

地下水监测井布设与施工技术研究

金佳鑫

经纬汇达（北京）检测技术有限公司，北京 101500

[摘要]文中对土壤和地下水调查过程中监测井布置原则及施工关键技术进行详细的研究。在介绍土壤与地下水勘查基本知识的基础上，对水文地质条件以及污染物运移规律进行了解析。然后围绕监测井布置的原则、不同调查目的下监测井布置方式，阐述监测井的空间布置设计方法以及井深选取和分层设置的技术要点，总结了包括施工前准备、钻孔、下管与滤料填充、成井和洗井等监测井施工关键技术。并对监测井运维管理及数据收集的方法进行了研究，制定了质量保证和技术支撑体系。认为合理的监测井布置计划与规范化的施工过程是得到有代表性的地下水水质样品及水文信息的前提条件，为土壤污染评估和地下水资源管理提供有效技术支撑。

[关键词]地下水监测井；布设原则；施工工艺；成井技术

DOI: 10.33142/sca.v9i5.19754

中图分类号: P641.74

文献标识码: A

Research on the Layout and Construction Technology of Groundwater Monitoring Wells

JIN Jiaxin

Jingwei Huida (Beijing) Testing Technology Co., Ltd., Beijing, 101500, China

Abstract: This article provides a detailed study on the principles of monitoring well layout and key construction technologies in the process of soil and groundwater investigation. On the basis of introducing the basic knowledge of soil and groundwater exploration, the hydrogeological conditions and pollutant transport laws were analyzed. Then, focusing on the principles of monitoring well layout and the layout methods of monitoring wells for different investigation purposes, this article elaborates on the spatial layout design methods of monitoring wells, as well as the technical points of well depth selection and layer setting. Summarized key technologies for monitoring well construction, including pre construction preparation, drilling, pipe and filter material filling, well completion, and well washing. Research was conducted on the methods of monitoring well operation and data collection, and a quality assurance and technical support system was developed. It is believed that a reasonable monitoring well layout plan and standardized construction process are prerequisites for obtaining representative groundwater quality samples and hydrological information, providing effective technical support for soil pollution assessment and groundwater resource management

Keywords: groundwater monitoring well; principles of deployment; construction technology; well formation technology

引言

土壤与地下水的调查是掌握土壤污染状况、评估环境风险、科学管控地下水资源等重要工作的主要依据，而建立监测井观测地下水位、采集水质样本并进行分析是调查中最重要技术手段。监测井布设的合理性与施工规范性对观测与分析数据的可靠性和准确性至关重要。当前调查实践中存在一些问题，例如监测井设计缺少针对性、点位布设不合理、施工质量起伏较大、运行管理未建立起规范化体系等，这些因素对调查结论的可信度产生重要影响，因此本文基于土壤与地下水勘查的基础理论，分析监测井设置的原则及其优化措施，厘清施工主要技术要点，明确

要建立包含运行维护、质量管理的完备技术方案，为相似工程项目提供技术指引和实践参考。

1 土壤与地下水勘察基本理论

1.1 水文地质特征分析

通过对区域地下水水文地质特性的研究明确场地的地层结构、含水层类型与分布特征、地下水位、地下水流向、水力梯度，还有地下水的补给、径流和排泄情况，以及水文地质水化学特征等相关信息，是开展地下水调查以及监测井规划的主要依据。

地下水的赋存形式和含水层的结构特点会直接对监测井的深度设置、分层方案以及滤水管段的设置位置产生

表 1 含水层类型与水文地质、钻探方法对照表

含水层类型	持水能力	渗透系数 (m/d)	厚度 (m)	适用钻探方法
松散孔隙含水层	强	0.1~10	5~30	回转钻探法、冲击回转钻探法
基岩裂隙含水层	中等~较强	0.001~5	5~50	回转钻探法、冲击钻探法
岩溶含水层	极强	1~100	10~100	回转钻探法、物探+钻探钻探法

