

# 中国援助柬埔寨乡村供水项目水井施工技术

邵盛元<sup>1</sup>, 温得全<sup>1</sup>, 胡菲菲<sup>1</sup>, 汪 洋<sup>2</sup>

(1.核工业二〇三研究所, 陕西 咸阳 712000; 2.核工业二四三大队, 内蒙古 赤峰 024000)

**摘要:**本文主要介绍了中国援助柬埔寨乡村供水井项目概况, 针对项目施工难点从水井结构、设备选型、施工工序等方面进行了项目水井施工工艺设计, 就施工难点和前期施工中遇到的问题提出了解决措施, 取得了较好的效果。

**关键词:**乡村供水井; 施工工艺; 水井结构; 设备选型

**中图分类号:**P634; TU991.12 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)03-0019-05

**Water Well Construction Technology of China-Aided Cambodia Rural Water Supply Project/SHAO Sheng-yuan<sup>1</sup>, WEN De-quan<sup>1</sup>, HU Fei-fei<sup>1</sup>, WANG Yang<sup>2</sup>** (1.No.203 Research Institute of Nuclear Industry, Xianyang Shaanxi 712000, China; 2.Geologic Party No. 243, CNNC, Chifeng Inner Mongolia 024000, China)

**Abstract:** This paper mainly introduces the general situation of China-aided Cambodia rural water supply well project. According to the construction difficulties, the well construction technology has been designed in terms of well structure, equipment selection and construction procedure, etc. Moreover, this paper also puts forward many solutions for the construction difficulties and problems encountered in early construction process, good results have been achieved.

**Key words:** rural water supply well; construction technology; water well structure; equipment selection

虽然柬埔寨江河众多, 水资源丰富, 有东南亚最大的洞里萨湖, 地表水 750 亿  $\text{m}^3$  (不包括积蓄雨水), 地下水 176 亿  $\text{m}^3$ , 但是在农村因水利设施严重缺乏或陈旧, 80% 的乡村用水困难。目前农村住户通过掘井取水, 或直接饮用未经处理的河流水、湖泊水和雨水, 水质极少达到饮用水卫生标准。特别是在旱季, 几乎没有符合饮用水标准的水源。

2016 年 9 月, 柬埔寨农村发展部向中国商务部援外司提出了在柬埔寨 19 个省的农村新打水井 6423 口、新建普通池塘 550 座、新建带斜坡保护的池塘 100 座的需求, 总经费约 4 亿元。中国援助柬埔寨乡村供水项目分三期实施, 项目工期: 3 年 (2017 年 4 月—2020 年 4 月); 本项目实施第一期, 第一期建设内容包括: 新打水井 846 口、新建普通池塘 45 座、新建带护坡池塘 28 座。建设地点位于磅清扬 (Kampong Chhnang)、磅士卑 (Kampong Speu)、磅通 (Kampong Thom)、甘丹 (Kandal)、特本克蒙 (Tbong Khmum)、柴桢 (Svay Rieng) 六个省。中核集团中标第一期 EPC 总承包, 合同经费 8516.7 万元。

## 1 水井施工要求及施工条件

### 1.1 供水井施工要求

#### 1.1.1 质量及环保要求

(1) 根据合同本工程水井按“合格”要求作为质量目标: 单井出水量  $\leq 1.0 \text{ m}^3/\text{h}$ , 水井深度  $> 50 \text{ m}$ ; 水质要求符合柬埔寨国家饮用水标准; 杜绝重大质量事故。

