1 前 言

1.1 工程概况

平阳县鳌江标准堤下厂段位于鳌江北岸平阳县鳌江镇下游，上游起于红砖厂水闸，下游至墨城水闸，长 3.291km，堤防防潮标准为 50 年一遇，工程级别均为 3 级，主要断面为土石堤断面结构。配套下厂水闸、下埠水闸和雁门水闸均是平阳县鳌江出江水闸，其主要功能为挡潮、排涝。下厂水闸共 2 孔，闸孔净宽 3.5m，水闸设计过闸流量 68.8m^3/s；下埠水闸共 3 孔，每孔净宽 2.7m，设计过闸流量为 40m³/s；雁门水闸共 2 孔，每孔净宽 3.0m，设计过闸流量为 40m³/s。

现状堤防堤顶高程不能满足 50 年一遇防潮标准要求，下厂水闸上游闸顶高程不满足防洪要求，下埠水闸和雁门水闸安全鉴定评定为“四类闸”，需要做报废重建处理。本次工程拟加固标准堤 3.291km，配套外移重建下埠水闸、下厂水闸、雁门水闸，防洪标准为 50 年一遇。受平阳县新鳌城市建设有限公司的委托，由我公司承担本工程初步设计阶段勘察任务。

1.2 勘察任务及技术要求

1.2.1 勘察任务

本项目勘察任务主要查明堤防及沿线水闸工程地质与水文地质条件，为设计提供岩土工程地质依据。主要内容有：

（1）查明堤防沿线及建筑物的地形、地貌和地质构造；

（2）查明堤防沿线及建筑物地层的分类、时代、成因类型、分布规律、厚度及垂直、水平方向的变化规律和下卧硬土层的埋深与起伏情况；

（3）查明堤基相对隔水层和透水层的埋深、厚度和特性，地下水的类型、活动情况、变化规律、补排条件及与地表水的关系；

（4）查明不良地质现象的范围和性质，及其发生、发展和分布规律，判明其对筑堤的影响，提出相应的处理措施建议；

（5）查明堤防沿线及建筑物的工程地质条件，并对堤基抗滑稳定、压缩变形、渗透稳定等工程地质问题作出评价并提出相应的处理措施、建议；

（6）分析各岩土层的物理力学性质，提供地基承载力参数，提供基础类型和持力层选择建议和地基基础设计的参数；

（7）提供有关岩土物理力学性质参数的统计特征值及设计取用建议值；

（8）评价工程区域构造，判别地震设防烈度和场地类别。

1.2.2 勘察技术措施

根据本工程区域地质特征及设计要求，结合相关规程规范规定，采取了以下勘察技术措施：

堤防：根据设计方案：堤防凸岸段（桩号 B0+000～B1+495、B1+570～B3+291）拟采用斜坡堤，凹岸段（桩号 B1+495～B1+570）拟采用框架堤。

（1）凸岸段斜坡堤勘探布置（桩号 B0+000～B1+495、B1+570～B3+291）

沿堤轴线布置勘探纵剖面，纵剖面上每间距 300m 左右布置 1 只钻孔，孔深须同时满足渗流与稳定分析要求并应进入基础处理深度以下一定深度,孔深 45m；沿堤轴线每隔 600m 左右垂直于堤轴线布置 1 条勘探横剖面，每断面布置 3 只钻孔，其中堤轴线上 1 只（利用纵剖面上钻孔），堤内外侧各 1 只，横剖面上孔间距 20~50m 左右，孔深 40m。

（2）凹岸段框架堤勘探布置（桩号 B1+495～B2+570）

沿堤轴线布置勘探纵剖面，纵剖面上每间距 150m 左右布置 1 只钻孔，孔深须同时满足渗流与稳定分析要求并应进入基础处理深度以下一定深度，孔深 60m；沿堤轴线每隔 300m 左右垂直于堤轴线布置 1 条勘探横剖面，每断面布置 3 只钻孔，其中堤轴线上 1 只（利用纵剖面上钻孔），堤内外侧各 1 只，横剖面上孔间距一般为 20~50m，堤内孔深 40m，堤外孔深 55m。

（3）十字板原位剪切孔布置

根据我单位经验，室内土工剪切试验指标因取样、切样、试验、人为等因素影响，其剪切试验指标与现场原位测试指标（现场十字板剪切试验）差异比较大，一般偏大，现场十字板剪切试验指标一般更贴近于实际值，因此，拟在每条横断面堤内外布置十字板孔，孔深 20m，共计十字板孔 16 只。

水闸：沿闸站轴线布置 1 条勘探纵剖面，布置 3 只钻孔，分别布置于左右岸及闸室中间；在水闸上游（堤内侧，与水闸轴线距离 20~30m 处）平行于水闸轴线布置一条勘探剖面，布置 3 只钻孔，分别布置于左右岸及中间；在水闸下游（堤外侧，与水闸轴线距离 30~40m 处）平行于水闸轴线布置一条勘探剖面，布置 3 只钻孔，分别布置于左右岸及中间，共布置钻孔 9 只。钻孔须进入闸底板以下深度不少于闸底板宽度的 1 倍，并应进入基础处理深度以下一定深度，孔深 60m 左右。

此外各闸站在围堰轴线布置 2~3 只钻孔，共计 8 只，孔深 30m 左右；两侧围堰孔边各布置 1

只十字板孔，共计 6 只，孔深 20m。

本次共布置堤防钻孔 40 只，水闸孔 27 只，围堰孔 8 只，十字板原位剪切试验孔 22 只。

根据本工程的特性，本次勘察采用了地质钻探、室内土工试验、并结合现场十字板剪切试验、标准贯入试验、动探试验等原位测试相结合的勘察手段。其主要工作方法简述如下：

（1）勘探点测放依据

放样按勘探点平面布置图实施，首先计算出孔位坐标，采用 RTK 放样。本报告及图件均采用 CGCS2000 国家坐标系、1985 年国家高程基准（二期）。

（2）工程地质调查：对区域地质、地震资料、当地的工程经验、岩土工程和建筑经验、防洪堤现状等资料进行调查。

（3）钻探：采用 XY-1 型钻机自由回转钻进，上部碎石填土采用跟管钻进，整个施工过程采用优质膨润土泥浆护壁连续取芯钻进。岩芯采取率满足规范要求：粘性土≥90%，碎石填土取芯率不低于 50%。经钻孔质量验收，全部优良，满足技术要求。

（4）取样：对淤泥质土采用薄壁取土器采取原状土样，土样取出后立即蜡封、贴好标签，及时送样，确保一周内开样。

（5）标准贯入试验和重型圆锥动力触探试验：标贯采用自动落锤装置，锤重 63.5kg，落距 76cm。标准贯入试验测试时，先经预打 15cm，保持探杆垂直、锤击匀速，记录每 10cm 和累计贯入 30cm 的锤击数为一测点。重型圆锥动力触探记录累计贯入 10cm 的锤击数为一测点。

试验时严格按有关操作规程进行，保持孔壁完整，孔底干净，试验效果良好。

（6）十字板剪切试验：试验采用电测式十字板剪切仪，十字板规格为 50mm×100mm 十字板头，板厚 3mm。在软粘土中进行，试验点间距 1.0m，测定原位应力下软粘土的原状不排水抗剪强度和扰动不排水抗剪强度，并计算灵敏度。

（7）封孔：堤防采用粘土料或者原堤身填土封孔，封孔时要求抽干孔内积水，严格控制每次孔内投放的封孔土料，并用穿心锤或击实器分层夯实。

（8）室内土工试验

本次勘察取原状土样、水样进行室内土工试验。室内土工依据《土工试验方法标准》（GB/T50123－2019）执行，进行含水率、密度、土粒比重、流塑限、压缩固结、直剪（固快和快剪）、渗透（水平与垂直）及非粘性土颗分等试验。

为保证土工试验和水分析测试数据的准确性，对采取的样品做到及时送样开样，试验操作过程严格按有关规程进行，数据可靠，资料齐全。

1.3 勘察依据规程规范

本次勘察主要依据：

（1）《水利水电工程地质勘察规范》（GB50487-2008）；

（2）《中小型水利水电工程地质勘察规范》(SL55-2005)；

（3）《堤防工程地质勘察规程》(SL188-2005)；

（4）《水闸与泵站工程地质勘察规范》（SL704-2015）；

（5）《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》（SL251-2015）；

（6）《水利水电工程地质测绘规程》（SL/T299-2020）；

（7）《水利水电工程钻探规程》（SL/T291-2020）；

（8）《水利水电工程制图标准勘测图》（SL73.3-2013）；

（9）《水利水电工程初步设计报告编制规程》（SL619-2013）；

（10）《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001　2009 年版)；

（11）《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)；

（12）《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)；

（13）《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）；

（14）《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010 2016 年版）；

（15）《土工试验方法标准》（GB/T50123-2019）；

（16）《岩土工程勘察安全标准》（GB50585-2019）；

（17）《工程建设岩土工程勘察规范》（DB33/T1065-2019）；

（18）《建筑地基基础设计规范》（浙江省标准 DB33/T1136-2017）；。

1.4 勘察布置及完成工作量

本工程野外勘探工作于 2021 年 4 月 14 日开始，至 2021 年 9 月 7 日完成。现场共完成钻孔 75 只，进尺 3874m，取原状土样 1645 件，扰动土样 80 件，完成十字板孔 22 只，进尺 440m。完成工作量见下表 1.1。

表 1.1　　**主要工作量一览表**

平阳县鳌江标准堤加固工程勘探工作量					
工作内容		工作量	工作内容		工作量
钻 孔	孔数(只)	75	室内试验	常规土试(组)	1565
	进尺(m)	3874		颗分(组)	551

取 样	原状样(件)	2220		渗透	水平(项)	401
	扰动样(件)	84			竖向(项)	371
十字板孔	孔数(只)	22		直剪	快剪+固快(组)	1564
	进尺(m)	440		固结	竖向 (项)	1530
测 量	放样(个)	97		压缩(组)		1175

2 区域地质

2.1 地形地貌

工程区位于浙江省东南部，地处浙南中山区和沿海丘陵平原交叉地区，地势西高东低，西部四周高中间低，区内火山岩发育，切割强烈，东部沿海由于海岸长期下沉，造成众多岛屿与喇叭形海岸，海岸线蜿蜒曲折，鳌江自西向东注入东海，地势西高东低。

平阳鳌江标准堤下厂段堤外地形平坦开阔，高程变化小，堤内滩涂发育，边线不规整，高程变化小，场地土以第四系淤积土为主，主导地质作用为海水堆积作用，属滨海相淤积地貌。下埠闸站和雁门闸站场址位于平鳌塘河和雁门河河口，场址区滩地较窄，宽度 5~15m，受河道冲刷影响，滩地与河道区域有一定高差，属冲海积平原。

2.2 地层岩性

测区第四系覆盖层主要有冲海积、海积、冲洪积和残坡积物。岩基主要为侏罗系上统磨石山组 b 段，岩性为青灰色凝灰岩，新鲜岩石一般较坚硬，其抗风化能力较强。地层由老至新分述如下：