影响。一般情况下,场地之中主要有三个含水层类型,分别是松散孔隙型含水层、基岩裂隙型含水层以及岩溶型含水层。不同类型的含水层在孔隙特点、蓄水能力、渗透性质以及地下水的流动方式等方面差异明显(见表1)。开展水文地质勘查工作时,首先需综合采用钻探、物探、现场测试等多种手段,来确定目标含水层的位置、隔水层状况以及各含水层间的水力联系。其次要根据含水层的有效厚度、地下水的主要流动范围以及污染羽的所在层位来确定监测井滤水管的长度,以保证监测井能够如实反映含水层的天然水质与污染情况,进一步满足地下水动态变化和污染监测的代表性要求。

1.2 污染物迁移机制

污染物因水、空气、人为活动或土壤有机质作用,在土壤中移动与转化的过程被称为污染物迁移。其速度和范围主要受对流效应、水力扩散、吸附和释放、生物分解、挥发以及淋溶、地下水流动环境和介质渗透特性等因素的共同影响。重质非水相液体(DNAPL),密度大于1.0,如三氯乙烯(TCE)、三氯乙烷(TCA)、四氯乙烯(PCE)等,因密度比地下水大,可穿透包气带与潜水含水层,向下运动到达含水层底部或者隔水层顶部;轻质非水相液体(LNAPL),如汽油、柴油等烃类油品物质,由于密度小于1.0低于地下水,大多数漂浮在潜水面之上,扩散方式以横向为主。即轻质非水相液体更易沿着潜水面水平延展,而重质非水相液体则主要是垂直渗透,同时存在一定程度的侧向流动,因此实践中为了有效捕获污染羽的分布区域及其迁移界限,需要根据污染物的类别、所处的地层及迁移特征,对地下水监测井的滤水管部分进行分层安排。

某化工污染场地的建井监测结果印证了前述内容:轻质非水相液体每年在潜水中扩散半径增加了3~5m,而重质非水相液体一年内在含水层底部迁移了12m,因此根据污染物迁移规律确认监测井个数和位置,不仅确保了调查结论的准确性,而且对科学管控暂不开发利用及等待修复污染地块意义重大。

2 监测井布设原则与优化方法

2.1 监测井布设的基本原则

在布置地下水监测井时,既要充分考虑获取监测数据

真实可靠、识别和控制污染范围,又要兼顾成本。即要根据情况充分考虑代表性、可控性与经济性相融合。

监测井布设的代表性是指监测井应优先设置在地下水流场里具备典型水文地质特性的区域,同时避开局部抽水、人为干扰以及水文地质状况异常地带,以真实可信的监测数据体现目标含水层的地下水位与水质变化情况。

可控性是指监测井的布设要涵盖含水层的补给、径流、排泄区域,同时充分考虑污染源上下游位置,以便对地下水系统以及污染演化进程开展全方位的监测。例如,在受污染地带,增设边界污染监测井能提高对污染影响范围的识别准确度,有效降低漏判情况的出现,从而有效管控污染区域的水文地质边界以及潜在污染的影响范围。

经济性原则是指在确保代表性和可控性的基础上,利用数值模拟等科学方法规划监测井的数量和位置,达到降低项目费用,避免重复设置以及资源浪费的目的,实现监测目标与成本控制之间的平衡。

需要注意的是,河道潜水含水层是地下水的主要供水层,其地下水位和水质情况还受人工取水以及地表水和地下水的相互作用等因素影响。

综上,合理布置地下水监测井是科学评价区域地下水状况,并通过反演手段明确地下水开采量和水文地质参数的重要途径。在实践中,要充分统筹运用三项原则,根据不同的调查阶段优化调整布井方案。比如,在初步调查时,可适当增加控制性布点,从而有效地识别潜在的污染或异常状况;而在进一步调查或者长期监测时期应在充分考虑代表性的同时重视成本效益,通过合理规划监测井网络实现准确的长期监测目标。