(2) 环保目标: 污染固体废物 100% 回收处理; 施工废水二次处理达标排放; 及时修整、恢复施工过程中受影响的生态环境。

#### 1.1.2 水井井位选择要求及建设内容

##### 1.1.2.1 井位选择要求

(1) 井位选择应考虑施工和取水方便, 位于村庄内或附近, 并避开污染源。

(2) 水井与日常污染源应保持一定的卫生安全距离, 其中距离牲畜棚和盥洗池不少于 30 m, 距离厕所不少于 40 m。

##### 1.1.2.2 新建水井建设内容

每口井为一个独立的供水水源, 并完成成井配套工程。工作内容包括前期调查、井位选址、钻井、

收稿日期: 2018-01-08; 修回日期: 2018-01-25

作者简介: 邵盛元, 男, 汉族, 1967 年生, 高级工程师, 地质工程专业, 硕士, 从事地质工程的相关技术及管理工, 陕西省咸阳市渭阳西路 48 号, ssywhb@163.com。

测井、井管安装、填砾、止水、固井、洗井、抽水试验、水质分析、安装手压泵、井台及井碑制作、单井验收以及建立水点管理组织、培训维修工等。

## 1.2 水井施工条件

### 1.2.1 自然地理及地层条件

柬埔寨位于东南半岛南部,东、西、北三面为高原,中部为平原并向南入海。中部平原,一般海拔110 m,平原中央为洞里萨湖,是东南亚第一大湖。

水井施工区位于盆地及其周边冲积平原区。平原区,降雨量大,覆盖层厚,含水层以砂土为主,渗透性较好,水资源均较丰富。丘陵区基岩露头零星分布,岩性多为花岗岩和砂岩,地表多呈强风化。50~100 m内地下水含水层较多,平原区以第四系孔隙水为主,丘陵区大部分为基岩裂隙水。由于第四系为冲积沉积层,砂砾层及砂土层胶结程度差,施工中易发生井壁垮塌、掉块、缩径等事故。丘陵区基岩层裂隙水分布不均,水井水量难以保证。

### 1.2.2 交通条件

由于是乡村供水井,水井均位于乡村内某一位置或农户院内,通行条件和施工场地均受极大限制。

柬埔寨乡村道路大多为简易砂石路或土路,虽说是通到各家各户,但是村内道路,基本都是土路,且较窄小,尤其到了雨季,道路湿滑、泥泞,水井施工设备难以到位。

## 2 供水井施工设计

根据供水项目水井施工要求、施工条件(包括道路条件、施工作业现场条件),进行项目施工工艺设计选择。

### 2.1 水井结构设计选择

根据供水项目实际情况,对于取水层为孔隙水的井位,设计 $\Phi 250$  mm孔径开孔,下部较稳定地层变径为220 mm至终孔,下入内径114 mm、长度4 m的UPVC塑料管(含滤水管);对于取水层为基岩裂隙水的井位,设计 $\Phi 250$  mm孔径开孔,至坚硬基岩变径为200 mm至终孔,下入内径114 mm、长度4 m的UPVC塑料管(含滤水管)。对于上部松散地层需及时设置临时套管,防止井壁坍塌。典型水井结构见图1。水井深度根据施工区地层地下水含水情况,设计为50~100 m。

### 2.2 井管选择

本供水井工程选用质量轻、寿命长和经济效益好

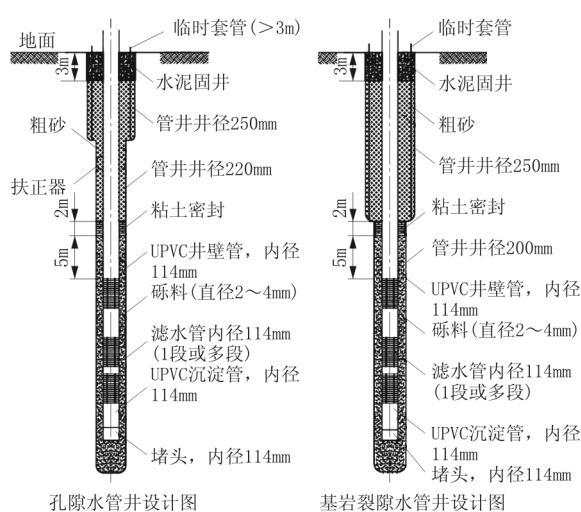


图1 典型管井结构设计

的内径114 mm、壁厚7 mm的UPVC塑料管作为井管。基本参数为:承压强度 $\geq 8.5$  bar (0.85 MPa),管长4 m,采用螺旋式(外接)管箍连接,连接前丝扣需刷密封胶。