(1) 侏罗系上统磨石山组 b 段(J_3m^b)

主要为青灰色流纹质凝灰岩，或晶屑熔结凝灰岩，常含角砾，可相变为流纹质玻屑晶屑凝灰岩，局部夹薄层流纹质玻屑凝灰岩，偶见紫红色凝灰质粉砂岩及泥岩。

(2)第四系覆盖层

浙江第四系发育主要受地貌，新构造运动和海面变化所控制。滨海平原区地势平坦，地层厚度大，海相地层发育。冲海积、海积和冲湖积为第四系主要地层，冲海积大多为粉土、粉砂与圆砾等；海积层多为淤泥和淤泥质土，为测区的主要地层，分布广、厚度大；冲湖积多为褐黄、灰色，可塑~硬塑粘土、粉质粘土，组成了场区内第一、二硬土层。

经钻探揭露，场区 60m 以浅主要分布的地层有填土、淤泥、淤泥质土、粉土粉砂、粘性土、圆砾、含粘性土碎石及基岩凝灰岩等，共 8 层 24 个亚层。详见场地地层一览表（表 2.1）。

表 2.1　　**场地地层一览表**

成因类型	层号	岩性	层顶标高	层厚	特征	分布范围
Q_4^s	0-0	块石	1.69~3.20	0.6~2.6	杂色，稍密，以块石为主，夹碎石或粘性土，为堤脚与闸站外侧表层抛填。	下厂闸下游堤防与各闸站外侧局部分布
	0-1	碎石土（堤身）	4.51~5.09	1.0~3.9	灰黄色，稍密，以碎石为主，夹少量粘性土，表层为 20cm 厚砼。	主要分布于现状堤顶
	0-2	粉质粘土（堤身）	2.26~4.02	0.9~2.9	灰黄色，可塑状为主，局部软塑，切面较光滑。	堤身局部分布
	0-3	杂填土	4.03~5.84	1.8~6.3	杂色，以碎石、粘性土为主，混建筑垃圾及生活垃圾。	局部分布
	0-4	碎石土	-0.31~4.9	1~4.1	灰黄色，稍密~中密，以碎石为主，夹少量粘性土。	堤防基本均有分布
	0-5	素填土	0.61~3.99	0.5~4.3	灰黄色，稍密，以粉质粘土为主，局部含植物根系。	局部分布
Q_4^{al-l}	1	粉质粘土	-0.16~4.5	0.4~4.1	灰黄色，可塑状为主，局部软塑，切面较光滑，局部见铁锰质斑。	局部缺失
Q_4^m	2-0	淤泥	-2.97~-3.15	0.6~5	灰黄色、灰色，流塑状，切面光滑，为河道表层淤泥。	局部缺失
Q_4^m	2-1	淤泥质粘土	-10.62~3.12	0.8~10	灰色，流塑状，局部软塑，局部夹粉土、粉砂，切面较光滑。下埠闸个别钻孔揭露块石，粒径大于 50mm。	基本全场分布
Q_4^{al-m}	2-1 夹	淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂	-10.48~2.5	1~7.4	灰色，流塑状，局部软塑，局部粉土、粉砂含量较高。	主要分布于雁门闸与下埠闸
Q_4^m	2-2	淤泥	-15.84~0.91	1.9~37.9	青灰色，流塑状，切面光滑，含贝壳碎屑，局部夹砂。堤防钻孔 BDK20 揭露碎块石夹层。	全场分布
Q_4^m	2-2 夹	淤泥夹贝壳	-33.17~-30.72	0.8~3	灰色，含大量贝壳碎屑，淤泥胶结。	局部分布
Q_4^m	3-1	淤泥质粘土	-36.94~-27.24	0.9~11.6	灰色，流塑状，局部软塑，局部含贝壳碎屑，具鳞片状结构。	局部缺失
Q_4^{al-m}	3-2	含砂粉质粘土	-33.13~-29.01	1.3~2.5	灰色，软塑状，夹团块状粉细砂，切面粗糙。	局部分布
Q_4^m	3-3	粘土	-55.93~-31.47	1~22.2	灰色，软塑状为主，具鳞片状结构，局部见朽木等腐殖质。	局部缺失
Q_3^{al-l}	4-1	粉质粘土	-41.63~-30.31	1.4~6.2	灰黄、灰色，可塑状为主，局部硬塑，局部夹少量团块状粉土。	局部分布
Q_3^{al}	4-2	粉土粉砂混粘性土	-41.91~-33.05	1.2~6.9	灰、灰黄色，稍密~中密状，以粉土为主，夹砂，粘性土胶结，摇振反应明显，局部粉砂含量高，相变为粉砂夹粉土。	主要分布于下厂闸
Q_3^{al+m}	4-3-1	粉质粘土夹粉土粉砂	-40.34~-33.72	1.2~6.2	灰、灰黄色，可塑状为主，以粉质粘土为主，夹层状粉土粉砂。	局部分布
Q_3^{al+m}	4-3-2	粉土	-43.8~-31.9	1.6~12.9	灰、灰黄色，稍密~中密状，湿，摇振反应明显，局部夹粉细砂。	局部揭露
Q_3^m	4-4	粉质粘土	-57.84~-37.01	0.8~24.1	灰色，可塑状为主，局部软塑状，	局部缺失

					切面光滑，土质均匀，局部夹少量碎石与腐殖质。	
Q_3^{al}	5-3	圆砾	-59.5~-50.4	3~10.5	灰色为主，中密~密实状，砾含量>50%，砾径多在 10~50mm，部分>50mm，磨圆状，粘性土与砂胶结。	雁门闸、下埠闸揭露
Q_2^{el-dl}	8-2	含粘性土碎石	-44.43~-27.78	1.9~4.2	灰、灰黄色，碎石含量>50%，砾径多在 40~60mm，以棱角状次棱角状为主，碎石风化蚀变程度较深，夹少量砾、砂，粘性土胶结。	仅Ⅱ区分布
Q_2^{el-dl}	8-3	粉质粘土	-47.43	2.5	灰色，可塑~硬塑状，土质较均匀。	仅Ⅱ区局部揭露
J_3m^b	10	全风化凝灰岩	-29.68	1.8	灰黄色为主，基岩风化呈砂土状。	仅Ⅱ区局部分布
		强风化凝灰岩	-40.71~-31.48	1.1~1.2	灰黄、青灰色，岩芯多呈块状。	仅Ⅱ区分布
		弱风化凝灰岩	-41.81~-32.68	1.0~2.7	青灰色，岩芯多呈柱状短柱状，岩质坚硬。	仅Ⅱ区分布

2.3 地质构造

本区属温瑞平原，地貌属浙东南沿海丘陵平原区，地质构造上处于温州镇海大断裂与松阳-平阳大断裂东面，属华南褶皱系泰顺-温州断拗。松阳-平阳大断裂：该大断裂西起衢州之北，被江山-绍兴深断裂截切后，又经松阳、平阳延入东海海域，长约 200km。走向约 320°，断面倾向不变，倾角 60-85°。温州-镇海大断裂：断裂总体走向为北东 25°，自黄岩县长潭水库往北经临海、宁海、镇海而潜没于灰鳖洋水域之下。

工程区附近主要地质构造为望州山环状旋卷构造和炎亭压性断裂，详述如下。

望州山环状旋卷构造位于工程区西南侧，位于平阳县藻溪、望州山一带，处于桥亭新华夏系构造带的东侧，由一系列的环状压扭性断裂群、旋扭性断裂群组成，波及范围约 230 平方公里，为一个中型的旋卷构造。

炎亭压性断裂位于工程区东南侧，走向北 25°东，破碎带延伸约 3km，宽约 30m。磨石山组 b 段安山质玻屑凝灰岩或含砾晶屑凝灰岩挤压破碎为透镜状，与断裂平行的一组劈理十分发育。

2.4 水文地质条件

工程区附近地下水类型主要为分布于地表浅部的潜水、赋存于含砂粘性土中的微承压水、中下部粉细砂层及砂卵石层中孔隙承压水和底部基岩裂隙水。潜水主要受大气降水及地表水渗入补给，地下水位受季节气候及地表径流影响较大，地下水与地表水水力联系密切。场地环境类型为Ⅱ类。

本次勘察在堤防上、中、下游各取 1 组地表水，在下埠水闸、下厂水闸、雁门水闸各取 1 组地表水样进行水质简分析，综合成果见表 2.2、2.3、2.4。

表 2.2　　**环境水对混凝土腐蚀性评价一览表**

腐蚀性类型	腐蚀性判定依据	取水样位置	指标	腐蚀程度	判定标准	
一般酸性型	pH	堤防上游	7.45	无腐蚀性	无腐蚀性	pH＞6.5
		堤防中游	7.27	无腐蚀性	弱腐蚀性	6.5≥pH＞6.0
		堤防下游	7.44	无腐蚀性	中等腐蚀性	6.0≥pH＞5.5
		雁门水闸	7.47	无腐蚀性	强腐蚀性	pH≤5.5
		下埠水闸	7.49	无腐蚀性		
		下厂水闸	7.28	无腐蚀性		
碳酸型	侵蚀性 CO_2 含量（mg/L）	堤防上游	3.73	无腐蚀性	无腐蚀性	CO_2＜15
		堤防中游	14.92	无腐蚀性	弱腐蚀性	15≤CO_2＜30
		堤防下游	3.73	无腐蚀性	中等腐蚀性	30≤CO_2＜60
		雁门水闸	3.73	无腐蚀性	强腐蚀性	Ph≥60
		下埠水闸	5.60	无腐蚀性		
		下厂水闸	14.92	无腐蚀性		
重碳酸型	HCO_3^-含量（mmol/L）	堤防上游	2.46	无腐蚀性	无腐蚀性	HCO_3^-＞1.07
		堤防中游	2.04	无腐蚀性	弱腐蚀性	1.07≥HCO_3^-＞0.70
		堤防下游	2.46	无腐蚀性	中等腐蚀性	HCO_3^-≤0.70
		雁门水闸	2.46	无腐蚀性	强腐蚀性	—
		下埠水闸	2.46	无腐蚀性		
		下厂水闸	2.04	无腐蚀性		
镁离子型	Mg^{2+}含量（mg/L）	堤防上游	621.11	无腐蚀性	无腐蚀性	Mg^{2+}＜1000
		堤防中游	678.7	无腐蚀性	弱腐蚀性	1000≤Mg^{2+}＜1500
		堤防下游	652.7	无腐蚀性	中等腐蚀性	1500≤Mg^{2+}＜2000
		雁门水闸	263.17	无腐蚀性	强腐蚀性	Mg^{2+}≥2000
		下埠水闸	455.14	无腐蚀性		
		下厂水闸	315.9	无腐蚀性		
硫酸盐型	SO_4^{2-}含量（mg/L）	堤防上游	550.18	强腐蚀性	无腐蚀性	SO_4^{2-}＜250
		堤防中游	284.58	弱腐蚀性	弱腐蚀性	250≤SO_4^{2-}＜400
		堤防下游	360.47	弱腐蚀性	中等腐蚀性	400≤SO_4^{2-}＜500
		雁门水闸	18.97	无腐蚀性	强腐蚀性	SO_4^{2-}≥500
		下埠水闸	322.52	弱腐蚀性		
		下厂水闸	512.24	强腐蚀性		