2.2 监测井空间布局设计方法

监测井空间布局设计方法可以采用三种形式:网格布设、源、径-汇控制布局、水文地质单元的分区设置。

当能够获取的地质水文资料、地块历史利用情况有限的情况下,优先选用网格布设方式,通过在整个调查区域采用矩形或者正方形网格进行划分并布置钻孔,其监测结果可为了解水质空间分布特征与规律提供数据支撑。在一处未知污染场地当中,根据50m×50m的网格来设置监测井,初次检测就筛查到3个污染异常区域。

水文地质单元布井的方法,主要是识别含水系统的边界线,根据断裂带、河流、分水岭等天然边界或者人为确定的边界来开展控制与管理,然后在各个单元内,根据不同的水文地质特征划分不同区域,并科学设置监测井。在某断裂带周边所设的监测井记录表明,地下水位变动剧烈,最大变化幅度达 2.5m,并且水质指标浓度出现明显差异,这也客观验证了边界识别对水文地质单元布井方法的重要性。

地下水源、径-汇水控制方式是把污染源区域、污染物的迁移路径以及可能的接纳水体当作主要关注点开展管理和控制,主要考察污染物的传播途径。运用序列观测手段优化监测井布设,可捕捉近河含水层水力状况的变化,同时进一步反推地下水开采量与水文地质参数,即根据已有的监测数据,通过不断增加对流场和参数场的认知,确立新观测井位置,从而达到在有限的井点里获取更多有价值的信息的目的。某临近河流的含水层采用逐步观测方式,经增设三轮监测井,让地下水开采量的反演误差从 22% 降至 7%,同时渗透系数的反演精度提高至 90%。

2.3 不同调查目的下的布设模式

根据不同的调查目的,地下水监测井的布设应根据调查的需求采用一种或者多种相结合的监测井布局形式。

对区域性地下水资源开展评估时,适合运用均匀布点的网格方式,布点的密度为每平方公里 1~4 个钻孔,具体的网格尺寸可以根据岩溶含水层的非均质性,结合实际情况进行调整。在渗透性空间变动较大的区域,可适度增加布点的密度来提高精度。工程项目实例表明,在岩溶区域,把网格密度由 2 口/km² 提高至 4 口/km² 之后,水文地质参数反演的误差能够从 18% 降至 8%,明显提高了评价的精确程度。

污染场地的调查宜优先采用源、径-汇控制布局的布设方式,结合既往数据与现场踏勘结论确定可能的污染源,根据浅层探测结果划定污染边界,以污染源作为核心,沿地下水流向呈辐射状布置扇形监测断面,其监测井的间距

一般设定为 20~50m。在污染源的外围,井间距可适当增大,但要确保能够准确找到污染羽的前沿,避免遗漏污染扩散区域的边界。

对地下水的动态监测要按照水文地质单元识别结果来布设监测井。在地下水补给区设置浅层监测井,监测降水入渗对地下水水质的影响;在径流区域布置中深层监测井,了解地下水迁移规律与流动路径;在地下水排泄区建立完善的监测井网络,用来掌握地下水出排泄过程中的水质变化。有监测数据表明,同一地块补给区域内 8m 深的浅层井在降雨之后,入渗水中 COD_{Cr} 浓度的变化幅度能够达到 30mg/L,而径流区域内 30m 深井实际测量得到的溶质迁移速度为每月 0.8m。

在实践中,一般会把多种布设形式组合运用,在区域网格布置的前提下,针对污染主要区域开展加密监测,增设有源、径-汇的监测断面,从而搭建起一种分级加密、全面覆盖和精细监测相结合的综合观测系统。

2.4 布井深度与层位确定技术

监测井的深度需根据含水层的结构特性、污染物的垂向分布以及特定的监测目的来确定,监测井的滤水管设置在潜水含水层时需穿过潜水面所在位置,设置在承压含水层时则要设置在含水层的中间区域。针对 DNAPL 污染状况,过滤段应靠近含水层底部进行设置,具体参数见表 2。在某受 DNAPL 污染的场地里监测井建设中,把过滤管设置在含水层底部上方 1.5m 处,和设置在中部相较,污染物的检测率提高 55%。

