

# 南水北调潮河段渠基不良地质特点 及处理技术

张会香 姚蓬飞

(河南省白龟山水库管理局,河南 平顶山 467000)

**【摘要】** 南水北调中线一期工程总干渠沙河南至黄河南段潮河段,设计桩号 SH(3)133+380~SH(3)179+227,起点位于河南省新郑市梨园村,与双洎河渡槽设计单元工程末端相连接,潮河段工程全长 45.85km,沿线地质情况复杂多样。本文针对施工过程中遇到的湿陷性黄土等不良地质条件,采取相应的处理措施,效果显著,为南水北调工程的建设与运行奠定了基础。

**【关键词】** 南水北调;不良地质;处理

中图分类号: TV554

文献标识码: B

文章编号: 1005-4774(2017)09-0001-05

## Unfavorable geology characteristics and processing technology of canal base in South-to-North Water Diversion Project Chaohe River Section

ZHANG Huixiang, YAO Pengfei

(Henan Baiguishan Reservoir Administration, Pingdingshan 467000, China)

**Abstract:** The designed pile number is SH(3)133+380~SH(3)179+227 in the Chaohe River section from south of Shahe River to south of Yellow River of South-to-North Water Diversion Mid-Line Stage I Project main canal. The starting point is located in Liyuan Village, Xinzheng, Henan Province, which is connected with the terminal of Shuangji River aqueduct design unit project. The project of the Chaohe River section is 45.85km. The geological conditions are complex and diversified along the project. In the paper, collapsible loess and other poor geological conditions are encountered during construction. Corresponding treatment measures are taken with remarkable effect, thereby laying a foundation for the construction and operation of South-to-North Water Diversion Project.

**Keywords:** South-to-North Water Diversion Project; unfavorable geology; processing

### 1 工程概况

南水北调中线一期工程总干渠沙河南至黄河南段潮河段,桩号 SH(3)133+380~SH(3)179+227,起点位于河南省新郑市梨园村,与双洎河渡槽设计单元工程末端相连,潮河段工程全长 45.85km,全段渠道地质条件复杂,多处渠道底板位于黄土状轻壤土中,具有轻

微~中等湿陷性;多处渠道边坡为粉砂、极细砂(Q4)可液化土层,属轻微~中液化等级。施工过程中因强夯对临渠村庄建筑物产生不利影响,噪音扰民严重,造成村民阻工,部分渠段强夯地基处理变更为换填。该设计单元主要对饱和地震液化砂土、湿陷性黄土等不良地质进行有效处理。

## 2 饱和砂土防震液化处理技术

潮河段渠道土质主要为粉砂、极细砂(Q4)可液化土层。

### 2.1 饱和砂土的特性

饱和砂土地震液化将使地基软化,地面产生不均匀沉陷,影响渠道渠坡的整体稳定性和安全性,情况严重者将导致渠道渠坡失稳后滑坡、损坏、破坏,在外荷载作用下,饱和砂土地基可能从原来的固态转化为液态即液化,从而造成堤坝破坏或地基失稳,造成灾害。

### 2.2 饱和砂土防震液化处理技术

饱和砂土地震液化地质的处理,关键是要使其丧失产生液化的条件,强夯可以使其结构发生改变,防止在震动条件失去承载能力。

经试验,确定强夯初定参数,强夯参数:单击夯击能 $2000\text{kN}\cdot\text{m}$ ;锤重 $23\text{t}$ (底面直径 $\phi 2450\text{mm}$ );夯击 $10$ 击 $3$ 遍,累计夯 $30$ 击;前 $2$ 遍夯锤落距为 $9\text{m}$ ,第 $3$ 遍落距为 $6\text{m}$ ;夯点布置:第 $1$ 遍按正三角形布置,中距为 $6.50\text{m}$ ,第 $2$ 遍在第 $1$ 遍夯点之间布置,第 $3$ 遍满堂布置,夯点用实心圆表示。夯实处理后,进行整平处理,夯点布置如图1所示;强夯结束标准,每遍最后 $2$ 击的平均夯沉量不大于 $5\text{cm}$ ,夯坑周围地面不发生过大的隆起,不因夯坑过深发生起锤困难;设计处理深度 $6\text{m}$ ;每遍间隔时间根据试验结果定为 $2$ 周。

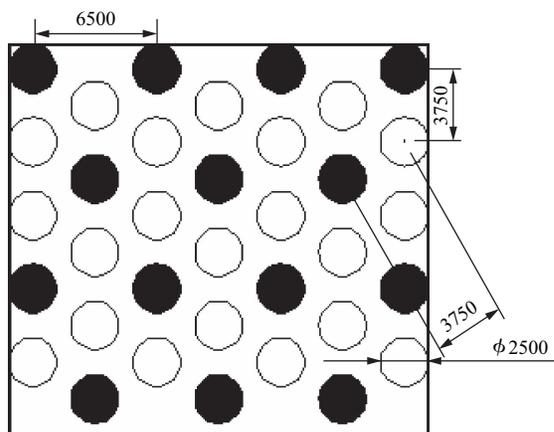


图1 夯点布置(单位:mm)