表 2.3　　**环境水对钢筋混凝土结构中的钢筋腐蚀性评价一览表**

位置	项目名称	地表水指标含量（mg/L）	腐蚀程度	判定标准	
堤防上游	$Cl^-+SO_4^{2-}\times0.25$	12812.34	强腐蚀性	弱腐蚀性	100～500
堤防中游		12889.16	强腐蚀性	中等腐蚀性	500～5000
堤防下游		14734.16	强腐蚀性	强腐蚀性	＞5000
雁门水闸		2260.43	中等腐蚀性		
下埠水闸		7921.82	强腐蚀性		
下厂水闸		7933.44	强腐蚀性		

表 2.4　　**环境水对钢结构腐蚀性评价一览表**

位置	腐蚀性判定依据	地表水指标		腐蚀程度	判断标准	
		pH	$Cl^-+SO_4^{2-}$			
堤防上游	pH 值、（$Cl^-+SO_4^{2-}$）含量（mg/L）	7.45	13224.98	中等腐蚀性	弱腐蚀性	pH 值 3～11（$Cl^-+SO_4^{2-}$）＜500
堤防中游		7.27	13102.59	中等腐蚀性		
堤防下游		7.44	15004.51	中等腐蚀性		
雁门水闸		7.47	2274.66	中等腐蚀性	中等腐蚀性	pH 值 3～11（$Cl^-+SO_4^{2-}$）≥500
下埠水闸		7.49	8163.71	中等腐蚀性		
下厂水闸		7.28	8317.62	中等腐蚀性		

按《水利水电工程地质勘察规范》附录 L 综合评价区内地表水对混凝土结构具弱~强硫酸盐型腐蚀；对钢筋混凝土结构中的钢筋在干湿交替作用环境条件下具中等~强腐蚀性；对钢结构具中等腐蚀性。

2.5 地震效应

区内现代地震活动微弱，一般仅限于 3.0 级以下地震。1996 年 4 月，文成县境内发生过 2.6 级的有感地震；2000 年 1 月 6 日洞头大门岛以东海底近海岸的浅震源有感地震；此外，台湾、福建、长江口等地发生的地震偶有波及本区。2006 年 2 月 4 日以来文成县与泰顺县交界处发生多次地震，最大震级 4.6 级，对拟建场区影响小。区域构造稳定性较好。

本场地桩号 B2+586~B3+291 有基岩出露，山前地带浅部以填土、淤泥质土、淤泥、粘性土、残坡积与风化层为主，覆盖层厚度一般 35~45m，局部堤段 55m 未揭露基岩，闸站与堤防桩号 B0+000~B2+586 属于平原区，浅部以填土、粉质粘土及流塑状淤泥质土与淤泥为主，深部可见粘性土、粉土粉砂、圆砾，覆盖层厚度一般大于 80m。场地 20m 以浅土层等效剪切波速 Vse≤150m/s，综合考虑，场地类别可分为Ⅲ类和Ⅳ类，闸站与堤防桩号 B0+000~B2+586 为Ⅳ类场地，划分为工程地质Ⅰ区；堤防桩号 B2+586~B3+291 为Ⅲ类场地，划分为工程地质Ⅱ区。据查《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），工程区Ⅲ类场地基本地震动峰值加速度为 0.065g，相应地震基本烈度为Ⅵ度，地震动反应谱特征周期为 0.55s；Ⅳ类场地基本地震动峰值加速度为 0.0625g，相应地震基本烈度为Ⅵ度，地震动反应谱特征周期为 0.75s。

2.6 不良地质作用

本场地大多数地段为Ⅳ类场地，沿线主要分布滨海相软土层，主要存在的不良地质作用：

（1）整个场地上部普遍分布巨厚的软土层，具高含水量、高空隙比、高压缩性、低强度等特点，未经处理，建筑物会产生较大沉降和剪切破坏，或者上部软土层因外荷或自重固结产生沉降，对建筑物桩基础产生负摩阻力，造成桩身失稳，导致上部建筑物结构开裂、倾斜等病害。

（2）场地地基土层包括淤泥质土、粘土、含砂粘性土、粉土、砂土及圆砾，软土层中局部含大量有机质，具备良好的产生浅层气（沼气）和储存气体的条件，查阅相关资料，我省温州湾沉积相中广泛分布浅层气体。本次勘察发现上部淤泥中有沼气反应，堤防 BDK20 勘探孔在 34m 时碰到沼气喷发，初始喷发高度近 4m，持续时间约 16 小时，可见本工程区其他部位地基土体中存在浅层气体可能性极大。若工程施工中大范围扰动含气土层，浅层气体大量喷发释放，将加剧土层沉陷和不均匀沉降，导致上部建筑物开裂、坍塌等破坏。设计应引起重视，同时遇浅层气富集区，提前释放，并加 宽、加深堤基处理深度和范围，或加长工程桩基础。

（3）现状堤防桩号 B1+400~B2+285 堤脚表层、雁门闸、下埠闸现状闸室外侧抛填大量块石，下厂闸闸室外侧小范围抛填块石，钻孔揭露厚度 0.6~2.6m，桩基设计时需注意选择成桩工艺，施工时需注意塌孔和漏浆等工程地质问题，探明各桩位抛石厚度，以便采取合理高效的施钻工艺，保证施工质量，设计时考虑部分冲击成孔费用。

3 堤防工程地质条件及评价

3.1 堤防现状调查

工程区位于鳌江北岸平阳县鳌江镇下游，长 3.4km，现状堤防堤顶高程一般在 5.15m～5.30m 之间，堤内侧地形平坦开阔，高程变化小，一般在 3.68m～4.65m 之间，堤外侧滩涂发育，边线不规整，高程变化小，一般为 2.77m～4.41m。堤防现状见下表 3.1。

表 3.1　　**堤防现状调查表**

位置	堤内	堤顶	堤外
桩 B0+000~B0+211	正在建设公园绿道	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，路面与防浪墙连接处杂草丛生，堆有建筑垃圾，与堤外基本平齐。	堤外为居民耕地，临水种植有红杉树丛
桩 B0+211~B0+430	正在建设公园绿道	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，路面与防浪墙连接处杂草丛生，堆有建筑垃圾	堤外为居民耕地，耕地外侧杂草丛生，临水码头
桩 B0+430~B0+763	堤内为鳌江港客运站及塘外村居委会	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，整体较完整，路面局部破损，堆放有废弃车辆	堤外为客运码头及停车场，滩涂局部种有红杉树丛
桩 B0+763~B1+089	堤内为渔港	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，整体较完整	B0+763~B0+805 处堆有建筑垃圾，临水为渔港码头，滩涂种有红杉树丛

桩 B1+089~B1+232	堤内为景观项目部	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，整体较完整，偶见杂草	堤外滩涂种有红杉树丛，临水废弃小型码头一座
桩 B1+383~B1+554	堤内为海警工作站，及建材市场	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，整体较完整	堤外可见抛石出露，临水小型码头
桩 B1+554~B1+730	堤内为水泥厂及沙场	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，整体较完整	堤外滩涂杂草丛生，临水码头
桩 B1+730~B1+971	堤内废弃油管厂	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，堆有大量建筑垃圾，存在不均匀沉降现象，存在输油管线	堤外 10 米范围内可见明显抛石，临水废弃码头
桩 B1+971~B2+151	堤内沙场	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，路面可见管线，路面杂草丛生，堆有土堆，防浪墙破损	堤外至鳌江五桥桥基处可见抛石，滩涂种植红杉树丛，临水码头
桩 B2+151~B2+442	堤内混凝土公司	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，整体较完好，局部破损，堆放大量建材	堤外种植红杉树丛，临水码头
桩 B2+442~B2+842	堤内建筑工地正在施工	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，堆放大量建材	堤外种植红杉树丛，临水正在建设码头
桩 B2+842~B3+012	堤内为新建厂房	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，存在管线，存在大型抛石，道路不通	堤外种植红杉树丛，可见抛石
桩 B3+012~B3+291	堤内居民住房	堤顶为混凝土路面，直立式挡墙，混凝土衬砌，整体完好，存在管线	堤外为鱼塘，临水种植红杉树丛

根据现场调查情况，堤防整体外观及结构整体性较好，局部砼路面、防浪墙开裂、破损，受软弱土地基沉降影响，局部堤身存在不均匀沉降。

3.2 堤防工程地质条件

堤防总长约 3.58km，经勘探，堤防 60m 以浅土层大致可分为 7 个地质层，共 24 个亚层，分别为 0-0 块石、0-1 碎石土（堤身）、0-2 粉质粘土（堤身）、0-3 杂填土、0-4 碎石土、0-5 素填土、1 粉质粘土、2-0 淤泥、2-1 淤泥质粘土、2-2 淤泥、2-2 夹淤泥夹贝壳、3-1 淤泥质粘土、3-2 含砂粉质粘土、3-3 粘土、4-1 粉质粘土、4-2 粉土粉砂混粘性土、4-3-1 粉质粘土夹粉土粉砂、4-3-2 粉土、4-4 粉质粘土、8-2 含粘性土碎石、8-3 粉质粘土、10 凝灰岩，各土层自上而下描述如下：

根据设计方案及勘探成果，堤防沿线岩土层可划分为两个工程地质区，桩号 B0+000～B2+586 为工程地质Ⅰ区（桩号 B0+000~B1+495、B1+570~B2+586 为斜坡堤段，桩号 B1+495~B1+570 为框架堤段），桩号 B2+586~B3+291 为工程地质Ⅱ区（斜坡堤段），成果见下表：

表 3.2　　**堤防 B0+000~B2+586 段地基土层划分表（工程地质Ⅰ区）**

层号	岩性	层顶标高	层厚	分布范围
0-0	块石	1.69~3.20	0.6~2.6	下厂闸下游堤防外侧分布
0-1	碎石土（堤身）	4.51~5.09	1.0~3.9	主要分布于现状堤顶
0-2	粉质粘土（堤身）	2.26~3.76	1.6~2.9	堤身局部分布

灰色，流塑状，局部软塑，局部夹粉土、粉砂，切面较光滑，基本全场分布。下埠闸个别钻孔揭露块石夹层，粒径大于 50mm。

室内试验共 64 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝36.8~54.1%，ρ＝1.67~1.85g/cm^3，ρ_{sat}＝1.70~1.85g/cm^3，ρ_d＝1.10~1.35g/cm^3，G_s＝2.71~2.75，S_r=92.2~100%，e_0=1.014~1.484，快剪 c_q=6.5~15.9kPa，φ_q=5.0~11.2^o，固快 c_{cq}=11.5~18.3kPa，φ_{cq}=10.2~14.3°；

