

# 福建九龙江北溪引水灌区的节水改造问题

许亚池, 曾惠盛, 曾南星

(福建省龙海市水利局 363100)

**摘要:** 介绍福建九龙江北溪引水灌区现状, 认为该灌区目前存在渠首建筑物老化失修、渠道淤积严重、过水能力不足、灌区管理落后等问题。提出了灌区的节水改造措施, 包括进水闸除险加固、渠道优化设计和防渗设计、渠系配套建筑物改造以及相应的灌区管理措施。

**关键词:** 节水灌溉 除险加固 改造措施 引水灌区

中图分类号: TV674 文献标识码: B 文章编号: 1006-7647(2005)S1-0146-04

## 1 基本情况

福建省九龙江北溪引水灌区建于 1972 年, 位于福建省东南部的九龙江下游, 灌区涉及龙海市的 12 个乡镇, 总人口 68.85 万人, 其中农业人口 58.55 万人, 总耕地面积 3.05 万  $\text{hm}^2$ , 设计灌溉面积 2.01 万  $\text{hm}^2$ , 实际灌溉面积 1.2 万  $\text{hm}^2$ 。九龙江北溪引水灌区工程包括北溪引水工程(南港桥闸、北港桥闸)引水枢纽(西溪进水闸、南溪进水闸)和灌区工程三部分。灌区工程由左、中、右 3 条干渠组成, 总长 95.3 km; 支渠 17 条, 总长 135.4 km。其中右干渠年平均向龙海市输水 2.73 亿  $\text{m}^3$ , 是龙海市工业生产、生活用水的主要水源, 是龙海市最主要的水利基础设施。经过 30 多年的运行, 灌区存在许多问题, 渠道淤积、崩塌, 输水能力不足, 渗漏较严重, 渠系建筑物老化、破损严重, 建筑物配套不全等, 造成灌区渠系水利用系数仅为 0.36, 灌溉面积减少, 不能正常发挥工程效益, 需对灌区进行全面规划续建配套, 使工程正常发挥效益。

## 2 存在问题

### 2.1 渠首建筑物老化失修

西溪进水闸闸底板浆砌石砂浆不饱和, 上、下游冲刷淘空严重, 水闸上、下游护坦破坏, 勾缝脱落, 形成多处渗透, 且部分抛石体被淘空, 启闭设备落后, 电力设备配套不足。

### 2.2 右干渠渠道淤积严重

右干渠基本为土渠, 土壤为砂质黏土, 经过多年

运行, 未进行一次彻底清淤, 目前渠道过水能力严重下降, 普遍淤积 0.5~1.0 m, 过水能力仅为原设计流量的 60%, 供需矛盾日益突出, 灌溉面积逐渐萎缩, 制约农业发展。

### 2.3 部分渠道渠线拐弯过大且渠堤边坡不稳定

右干渠(7+200)~(7+640)段渠道, 是工厂、居民居住集中地, 往渠中倾倒废弃物现象时有发生, 导致渠道淤积, 过水能力不足, 且渠道渠线拐弯过大, 造成渠堤不稳定, 危及两岸居民点及农田安全。

### 2.4 西溪(3+700)~(10+580)渠段过水能力不足

西溪(3+700)~(10+580)段渠道现状过水能力仅为 6.82~10.17  $\text{m}^3/\text{s}$ , 为原设计过水能力(16  $\text{m}^3/\text{s}$ )的 60%左右, 并且沿途均为工厂、居民点, 没有条件拓宽渠道, 只能采取渠道防渗衬砌的措施, 减小糙率并加大流速, 达到提高该段渠道过水能力的目的。

### 2.5 建筑物配套不完善且损坏严重

灌区大部分渠段未设计量器, 使得水费计量不准确, 水费计收不到位, 部分支渠未设节制闸, 造成各级渠道取水口的引水量任意性大, 配水无计划, 西溪渠段的 9 座水闸存在闸板损坏问题, 其翼墙、护坦、海漫冲刷破坏, 启闭设备老化, 岳地渡槽和汤头渡槽漏水严重。

### 2.6 灌区管理落后

九龙江北溪引水灌区, 下设 2 个管理处, 10 个管理所, 存在如下问题: 灌区管理机构不完善, 人员素质不高, 灌区管理体制不顺, 职能不清, 权责不明, 工程管理运行机制不活, 水费征收难度大, 人员经费不足, 工程运行管理和维修养护经费难以落实, 计量

设施落后,没有配套量水设施和水情自动监测系统;水价改革进展缓慢,现行水费标准偏低,无法形成良性循环发展机制等。这些问题导致了大量水利工程老化失修,效益衰减,影响了水利工程的安全。

