

国家级一孔多层地下水示范监测井钻探技术与研究

卢予北

(河南省地矿局第二水文地质工程地质队,河南 郑州 450053)

摘要:结合工作经验和项目的具体要求,首次组织实施了国家级一孔多层地下水示范监测井的设计和施工项目,并大胆采用了 PVC-U 塑料管“裸眼四次成井”新工艺。论述了设计思路、具体技术措施和最终取得的成果。

关键词:一孔多层地下水监测井;PVC-U 塑料管;成井技术

中图分类号:TU991.12 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2007)03-0005-04

Drilling Technique and Study for National Grade One Shaft with Multi-layer Underground Water Demonstration Monitoring Well/LU Yu-bei (2nd Hydrogeology and Engineering Geology Team Under Henan Geology and Resources Survey Bureau, Zhengzhou Henan 450053, China)

Abstract: According to the construction experience and concrete requirements of the project, design and construction were implemented for national grade one shaft with multi-layer underground water demonstration monitoring well for the first time, and a new technology, PVC-U plastic tube ‘open hole well completion by four times’, was adopted. The paper detailed the design, concrete technical measures and the final achievement.

Key words: one shaft with multi-layer underground water demonstration monitoring well; PVC-U plastic tube; well completion

“十一五”期间国家将投入数亿专款在全国范围内建造国家级一孔多层地下水监测井,了解和掌握辖区内水位、水质和水温的变化情况,为研究地下水开发潜力和管理提供科学依据,对敏感地区的地下水水质变化发出警告。

欧洲、美国、日本等发达国家在地下水监测技术方面发展迅速,并处于领先地位。其施工设备、监测仪器和配套设施基本成熟,特别是采用 PVC-U 塑料管成井有效解决了腐蚀和结垢问题。但是国外的监测孔基本都是几十米深,所以,在钻探、成井等技术方面难度较小。

我国在地下水监测技术方面,仍以单孔监测和生产井为主。其主要问题是:(1)单孔监测成孔数量多、占地面积大、监测和管理不便等;(2)用生产井作为监测井其水位、水质和水温等均是混合含水层,其指标和参数不能准确反映出具体层位的变化规律;(3)施工的监测井基本采用传统工艺和金属管材,存在着金属井管腐蚀破裂、结垢堵塞等问题,从而降低了监测井的使用寿命。

近年来,中国地质调查局水文地质工程地质技术方法所和北京地质环境监测总站分别在保定、北

京施工了一孔二层井(井深 100 m)和一孔三层井,这两眼监测井均采用金属管材。其中水文地质工程地质技术方法所研制的 PVC-U 四通道监测管可以在同一井内实现 4 个目标含水层的分层监测,但是设计最大深度只有 150 m,而且目前尚处于实验阶段。

为解决目前地下水监测问题和加快其技术发展,中国地质环境监测院于 2006 年 4 月下达地质调查与监测项目任务书(中地环项[2006]919),由河南省地质环境监测院承担,我队(河南省地质工程公司)负责监测井设计和施工,在郑州首次组织实施“国家级一孔多层地下水示范监测井建设”项目。通过近 3 个月的设计、评审、PVC-U 管材选择和施工,目前已顺利结束,其各项指标和要求均达到设计要求。并且在深度(350 m)、监测数量(一孔四层)和材料选择等方面填补了国内该技术领域的空白。

1 工程位置与地层情况

示范监测井的位置选择在河南郑州市区西部。其地层主要是粉细砂、粘土、细砂、中细砂、砂砾石、卵砾石等第四系和新近系地层,局部有砂岩。

收稿日期:2007-01-10

基金项目:中国地质环境监测院地质调查与监测项目(中地环项[2006]919)

作者简介:卢予北(1964-),男(汉族),河北平山人,河南省地矿局第二水文地质工程地质队副队长兼钻探总工程师、地热工程研究院院长、高级工程师,地质工程专业,工学硕士,河南省学术技术带头人(省级 555 人才),从事地热资源勘查、地质工程技术研究与管理工作,国家级一孔多层地下水示范监测井项目钻探设计和施工负责人,河南省郑州市沙口路 8 号,lu-yubei@263.net。

2 设计思路及成井风险

2.1 设计思路和要求

(1) 为提高监测井使用寿命, 预防和避免传统监测井的腐蚀、结垢和堵塞等问题, 管材选择 PVC-U 塑料管(给水用硬聚氯乙烯 GB/T 10002.1-20061)。其技术指标为: 平均外径 110 mm, 壁厚 7.2 mm, 密度 1.45 kg/m^3 , 落锤冲击试验 TIR $\leq 5\%$, 液压试验 42 MPa, 连接密封试验 3.36 MPa。