压缩（固结）：a_{v1-2}＝0.500~1.470MPa^{-1}，E_{sv1-2}＝1.68~4.06MPa（垂直）；

渗透：室内水平 K_h=6.0×10^{-8}~8.2×10^{-7}cm/s，垂直 K_v=8.0×10^{-8}~7.5×10^{-7}cm/s。

(10) 2-2 淤泥

青灰色，流塑状，细鳞片状结构，切面光滑，夹贝壳碎屑，局部夹层状粉土、粉砂，全场分布。堤防钻孔 BDK20 揭露碎块石夹层。

室内试验共 443 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝52.1~69.6%，ρ＝1.59~1.71g/cm^3，ρ_{sat}＝1.60~1.71g/cm^3，ρ_d＝0.94~1.11g/cm^3，G_s＝2.73~2.75，S_r=91.1~100%，e_0=1.470~1.915，快剪 c_q=3.3~11.6kPa，φ_q=2.1~9.1^o，固快 c_{cq}=7.5~13.5kPa，φ_{cq}=5.2~10.8°；

压缩（固结）：a_{v1-2}＝0.550~2.640MPa^{-1}，E_{sv1-2}＝1.01~3.96MPa（垂直）；

渗透：室内水平 K_h=2.0×10^{-8}~8.50×10^{-7}cm/s，垂直 K_v=6.0×10^{-8}~8.50×10^{-6}cm/s。

(11) 2-2 夹淤泥夹贝壳

灰色，以贝壳碎屑为主，淤泥胶结，局部分布。

室内试验共 3 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝21.6~31.5%，ρ＝1.91~2.00g/cm^3，ρ_{sat}＝1.92~2.03g/cm^3，ρ_d＝1.45~1.64g/cm^3，G_s＝2.68~2.71，S_r=92.0~99.2%，e_0=0.629~0.866，快剪 c_q=11~13.2kPa，φ_q=16.5~28.3^o，固快 c_{cq}=15kPa，φ_{cq}=23°；

压缩（固结）：a_{v1-2}＝0.230~0.530MPa^{-1}，E_{sv1-2}＝3.52~7.09MPa（垂直）；。

(12) 3-1 淤泥质粘土

灰色，流塑状，局部软塑，局部含贝壳碎屑，具鳞片状结构，局部缺失。

室内试验共 18 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝38.7~54.2%，ρ＝1.69~1.83g/cm^3，ρ_{sat}＝1.70~1.83g/cm^3，ρ_d＝1.10~1.32g/cm^3，G_s＝2.71~2.75，S_r=95.9~100%，e_0=1.062~1.495，快剪 c_q=5.8~16.8kPa，φ_q=4.3~11.2^o，固快 c_{cq}=10.5~16.3kPa，φ_{cq}=8.2~12.8°；

压缩（固结）：a_{v1-2}＝0.770~1.180MPa^{-1}，E_{sv1-2}＝2.10~2.81MPa（垂直）；

渗透：室内水平 K_h=1.6×10^{-7}~5.8×10^{-7}cm/s，垂直 K_v=1.9×10^{-7}~8.7×10^{-7}cm/s。

(13) 3-2 含砂粉质粘土

灰色，软塑状，以粉质粘土为主，夹团块状粉细砂，切面粗糙，局部分布。

室内试验共 2 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝30.4~41.6%，ρ＝1.80~1.92g/cm^3，ρ_{sat}＝1.80~1.93g/cm^3，ρ_d＝1.27~1.47g/cm^3，G_s＝2.70，S_r=98.4~99.9%，e_0=0.834~1.124，快剪 c_q=15~16.5kPa，φ_q=12.6~18.3^o；

压缩（固结）：a_{v1-2}＝0.780~0.830MPa^{-1}，E_{sv1-2}＝2.21~2.72MPa（垂直）；

渗透：室内水平 K_h=4.6×10^{-5}cm/s。

(14) 3-3 粘土

灰色，软塑状为主，以粘性土为主，具鳞片状结构，局部见朽木等腐殖质，局部缺失。

室内试验共 30 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝30.3~45.4%，ρ＝1.77~1.93g/cm^3，ρ_{sat}＝1.78~1.94g/cm^3，ρ_d＝1.22~1.48g/cm^3，G_s＝2.71~2.75，S_r=95.1~100%，e_0=0.836~1.238，快剪 c_q=11.2~18.3kPa，φ_q=8.1~12.6^o，固快 c_{cq}=14.3~23.2kPa，φ_{cq}=10.1~14.3°；

压缩（固结）：a_{v1-2}＝0.330~0.930MPa^{-1}，E_{sv1-2}＝2.26~6.21MPa（垂直）；

渗透：室内水平 K_h=1.0×10^{-7}~5.6×10^{-7}cm/s，垂直 K_v=1.5×10^{-7}~7.3×10^{-7}cm/s。

(15) 4-1 粉质粘土

灰黄、灰色，可塑状为主，局部硬塑，局部夹少量团块状粉土，局部分布。

室内试验共 8 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝21.3~31.9%，ρ＝1.91~2.07g/cm^3，ρ_{sat}＝1.92~2.07g/cm^3，ρ_d＝1.45~1.71g/cm^3，G_s＝2.70~2.72，S_r=96.7~99.8%，e_0=0.582~0.878，快剪 c_q=16.6~26.5kPa，φ_q=10.3~15.3^o，固快 c_{cq}=23.2~26kPa，φ_{cq}=16.2~20.3°；

压缩（固结）：a_{v1-2}＝0.240~0.520MPa^{-1}，E_{sv1-2}＝3.49~6.59MPa（垂直）；

渗透：室内水平 K_h=5.6×10^{-7}~5.1×10^{-6}cm/s。

(16) 4-2 粉土粉砂混粘性土

灰、灰黄色，稍密~中密状，以粉土为主，夹砂，粘性土胶结，摇振反应明显，局部粉砂含量高，相变为粉砂夹粉土，主要分布于下厂闸附近。

(17) 4-3-1 粉质粘土夹粉土粉砂

灰、灰黄色，可塑状，以粉质粘土为主，夹层状粉土粉砂，刀切砂感较强，局部分布。

室内试验共 10 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝18.7~32.1%，ρ＝1.88~2.06g/cm^3，ρ_{sat}＝1.90~2.09g/cm^3，ρ_d＝1.42~1.74g/cm^3，G_s＝2.68~2.71，S_r=90.6~99.7%，e_0=0.544~0.904，快剪 c_q=13.6~28.3kPa，φ_q=12.8~20.6^o，固快 c_{cq}=23.5~35.3kPa，φ_{cq}=18.9~20.6°；

压缩（固结）：$a_{v1\text{-}2}$＝0.180~0.450MPa^{-1}，$E_{sv1\text{-}2}$＝3.84~8.58MPa（垂直）；

渗透：室内水平 K_h=5.0×10^{-5}cm/s，垂直 K_v=3.2×10^{-4}cm/s。

(18) 4-3-2 粉土

灰、灰黄色，稍密~中密状，湿，摇振反应明显，以粉土为主，局部夹粉细砂，局部分布。

室内试验共 16 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝18.4~34.7%，ρ＝1.88~2.11g/cm^3，ρ_{sat}＝1.88~2.11g/cm^3，ρ_d＝1.40~1.77g/cm^3，G_s＝2.68~2.70，S_r=95.2~100%，e_0=0.516~0.935，快剪 c_q=13~18.3kPa，φ_q=15.9~23^o，固快 c_{cq}=15.6~19.5kPa，φ_{cq}=22.1~25.3°；

压缩（固结）：$a_{v1\text{-}2}$＝0.150~0.340MPa^{-1}，$E_{sv1\text{-}2}$＝4.90~11.45MPa（垂直）；

渗透：室内水平 K_h=3.1×10^{-5}~5.8×10^{-4}cm/s，垂直 K_v=3.8×10^{-5}~6.2×10^{-5}cm/s；

标贯击数 N=9~20 击/30cm。

(19) 4-4 粉质粘土

灰色，可塑状为主，局部软塑状，切面光滑，土质均匀，局部夹少量碎石与腐殖质，局部缺失。

室内试验共 72 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝25.3~343.7%，ρ＝1.78~2.01g/cm^3，ρ_{sat}＝1.78~2.01g/cm^3，ρ_d＝1.24~1.60g/cm^3，G_s＝2.71~2.75，S_r=96.1~100%，e_0=0.689~1.198，快剪 c_q=13.5~35kPa，φ_q=10.2~15^o，固快 c_{cq}=16.5~38.3kPa，φ_{cq}=12.2~23.6°；

压缩（固结）：$a_{v1\text{-}2}$＝0.220~0.790MPa^{-1}，$E_{sv1\text{-}2}$＝2.63~8.71MPa（垂直）；

渗透：室内水平 K_h=3.9×10^{-7}~8.5×10^{-6}cm/s，垂直 K_v=3.8×10^{-7}~8.6×10^{-6}cm/s。

(20) 8-2 含粘性土碎石

灰、灰黄色，碎石含量>50%，粒径多在 40~60mm，以棱角状次棱角状为主，碎石风化蚀变程度较深，夹少量砾、砂，粘性土胶结，仅Ⅱ区山前分布。

(21) 8-3 粉质粘土

灰色，可塑~硬塑状，土质较均匀，仅Ⅱ区山前局部揭露。

室内试验共 1 组，剔除异常值后分析其主要物理力学指标为：

ω＝21.2%，ρ＝2.08g/cm^3，ρ_{sat}＝2.08g/cm^3，ρ_d＝1.72g/cm^3，G_s＝2.71，S_r=99.2%，e_0=0.579，固快 c_{cq}=23.2kPa，φ_{cq}=14.3°；

压缩（固结）：$a_{v1\text{-}2}$＝0.320MPa^{-1}，$E_{sv1\text{-}2}$＝4.93MPa（垂直）。

(22) 10 凝灰岩

全风化：灰黄色为主，基岩风化呈砂土状，原岩结构明显，仅Ⅱ区山前分布。

强风化：灰黄、青灰色，岩芯多呈碎块状及块状，风化程度较高，仅Ⅱ区山前分布。

弱风化：青灰色，岩芯多呈柱状、短柱状，岩质坚硬，锤击声较清脆，仅Ⅱ区山前分布。

3.3 十字板测试

本次堤防共测试了 22 只十字板孔，其中堤内 8 只，堤外 8 只，水闸围堰 6 只。测试深度 20m。进行数理统计，对十字板孔进行不排水抗剪强度与测试深度散点拟合，从统计情况分析，单孔的十字板强度 Cu 值随深度增长情况基本一致，随深度 Z 的增加，Cu 值呈线性增大的趋势，与测试深度呈线性关系。统计结果如下：

堤外十字板孔：1＜Z≤3m，$Cu_{平均}$＝1.16Z + 2.3733(kPa)，$Cu_{小值平均}$＝1.5Z + 0.6667(kPa)；3＜Z≤20m，$Cu_{平均}$＝1.2801Z + 6.6541 (kPa)，$Cu_{小值平均}$＝1.1534Z + 4.9905 (kPa)；

堤内十字板孔：4＜Z≤7m，$Cu_{平均}$＝2.5036Z - 7.6757(kPa)，$Cu_{小值平均}$＝1.4686Z - 4.3657 (kPa)；7＜Z≤20m，$Cu_{平均}$＝0.9472Z + 8.9134(kPa)，$Cu_{小值平均}$＝1.4686Z - 4.3657 (kPa)；