### 3 主要改造措施

#### 3.1 西溪进水闸除险加固

a. 闸基防渗处理。西溪进水闸目前上、下游冲刷淘空严重,闸底板浆砌石砂浆不饱满,砌筑质量较差,其渗流稳定不能满足要求,将产生渗透变形。针对上述安全隐患,应采用适当的防渗措施。具体防渗措施有延长上游水平铺盖和增加垂直防渗体两种处理方案。延长上游水平铺盖方案施工有难度,上游需设置施工围堰,投资较大,故选择增加垂直防渗体的处理方案。单管高压旋喷水泥桩防渗墙具有施工方便、速度快等优点。近年来在基础防渗工程中大量使用,已经取得成功经验,因此,采用这种防渗措施。根据渗流有限元计算成果,水闸防渗墙深度确定为 8.0 m,旋喷桩桩径 600 mm,间距 500 mm,布置在闸室往上游 1.0 m 水平铺盖上,桩头与底板间充填沥青砂浆。

b. 闸室及上、下游护坦加固。闸室基础存在液化、掏空现象,砌石底板有空隙,闸墩渗水、漏水严重导致勾缝脱落。针对以上情况,为满足稳定要求,闸底板与基础间拟采用低压灌浆。先在底板表面掏空处填塞水泥砂浆,再布低压灌浆孔,对闸基进行充填密实灌浆,孔深入底板以下 0.5 m,孔距 2.0 m,排距 1.3 m,采用梅花形布置。闸墩浆砌条石结构拟采用水泥砂浆深勾缝处理措施。水闸上、下游护坦原为浆砌条石结构,由于年久失修,勾缝脱落,形成多处渗透水通道,拟采用水泥砂浆填缝处理,且对原不规则抛石海漫抛石体进行更新整理砌筑,对部分抛石被掏空地段需采用块石抛填。

c. 启闭机及启闭房整修。启闭房年代久远,设施陈旧,进行内部简易装修,粉刷内外墙面、地面,更换门窗,改造电气照明设备。更换启闭机 2 台,将原手动启闭改为电动、手动两用启闭,原启闭房楼板开孔处采用预制混凝土盖板封闭。

#### 3.2 渠道工程

##### 3.2.1 渠道渠线优化设计

西溪干渠(7+200)~(7+640)云都段,长 440 m,淤积严重(平均淤积 0.6~1.0 m),断面窄小(宽 20~24 m),渠顶高程 3.0~3.4 m,且渠道弯道过大,经常出现漫渠现象,造成渠堤不稳定。拟对渠道弯度进行裁弯取直,对原渠道进行填筑。该段改造渠道长 360 m,设计渠底宽 10 m,渠底高程 -0.18~0.19 m,渠顶高程 3.0~3.8 m,为明渠梯形断面,边坡 1:2,设计过水

流量  $16 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

##### 3.2.2 渠道纵、横断面设计

以渠道设计流量计算正常工作条件下的渠道水力要素,控制渠道设计流速,满足渠道设计流速在不冲不淤的允许范围内( $v_{\text{不冲}} > v_{\text{设计}} > v_{\text{不淤}}$ )。

渠道横断面的过水能力采用明渠均匀流公式计算:

$$Q = WC\sqrt{Ri}$$

式中:  $Q$  为渠道设计流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $W$  为渠道过水断面面积,  $\text{m}^2$ ;  $C$  为谢才系数,  $c = \frac{1}{n}R^{1/6}$ , 其中  $R$  为水力半径,  $\text{m}$ ;  $i$  为渠底比降,  $i = \left(\frac{vn}{R^{2/3}}\right)^2$ , 其中  $v$  为渠道的平均流速,  $\text{m/s}$ ,  $n$  为渠底糙率, 取 0.025。

经计算,且考虑干渠的调蓄作用,取  $i = 0.000025$ , 即 1:40000。渠道横断面设计通过水力计算确定能通过设计流量的断面尺寸,纵断面设计根据灌溉水位要求及设计水位高程确定渠顶高程,其中设计水位根据控制点高程自下而上逐级推算,并与横断面设计的设计水位反复推算。

根据以上纵、横断面设计原则,对右干渠西溪主干渠(0+000)~(13+860)段将全面清除渠内淤泥;对于因淤积渠道断面缩窄的主干渠(1+900)~(2+800)段,要重新恢复原尺寸,原渠顶高程低的低洼段进行加高;对主干渠(3+700)~(10+580)段,其断面窄小,沿渠两边为居民点,渠道水位抬高就有漫渠塌渠隐患,要采取渠道防渗。