#### 2.2.1 场地平整

夯实前,根据强夯试验成果的夯沉量,进行平整场地。以大面为准,高地采用装载机装运至高程不足部位,然后采用推土机推平。局部高程仍然不足部位采用开挖的渠道可用土进行预填,预填高度为大面略平 $200\text{mm}$ ,并整平。

#### 2.2.2 夯前准备

对强夯施工区范围,进行地面夯前高程测量。按夯点布置图测设出强夯处理范围,并按夯点坐标进行放样。靠近村庄一侧,在强夯外边缘线 $4\text{m}$ 开挖深度不小于 $3\text{m}$ 、底宽 $1\text{m}$ 、两侧坡比不陡于 $1:0.70$ 的减震沟。

#### 2.2.3 强夯施工

夯机就位,施夯前检查夯点偏位(偏差应小于 $5\text{cm}$ ),测锤顶高程,检查夯击能否达到施工标准。在施夯过程中,逐击测锤顶高程,检查夯击能和夯锤倾斜度(倾斜度不大于 $30^\circ$ );若夯锤倾斜度超标,在第一遍夯击完成后用推土机将夯坑进行填平处理。

根据强夯试验成果确定的施工参数,达到停夯击数时同时应满足一个夯点夯击次数的最后两击平均夯沉量不大于 $5\text{cm}$ ,即可认定该夯点夯击达到结束标准。换夯点重复以上步骤,以完成第二遍及第三遍全部夯点的夯击任务。夯坑整平,测量夯后高程,确定每遍夯沉量和最终夯后场地高程。

在强夯试验施工施夯过程中,按规定表格做好施夯过程中施工技术参数情况统计。

#### 2.2.4 试验检测

在强夯施工结束后 $7$ 天,在施工区现场取样做消除湿陷性室内试验,在夯实范围内每 $100\sim 500\text{m}^2$ 面积内在各夯点之间任选 $1\sim 2$ 处,自夯击终止时的夯面起至其下 $6\text{m}$ 深度内每隔 $1\text{m}$ 取一次土样,做室内试验;测定土的干密度和湿陷系数、天然干密度、检验处理深度。检测结果满足处理范围内土层的湿陷系数小于 $0.015$ 和设计处理深度的要求。

#### 2.2.5 施工应注意的事项

夯前的含水量应接近最优含水量,含水过大或过

小应采取晾晒和洒水的方式修正,以保证强夯处理的效果。夯击时,应根据地下水位、基础含水量、夯击起锤情况,确定是否采用抽水或铺设排水垫层。

### 3 湿陷性黄土处理技术

潮河段渠道部分土质为具有轻微~中等湿陷性黄土。

#### 3.1 湿陷性黄土的特性

湿陷性黄土主要是浸水后土的结构破坏、地基承载力降低,易产生较大的湿陷沉降变形和渠坡失稳现象,严重影响建筑物和上部堤防的安全,是一种常见的软土地基,土挤密桩是针对湿陷性黄土地质的处理措施。

#### 3.2 湿陷性黄土处理技术

土挤密桩直径  $\varphi 400\text{mm}$ ,桩中心距 1.30m,等边三角形布置,桩长 4.50m。采用振动沉管法成孔。

土挤密桩法桩体填充材料采用壤土、一般黏性土或  $I_p > 4$  的粉土,土料中有机质含量不得超过 5%,也不得含有冻土和膨胀土,土料的粒径不宜大于 15mm;当含有碎石时,其粒径不得大于 50mm。桩内回填土的密实系数不小于 0.97,桩间土的最小挤密系数不低于 0.88。施工时由外向内施工,均匀分布,逐步加密,及时夯填。

##### 3.2.1 施工顺序

施工时,间隔(跳打)进行,先外后里,隔排隔行,间隔 2 孔跳打,即从整片挤密地基的外边线向里成孔,间隔 2 孔或数孔施工;在既有建(构)筑物邻近施工时,应背离建(构)筑物方向进行。土挤密桩施工顺序以图 2 中的编号为准,并以此为一个施工单元。施工孔距布置图如图 2 所示。