围堰钻孔参照单孔十字板实验成果，详见勘探孔平面布置图及十字板曲线图。

3.4 堤防工程地质评价

3.3.1 地层评价

主要揭露土层有：0-0 块石、0-1 碎石土（堤身）、0-2 粉质粘土（堤身）、0-3 杂填土、0-4 碎石土、0-5 素填土、1 粉质粘土、2-0 淤泥、2-1 淤泥质粘土、2-2 淤泥、2-2 夹淤泥夹贝壳、3-1 淤泥质粘土、3-2 含砂粉质粘土、3-3 粘土、4-1 粉质粘土、4-2 粉土粉砂混粘性土、4-3-1 粉质粘土夹粉土粉砂、4-3-2 粉土、4-4 粉质粘土、8-2 含粘性土碎石、8-3 粉质粘土、10 凝灰岩。

其中：

1）填土层：0-0 块石，以块石为主，夹碎石或粘性土，为堤脚与闸站外侧表层抛填，主要分布于下厂闸下游堤防以及各闸站外侧，工程地质条件一般；0-1 碎石土，为堤身填土，稍密，以碎石为主，夹少量粘性土，表层为 20cm 厚砼；0-2 粉质粘土，为堤身填土，可塑状为主，局部软塑，堤身局部分布，0-1 碎石土和 0-2 层粉质粘土土质均匀性差，为堤防沿线填土，全场分布，该层均匀性差，松散透水，工程地质条件一般，易受冲刷，造成上部路基或建筑物倾斜或倾倒，需采取合适的加固措施。0-3 杂填土，以碎石、粘性土为主，松散状，混建筑垃圾及生活垃圾，局部分布，工程地质条件较差； 0-4 碎石土灰黄色，稍密~中密，以碎石为主，夹少量粘性土，堤防基本均有分布；工程地质条件一般；0-5 素填土，稍密状，以粉质粘土为主，局部含植物根系，工程地质条件一般。

2）软土层：2-0 层淤泥、2-1 层淤泥、2-2 淤泥、2-2 夹淤泥夹贝壳、3-1 层淤泥质粘土均为流塑状，具有含水率大、压缩性高、强度低等特点，物理力学性质差，工程地质条件差。各土层揭露厚度分别为 0.6~5.0m、0.8~10.0m、1.9~37.9m、0.8~3.0 m、0.9~11.6m，其中 2-0、2-1、2-2、3-1 仅少量钻孔未揭露，接近连续分布，2-2 夹仅少量钻孔揭露，分布不连续。

3）粘性土层：3-2 层含砂粉质粘土，软塑状，以粉质粘土为主，夹团块状粉细砂，局部分布且厚度较薄，工程意义不大；3-3 粘土，软塑状为主，压缩性较高，强度较低，工程地质条件一般，基本全场分布，在上部荷载不大的情况下可作为短桩的持力层，但需经过沉降验算；4-1 粉质粘土可塑状为主，局部硬塑，局部夹少量团块状粉土，局部分布，厚度不均，工程地质条件一般；4-3-1 粉质粘土夹粉土粉砂，可塑状，以粉质粘土为主，夹层状粉土粉砂，主要分布在堤防中游，局部分布，厚度不均，工程地质条件一般；4-4 粉质粘土，可塑状为主，局部软塑状，埋深较深，土质均匀，局部夹少量碎石与腐殖质，该层土压缩性中等为主，强度较低，工程地质条件一般，堤防上游及下游缺失，可作为桩基持力层。8-3 粉质粘土，可塑~硬塑状，土质较均匀，仅Ⅱ区山前局部揭露，工程地质条件较好。

4）粉土粉砂层：4-2 粉土粉砂混粘性土，稍密~中密状，以粉土为主，夹砂，粘性土胶结，局部粉砂含量高，相变为粉砂夹粉土，主要分布在下厂闸附近堤防段，但厚度较薄，工程意义不大；4-3-2 粉土，稍密~中密状，以粉土为主，局部夹粉细砂，局部分布，工程地质条件一般，可作为桩基持力层。

5）碎石层：8-2 含粘性土碎石，夹少量砾、砂，粘性土胶结，仅Ⅱ区山前分布，工程地质条件较好，揭露厚度为 1.9~4.2m，可作为桩基础持力层。

6）基岩：仅Ⅱ区山前分布，10-1 层全风化凝灰岩，风化呈砂土状，工程地质条件一般，10-2 层强风化凝灰岩和 10-3 层弱风化凝灰岩，岩石质地较硬，物理力学性质好，可作为桩基持力层。

7）堤线抛石层：工程区堤岸岸坡冲刷现象强烈，因此在老堤外侧抛填块石。堤防外岸坡大多数已被树林、农田等侵占，给查明抛石范围及厚度带来很大难度，本次勘察采取踏勘方式进行调查，抛石范围主要集中在下厂闸至 B2+285，抛石块径一般 30~80cm，范围内堤外 3~15m 基本都有分布，在桥墩附近，抛石范围更大，基本在堤外 15~20m 范围内分布。因此，对外移堤线，如采用桩基需考虑抛石对成桩的影响，地基处理前采用高压水枪探明范围及厚度，及时调整施工方案和施工工艺，确保施工质量和进度。

3.3.2 堤基承载力

根据《建筑地基基础设计规范》（GB5007-2011）第 5.2.3 条，并结合原位测试成果、室内土工试验及地区经验，综合确定各土层地基承载力特征值建议值，相应地基土物理力学指标设计参数建议值详见表 1-1。

3.3.3 堤基土的沉降分析

现有堤防地基表部为软土层，为高含水率、高灵敏度、高压缩性，低强度的软土，其物理力学性质差，工程地质条件差，是基础稳定及压缩变形的控制层，对堤防沉降变形及稳定影响较大，原老堤段总体完好，局部发生纵向破坏裂缝，不均沉降明显。

3.3.4 堤基渗透性与渗透变形

堤基主要土层堤身填土 0-1 碎石土、堤身填土 0-2 粉质粘土、1 层粉质粘土、2-0 淤泥、2-1 层淤泥质粘土、2-2 层淤泥、3-1 层淤泥质粘土、3-2 层含砂粉质粘土、3-3 层粘土、4-1 层粉质粘土。堤身填土碎石土，透水性较好，易产生渗漏，一定水头条件作用下，易产生渗透破坏。其余地基土均为微透水~弱透水性，抗渗性能较好，堤基土的渗透变形主要为流土型。

3.3.5 堤基土的抗滑稳定性分析和抗冲刷评价

因受大气降水、潮汐和汛期影响，水位变化较大，地下水位变化造成动水压力变化较大，对堤基土具有较大的冲刷掏蚀作用，沿线堤脚抛石层位于河道常水位附近，易受冲刷。下部地基范围内主要为淤泥、淤泥质土，易发生滑动。因此建议设计进行抗滑稳定、抗冲刷计算。工程施工

时宜适当放缓边坡。

根据《水利水电工程地质勘察规范》（GB50487-2008），统计各土层抗剪强度峰值标准值，稳定性验算所需参数详见下表 3.4。

表 3.4　　**稳定性验算参数建议值表**

层号	岩土层名称	重度	建议值			
		γ_0	快剪		固快	
		kN/m^3	C(kPa)	φ(°)	C(kPa)	φ(°)
0-2	粉质粘土（堤身）	18.7	14.5	11.4	14.8	12.5
0-4	碎石土	/	0	33	/	/
0-5	素填土	18.5	14.3	11.4	14.6	12.5
1	粉质粘土	18.6	16.9	11.6	19	14.3
2-0	淤泥	16.0	4.7	2.8	7.3	5.8
2-1	淤泥质粘土	17.2	11.8	8.4	14	11.7
2-2	淤泥	16.3	6	3.8	9.5	7.2
3-1	淤泥质粘土	17.1	11.1	6.9	13.3	10

3.3.6 堤基处理建议

场区浅部地基土以 2-0 层淤泥、2-1 层淤泥质粘土、2-2 层淤泥、3-1 层淤泥质粘土为主，各土层物理力学性质差，是基础稳定及压缩变形的控制层，不宜作为拟建堤防的天然地基持力层。表层堤身填土 0-1 碎石土和 0-2 层粉质粘土均匀性差，松散透水，工程地质条件较差，易受冲刷，造成上部建筑物倾斜或倾倒，需采取合适的加固措施。

堤防拟采用老堤加高拼宽土石堤与堤外新建框架平台结构，老堤下部拟采用高压旋喷桩，拼宽土石堤挡墙及框架堤基础拟采用灌注桩基础，当荷载不大时建议以 3-3 层粘土或 4-4 粉质粘土作为桩端持力层，山前地带建议以 8-2 层含粘性土碎石、8-3 层粉质粘土或 10 层弱风化凝灰岩为桩端持力层。老堤采用土石方加高应对堤防稳定性及最大加载高度进行验算，施工时应分期堆载，严格控制堆载速率，加强沉降和稳定分析。由于堤防外岸坡大多数已被农田、砂场等侵占，堤脚抛石和沿线填土难以完全查明，建议桩基施工、堤基开挖前对桩位采用高压水枪探明范围及厚度，及时调整施工方案和施工工艺，确保施工质量和进度。

场区 BDK20 勘探孔在 34m 时碰到沼气喷发，若工程施工中大范围扰动含气土层，浅层气体大量喷发释放，将加剧土层沉陷和不均匀沉降，导致上部建筑物开裂、坍塌等破坏，设计应引起重视。同时遇浅层气富集区，提前释放，并加宽、加深堤基处理深度和范围，或加长工程桩基础。

建议开挖坡比：填土 1:1.25~1.5，粉质粘土 1:1.5~2.0、淤泥 1:3.5~4.0、淤泥质土 1:3.5。

允许水力坡降：素填土 0.40~0.50；淤泥 0.65~0.70；淤泥质土 0.60~0.65。

允许不冲刷流速：粉质粘土 0.6～0.7m/s，淤泥 0.2～0.25 m/s，淤泥质土 0.25 m/s。

摩擦系数 f 建议值：填土 0.40~0.50；粉质粘土 0.25~0.35；淤泥 0.10~0.15；淤泥质土 0.20~0.25。

4 闸站建筑物工程地质条件及评价

下厂水闸、下埠水闸和雁门水闸均是平阳县鳌江出江水闸，其主要功能为挡潮、排涝。为满足平鳌平原的防洪排涝要求，本次加固工程拟配套外移重建下埠水闸、下厂水闸、雁门水闸。

拟拆除重建的下厂闸站位于鳌江口下厂村原下厂水闸下游约 220m 处，水闸布置于泵站右侧，其中水闸规模为 3 孔×4m，总净宽 12m，泵站设计排涝流量为 30m³/s，闸底高程 0.00m。拟拆除重建的下埠闸站位于鳌江口下埠村原下埠水闸下游约 120m 处，水闸布置于泵站右侧，其中水闸规模为 3 孔×4m，总净宽 12m，泵站设计排涝流量为 30m³/s，闸底高程 0.00m。拟拆除重建的雁门闸站位于鳌江口雁门村原雁门水闸下游约 100m 处，水闸布置于泵站右侧，其中水闸规模为 3 孔×4m，总净宽 12m，泵站设计排涝流量为 40m³/s，闸底高程 0.00m。