(2) 监测井管连接采用丝扣方式, 其拉力破坏极限为 12000 N。

(3) 滤水管采用 PVC-U 塑料管铊缝式(自制), 如图 1 所示。其缝宽为 1 mm, 孔隙率 10% ~ 15%。

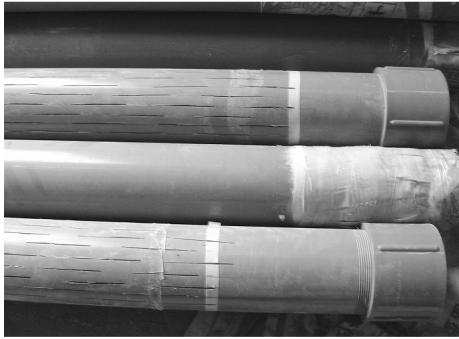


图 1 铊缝式 PVC-U 塑料滤水管

(4) 地下水监测层位分别是: 70 ~ 82、172 ~ 190、250 ~ 268、316 ~ 328 m。

(5) 止水安全可靠, 成井后 4 层水位不能连通, 4 层水位应在不同位置。

(6) 为保证 4 套监测井管顺利下入设计深度和砾料围填厚度, 其钻井结构设计为: 0 ~ 200 m $\text{O}600 \text{ mm}$; 200 ~ 350 m $\text{O}450 \text{ mm}$ 。

(7) 若下入 $\text{O}600 \text{ mm}$ 和 $\text{O}450 \text{ mm}$ 金属井壁保护管再下 4 套 PVC-U 塑料管, 虽然成井过程安全, 不会出现井壁坍塌问题, 但是其费用较大, 并且井内仍会出现腐蚀、结垢和堵塞等问题。所以, 大胆采用“裸眼四次分别成井”的设计方案, 如图 2、3 所示。



图 2 一孔四层成井

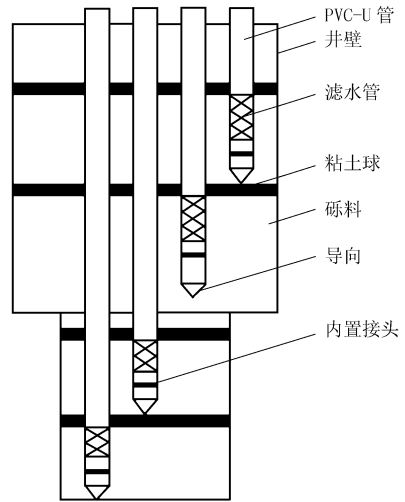


图 3 一孔四层成井示意图

(8) 全孔取心钻进, 其中粘土层岩心采取率 $\leq 85\%$, 砂层和砂砾石层采心率 $\leq 40\%$ 。

2.2 成井过程的主要风险

该项目首次在国内组织实施, 尽管在钻井深度上只有 350 m, 但是采用 PVC-U 塑料管在无井壁保护管的情况下, 分别在同一眼井内成井 4 次尚属首次。所以该项目存在的主要风险有以下几方面。

(1) 由于 PVC-U 塑料管密度仅 1.45 kg/m^3 , 与井内泥浆密度差别较小, 所以, 监测管在井内不容易下到位, 并且目前采用该管材成井没有成功经验可借鉴。

(2) 成井过程中若泥浆参数不合理和其他措施不力时, 很可能出现井管挤毁事故, 特别是铊缝式 PVC-U 塑料滤水管强度更低。

(3) 钻井口径大, 地层松散, 分 4 次成井, 所以, 在成井过程中有井壁坍塌的风险。

(4) 一孔多层成井若止水工序出现问题, 将会导致 4 层水位连通, 也就意味着工程报废。

3 主要设备和机具

由于该类型的钻井目前在国内刚刚起步, 没有专门的钻探设备和钻具, 所以, 我们主要以水源钻井设备和常规钻具为主, 具体为: 红星-400 型钻机 1 台, BW-850/5 型泥浆泵、3NB 型泥浆泵(排废泥浆用)各 1 台, 泥浆测试仪 1 套, 测井仪 1 套, $\text{O}159$ 、 $\text{O}178 \text{ mm}$ 钻铤各 3 根, $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆 400 m, $\text{O}127 \text{ mm}$ 岩心管 1 根, $\text{O}450 \text{ mm}$ 三牙轮钻头 4 个, $\text{O}600 \text{ mm}$ 扩孔钻头 2 个, L10/7 型空压机 1 台(洗井抽水)。