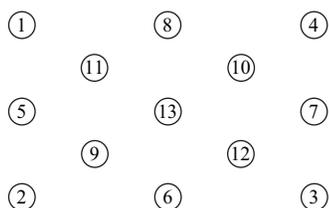


图 2 施工孔距布置

##### 3.2.2 施工方法

a. 桩机就位:根据测量点使沉管尖对准桩位,调平成孔桩机机架,使桩管保持垂直,用垂球吊线检查桩管垂直度,确保垂直度偏差不大于 1.50%,每次挪动桩机后,必须校整垂直度,确保在偏差范围内。

b. 造孔:采用等于设计桩孔直径的钢管,桩管顶设桩帽,下端做成 30° 角度锥形桩尖,桩尖配带了排气的实体桩尖打入土中拔管成孔(图 3、图 4),施工前在钢管上标出控制深度标记,以便施工中进行沉管深度观测。沉管结束后,桩内形成真空,在向上拔的过程中,真空压力迫使实体桩尖自动打开,从沉管中排气体,压力平衡后,容易拔出沉管。成孔后对中心位移、垂直度、孔径、孔深检查,合格后进行下道工序施工或对于回填后留空的孔采用橡胶盖板盖住孔口防止杂物落入。

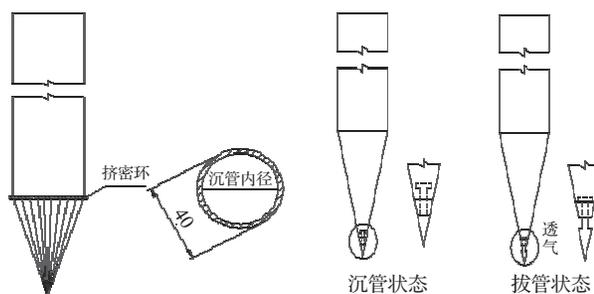


图 3 造孔示意图



图 4 造孔实景

土挤密桩的桩位按设计要求测定,挤密施工的孔位偏差应符合桩孔中心点的要求,偏差不应超过桩距设计值的 5%,且不大于 50mm。沉管法,其桩孔直径误差为 50mm,深度误差为 -100mm。成孔施工时,地

基土宜接近最优含水量,当含水量低于12%时,宜增湿至最优含水量,应于地基处理前4~6天,将需增湿的水通过一定数量和一定深度的渗水孔,均匀浸入拟处理范围的土层中。成孔后立即回填,以防止邻孔之间互相挤压或振动坍塌。

c. 填料和夯实:回填夯实的施工顺序按照成孔顺序,应先外排后里排,以免因振动挤压造成相邻孔缩孔或拥孔,可采取分段施工。向孔内填料前,孔底必须夯实,夯击次数一般不少于8次。并应抽样检查桩孔的直径、深度和垂直度;孔底经检验合格后,应按设计要求,向孔内分层填入筛好的素土,根据试验结果每次回填厚度为30cm,夯击6次,并分层夯实至设计标高,其压实度不小于0.97,桩间土的最小挤密系数不低于0.88。

### 3.2.3 质量检验

回填完成后,检测桩与桩之间土的挤密系数,采用钻芯取样的方法,测定桩间土的挤密系数。现场检测结果,均达到设计要求。

## 4 特殊地段渠基换填处理技术

潮河段的高压线下及近村庄民房地段,其饱和砂土地震防液化处理,近村庄民房夯击试验时造成房屋墙体开裂,不能满足强夯设备施工的安全距离,对此受环境和条件限制的特殊地段采取换填处理的方法。

换填土料要求。土黏粒含量宜为10%~30%,塑性指数宜为7~17,渗透系数碾压后小于 $1 \times 10^{-5}$  cm/s,有机含量不大于5%。水溶盐不大于3%,根据设计要求压实度不低于98%,干密度不小于 $1.77$  g/cm<sup>3</sup>。

填筑含水量。根据碾压试验确定,换填处理段与非换填处理段相接时,横向部位坡度不陡于1:2,纵向坡度不陡于1:3,进行反算换填范围开挖施工边线。若开挖后实际地层有变化,导致局部液化未处理,应补充处理。

### 4.1 土方开挖质量控制要点

#### 4.1.1 测量放线

根据计算的换填范围开挖边线,开始测绘需换填

区域内的原始图,报批后测设开挖轮廓线,按边线施工。开挖到预定深度后,及时邀请监理及设计对基面进行验收。在开挖过程中,经常校核测量开挖平面位置、水平标高、控制桩号、水准点和边坡坡度等,保证开挖位置准确,平面尺寸、高程和边坡坡度符合南水北调技术要求。

#### 4.1.2 施工方法

开挖按照测量放线测设的开口线自上而下分层分段施工,分层梯段高度为3m,分两层开挖到位。挖出土方随挖随运,施工中随时做成一定的坡势,以利排水。严格防止出现倒坡,避免大量的超挖。开挖临时边坡均应严格按照要求施工。