##### 3.2.3 渠道防渗设计

根据西溪主干道的实际情况,结合当地的地形、土壤、气温、地下水等自然条件以及社会经济、生态环境等因素,防渗设计采用了断面清淤,混凝土、砌石、土工膜等加固防渗措施,见表 1。

#### 3.3 渠系建筑物的配套改造

九龙江北引灌区右干渠沿江有许多排洪闸排水入河,经过多年的运行目前已有不同程度的破坏,需对沿江 9 座水闸进行修复加固。

a. 洋西水闸:位于渠道进水口,共 4 孔,每孔净宽 3.0 m,高 6.5 m,钢筋混凝土平板门  $3 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 。原基础采用木桩基础。闸后冲刷严重,已形成冲坑,两侧翼墙沉陷,上部启闭设备老化。采取的措施是冲坑回填抛石,两侧翼墙加宽加高,更新 4 台手电两用 20 t 单吊螺杆启闭机。

b. 北溪头水闸:位于北溪头,共 2 孔,每孔净宽 2.5 m,高 5.0 m,钢筋混凝土平板门  $2.5 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ 。原基础采用木桩基础。钢筋混凝土门板破损,启闭机设备老化,启闭房破旧。采取的措施是更新 2 台单吊点

表 1 西溪主干道防渗设计

渠段	工程现状	防渗措施	建设标准
右干渠 (0+000)~渠道断面 (3+700)段缩窄	长 3700 m, 断面清淤,两岸坡低洼段挡土 墙加高,挡土墙采用 M7.5 浆砌 块石,埋深 20 cm	现浇混凝土防渗,断面采用 C15 混凝土,现浇防渗厚 60 mm,并每 隔 5 m 设一伸缩缝,两岸坡低洼 段挡土墙加高,采用 M7.5 浆砌块 石,顶宽 50 cm,埋深 20 cm	清淤恢复 后断面底 宽 14~15 m
主干道 (3+700)~ (6+700) 段	长 3000 m, 断面过水 能力不足	土工膜防渗,断面采用土工膜防 渗,渠底黄土垫层厚 40 mm,再铺 设土工膜厚 0.18 mm,膜上覆盖 80 mm×500 mm×500 mm 的水泥土 板保护层,用 M10 水泥砂浆勾 缝,并每隔 5 m 设一伸缩缝,两岸 坡低洼段挡土墙加高,采用 M7.5 浆砌块石,顶宽 50 m,高 40 cm,埋 深 20 cm	清淤后 断面顶 宽 10 m
主干道 (6+700)~ (8+860) (9+260)~ (10+580) 段	长 3380 m, 断面过水 能力不足, 两岸均为 居民生活 点且经龙 海市	土工膜加浆砌块石护坡防渗,渠 道下部采用土工膜防渗,防渗高 度至衬砌渠顶高程,渠底黄土垫 层厚 40 mm,再铺设土工膜厚 0.18 mm,膜上覆盖 80 mm×500 mm ×500 mm 的水泥土板保护,用 M10 水泥砂浆勾缝,并每隔 5 m 设一伸缩缝,渠道上部块石护坡 至原地面高程,采用块石护坡防 渗,干砌石厚 30 cm,M10 水泥砂 浆勾缝	清淤后 断面底 宽 10 m
主干道 (8+860)~ (9+260) 段	长 400 m, 为市区中 心段,断面 过水能力 不足	土工膜加浆砌块石护坡防渗,渠 道下部采用土工膜防渗,防渗高 度至衬砌渠顶高程,渠底黄土垫 层厚 40 mm,再铺设土工膜厚 0.18 mm,膜上覆盖 80 mm×500 mm ×500 mm 的水泥土板保护,用 M10 水泥砂浆勾缝,并每隔 5 m 设一伸缩缝,渠道上部块石护坡 至原地面高程,采用块石护坡防 渗,干砌石厚 30 cm,M10 水泥砂 浆勾缝	清淤后 断面顶 宽 10 m