滤水管采用上述规格的井壁管加工而成,在井壁管表面切割3道滤缝,每道滤缝弧度 $80^\circ$ ,滤缝宽约0.5 mm,间距1 cm。每根井管两头留设20 cm实管开始割缝。滤水管安装方式与井壁管相同。

沉淀管均采用井壁管,长度4 m,采用UPVC底塞刷胶套扣进行封堵。

### 2.3 设备选型

根据供水项目施工条件、道路通行条件、水井结构和深度来选用设备。

由于乡村道路通行条件较差,且位于农户院内的水井施工场地受限,所以水井施工设备选择应考虑其通行能力、搬迁及安装拆卸时便捷迅速、施工状态时的作业面积、施工能力等因素。为此,考虑到水井结构及其施工深度,选用TH-5和TH-10型两种类型的车载阿特拉斯钻机(TH-5型为改装车载式),每台钻机配备 $\Phi 89$  mm $\times$ 3 m钻杆100 m。空压机选用阿特拉斯·科普柯移动式空气压缩机。泥浆泵选用LBN810/0.6型砂浆泵。

### 2.4 钻进方法的选择及钻井参数设计

#### 2.4.1 钻进方法选择

根据区内地层岩性特征,水井采用泥浆循环钻进和潜孔锤钻进两种方法结合,其中取第四系孔隙水层位水井选用泥浆循环回转钻进,取基岩裂隙水层位水井选用潜孔锤钻进。

## 2.4.2 钻头及钻井参数设计

(1)泥浆循环钻进钻头设计选择见表 1。潜孔锤钻进选择 SPM170 型钻头,设计参数为:工作压力 0.5~1.7 MPa,耗气量 19.5 m<sup>3</sup>/min,外径 156 mm,钻孔直径 170~220 mm,螺纹连接为外螺纹、特殊扣型,外径×螺距×齿高:100 mm×28 mm×10 mm。

表 1 泥浆循环钻进钻头设计

序 号	钻头直径/mm	钻头类型	钻进层位	备 注
1	311	牙轮钻头或多翼刮刀钻头	表层 0~10 m	钻进表层后下 Ø300 mm 表层套管
2	250	牙轮钻头或四翼刮刀钻头	第四系松散软岩层 10~30 m	需要时下入 Ø240 mm 套管
3	220	牙轮钻头或 PDC 钻头	第四系较硬致密岩层 30~70 m	

(2)钻进参数设计见表 2、表 3。

表 2 泥浆循环钻井参数设计

开钻次序	钻头直径/mm	钻 进 参 数		
		钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	排量/(L·s <sup>-1</sup> )
表层	311	10~20	60~100	100~150
一开	254	20~30	10~180	80~120
二开	215	30~60	20~300	50~100

表 3 潜孔锤钻井参数设计

开钻次序	钻头直径/mm	钻 进 参 数				
		风压/MPa	风量/(m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	冲击频率/Hz	钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )
一开	250	1.0~1.5	≥19.5	10~16.7	18~25	60~100
二开	200	0.8~1.3	≥19.5	10~16.7	10~15	60~100

## 2.5 泥浆设计

泥浆设计只针对于泥浆循环钻进方法施工。由于是乡村供水井施工,所以泥浆必须满足绿色、无害、无污染、环保“绿色施工”要求。

(1)泥浆配制材料选择:膨润土、纤维素、纯碱和水。

(2)泥浆配方。①上部松软层位泥浆液配方:1 m<sup>3</sup> 清水+100~150 kg 膨润土+2~3 kg 纯碱+1~2 kg 纤维素;②下部较稳定层位泥浆配方:1 m<sup>3</sup> 清水+25~50 kg 膨润土+1~2 kg 纯碱+1~2 kg 纤维素。

