性,提出了滑坡处理方案,可为该滑坡的工程治理设计、施工提供技术依据。

2 区域地质环境

在大地构造上,滑坡区位于一级构造单元秦岭褶皱系之二级构造单元南秦岭印支冒地槽褶皱带内,经历了长期构造演变过程和多期变质作用、岩浆活动的强烈改造,地质构造十分复杂,构造线主要呈东西向至北西向西展布,由北向南依次发育商南-镇平断裂、两郧断裂、白河-谷城断裂、安康-房县断裂、城口-襄

樊断裂、新华－水田坝断裂等。滑坡区第四纪构造活动以继承了新近纪以来的大面积、不均匀间歇性垂直抬升为主,但活动强度相对较弱,第四纪构造环境相对稳定。

滑坡区无破坏性地震记录,近场现代地震活动处于中等偏下水平。总体而言,滑坡区远场地震活动水平相对较高,近场地震活动性比较平静,区域地壳基本稳定。

根据 2001 年国家质量技术监督局发布的 1:400 万《中国地震动参数区划图(50 年超越概率 10%)》(GB18306－2001),滑坡区地震动峰值加速度为 0.05 g,相应地震基本烈度为Ⅵ度。

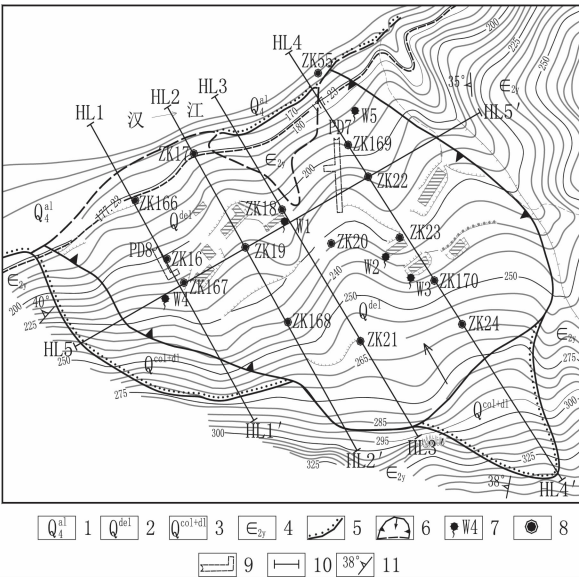
3 滑坡工程地质特征

该滑坡处于圈椅状凹槽地形中,比周缘山梁低 30 ~ 55 m,在平面上呈北西向展布、向汉江张开的口袋状。滑坡临江下游侧地形较陡,坡度 35°~50°;其他部位总体相对较缓,地形坡度一般 18°~25°,分布 4 级缓坡平台,台面高程从上至下依次为 275.20 ~ 245.10 m、255.30 ~ 225.20 m、225.00 ~ 195.60 m、215.20 ~ 190.00 m,地表多被改造成梯田,种植农作物和经济林。临江汉江河床漫滩地面高程 155.50 ~ 170.00 m;滑坡东侧发育一条冲沟,长 800 m,相对于滑体切割深度为 5 ~ 10 m;滑坡后缘及南侧以陡坡、峻坡为界,地形坡度 35°~76°。电站右岸施工道路在滑坡前缘通过,路面高程 190.10 ~ 192.50 m,路面宽度 3.5 ~ 11.1 m,外侧多筑有浆砌石挡墙,高度 1.0 ~ 5.5 m。

滑体前缘高程 161.50 ~ 190.00 m(图 2),后缘高程 280.50 m,纵向长约 250 m,横向宽 200 ~ 250 m,面积 6 万 m²,平均厚度 11.70 m,最厚达 28.30 m(钻孔 ZK21 处),体积约 70 万 m³,为中型堆积层滑坡。

该滑坡系发育在崩坡积土层上的滑坡,滑体物质为褐黄色、黄色碎块石土,土石比 2:8 左右,碎块石母岩成分为云母片岩、石英片岩和云母大理岩等,呈棱角状,一般粒径 0.30 ~ 1.50 m,最大粒径达 3 m,碎块石之间充填黄色黏土、粉土,多呈可塑状。在滑体中进行了钻孔注水试验,成果见表 1,结果表明滑体物质碎块石土具弱~中等透水性。