注:渠段断面均为梯形,边坡 1:2。

20t 手电两用螺杆启闭机,更换 C30 钢筋混凝土闸门板 2 扇,上部启闭房拆除重建。

c. 陈店水闸:位于崇福港排洪至防洪堤处,共 1 孔,净宽 3 m,高 6.5 m,钢筋混凝土平板闸门 3 m×4 m,原基础为木桩基础。闸后冲刷严重,出水口护坦坍塌,上部启闭房破旧,设备老化。采取的措施是更新启闭设备 1 台(20t 单吊点手电两用螺杆启闭机),抛石修复护坦和冲坑,上部机房拆除重建。

d. 下浒水闸:位于止范港和文苑港至防洪堤处,共 1 孔,净宽 2.5 m,高 5.8 m,钢筋混凝土平板闸门 2.5 m×4 m,原基础为木桩基础。管理房破旧。采取的措施是进行抛石回填冲坑和加固防冲,更新 1 台 20t 手电两用螺杆启闭机,对管理房维修加固。

e. 锦溪头水闸:位于锦溪村防洪堤,共 1 孔,净宽 2.5 m,高 5.9 m,钢筋混凝土平板闸门 2.5 m×4 m,原基础木桩基础。设备老化,护坦冲刷。采取措施是更新 1 台 20t 手电两用启闭机,抛石加固护坦。

f. 严溪头水闸:位于芦州港至防洪堤处,共 2 孔,每孔净宽 3.0 m,高 7.0 m,钢筋混凝土平板闸门 2.8 m×4 m,原基础为木桩基础。闸后冲刷,护坦坍塌翼墙沉陷,设备老化机房破旧,采取的措施是对护坦抛石加固,拆除破损翼墙重建,更新 2 台设备,修复启闭房。

g. 高坑水闸:位于高坑排洪港处,共 2 孔,每孔净宽 3.0 m,高 7.0 m,弓型钢板闸 2.8 m×4 m。钢闸板

锈蚀,启闭房老化。采取的措施是更新 3 台启闭机和钢闸门板,重修启闭房。

h. 草尾水闸:位于草尾,共 4 孔,每孔净宽 3 m,高 8.0 m,钢筋混凝土平板闸门 3 m×4 m,原基础为海淤换砂基,闸墩沉陷、闸槽变形,交通桥及启闭房老化,下游冲刷,设备老化,备用电源陈旧,管理房失修。采取的措施是基础进行灌沙和旋喷防渗墙加固处理,拆除桥面和启闭房重修,更换 4 台设备,更新 1 组备用电源,对冲坑进行抛石防冲处理。

i. 南港水闸:位于珠浦村处,共 5 孔,每孔净宽约 3 m,高 8 m,钢筋混凝土平板闸门 3 m×3.57 m。闸下游无消能设施,冲刷严重,两侧崩岸,基础不均匀沉陷,设备、电力线路老化,房屋简陋。采取的措施是基础灌砂防止不均匀沉陷,下游抛石防冲,两侧修建岸墙,更换 5 台设备和电力线路,修复启闭房。

## 4 管理措施

### 4.1 实施水利工程管理体制改革

为确保水利工程的安全运行,充分发挥水利工程的效益,根据《福建省水利工程管理体制改革实施方案》结合灌区实际,实施水利工程管理体制改革。一是明确权责,规范管理。灌区管理单位负责水利工程的管理、运行和维护,保证工程安全和效益发挥。水行政主管部门对各类水利工程负有行业管理责任,负责监督检查和指导水利工程的管理养护和安全运行。政府是水利工程管理的责任主体,应协调有关部门加强水利工程管理,落实运行维修经费,组织抢险和除险加固等。二是划分类别,确定性质。依据灌区所承担的任务、收益状况,将灌区划分为纯公益性水管单位,定性为事业单位。三是定编定岗,测算支出,妥善分流。本着优化人员结构、精简管理机构的原则,依据《水利工程管理单位定岗标准》,测算灌区岗位人数和每年需要的正常维修养护运行经费,并做好人员分流。四是推行管养分离,提高养护水平。积极推进水利工程管养分离,精简管理机构,提高养护水平,降低运行成本。将维修养护业务和养护人员进行剥离,对维修养护实行内部合同管理。将工程维修养护业务从灌区剥离出来,使水利工程维修养护走上社会化、市场化和专业化的道路。

### 4.2 完善量水设施,加强水情自动测报系统建设

目前北溪引水灌区量水设施不配套,水费计收不精确,浮动性较大。为了达到计量精确、经济实用且易于管理,做到用水单位或个人能按实际的用水量进行合理负担,增加了较精确的量水设施,在西溪主干渠进水口及干渠分支处设置 5 个量水堰及一套水情自动测报系统,使灌区逐步实现用水计量收费。

### 4.3 加强工程维护

北溪引水灌区养护管理要本着“经常养护,随时维修,养重于修,修重于抢”的原则,加大工程维护管理力度,以确保工程能够正常运转。日常维护主要包括渠道维护、倒虹吸管维护、涵管维护、渡槽维护等。