## 2.6 成井工序设计

(1)井管安装。下管时井管应安装扶正装置,以保证下入井管在井内的垂直,采用提吊下井管。

(2)填砾及封闭止水。选用 2~4 mm 粒径,以

及磨圆度较好的石英砂、硅质砂、砾石为主的滤料进行填充,填砾厚度应自管井底部填充至最上层滤水管以上 5 m 位置。填砾顶端充填 5 m 厚粘土或膨润土,以上至距井口 3 m 处采用粗砂封闭,选用 P. O42.5 以上硅酸盐水泥,对井口封闭,填充厚度 3 m。

(3)洗井。供水井全部采用空压机洗井方式,洗至沙清水净。

(4)抽水试验。本项目水井全部进行抽水试验,抽水试验结合《供水水文地质勘察规范》(GB 50027—2001)及柬埔寨当地通用做法,采用单孔非稳定流抽水试验。

(5)水质分析。抽水试验终止前,按要求采取水样,进行水质分析。水质分析实验室出具符合世界卫生组织饮用水卫生标准的合格证明。

(6)井口平面布设。井口平面由井台、排水槽、渗井 3 部分组成,井台和渗井之间以排水渠相接。

(7)手压泵安装。井台制好后,在水井井口安装印度产 AFRIFEV 牌手压泵。

## 3 项目施工难点及解决措施

### 3.1 雨季施工难度大

柬埔寨每年 5—10 月为雨季,时间较长,且乡村道路大多为土路或砂石路,通行难度大,这对水井施工及设备材料的到位造成了很大的影响。采取如下措施:

(1)组织调派数量充足、经验丰富的技术和管理人员到项目供水井施工中;

(2)选用通行性能优良的水井施工设备,并充分考虑机械设备维修和备用设备的准备;

(3)组织合理有效的项目管理机构,事先制定严密的进度计划安排,严格管理,多工作区同时开展施工;

(4)制定专门的雨季施工应对措施,根据气象预报及时调整施工组织计划,尽可能避免因雨季引起的误工时间。

### 3.2 地表废弃物(泥浆、岩粉)及废水的无害化处理

供水井施工必然存在钻进岩屑及泥浆废弃物,尤其潜孔锤施工产生的地表废弃岩粉残渣就更多,以及洗井时产生的大量废水。如不处理好,对地表有一定的污染。

对废弃泥浆、岩粉残渣及废水的无害化处理主

要从物理、化学等方面进行,本项目结合乡村供水井施工的实际情况进行针对性的地表废弃泥浆、岩粉残渣及废水的无害化处理。

(1)废弃泥浆的处理:由于水井均在50~100 m深度范围内,产生的废浆不是很多,主要采用在泥浆池内用清水稀释泥浆,并经一定时间沉淀后,用砂浆泵将池内上部清水抽排到路边水渠中,然后将泥浆池底部废泥浆进行固化处理,之后用原地土回填泥浆池。

(2)岩粉残渣的处理:潜孔锤钻进中产生的岩粉,集中收集堆放,在成井时作为砂石粗料回填到水井中止水层上部与井口3 m的井段。

(3)洗井废水的处理:由于使用的是无毒害作用的泥浆,所以洗井时产生的废水可经沉淀后直接排到路边水渠中。

(4)完井后及时修整、恢复水井施工场地,用原地土恢复井场原貌。

## 4 施工中存在的问题及解决措施

### 4.1 前期水井施工中存在的问题

前期在柬埔寨王国4个省区进行水井施工,其中2个省区水井取水目的层为第四系孔隙水,2个省区水井取水目的层为基岩裂隙水。施工过程中出现以下问题。

(1)位于第四系松散砂层、土层水井,施工中易出现缩径、超径、坍塌、掉块、剥落、吸附卡钻等现象,以至于钻进、下套管、填砾都困难(砾料不能按量填到位)。

(2)水井施工中表层套管起拔困难或无法起拔。

(3)基岩裂隙层位水井水量难以保证。部分取基岩裂隙层位水的水井,水量达不到要求或者无水;基岩裂隙水的分布及形成受地层岩性及裂隙、节理发育情况控制,由于裂隙、节理发育的不均匀性,造成裂隙水的相对富水带和贫水带。本工程靠近山区