土方开挖采用2m<sup>3</sup>挖掘机直接挖装,15t自卸车和TY-160推土机辅助作业的施工方法,根据料源情况运至指定部位,按要求堆放。

基底开挖预留30~50cm厚保护层采用人工开挖,确保开挖设计高程施工;坡面要严格清基和削坡,挖掘机修坡时预留30~50cm厚保护层采用人工开挖,确保临时边坡满足要求,避免超欠挖。

### 4.2 土方换填质量控制要点

#### 4.2.1 基础验收

换填施工前,对基础开挖工作面进行验收,经验收合格后,方可进行换填施工。由于基坑换填需快速作业,为了确定一个既可满足设计指标又能便于快速施工的最优参数,应采取经现场试验验证的渠堤填筑土料及工艺参数施工。

#### 4.2.2 土料性能指标

粘粒含量14.2%;最优含水率12.40%;土料最大干密度 $1.83$  g/cm<sup>3</sup>。

#### 4.2.3 碾压参数

振动碾16t;松铺厚度35cm;碾压遍数6遍(单趟算1遍,第1遍为静碾,后5遍为动碾,行走速度为1.7km/h)。

#### 4.2.4 铺土

铺土为进占法,采用挖掘机装土,自卸汽车运输,推土机平整,人工配合。自卸汽车行走平台及卸料平

台为该填筑层已初步推平但尚未碾压的填筑面,自卸汽车退行进入工作面,不在工作面调头,各填筑作业面安排1人专职指挥车辆,使车辆有序进出工作面。铺土厚度采用打桩和水准测量的方式进行控制,严格控制松铺厚度。

#### 4.2.5 含水率

含水率控制在碾压试验要求规定值。铺土前,对土料含水率进行检测,不在规定值范围内时对其进行含水率调整。当含水率大于施工控制含水率时,对其进行翻晒。当含水率小于规定要求的含水率时,需要加水进行调整含水率;如土料含水量调整超过3%时,采取取土场加水方式增大土料含水率;如土料含水量仅需增加少量时,可采用在结合面直接洒水的方式加水。作业面含水率调整公式为

$$V = \rho_w / (1 + W) (W_{op} - W)$$

式中  $V$ ——单位体积内需要的补充水量,L;

$W$ ——土的天然含水量,%;

$W_{op}$ ——土的最优含水量,%;

$\rho_w$ ——填土碾压前的密度, $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

当采用作业面洒水调整土料含水率时,采用压力水和压缩空气混合以雾状喷出,使洒水均匀;根据施工气温和风速等气象条件来决定土料含水率调整时间。

#### 4.2.6 碾压

碾压采用16t振动碾碾压,碾压时采用进退错距法,行走方向应平行于基坑中心线,行走速度不大于2km/h,振动碾前进一趟为1遍,每1遍碾压轨迹搭接宽度大于0.50m。

#### 4.3 质量检验控制要点

采用环刀法取样,测定干密度值。取样部位应有代表性,且应在面上均匀分布,不得随意挑选,在压实层厚的下部1/3处取样,若下部1/3的厚度不足环刀高度时,以环刀底面达下层顶面时环刀取满土样为准,填筑土料的压实度不小于98%。

### 5 结 语

在潮河段渠基处理中,依据渠道设计功能要求,通过技术经济比较,选择土挤密桩、强夯、换填等不同的处理方法,经过处理后质量检测表明,其消除了地基的湿陷性、震动液化性。针对临近村庄的渠段采用换填处理措施,消除了强夯施工对村民的噪音干扰和对房屋的破坏影响。通过南水北调工程通水2年运行的检验,证明这些措施对南水北调工程不良地质的处理是有效的,且安全可靠。◆

(上接第77页)原机组相同,要满足功率增加要求,发电机定子和转子的高度必须增加,配套的下导轴承和上导轴承、推力轴承也要更换,其他发电机配套设备也需一同更换,发电机重量有所增加。经过复核计算,原电站发电机厂房结构满足发电机重量增加的承载要求。所以该次增效扩容改造不改变厂房结构尺寸。发电机型号为SF5000-14/2600。

### 7 电站改造的必要性

a. 汾河二库水电站改造工程完成后,装机容量大大增加,水电站机组效率提高,电网电损降低。改造工程能够促进当地经济的发展。

b. 通过应用先进适用的技术,提高农村水电站的

自动化和信息化水平,提升开发水力资源力度,实现农村电气化建设的要求。

c. 充分利用水能资源,满足河流综合规划和水能资源开发规划要求,努力维护河流健康生命,统筹兼顾当地生产生活用水、环境保护和生态建设的需求。

d. 节能减排,提高水能资源的利用效率,通过效率的提高,生产更多的清洁电力能源,有效减少石化能源消耗,为中国减排温室气体做出贡献。

### 8 结 语

综上所述,对汾河二库水电站进行增效扩容改造,充分利用天然水能发电,提高电站机组效率,对当地工业、农业及农村电气化建设极为有利。◆