4 钻井技术与成井工艺

该井的前期钻探与常规的水文水井差别不大,主要差异是口径较普通井的大。所以在该项目的前期钻探技术方面采用常规的技术方法即可满足要求。但是,在成井方面却面临着许多风险和问题。

4.1 取心钻进

根据地质技术要求全孔取心,为保证岩心采取率,选择普通 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 单管硬质合金取心钻头,采用正循环泥浆钻井工艺。其钻具组合为: $\text{Ø}130\text{ mm}$ 取心钻头 + $\text{Ø}127\text{ mm}$ 单管岩心管(8 m) + $\text{Ø}159\text{ mm}$ 钻铤(18 m) + $\text{Ø}89\text{ mm}$ 钻杆 + 主动钻杆。

按照“低压、小泵量、低转速”的钻探规程进行取心钻进。回次钻进一般在 3 ~ 8 m,对于砂或卵砾石地层,回次钻进控制在 3 m 左右,以保证取心率。

4.2 扩孔钻进

取心钻进结束后,进行扩孔以满足监测井管的正常下入和围填砾料的厚度。扩孔采用正循环泥浆钻进工艺,其钻具组合为: $\text{Ø}450\text{ mm}$ 三牙轮钻头(或 $\text{Ø}600\text{ mm}$ 硬质合金钻头) + $\text{Ø}178\text{ mm}$ 钻铤(18 m) + $\text{Ø}159\text{ mm}$ 钻铤(18 m) + $\text{Ø}89\text{ mm}$ 钻杆 + 主动钻杆。

钻进规程为“中压、大泵量、中转速”。在局部卵砾石和砂岩地层采用“高压、大泵量、低转速”规程。

4.3 成井工艺与技术措施

4.3.1 成井中可能出现的问题

示范井全部管材选择 PVC-U 塑料管,滤水管为 PVC-U 铣缝式(自行加工)。在同一井内分 4 次按照自下往上逐级成井程序(下管-投砾-止水),最后用空压机和 $\text{Ø}50\text{ mm}$ 钻杆再分别进行洗井和简易抽水试验。图 4 为示范监测井下管现场。由于采用 PVC-U 塑料管在较深井内成井,并且是第一次,所以在成井中可能出现以下问题。



图 4 监测井下管现场

(1) PVC-U 管密度低,泥浆的浮力较大,所以,在下管过程中可能出现下管困难或甚至下不去。国内仅有下入 100 m 和 40 m 的实例。

(2) 由于 PVC-U 管强度较低,在下管、投砾和洗井 3 个工序过程中容易出现管子挤毁事故,而造成报废。

(3) 由于浮力大、管子轻和下入数量多,故在后 3 次下管时将会出现相互“拌阻、缠绕”现象和不能正常下入等问题。

(4) 投砾和止水准确性问题。该监测井不像一般的水文水井,其投砾和止水位置要求精度甚严。若误差过大,将会出现各层水位连通,失去了一孔多层监测井的意义。

(5) 井壁坍塌问题。该井上部 200 m 为松散地层,钻探口径达 600 mm,并且成井时间长,故容易造成井壁坍塌。

4.3.2 采取的技术措施

针对上述 5 方面可能出现的问题,事先作了充分的考虑和准备,从而使工程顺利完成,并取得了较好的成效。其具体技术措施有以下几方面。

(1) 完井和测井结束后,首先进行必要的冲孔换浆工序,在确保井壁稳定的情况下尽可能降低井内泥浆密度,以减小浮力,该井下管时的泥浆密度为 1.15 kg/m^3 左右。

(2) 设计加工 4 个内置式金属接头总成,如图 5 所示,安装在沉淀管和监测井管之间。其主要作用有 2 个:一是当 PVC-U 管由于井内浮力大,不能正常下入时,用 $\text{Ø}50\text{ mm}$ 钻杆从管内下入与反丝接头对接,用钻杆自身重力强行把 PVC-U 管下入设计位置,待投砾止水后再把 $\text{Ø}50\text{ mm}$ 钻杆反出;二是利用该接头总成和 $\text{Ø}50\text{ mm}$ 钻杆进行冲孔和动态循环投砾。



图 5 内置式接头总成

(3) 在内置式接头总成下部的 PVC-U 管上(6 m)用切割机均匀切割 6 ~ 8 个条缝,作为进浆孔,其规格为(长 × 宽): $100\text{ mm} \times 20\text{ mm}$,主要作用是确保井内泥浆及时进入 PVC-U 管内,使管内外压力