地区,裂隙富水性差。部分水井施工完裸孔后,因水量达不到要求而报废。

### 4.2 解决措施

(1)对于易发生缩径、塌孔事故的第四系砂层、土层的供水井应选择大排量、中低钻压、低转速钻进参数。施工时,一是选择较高粘度的冲洗液,在泥浆中适当增大粘土和纤维素加入量,提高泥浆密度、粘度及降低失水量;二是在钻进过程中回次终结提钻前多上下窜动钻具;三是适当延长下套管前的冲孔时间;四是加快下套管、填砾和止水工序。

(2)对于困难或无法起拔表层套管,在总结经验后,采取的措施:一是施工中准确计算砾料投入量并探测砾料面,避免砾料填入表层套管位置;二是在下入表层套管时在套管外表面涂抹黄油。

(3)保证基岩裂隙层位水井水量的措施:

①对于有水,且水量在 $0.7\sim 1\text{ m}^3/\text{h}$ 的水井,扩大水井井径到250~300 mm。

②对于无水或水量 $<0.7\text{ m}^3/\text{h}$ 的水井,报废并重新确定井位施工。

③为了更好地保证供水井水量,后期重点加强了两方面的工作:一是加大水文地质调查工作力度,通过现场踏勘,收集水文地质资料、已有水井状况、地层特征和地下水水量,合理布置供水井位置;二是在基岩裂隙水施工区提前用电法勘查方法确定井位。

对在基岩裂隙水分布区拟建水井位置进行瞬变电磁法、高密度电法地面物探工作,综合探测圈定拟建水井位置下方构造、裂隙、节理等富水区域及其深度,从而确定水井位置和井深。瞬变电磁测量,根据工程要求勘探深度50~100 m,测量点距选择为25 m,测框边长25 m,采用测量频率为25和6.25 Hz,供电电压12 V。叠加次数150次,遇干扰时酌情增加。基岩裂隙水分布区主要的测量异常特征如图2所示。

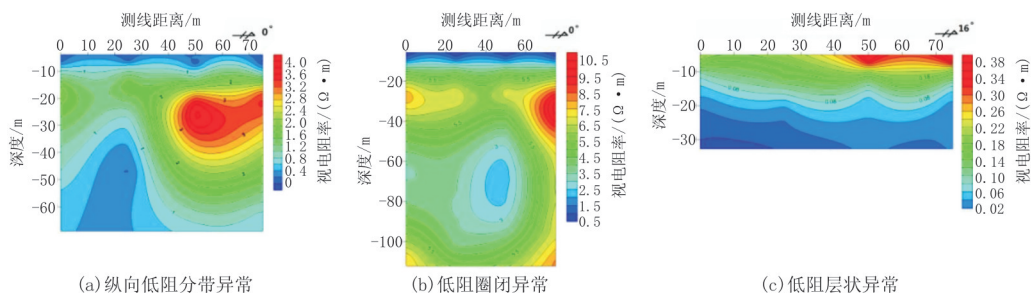


图2 典型物探测量异常特征



图中(a)所示异常可基本判定地下存在含水裂隙,并可根据异常形态、宽度、埋深、延伸深度判断含水裂隙的宽度、埋深、延伸深度等。图中(b)所示异常认为基岩风化带内浅层滞水层可能性大;如深度适中、视电阻率数值属于中低阻-低阻,低阻圈闭不完全,认为地下含水裂隙可能性大。图中(c)所示异常在区内分布较少,异常在图面上呈低阻层状异常,阻值较低。一般深度较浅,故排除基岩含水裂隙可能,结合水文地质资料,一般推断为基岩风化带内含水层。三种异常中,最有利于水井施工的为(a)所示的纵向低阻分带异常。