4.1 雁门闸站工程地质条件及评价

4.1.1 雁门闸站工程地质条件

根据现场钻探揭露，雁门闸站 60.6m 以浅土层大致可分为 5 个地质层，共 9 个亚层，各土层自上而下描述如下：

表 4.1　　雁门水闸及泵站地基土层划分表（工程地质Ⅰ区）

层号	岩性	层顶标高	层厚	分布范围
1	粉质粘土	3.2~3.25	0.7~1.1	两侧堤防
2-0	淤泥	-2.97~2.25	0.6~2.9	闸基局部分布
2-1	淤泥质粘土	-5.07~1.65	3~10	闸基均布
2-1 夹	淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂	-10.48~2.5	2.3~7.4	闸基局部分布
2-2	淤泥	-15.84~-3.24	8~24.1	闸基均布
3-1	淤泥质粘土	-33.14~-27.24	2~11.6	闸基均布
3-3	粘土	-38.84~-31.47	12.7~17.1	闸基均布
4-4	粉质粘土	-53.04~-47.97	1.3~4.1	闸基局部缺失
5-3	圆砾	-54.94~-50.4	4.4~10.5	闸基均布

4.1.2 雁门闸站工程地质评价

（1）1 层粉质粘土为工程区表层的硬壳层，主要分布在堤防两侧，可塑状为主，基本全场分布，中等~高压缩性，强度一般，工程地质条件一般，水闸施工时将被挖除。

（2）2-0 层淤泥分布于海涂表面，物理力学性质极差，设计应引起重视；2-1 层淤泥质粘土局部分布，流塑状，2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂局部分布，流塑状，土质不均，2-2 层淤泥全场分布，流塑状，均为高含水量、高灵敏度、高压缩性，低强度的软粘土，其物理力学性质差，工程地质条件差，是基础稳定及压缩变形的控制层；3-1 淤泥质粘土为高压缩性、低强度的软粘土，工程地质条件差；以上土层均不宜做桩基础持力层。

（3）3-3 粘土软塑状，埋深较深，层厚较厚，工程地质条件较差，在上部荷载不大的情况下可作为桩基持力层，但设计应对沉降等工程地质问题进行复核；4-4 层粉质粘土可塑状为主，局部软塑状，埋深较深，但厚度有限，且分布不均，不宜作为桩基础持力层；5-3 圆砾中密状为主，局部密实，工程性质较好，可作为桩基持力层。设计可根据承载力的要求选择合适的持力层，但持力层层厚需满足规范要求。

（4）闸基土为淤泥、淤泥质土，承载力、压缩沉降均不能满足要求。建议对地基进行处理，可采用长短桩复合地基或采用桩基础。对于闸站翼墙、空箱结构等地基土为淤泥、淤泥质土，不宜采用天然地基，建议采用桩基础，上下游连接段的消力池、护坦和海漫采用复合地基，防冲槽采用抛石防冲。采用桩基前应逐桩进行探测表层杂填碎石带厚度，考虑合适的成桩工艺。

（5）闸基各层土均属弱~微透水性，无渗透稳定问题，但不利于闸基排水固结。

（6）闸站基础位于 2-0 层淤泥、2-1 层淤泥质粘土和 2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂中，易冲刷和滑动，尤其是转弯受冲地段，应做好护岸、护底，控制流速，防止冲刷和滑动。建议淤泥及淤泥质土不冲刷流速 0.2~0.25m/s；建议闸基础砼与地基土之间摩擦系数 f：淤泥 0.10~0.15；淤泥质土 0.20~0.25；建议开挖坡比：0 层填土 1:1.25～1:1.5，1 层粉质粘土 1:1.5～1:2.0，2-1 层淤泥质粘土、2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂 1:3.0~1:3.5，2-0、2-2 层淤泥 1:3.5～1:4.0。

4.1.3 基坑稳定分析与评价

（1）基坑周边环境及岩土条件

基坑开挖及影响深度内的主要地基土自上而下分别为：1 层粉质粘土、2-0 层淤泥、2-1 层淤泥质粘土、2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂。基坑开挖打破了土体原有的平衡，容易产生土体的侧向位移；基坑开挖时涉及饱和流塑的淤泥质土、淤泥层抗剪强度低，在基坑开挖时易产生产生蠕变变形；1 层粉质粘土土质一般，边坡稳定性一般。设计应采取适当的基坑支护和降排水或防渗措施。

（2）地基土渗透性与渗透变形

雁门闸地基土各土层水平渗透系数为 10^{-6}~10^{-5}cm/s，地基土渗透性分级属微透水～弱透水。

地基土滑移变形影响范围内均为细粒土，地基土的渗透变形主要为流土。基坑施工时在不降水条件下易形成流土破坏，影响基坑施工安全，因此本工程基坑施工过程中应根据基坑土质条件，采用有效降排水或截渗工程措施。

（3）基坑开挖及支护分析评价

对于周围开阔地段，无邻近地下管线和建筑物时，可考虑采用放坡开挖或采用放坡与局部支护相结合的方式。开挖深度较大、开挖对周边环境影响较大时，应采用支护与降排水相结合的方法，根据工程经验，可采用钻孔灌注桩、钢板桩支护+轻型井点降水等方法。建议设计复核基坑开挖深度、周边地形和建筑物，采用合适的开挖支护形式。

放坡开挖时，尚需采用明沟排水措施。坡体表面可根据基坑开挖深度、暴露时间、土质条件等情况采取必要的护坡措施。边坡位于厚填土或暗浜区时，应挖除换填或采取土体加固等措施。基坑开挖时，应尽量减少坑顶堆载及车辆荷载，严禁坑顶堆放弃土。

表 4.2　　**基坑支护设计参数建议表**

地层编号	土层名称	重度	快剪		固结快剪		渗透系数	
		γ_0（kN/m^3）	c_q（kPa）	φ_q（°）	c_{cq}（kPa）	φ_{cq}（°）	K_h（cm/s）	K_v（cm/s）
1	粉质粘土	18.6	16.9	11.6	19	14.3	7.1×10^{-5}	5.6×10^{-5}
2-0	淤泥	16.4	5.6	3.8	7.3	5.8	3.0×10^{-6}	1.5×10^{-6}
2-1	淤泥质粘土	17.0	10	7.5	13.1	11.3	6.4×10^{-6}	5.0×10^{-6}
2-1 夹	淤泥质粉质粘土夹粉土夹粉土粉砂	17.6	12.5	11	14.7	12.7	8.3×10^{-6}	6.0×10^{-6}

4.1.4 施工围堰工程地质条件评价

（1）围堰沿线勘探 30m 以浅范围内土层主要有 1 层粉质粘土、2-0 层淤泥、2-1 层淤泥质粘土、2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂、2-2 层淤泥。

（2）1 层粉质粘土为工程区表层的硬壳层，可塑状为主，厚度较薄，中等~高压缩性，强度一般，工程地质条件一般；2-0 层淤泥分布于海涂表面，物理力学性质极差，设计应引起重视；2-1 层淤泥质粘土、2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉砂、2-2 层淤泥呈流塑状，为高含水率、低强度、高压缩性软土，物理力学性质差，工程地质条件差，沿线均有分布，是沉降和稳定的控制层，不经处理，不宜直接作为天然地基。

（3）现状水闸外侧及大堤堤脚存在抛石镇压层，抛石分布较多；中间段位于水闸排涝出口，抛石分布较少，为减少抛石对围堰施工的影响，建议围堰结构可采用中间钢管桩型结合两侧土石堤型布置，施工前应探明抛石分布范围。

（4）土石围堰由于堰基为软土，未经处理，不宜直接作为天然地基，建议采用塑料排水板结合加筋土工布处理地基，施工过程中应分层填筑，控制加荷速率，并且控制边坡和增加堤脚镇压及防冲。

表 4.3　　**围堰工程设计参数建议表**

地层编号	土层名称	重度	快剪		固结快剪		渗透系数	
		γ_0（kN/m^3）	c_q（kPa）	φ_q（°）	c_{cq}（kPa）	φ_{cq}（°）	K_h（cm/s）	K_v（cm/s）
1	粉质粘土	18.6	16.9	11.6	19	14.3	7.1×10^{-5}	5.6×10^{-5}
2-0	淤泥	16.4	5.6	3.8	7.3	5.8	3.0×10^{-6}	1.5×10^{-6}
2-1	淤泥质粘土	17.0	10	7.5	13.1	11.3	6.4×10^{-6}	5.0×10^{-6}
2-1 夹	淤泥质粉质粘土夹粉土夹粉土粉砂	17.6	12.5	11	14.7	12.7	8.3×10^{-6}	6.0×10^{-6}

4.2 下埠闸站工程地质条件及评价

4.2.1 下埠闸站工程地质条件

根据现场钻探揭露，下埠闸站 66.5m 以浅土层大致可分为 4 个地质层，共 8 个亚层，各土层自上而下描述如下：

表 4.4　　**下埠水闸及泵站地基土层划分表（工程地质Ⅰ区）**

层号	土层名称	层顶标高	层厚	分布范围
2-0	淤泥	-0.73~3.15	1~2.5	闸基均布
2-1	淤泥质粘土	-7.11~2.15	2.1~7.5	闸基均布
2-1 夹	淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂	-7.07~-2.58	1.6~6.9	闸基均布
2-2	淤泥	-12.14~-7.93	20.6~25.3	闸基均布
3-1	淤泥质粘土	-36.94~-30.18	0.9~6	闸基均布
3-3	粘土	-55.93~-33.33	1~22.2	闸基均布
4-4	粉质粘土	-57.84~-54.51	0.8~3.9	闸基均布
5-3	圆砾	-59.5~-56.88	3~4.5	闸基局部缺失

4.2.2 下埠闸站工程地质评价

（1）2-0 层淤泥分布于海涂表面，物理力学性质极差，设计应引起重视；2-1 层淤泥质粘土局部分布，流塑状，2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂局部分布，流塑状，土质不均，2-2 层淤

泥全场分布，流塑状，均为高含水量、高灵敏度、高压缩性，低强度的软粘土，其物理力学性质差，工程地质条件差，是基础稳定及压缩变形的控制层；3-1 淤泥质粘土为高压缩性、低强度的软粘土，工程地质条件差；以上土层均不宜做桩基础持力层。

（2）3-3 粘土软塑状，埋深较深，层厚较厚，工程地质条件较差，在上部荷载不大的情况下可作为桩基持力层，但设计应对沉降等工程地质问题进行复核；4-4 层粉质粘土可塑状为主，局部软塑状，埋深较深，但厚度有限，且分布不均，不宜作为桩基础持力层；5-3 圆砾中密状为主，局部密实，工程性质较好，可作为桩基持力层。设计可根据承载力的要求选择合适的持力层，但持力层层厚需满足规范要求。