钻探和平硐揭露,滑带土为砾质土,厚度 0.7 ~



1. 第四系全新统冲积;2. 滑坡堆积;3. 崩坡积;4. 寒武系中统岳家坪组;5. 第四系与基岩界线;6. 滑坡及边界;7. 泉水点及编号;8. 钻孔及编号;9. 平硐及编号;10. 地质剖面及编号;11. 地层产状

图 2 滑坡工程地质平面示意

表 1 滑体钻孔注水试验成果统计

岩性	项目	渗透系数/(cm·s ⁻¹)	透水性评价
碎块石土	最大值	7.23 × 10 ⁻⁴	中等
	最小值	4.99 × 10 ⁻⁵	弱
	平均值	3.71 × 10 ⁻⁴	中等

注:试验组数为 7 组。

1.4 m,滑面总体倾向北北西,滑坡中前部滑面倾角 20°左右,后缘倾角 30°~46°。砾质土呈黄绿色、浅灰色,砾石母岩成分为云母片岩、石英片岩、云母大理岩,少量石英,呈次棱角状,少量次圆状、棱角状,多有明显挤压痕迹,砾石之间充填可塑状粉土。

在平硐 PD7、PD8 中采取滑带原状土样进行室内土工试验,成果见表 2。结果表明:滑带土颗粒分析定名为砾质粉土,其中砾石含量平均值 21%~34%,砂粒含量 52%~71%,粉粒、黏粒含量 8%~15%;滑带土的含水量 13.3%~14.6%,干重度 19.1 kN/m³,室内反复剪残余强度:凝聚力为 4.6~6.0 kPa,内摩擦角 25.5°~27.5°。

滑床为寒武系中统岳家坪组第三段、第四段的石英片岩、云母片岩、云母大理岩等,片理倾向北北西,倾角 30°~50°。

滑坡工程地质实测剖面见图 3。滑坡体中的地下水主要为第四系松散介质孔隙水,根据钻探揭露和水

表 2 滑带土物理力学性质试验成果

样品位置	颗粒组成/%					密度/(kN·m ⁻³)		比重	含水量/%	反复剪残余强度	
	40~20 mm	20~2 mm	2~0.5 mm	0.5~0.05 mm	<0.05 mm	湿	干			凝聚力/kPa	内摩擦角/(°)
PD7	9.0	24.0	17.0	35.0	15.0	21.7	19.1	28.0	13.3	4.6	25.5
PD8	3.0	18.0	31.0	40.0	8.0	22.0	19.1	27.9	14.6	6.0	27.5