保持平衡,防止管内外形成过大的压差和出现井管挤毁事故。

(4)做4个木制锥形塞,装在监测井管的最下端,起导向作用,便于井管顺利下入。当下管出现“拌阻、缠绕”现象时,用管钳反复轻转地面管即可保证下入。

图6是所设计的管柱组成。

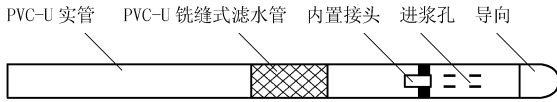


图6 管柱组成示意图

(5)在投砾止水工序中,严格根据超径系数计算出理论用量,然后在投放过程中配合测井进行测量,以便及时掌握井内砾料投放情况。投砾和投放粘土球时严禁一次投入量过多,采用人工少量逐步投放,每投放 0.2 m^3 时测井一次。

(6)该井下管、投砾、止水工序需要5天时间,尽管井深为350 m,但是4次分别成井,累计下入井管1000 m。所以,为了避免井壁坍塌问题,首先做好泥浆设计和管理。具体技术措施是:从钻井到成井整个过程中必须采取优质低固相钠土泥浆,采用Z形泥浆循环槽加速泥砂的沉淀和净化。在成井过程中随时注意泥浆的漏失和损耗,及时进行回灌,确保井内压力平衡。

通过上述设计方案和技术措施,最终顺利完成了全部成井工作,没有出现任何事故,岩心采取率平均达到80.37%。表1的成井结果同时也证实了示范监测井质量得到了有效保证。

表1 国家级一孔多层地下水示范监测井成井结果表

序号	成井深度 /m	监测层位 /m	滤水管安装 长度/m	静水位 /m	水温 /°C
1	88.5	70~82	11	40	18
2	196.5	172~190	17	75.10	19.5
3	268.5	250~262	11	94.78	20.5
4	350	316~328	11	93.24	21

5 主要成果与创新

通过该项目的组织实施和最终的施工结果,主要取得了以下成果。

(1)采用PVC-U塑料管作为一孔多层地下水监测井管是可行的,同时也可作为水文水井井管推广使用。从目前情况看,PVC-U塑料管在500 m以内的水文水井或多层监测井内使用同样可行,并可以推广使用。

(2)通过一些技术措施和方法,解决了PVC-U塑料管下井困难和容易挤毁的问题,并实现了自主创新。为我国今后在深井中推广使用该管材提供了技术保障,并为钻探工程的发展和完善起到了积极的作用。

(3)该项目的圆满完成,标志着在该领域解决了金属井管腐蚀、结垢和堵塞等问题,从而延长了使用寿命,减少了维修和洗井次数,具有潜在的经济、社会和环境效益。

(4)采用“裸眼四次分别成井方案”简单易行,节省了施工周期,并且每眼同样深度的监测井可节约资金30余万元(大口径金属井壁保护管和工时费)。

(5)该井作为一孔多层地下水监测井,目前在国内外为最深,其设计思路和成井工艺方面具有一定的创新和借鉴意义。

PVC-U塑料管具有质量轻、成本低、不腐蚀、不结垢等特点。在20世纪70年代地质部就将其纳入水文水井领域推广使用的范围,但是,由于人们的传统观念和一些技术问题,至今仍未推广应用。所以,加大该技术的进一步研究和创新,具有一定的意义。

致谢:在整个野外施工中,河南省地质工程公司的赵秦岭、张文龙、张秋冬同志一直坚守在生产一线,按照钻探设计要求严格把关和落实,为工程的顺利完成付出了劳动和心血,在此表示敬意。同时对河南省地质环境监测院甄习春总工程师、朱中道教授级高工等提供合作机会表示衷心的感谢。

贵州地矿部门在1925 m处打出第一口地热水井

《贵州日报》消息 贵州地质工程勘察院在贵阳市乌当区新天寨保利温泉城一带打出一口优质地热水井。在现场,人们看到,从1900多米深的地下抽出来的地热水冒着热气,人们根本无法将手指在水中多停留几分钟。现场的技术人员介绍:井口温度达到 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$,试抽水量每天1000 t。这是贵州省第一口从1900多米深处打出的优质地热水。

从2006年10月起,贵州地质工程勘察院组织水文、物探、钻探等

领域的技术骨干力量,在乌当区新天寨保利温泉城一带开展地质调查、地球物理勘探、深井测试的基础上,运用省内首台先进的RPS3000型地热施工钻机进行施工,经过半年的努力,终于从地下1925 m处打出优质地热水。水量十分丰富,试抽水量每天1000 t,提交可开采量每天达800 t,并且富含氡、锶等微量元素。此井的钻探成功,标志着贵州省深层地热水的开发利用取得新的突破,为促进贵州生态建设提供了广阔前景。