3 监测井施工关键技术

3.1 施工准备与技术要求

在监测井建设前,要仔细开展现场踏勘,进行详尽的技术交底,选取合适的钻探设备。常用钻探设备主要有回转式、冲击式和直推式三种。回转式钻探设备适用于处理疏松和较软的地层,钻孔速率每小时 8~10m;冲击式钻探设备主要用于坚硬的岩石层和复杂破碎的地质环境,平均钻孔速率为每小时 3~5m;而直推式钻探设备一般用于

表 2 不同含水层及污染类型监测井布设参数参考表

设计参考				实际案例效果	
监测类型	设计依据	过滤段位置	深度 (m)	实际案例深度 (m)	污染物检出率 (%)
潜水含水层监测	潜水位埋深+年变化幅度	潜水面上下各 2~3m	5-20	12	82
承压含水层监测	隔水顶板深度	含水层中部	20-80	45	78
多层含水层分层监测	各目标含水层埋深	各含水层对应位置	依层定位	30 和 60	90
LNAPL 类污染监测	潜水位埋深+LNAPL 厚度	潜水面处(可跨水面)	依水定位	15	88
DNAPL 类污染监测	含水层底板深度	含水层底部 1~2m	依底板定	58	93

浅层工程以及对扰动要求较低的情况,这类设备的钻孔速率较快,每小时 12~15m。

在选择钻探设备时,要综合考虑场地的地质岩性特征、设计井深以及施工环境的空间约束等多个因素的影响,选用合适的钻探设备与施工工艺能够明显提高成井效率。中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心申请了一项用于快速成孔的浅层地下水监测井及其井管的组合结构专利权,该技术把填充砾石过滤段和止水段的井管在下管前开展预制组合,建立成一体化的滤水管体与止水管体,然后直接将滤水和止水管体依次直接放入井孔中直至目标位置。和传统的分次投放材料以及分层填充止水方式相比,该技术降低了对井孔大小的要求,还可以按照含水层和隔水层的分布特征,确定滤水管段和止水段的分布。此项技术投入应用后,井管垂直度检测的合格比率和成井效率大大提升。

3.2 钻井施工工艺

实践中不同的钻探工艺关注点略有差异,在钻井作业期间,需要随时关注孔径尺寸、钻孔倾斜角度以及钻进速度。在泥浆护壁回转钻孔作业时,要严格控制泥浆的性能:泥浆的密度需维持在 1.05~1.15 的范围,黏度保持在 18~25s,防止因泥浆性能不好导致含水层孔隙堵塞。开展冲击钻孔作业时,要做好孔壁支护,防止出现塌孔情况。而对于直推式钻孔,钻探过程尽量保持均匀稳定,建议速率每分钟 0.5~1m,尽可能降低对浅层地层的扰动。在钻探施工过程中,每钻进 5~10m 开展一次钻孔倾斜度检查,保证井管的垂直度达到标准要求,每 100m 的偏移角度不超过 1°,确保井管可以顺利进行安装,且滤水管段能够到达预定位置。

根据监测井钻孔结构、垂向监测层位数及成井管柱布设方式的不同,可以分为单个监测井和组合式监测井两类。与传统的单个监测井对比,组合式监测井优点是成井手段多样、可以更好地进行地下分层排水、缩减了建设数量、节约了土地面积和资金投入等,但是它的施工复杂系数高,不易把控。在巢式井钻探过程中要同时下入不同深度的几层井管,对于钻孔直径、管排组合以及分段止水工艺要求更高^[1]。

钻井速率需根据地层特征随时调整。当碰到粉细砂层时,转速需控制在 50~80 转/min,以便降低因孔壁震动引发坍塌的几率;处于黏性土层时,建议把转速调节到 100~150 转/min,但要注意孔径缩小问题。在钻探作业时,每推进 0.5~1.5m 观测一次地层变化,同时根据实际情况调整泥浆性能的参数。完成钻孔作业后要对孔深和孔