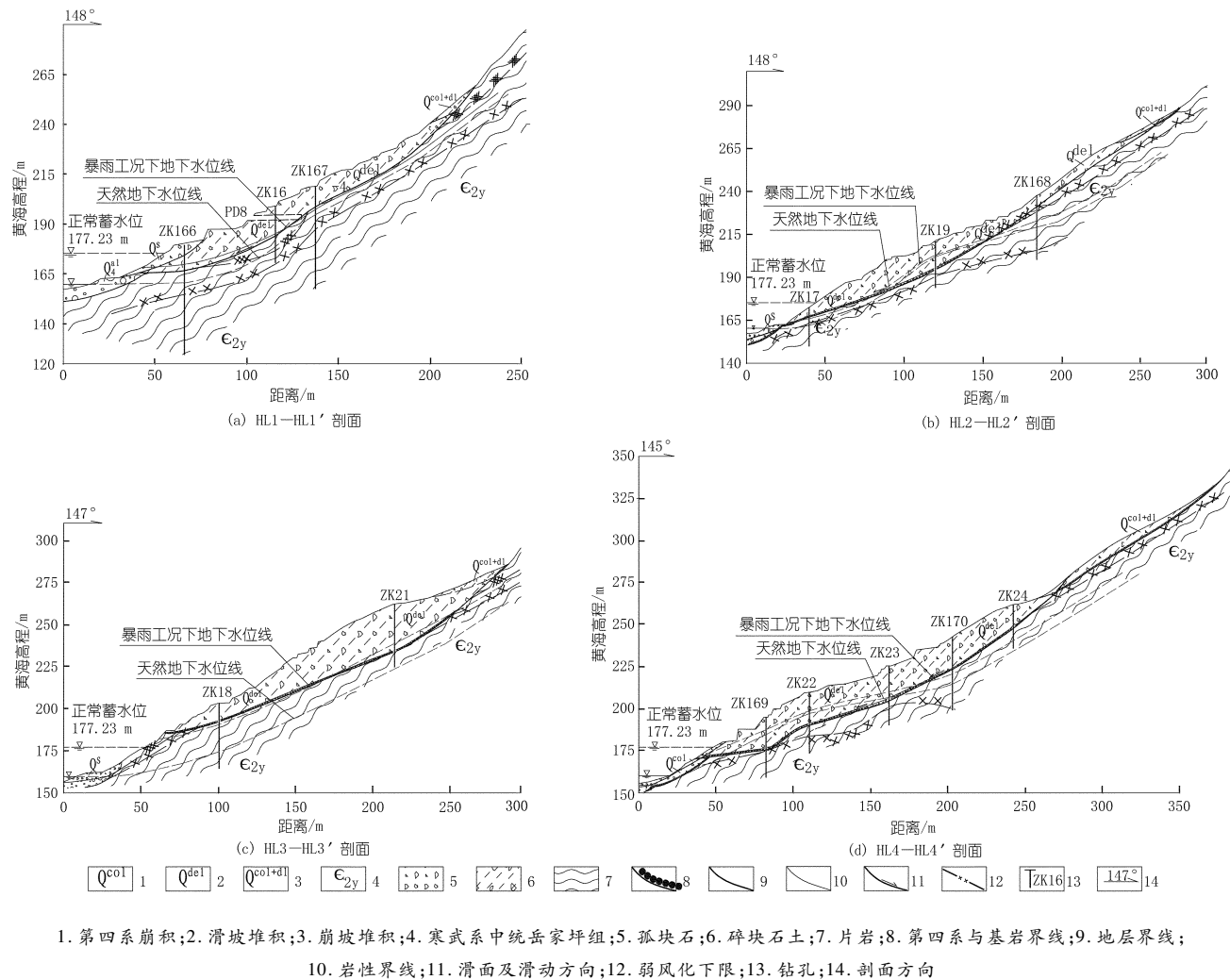


图 3 滑坡工程地质剖面示意

井调查,该滑体地下水埋深0.82~18.60 m,地下水位191.70~237.78 m,在滑坡前缘局部以泉水(W5)形式出露,流量0.5 L/min左右。平硐PD7、PD8揭露的地下水多呈散浸状分布,水量较小。滑体中的地下水主要接受大气降水和坡体上部的基岩裂隙水补给,水量和水位受降雨影响较为明显,雨季水量较大,水位较枯水期抬升一般0.5~3.0 m。

对钻孔 ZK169 进行了地下水位观测,时间选择在2012 年汉江秋汛期间(属汉江上游降雨最为集中的季节),该孔在不同时间的地下水位变幅曲线见图 4,水位随天气、降雨量变化具有明显的规律性,2012 年 8 月 27 日开始观测,当天天气晴朗,地下水位184.62 m,8 月 31 日至 9 月 12 日断续小雨天气,水位随即抬高,由于降雨量较小,水位最大抬升仅1.30 m;9 月 13 日天气变晴,地下水位在当天就消落至降雨前水平;9 月 20 日天气开始阴转小雨,地下水位相应逐渐抬升,9 月 25 日、26 日中到大雨后,地下水位抬升达2.90 m,水位187.52 m,随后近一个月为多云转小雨天气,地下水开始逐渐消落。

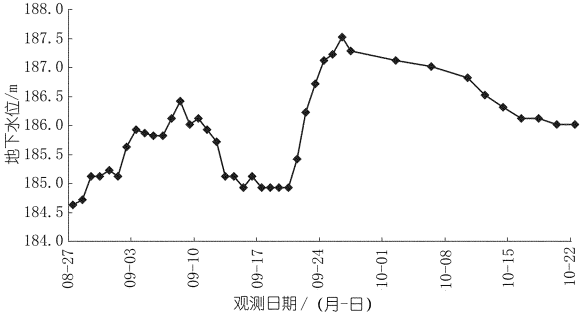


图 4 钻孔 ZK169 地下水位变化曲线

滑床基岩中分布裂隙水,据平硐 PD8 揭露,滑床云母片岩岩体中沿裂隙有泉水流出,刚揭穿时流量约7.0 L/min,1 d 之后流量降至约2.0 L/min。在滑坡西南侧,水井 W4 揭露出基岩裂隙水,地下水埋深1.60 m,水量较小。少量钻孔在滑床基岩中也揭露出地下水。