### 4.4 改革水费收缴机制

水费计收要由原来的随统筹提留代征或乡镇代收改为组织专业队伍依法直接收取。水费计收实行三统一,即统一收缴政策、统一收缴标准、统一收缴票据。以每条支渠灌溉范围为一个渠域,每个渠域成立一个农民用水户协会,负责支渠工程管理、供水服务和水费收缴,把管理和水费收缴有机结合,建立水费收缴机制。

### 4.5 加大科技投入,提高现代化管理水平

为了使灌区水利工程管理工作走上科学化、规范化的道路,拟在灌区内的干、支渠安装水文自动测报系统<sup>[1]</sup>,随时掌握全流域及渠道放水流量,以便合理控制和调度,提高灌区的科学管理水平。

## 5 效益分析

### 5.1 社会效益

a. 提高了灌区水利用率,节约了用水量。渠系水利用系数由 0.36 提高到 0.48,灌溉水利用系数从

现状的 0.32 提高到 0.43,年可节水 0.64 亿  $m^3$ 。农业灌溉周期缩短了 3~5 d。

b. 改善了渠道的输水条件,减轻了干渠淤积,保证了灌区上、下游均衡收益。随着用水条件的改善,将进一步提高灌溉作物单产和总产量,增加农民收入,改善农民生活,促进灌区农业种植结构的调查,发展“两高一优”农业,由单纯种植粮食作物转向种植蔬菜、瓜、果和花卉等高附加值的作物,农村经济将得到快速发展。

### 5.2 生态效益

工程建成后,可以防止沿渠道附近水田渍化和渠坡滑坡,改善农业生态环境和保持土壤水环境平衡。同时,通过渠道防渗加固,渠道平顺外形美观,灌区工程面貌大为改观,有利于农村环境绿化和水土保持,改善农村生活环境。

### 5.3 经济效益

渠道采用清淤衬砌防渗后,每年可节水 0.64 亿  $m^3$ ,可用于改善灌溉面积 0.59 万  $hm^2$  和恢复灌溉面积 0.15 万  $hm^2$ ,年增产效益为 482.8 万元。

### 参考文献:

- [1] 胡钢,宋培卿,张学武,等.南通市三联灌区节水灌溉自动控制控制系统研制[J].水利水电科技进展,2004,24(4):33-36. (收稿日期 2005-01-04 编辑 骆超)

(上接第 120 页)

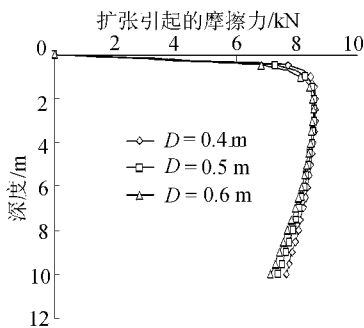


图3 由扩张引起的摩擦力随半径变化

## 3 结论

a. 通过对现有压桩时桩侧摩擦力确定方法的比较,提出了结合现场和室内试验规律来确定桩侧摩擦力的表达式,引入了新的修正系数来确定桩侧摩擦力。修正系数的大小影响桩侧摩擦力的大小和分布,需要根据土体灵敏度来取值。

b. 桩侧摩擦力由土体内的初始应力产生的摩擦力和由桩端扩张产生的摩擦力两部分组成;在压桩不同时期两部分所占比例不同,总的来说,扩张引起的摩擦力在总的摩擦力中占的比重不大。

c. 通过计算分析,发现由于土体的自重应力的

存在,桩体在固定的压桩力下只能压入到一定的位置,不能无限制向下贯入,如需要继续压入则需要增大压桩力。

d. 桩体直径对桩侧摩擦力有较大影响,桩体直径越大桩侧摩擦力越大,但对于由桩端扩张引起的摩擦力,规律相反。

### 参考文献:

- [1] 袁星武.软土地区静力压桩终压控制的探讨[J].地下空间,1998,18(4):216-219.  
[2] 韩选江.静压桩的压桩力和承载力的试验研究[J].建筑结构学报,1996,17(6):71-77.  
[3] 储王应,王能民.静压桩沉桩阻力分析与估算[J].岩土工程技术,2000(1):25-28.  
[4] 朱晓林.预估桩的沉桩阻力和沉桩可能性[M]//高大钊.软土地基理论与实践.北京:中国建筑工业出版社,1992:125-128.  
[5] 郑刚,顾晓鲁.软土地基上静力压桩若干问题的分析[J].建筑结构学报,1998,19(4):54-60.  
[6] 陈文.饱和黏土中静压桩沉桩机理及挤土效应研究[D].南京:河海大学,1998.  
[7] 张明义,邓安福.桩-土滑动摩擦的试验研究[J].岩土力学,2002,23(2):246-249.

(收稿日期 2005-01-07 编辑 熊水斌)