（3）闸基土为淤泥、淤泥质土，承载力、压缩沉降均不能满足要求。建议对地基进行处理，可采用长短桩复合地基或采用桩基础。对于闸站翼墙、空箱结构等地基土为淤泥、淤泥质土，不宜采用天然地基，建议采用桩基础，上下游连接段的消力池、护坦和海漫采用复合地基，防冲槽采用抛石防冲。采用桩基前应逐桩进行探测表层杂填碎石带厚度，考虑合适的成桩工艺。

（4）闸基各层土均属弱~微透水性，无渗透稳定问题，但不利于闸基排水固结。

（5）闸站基础位于 2-0 层淤泥、2-1 层淤泥质粘土和 2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂中，易冲刷和滑动，尤其是转弯受冲地段，应做好护岸、护底，控制流速，防止冲刷和滑动。建议淤泥及淤泥质土不冲刷流速 0.2~0.25m/s；建议闸基础砼与地基土之间摩擦系数 f：淤泥 0.10~0.15；淤泥质土 0.20~0.25；建议开挖坡比：0 层填土 1:1.25～1:1.5， 1 层粉质粘土 1:1.5～1:2.0，2-1 层淤泥质粘土、2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂 1:3.0~1:3.5，2-0、2-2 层淤泥 1:3.5～1:4.0。

4.2.3 基坑稳定分析与评价

（1）基坑周边环境及岩土条件

基坑开挖及影响深度内的主要地基土自上而下分别为：2-0 层淤泥、2-1 层淤泥质粘土、2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂。基坑开挖打破了土体原有的平衡，容易产生土体的侧向位移；基坑开挖时涉及饱和流塑的淤泥质土、淤泥层抗剪强度低，在基坑开挖时易产生产生蠕变变形。设计应采取适当的基坑支护和降排水或防渗措施。

勘探过程中发现下埠闸闸基-2.82~-7.07 深度局部有块石揭露，为原下埠闸闸前抛石沉降所致，设计应引起重视。

（2）地基土渗透性与渗透变形

雁门闸地基土各土层水平渗透系数为 10^{-6}~10^{-5}cm/s，地基土渗透性分级属微透水～弱透水。

地基土滑移变形影响范围内均为细粒土，地基土的渗透变形主要为流土。基坑施工时在不降水条件下易形成流土破坏，影响基坑施工安全，因此本工程基坑施工过程中应根据基坑土质条件，采用有效降排水或截渗工程措施。

（3）基坑开挖及支护分析评价

对于周围开阔地段，无邻近地下管线和建筑物时，可考虑采用放坡开挖或采用放坡与局部支护相结合的方式。开挖深度较大、开挖对周边环境影响较大时，应采用支护与降排水相结合的方法，根据工程经验，可采用钻孔灌注桩、钢板桩支护+轻型井点降水等方法。建议设计复核基坑开挖深度、周边地形和建筑物，采用合适的开挖支护形式。

放坡开挖时，尚需采用明沟排水措施。坡体表面可根据基坑开挖深度、暴露时间、土质条件等情况采取必要的护坡措施。边坡位于厚填土或暗浜区时，应挖除换填或采取土体加固等措施。基坑开挖时，应尽量减少坑顶堆载及车辆荷载，严禁坑顶堆放弃土。

表 4.5　　**基坑支护设计参数建议表**

地层编号	土层名称	重度	快剪		固结快剪		渗透系数	
		γ_0（kN/m^3）	c_q（kPa）	φ_q（°）	c_{cq}（kPa）	φ_{cq}（°）	K_h（cm/s）	K_v（cm/s）
0-1	碎石土（堤身）	/	0	35	/	/	/	/
2-0	淤泥	16.1	5	3.2	7.3	5.8	3.0×10^{-6}	1.5×10^{-6}
2-1	淤泥质粘土	17.2	10	7.5	13.1	11.3	6.4×10^{-6}	5.0×10^{-6}
2-1 夹	淤泥质粉质粘土夹粉土夹粉土粉砂	17.7	12.5	11	14.3	12.6	8.3×10^{-6}	6.0×10^{-6}

4.2.4 施工围堰工程地质条件评价

（1）围堰沿线勘探 30m 以浅范围内土层主要有 1 层粉质粘土、2-0 层淤泥、2-1 层淤泥质粘土、2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉土粉砂、2-2 层淤泥。

（2）1 层粉质粘土为工程区表层的硬壳层，可塑状为主，厚度较薄，中等~高压缩性，强度一般，工程地质条件一般；2-0 层淤泥分布于海涂表面，物理力学性质极差，设计应引起重视；2-1 层淤泥质粘土、2-1 夹层淤泥质粉质粘土夹粉砂、2-2 层淤泥呈流塑状，为高含水率、低强度、高压缩性软土，物理力学性质差，工程地质条件差，沿线均有分布，是沉降和稳定的控制层，不经处理，不宜直接作为天然地基。

（3）现状水闸外侧及大堤堤脚存在抛石镇压层，抛石分布较多；中间段位于水闸排涝出

口，抛石分布较少，为减少抛石对围堰施工的影响，建议围堰结构可采用中间钢管桩型结合两侧土石堤型布置，施工前应探明抛石分布范围。

（4）土石围堰由于堰基为软土，未经处理，不宜直接作为天然地基，建议采用塑料排水板结合加筋土工布处理地基，施工过程中应分层填筑，控制加荷速率，并且控制边坡和增加堤脚镇压及防冲。

表 4.6　　**围堰工程设计参数建议表**

地层编号	土层名称	重度	快剪		固结快剪		渗透系数	
		γ_0（kN/m^3）	c_q（kPa）	φ_q（°）	c_{cq}（kPa）	φ_{cq}（°）	K_h（cm/s）	K_v（cm/s）
1	粉质粘土	18.6	16.9	11.6	19	14.3	7.1×10^{-5}	5.6×10^{-5}
2-0	淤泥	16.1	5	3.2	7.3	5.8	3.0×10^{-6}	1.5×10^{-6}
2-1	淤泥质粘土	17.2	10	7.5	13.1	11.3	6.4×10^{-6}	5.0×10^{-6}
2-1 夹	淤泥质粉质粘土夹粉土夹粉土粉砂	17.7	12.5	11	14.3	12.6	8.3×10^{-6}	6.0×10^{-6}

4.3 下厂闸站工程地质条件及评价

4.3.1 下厂闸站工程地质条件

根据现场钻探揭露，下厂闸站 63.0m 以浅土层大致可分为 4 个地质层，共 8 个亚层，各土层自上而下描述如下：

表 4.7　　**下厂水闸及泵站地基土层划分表（工程地质Ⅰ区）**

层号	土层名称	层顶标高	层厚	分布范围
0-4	碎石土	2.74~2.83	1.5~1.7	两侧堤防
2-0	淤泥	-1.75~0.63	0.8~2.5	闸基局部缺失
2-1	淤泥质粘土	-2.91~1.24	0.8~3	闸基均布
2-2	淤泥	-4.61~-1.17	27~34.6	闸基均布
3-1	淤泥质粘土	-35.77~-30.87	1.6~6.7	闸基局部缺失
3-3	粘土	-38.17	3	闸基局部分布
4-2	粉土粉砂混粘性土	-41.91~-33.05	1.2~6.9	闸基均布
4-4	粉质粘土	-45.31~-38.25	15.1~24.1	闸基均布

4.3.2 下厂闸站工程地质评价

（1）0-4 层碎石土，以碎石为主，碎石粒径 20-60mm，棱角状，夹少量粘性土，该层均匀性差，松散透水，工程地质条件较差。

（3）2-0 层淤泥分布于海涂表面，物理力学性质极差，设计应引起重视；2-1 层淤泥质粘土全场分布，流塑状；2-2 层淤泥全场分布，流塑状，均为高含水量、高灵敏度、高压缩性，低强度的软粘土，其物理力学性质差，工程地质条件差，是基础稳定及压缩变形的控制层；3-1 淤泥质粘土为高压缩性、低强度的软粘土，工程地质条件差；以上土层均不宜做桩基础持力层。

（4）3-3 层粘土软塑状，仅个别孔揭露，工程地质条件较差，不宜作为桩基持力层。4-2 层粉土粉砂混粘性土，局部粉砂含量较高，稍密~中密状，但土层起伏较大，工程地质条件一般，可作为桩基持力层；4-4 层粉质粘土可塑状为主，局部软塑状，埋深较深，层厚较厚，可作为桩基础持力层，但设计应对沉降等工程地质问题进行复核。设计可根据承载力的要求选择合适的持力层，但持力层层厚需满足规范要求。

（5）闸基土为淤泥、淤泥质土，承载力、压缩沉降均不能满足要求。建议对地基进行处理，可采用长短桩复合地基或采用桩基础。对于闸站翼墙、空箱结构等地基土为淤泥、淤泥质土，不宜采用天然地基，建议采用桩基础，上下游连接段的消力池、护坦和海漫采用复合地基，防冲槽采用抛石防冲。采用桩基前应逐桩进行探测表层杂填碎石带厚度，考虑合适的成桩工艺。

（6）闸基各层土均属弱~微透水性，无渗透稳定问题，但不利于闸基排水固结。

（7）水闸基础位于 2-0 淤泥和 2-1 层淤泥质粘土中，易冲刷和滑动，尤其是转弯受冲地段，应做好护岸、护底，控制流速，防止冲刷和滑动。建议淤泥及淤泥质土不冲刷流速 0.2~0.25m/s；建议闸基础砼与地基土之间摩擦系数 f：淤泥 0.10~0.15；淤泥质土 0.20~0.25；建议开挖坡比：0 层填土 1:1.25～1:1.5，2-1 层淤泥质粘土 1:3.0~1:3.5，2-0、2-2 层淤泥 1:3.5～1:4.0。

4.3.3 基坑稳定分析与评价

（1）基坑周边环境及岩土条件

基坑开挖及影响深度内的主要地基土自上而下分别为：0-4 层碎石土、2-0 层淤泥、2-1 层淤泥质粘土。基坑开挖打破了土体原有的平衡，容易产生土体的侧向位移；基坑开挖时涉及饱和流塑的淤泥质土、淤泥层抗剪强度低，在基坑开挖时易产生产生蠕变变形，设计应采取适当的基坑支护和降排水或防渗措施。

（2）地基土渗透性与渗透变形

雁门闸地基土各土层水平渗透系数为 10^{-6}~10^{-5}cm/s，地基土渗透性分级属微透水～弱透水。地基土滑移变形影响范围内均为细粒土，地基土的渗透变形主要为流土。基坑施工时在不降

水条件下易形成流土破坏，影响基坑施工安全，因此本工程基坑施工过程中应根据基坑土质条件，采用有效降排水或截渗工程措施。

（3）基坑开挖及支护分析评价

对于周围开阔地段，无邻近地下管线和建筑物时，可考虑采用放坡开挖或采用放坡与局部支护相结合的方式。开挖深度较大、开挖对周边环境影响较大时，应采用支护与降排水相结合的方法，根据工程经验，可采用钻孔灌注桩、钢板桩支护+轻型井点降水等方法。建议设计复核基坑开挖深度、周边地形和建筑物，采用合适的开挖支护形式。