汉江是滑坡区地表、地下水的最低排泄基面,枯水期汉江水位 160 m。

根据地表水文地质调查、钻孔和平硐地下水位观测成果,绘制了滑坡体在天然状态下和暴雨久雨条件

下地下水位的空间分布状况(图3),该水位线也是滑坡稳定性计算的重要依据。

4 滑坡稳定性评价

4.1 滑坡变形破坏特征

据现场调查和访问,1983年洪水期间,汉江水位暴涨至高程180 m,随后高水位消落时,滑坡区局部发生了小范围的坍滑现象。

2004年雨季,滑体后缘曾出现一条拉张裂缝,裂缝延伸长约30 m,深20~50 cm,滑坡中、前部没有发现变形迹象。

2009年,在滑坡前缘高程190 m左右修建右岸施工道路时,形成的路堑边坡高2~6 m,由于人工边坡没有采取任何工程防护措施,在雨季,局部路堑边坡出现了小塌方,路外填土部位出现了小范围的开裂变形。

历年来,该滑坡未出现大规模的变形、破坏迹象,整体上处于基本稳定状态。

4.2 滑坡稳定性计算与分析^[5-6]

滑坡距离水电站坝址较近,对工程影响很大,滑坡稳定性分析采用2种方法进行计算,分别为传递系数法(折线型滑动面)和摩根斯顿-普莱斯法(M-P法)。计算工况主要考虑自重、地下水作用力(静水压力、动水压力)、水库正常蓄水位、设计洪水位181.29 m、校核洪水位184.95 m以及水位骤降等因素,分天然、持久和短暂工况,各大工况根据自身不同的荷载组合再次细分了若干计算工况。工程区地震基本烈度为Ⅵ度,滑坡稳定性计算不考虑地震荷载。

根据滑带土的室内试验成果,以及坝址区岩土体的物理力学性质指标,类比同类滑坡体的岩土体物理力学参数,提出该滑坡岩土体物理力学参数建议值见表3。

表3 滑坡体土的物理力学参数建议值

土类	重度/(kN·m ⁻³)		天然抗剪强度		饱和抗剪强度	
	天然	饱和	凝聚力/	内摩擦角/	凝聚力/	内摩擦角/
			kPa	(°)	kPa	(°)
碎块石土	20.5	20.8	0	39	0	37
滑带土	19.5	20.3	5	24.5	4	22

滑坡稳定性计算结果表明:

(1) 工况1(自重+坡外天然水位160 m+天然地下水位)条件下,4条地质剖面中,仅HL2-HL2'地质剖面计算结果为滑坡不稳定,其他3条剖面计算结果滑坡为基本稳定~稳定;

(2) 工况2(自重+坡外天然水位160 m+暴雨(久雨)地下水位)条件下,4条地质剖面中,仅HL1-

HL1'地质剖面计算结果为滑坡欠稳定,其他3条剖面计算结果滑坡为不稳定;

(3) 持久状况和短暂状况的各种工况经计算,滑坡属于欠稳定-不稳定。

上述计算结果与滑坡实际情况较符合。对于工况1(现状条件),虽然HL2-HL2'地质剖面处于不稳定,但是其他3条地质剖面稳定性较好,考虑滑坡体的侧向约束作用,滑坡在现状条件下整体处于基本稳定状态;对于工况2(现状叠加暴雨条件),滑坡在整体上基本处于不稳定,也是滑坡体在降雨期间局部产生变形的的主要原因(滑坡安全系数不足)。

根据《水电水利工程边坡设计规范》(DLT5353-2006),该工程边坡的设计安全系数:持久状况为1.2,短暂状况为1.1。可见该滑坡4条地质剖面的计算结果均不能满足边坡安全标准,滑坡需要采取工程治理措施。

5 结 语

针对该滑坡的处理提出抗滑桩和滑体清除两种工程治理方案。

抗滑桩方案,拟在滑坡前缘和中部设置两排抗滑桩,并对前缘实施护岸工程,以维护滑坡的稳定,该方案的优点是抗滑能力强,桩位和桩截面设置较灵活,缺点是施工工序较复杂,工期较长,工程造价偏高。