如测量图面中未出现上述3种低阻异常,则判断为在井位及其临近下方区域内没有基岩裂隙出现,含水可能性小,不宜设计水井井位。

## 5 取得的成果

(1)由于采取了较好的雨季施工管理措施,根据当地气象条件及时调整施工组织计划,最大限度地避免因雨季引起的误工。

(2)对地表废弃物(泥浆、岩粉)及废水进行的有效无害化处理,确保了水井施工现场的文明施工和环境保护,也使施工后的井场恢复了原貌。

(3)对于井壁易缩、坍塌的第四系松散地层,通过采取有效措施,较好地保护了井壁稳定,极大地加快了水井施工进度,提高了水井的施工效率和成井效率。

(4)在表层套管外表面涂抹黄油,并准确填砾后,再未发生表层套管起拔困难或报废事故,所有表层套管均顺利起出。

(5)对于施工中前期出现的水量在 $0.7\sim 1\text{ m}^3/\text{h}$ 的13口基岩裂隙层位水井,通过将井筒直径扩大到 $250\sim 300\text{ mm}$ ,水量均达到 $1\text{ m}^3/\text{h}$ 以上。

(6)采用先进的高密度电法和瞬变电磁法,开展物探方法确定井位。在找水打井“盲区”、“难区”,系统地总结了区内含水裂隙的分布规律,建立了电法含水裂隙快速异常识别定位及含水性估算的方法。采用这种方法后,大大降低了施工成本,加快了施工进度,提高了水井成功率。截止目前,中方援建水井

施工成井率高达89.7%,远远高于美国、印度、日本、韩国等国家援建水井成井率(据柬埔寨农村发展部资料,这些国家之前施工的水井成井率只有70%左右)。

## 6 结语

此工程是中国援助柬埔寨乡村供水项目,本工程地开展极大改善了柬埔寨乡村的用水现状。通过本供水井项目施工,特别是柬埔寨水井施工队伍参与进来,将国内一些先进施工技术和管理方法传播到了柬埔寨,同时也极大地提高了柬埔寨水井施工技术水平。

## 参考文献:

- [1] 王世光.钻探工程[M].北京:地质出版社,1986:344—371.
- [2] 常世臣,芦文阁.水文水井及工程钻探[M].吉林长春:长春地质学院,1984.
- [3] 欧阳万华.柬埔寨水资源开发现状、问题及对策[N].国际商报,2015-12-05(006).
- [4] 段会军,赵大军,黄晟辉,等.UPVC井管在云南抗旱供水井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(5):34—36.
- [5] 张新程.第四系供水井施工难点与对策[J].大众科技,2011,(3):63—65.
- [6] 张明光,丁同领,李维平,等.基岩供水井施工工艺的应用研究[J].西部探矿工程,2007,(2):74—75.
- [7] 李清芝.浅谈某地水井施工工艺[J].西部探矿工程,2012,(6):178—179.
- [8] 崔忠省,杨文清.松散层供水井的施工工艺[J].陕西煤炭,2006,(4):49—50.
- [9] 张建良.西非国家水井施工经验及其改进措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(S1):284—285.
- [10] 魏碧波.钻井成井工艺对出水量的影响分析及技术措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):31—33.
- [11] 许刘万,王艳丽,刘江,等.影响水井钻探效率的因素及提高钻井速度的关键技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):18—21.
- [12] 孙承志,李文,胡晓天.气动潜孔锤钻进技术在基岩地区水文钻探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(8):15—16,19.
- [13] 刘文武,林广利,宋殿兰,等.空气潜孔锤钻进技术在新疆东天山成矿带的应用[J].西部探矿工程,2014,(7):39—40.
- [14] 刘家荣,王建华,王文斌,等.气动潜孔锤钻进技术若干问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):40—44.
- [15] 李海涛,盛智炜.空气潜孔锤在矿山大口径钻井中的应用[J].西部探矿工程,2015,(12):49—50,54.