放坡开挖时，尚需采用明沟排水措施。坡体表面可根据基坑开挖深度、暴露时间、土质条件等情况采取必要的护坡措施。边坡位于厚填土或暗浜区时，应挖除换填或采取土体加固等措施。基坑开挖时，应尽量减少坑顶堆载及车辆荷载，严禁坑顶堆放弃土。

表 4.8　　**基坑支护设计参数建议表**

地层编号	土层名称	重度	快剪		固结快剪		渗透系数	
		γ_0（kN/m^3）	c_q（kPa）	φ_q（°）	c_{cq}（kPa）	φ_{cq}（°）	K_h（cm/s）	K_v（cm/s）
0-1	碎石土（堤身）	/	0	35	/	/	/	/
0-4	碎石土	/	0	33	/	/	/	/
2-0	淤泥	16.3	4.7	2.8	7.3	5.8	3.0×10^{-6}	1.5×10^{-6}
2-1	淤泥质粘土	17.0	11	8.4	13	11.4	6.4×10^{-6}	5.0×10^{-6}

4.3.4 施工围堰工程地质条件评价

（1）围堰沿线勘探 30m 以浅范围内土层主要有 0-4 层碎石土、2-0 层淤泥、2-1 层淤泥质粘土、2-2 层淤泥。

（2）0-4 层碎石土，以碎石为主，夹少量粘性土，该层均匀性差，松散透水，工程地质条件较差；2-0 层淤泥分布于海涂表面，物理力学性质极差，设计应引起重视；2-1 层淤泥质粘土、2-2 层淤泥呈流塑状，为高含水率、低强度、高压缩性软土，物理力学性质差，工程地质条件差，沿线均有分布，是沉降和稳定的控制层，不经处理，不宜直接作为天然地基。

（3）现状水闸外侧及大堤堤脚存在抛石镇压层，抛石分布较多；中间段位于水闸排涝出口，抛石分布较少，为减少抛石对围堰施工的影响，建议围堰结构可采用中间钢管桩型结合两侧土石堤型布置，施工前应探明抛石分布范围。

（4）土石围堰由于堰基为软土，未经处理，不宜直接作为天然地基，建议采用塑料排水板结合加筋土工布处理地基，施工过程中应分层填筑，控制加荷速率，并且控制边坡和增加堤脚镇压及防冲。

表 4.9　　**围堰工程设计参数建议表**

地层编号	土层名称	重度	快剪		固结快剪		渗透系数	
		γ_0（kN/m^3）	c_q（kPa）	φ_q（°）	c_{cq}（kPa）	φ_{cq}（°）	K_h（cm/s）	K_v（cm/s）
2-0	淤泥	16.3	4.7	2.8	7.3	5.8	3.0×10^{-6}	1.5×10^{-6}
2-1	淤泥质粘土	17.0	11	8.4	13	11.4	6.4×10^{-6}	5.0×10^{-6}

5 天然建筑材料

本工程需块石料 0.78 万 m³，碎石料 1.31 万 m³，回填土料 4.55 万 m³。

5.1 块石料

经调查，工程区范围附近无块石料场，需外购，可在飞云江上游一带采石场购买，选择陆运或水运，运距 15~30km，岩性主要为凝灰岩，岩体块状，坚硬致密，质量和储量基本满足本工程要求需要。

5.2 砂砾料

经调查，工程区范围附近无砂砾料场，需外购，可就近到鳌江或飞云江上游购买，可选择水运或陆运，运距 20~40km。

5.3 土料

本工程需回填土方 4.55 万 m^3，回填土料可优先采用堤防沿线开挖土料及河岸附近田地土料，基本满足设计要求。工程沿线可开挖利用的土层主要为 0-5 层素填土、1 层粉质粘土，但需清除表层含植物根系及垃圾等无用层后方可利用，沿线分布深厚淤泥质粘土层，经翻晒处理并检验满足工程要求后方可使用。根据土料物性指标分析，粉质粘土层含水量偏高，其余指标基本满足填筑土料质量要求。如仍有不足部分，可在当地市场购买。

1 层粉质粘土重塑土物理力学指标见下表：

表 5.1　　1层粘土重塑土物理力学指标

岩土名称	含水率	质量密度	液限	塑限	塑性指数	渗透		固结（垂直）		剪切				击实试验	
						水平	垂直	压缩系数	压缩模量	粘聚力（快剪）	内摩擦角（快剪）	粘聚力（固快）	内摩擦角（固快）	最优含水量	最大干密度
	%	g/cm^3	%	%	-	×10^{-6}cm/s		MPa^{-1}	MPa	kPa	度	kPa	度	g/cm^3	%
1粉质粘土	25.3	1.99	38.0	21.5	16.5	5.63	9.55	0.36	4.83	18.2	18.6	22.5	22.3	19.80	1.71
	27.1	1.97	43.0	23.0	20.0	3.52	8.78	0.39	4.55	17.6	16.7	20.8	21.1	21.30	1.68

6 结论与建议

（1）工程区区域构造稳定，场地类别可分为Ⅲ类和Ⅳ类，闸站与堤防桩号 B0+000~B2+586 为Ⅳ类场地，划分为工程地质Ⅰ区；堤防桩号 B2+586~B3+291 为Ⅲ类场地，划分为工程地质Ⅱ区。据查《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），工程区Ⅲ类场地基本地震动峰值加速度为 0.065g，相应地震基本烈度为Ⅵ度，地震动反应谱特征周期为 0.55s；Ⅳ类场地基本地震动峰值加速度为 0.0625g，相应地震基本烈度为Ⅵ度，地震动反应谱特征周期为 0.75s。

（2）场地存在巨厚软土层沉降变形、负摩阻力和浅层气等不良地质问题，设计应引起足够重视，并采取相应措施，加以控制或消除。

（3）场区 60m 以浅主要分布的地层有填土、淤泥、淤泥质土、粉土粉砂、粘性土、圆砾、含粘性土碎石及基岩凝灰岩等，共 8 层 24 个亚层。除堤防桩号 B2+586~B3+291 段局部受附近山体影响沉积规律较为复杂，残坡积含粘性土碎石、粉质粘土及基岩局部揭露外，其余段总体来讲地层均匀单一，以软土为主，工程地质条件相对简单。

（4）工程区堤岸抛石范围主要集中在下厂闸至 B2+285 范围内堤外 3~15m 基本都有分布，地基处理前建议采用高压水枪探明范围及厚度，及时调整施工方案和施工工艺，确保施工质量和进度。

（5）工程区广泛分布 1 层粘土硬壳层，可塑状为主，局部缺失，中等~高压缩性，强度一般，工程地质条件一般。下伏 2-0 淤泥、2-1 淤泥质粘土、2-2 淤泥、3-1 淤泥质粘土基本全场分布，流塑状，均为高含水量、高灵敏度、高压缩性，低强度的软粘土，其物理力学性质差，工程地质条件差，是基础稳定及压缩变形的控制层。

（6）堤身填土碎石土，透水性较好，易产生渗漏，一定水头条件作用下，易产生渗透破坏。其余地基土均为微透水~弱透水性，抗渗性能较好，堤基土的渗透变形主要为流土型。

（7）堤防基础可采用灌注桩基础，当荷载不大时建议以 3-3 层粘土或 4-4 粉质粘土作为桩端持力层，山前地带建议以 8-2 层含粘性土碎石、8-3 层粉质粘土或 10 层弱风化凝灰岩为桩端持力层。

（8）河岸设计正常水位附近土层多为 1 层粘土，为防止岸坡淘蚀，建议对水位变动区设防冲护坡；河底大多位于 2-2 层淤泥中，局部位于 2-1 淤泥质粘土中，易冲刷和滑动，尤其是转弯受冲地段，应做好护岸、护底，控制流速，防止冲刷和滑动。

（9）各闸站建筑物基础均分布深厚软土层，天然地基无法满足承载力要求，需进行地基处理，可采用长短桩复合地基或桩基础。采用桩基前应逐桩进行探测表层杂填碎石带厚度，考虑合适的成桩工艺。闸基各层土均属弱~微透水性，无渗透稳定问题，但不利于闸基排水固结。

（10）经调查，工程区范围附近无块石料场，需外购，可在飞云江上游一带采石场购买，选择陆运或水运，运距 15~30km，质量和储量基本满足本工程要求需要；工程区范围附近无砂砾料场，需外购，可就近到鳌江或飞云江上游购买，可选择水运或陆运，运距 20~40km；回填土料可优先采用堤防沿线开挖土料及河岸附近田地土料，但需清除表层含植物根系及垃圾等无用层后方可利用，沿线分布深厚淤泥质粘土层，经翻晒处理并检验满足工程要求后方可使用。

（11）本次勘察发现上部淤泥中有沼气反应，可以判断该工程区小范围存在浅层气，如桩基施工时遇到浅层气，建议先放气再进行作业，若遇局部较大浅层气喷发，建议进行施工地质勘察，查明浅层气富集的区块。

目 录

1 前 言 1

1.1 工程概况 1

1.2 勘察任务及技术要求 1

1.3 勘察依据规程规范 2

1.4 勘察布置及完成工作量 2

2 区域地质 3

2.1 地形地貌 3

2.2 地层岩性 3

2.3 地质构造 4

2.4 水文地质条件 4

2.5 地震效应 5

2.6 不良地质作用 5

3 堤防工程地质条件及评价 5

3.1 堤防现状调查 5

3.2 堤防工程地质条件 6

3.3 十字板测试 9

3.4 堤防工程地质评价 9

4 闸站建筑物工程地质条件及评价 12

4.1 雁门水闸工程地质条件及评价 12

4.2 下埠水闸工程地质条件及评价 13

4.3 下厂水闸工程地质条件及评价 15

5 天然建筑材料 16

5.1 块石料 16

5.2 砂砾料 16

5.3 土料 16

6 结论与建议 17

附 件

序号	项 目	编号及图号
1	物理力学指标建议值表	附表 1
2	物理力学指标统计表	附表 2
3	室内土工试验综合成果表	附表 3
4	勘探孔平面布置图	平鳌江-初设地-01
5	工程地质纵剖面图	平鳌江-初设地-02
6	工程地质横剖面图	平鳌江-初设地-03
7	地层综合 *e-p* 曲线	平鳌江-初设地-04
8	十字板斜率图	平鳌江-初设地-05
9	钻孔柱状图	平鳌江-初设地-06

平阳县鳌江滨水文旅长廊项目—平阳县鳌江标准堤（下厂段、下埠水闸、雁门水闸）加固工程

初步设计地质勘察报告

董　　事　　长：王文双

总　　经　　理：严云杰

总 工 程 师：吴文华

部门负责人：彭　渊

部门总工程师：俞炯奇

项目负责人：余　斐　于钟博

平阳县鳌江滨水文旅长廊项目—平阳县鳌江标准堤（下厂段、下埠水闸、雁门水闸）加固工程

初步设计地质勘察报告

批　　准：彭　渊

核　　定：李红文

审　　查：褚高强

校　　核：岑　洋

编　　写：余　斐　于钟博

参 加 人 员：余　斐　岑　洋

于钟博　潘腾飞