滑体清除方案,该拟建水电站为大流量、低水头、河床式电站,坝型为混凝土重力坝,共分3期围堰实施建设,根据设计方案,共需填筑料202万m³,块石料8万m³。该滑坡紧靠工程区,开采容易,填筑方便,是围堰填筑土料较好的料源地,该滑坡堆积体物质主要为碎块石土,碎块石土中的较大的孤块石是大江截流中较好的抛石料,剔除大孤石后的碎石土是围堰较好的填筑土料。因此,可以结合大坝围堰施工对该滑坡采取清除的工程方案,清除方案的优点是治理彻底不留隐患、围堰取料近、有综合利用效益,可降低水电站工程总体投资成本,缺点是滑坡清除施工时可能影响右岸施工道路的交通。

综合比较,滑体清除方案明显优于抗滑桩方案,推荐清除方案为该滑坡的工程治理方案。

另外,滑坡后缘表层坡体为崩坡积的碎块石土,基岩部分为顺向坡,滑坡清除施工时建议采取自上而下的施工顺序,并尽量避免扰动后缘松散土体以及对顺坡向岩层切脚,否则需要采取工程加固措施,以减免产生新的地质灾害。

参考文献:

[1] Volght B, Faust C. Frictional heat and strength loss in some rapid

landslides; error correction and affirmation of mechanism for the Vaiont landslide[J]. Geotechnique,1992,42(4):641-643.

[2] 姚伟,侯宗博,张永康,等. 某多次治理滑坡的变形机理和经验教训[J]. 工程地质学报,2014,22(S1): 320-325.

[3] 王启国. 金沙江虎跳峡河段水电开发重大工程地质问题研究[J]. 岩土工程学报,2009,31(8):1292-1298.

[4] 王启国,张良平. 西藏中波河段大型碎屑流成因机制及防治对策[J]. 岩石力学与工程学报,2011,30(11):2293-2302.

[5] 崔杰,王兰生,徐进,等. 金沙江中游滑坡堵江事件及古滑坡体稳定性分析[J]. 工程地质学报,2008,16(1): 6-10.

[6] 王启国,颜慧明,刘高峰. 金沙江虎跳峡水电站上江坝址若干关键工程地质问题研究[J]. 水利学报,2012,43(7):816-825.

(编辑:赵凤超)

Study on engineering geological characteristics and stability of a dam near landslide

YANG Hanliang¹,ZHOU Li²

(1. Yangtze River Geotechnical Engineering Corporation, Wuhan 430010, China; 2. Changjiang Institute of Technology, Wuhan 430200, China)

Abstract: A landslide is distributed at the upstream of a planned dam right abutment, south side of inlet of the hydropower plant. The hydraulic structures would be destructed if the landslide losses stable, so it is a major technical problem to be solved. Through the survey work such as engineering geological mapping, drilling, adit surveying, geomechanics testing, etc. , it is discovered that the volume of the landslide is about 700 thousands m³, belonging to a medium debris landslide, and its overall situation is stable. Under a multiple operation conditions such the reservoir impoundment and operation as well as sliding body saturated due to storm, long period heavy rainfall, the whole landslide would be in less stable to unstable state. Therefore, the engineering measures should be adopted. Through comparison, it is suggested that the landslide should be moved out in combination with the third stage cofferdam construction, so as to avoid the danger of the landslide completely.

Key words: engineering geology; landslide; basic characteristics; stability; engineering treatment

(上接第 30 页)

Design research on main technological problems in construction of Xinglong shiplock on Hanjiang River

GUO Hongliang, TONG Di, JIANG Youmin

(Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research, Wuhan 430010, China)

Abstract: The Xinglong shiplock on Hanjiang river, a single-lane one-step shiplock with total length of 1 400 m, has effective chamber size of 180 m×23 m×3.5 m, and its design water head is 8.1 m, which could be classified as a high water head shiplock in the series of short corridor water diversion system. In the model test, it was found that the mooring force of ship team exceeded the standards and the vertical suction eddy existed. Comprehensive measures such as setting eddy-reduction plate, adjusting water intake shape of lower lock head were adopted to solve the above problems. The upper and lower lock heads is an integral structure with large bottom plate. Therefore, a solution of conducting the pouring of left zone and right zone separately, reserving a wide joint in middle part and performing joint conjunction timely in mid period was proposed, so as to reduce the temperature-control demands and improve the stress condition of bottom plate. However, the opportunity for joint conjunction had been missed due to the lag in schedule, so a new substituted solution was proposed, which set cavities in sluice piles and conducted preloading on bottom plates. These solution measures could provide references for other similar projects.

Key words: shiplock; water diversion system; flow-separation dyke; wide joint; Xinglong Water Conservancy Project