径进行实际测量,若发现误差,需马上采取扩孔或者局部回填的纠正措施。

3.3 井管与滤料安装技术

井管的材质需根据监测目的合理选择。一般的地下水监测采用 PVC-U 管;有机污染物的监测,应优先选用不锈钢管或者 PTFE 管(聚四氟乙烯),避免有机物被管材吸附。管材的强度要满足设计井深以及地层侧压力的要求。一般深度超 50m,要对管材的抗外压能力开展验证,防止因地层塌陷导致井管受压受损。井管的连接形式宜优先选择螺纹或者承插式连接,确保密封到位和井管准确对中。连接完成之后,要开展密封性能的测试,在测试压力 0.3MPa 的稳压阶段若未出现泄漏状况,则判定为安装合格。

对于过滤材料而言,需挑选圆度相对较高、粒度分布均匀的石英砂。在进行投放操作时,要维持均匀且缓慢的投放速率,建议将其把控在每小时 0.5~1m³,以此避免滤料由于投放不均衡而引发架桥现象。滤料的颗粒大小要根据含水层介质的颗粒分布状况来确定,一般选取含水层介质中值粒径(d₅₀)的 4~6 倍,这样既能有效阻挡含水层颗粒从而实现防砂目的,又能保证滤水部分具备良好的透水性能。某项目的含水层介质中值粒径(d₅₀)是 0.2mm,选用粒径范围处于 0.8~1.2mm 的石英砂当作滤料,通过试验得知挡砂效率可达到 99%,并且透水性能符合设计要求,符合相关规范的选用标准。

能够选用膨润土球或者水泥浆当作止水材料,开展分段止水工作时,要保证隔水层实现完全密封,避免不同含水层之间产生串层污染状况。在运用膨润土球开展止水作业时,需采用分批、分层的形式投放,每层的厚度最好不超过 30cm。要等膨润土球完全吸水膨胀(规范要求其膨胀率要达到 200%以上)之后,才可以开展后续步骤,从而防止出现渗水现象。若采用水泥浆止水方式,需在滤料上方增设隔离层,注浆压力要控制于 0.1~0.3MPa 范围,注浆量根据管外环隙体积的 1.2~1.5 倍进行计算。注浆操作要从底部开始向顶部进行逐层填充,精准把控各层之间的交界之处,防止因滤料和水泥浆相互混合而对止水性能造成影响。某工程根据环形空间体积的 1.3 倍开展水泥浆注入操作,止水完成后隔水层的渗透系数降低至 10m/s 以下,符合规范对止水的要求。

3.4 洗井与成井工艺

洗井作为主要工序,目的在于降低钻井给周边环境带来的影响,清除井壁附近含水层里的细小颗粒,让含水层恢复自然水文状况。常见的洗井方法包含贝勒管清井法、潜水泵清井法以及空气压缩机清井法等。

在做完井管设置、回填滤料以及止水工作后,需马上开展洗井操作,并且要在 24h 完成,避免孔内留存的泥浆与颗粒物沉淀,形成老垢进一步让后续洗井工作变得更为棘手。洗井方式的挑选需根据监测井的深度、直径、含水层颗粒的特点以及流量要求来进行全面判定。具体应用场景与技术指标如下:贝勒管洗井方式适用于浅层井或者流量需求较低的监测井,该方法操作简便,不过效率相对不高,每口井的洗井时长一般是 4~6h;潜水泵洗井方式适用于深层或者大直径的监测井,抽水量能够在 5~20m³/h 的范围内进行调节,可以长时间稳定运转,洗井时长约为 2~4h;空气压缩机洗井方式根据气举原理,适合应对含水层中微粒含量较高的情形,能够大幅降低水位,洗井效率比较高,单井作业时间通常为 1~3h。

某工程运用空气压缩机开展井筒清洁工作,清洁过程所需要的水量是井筒容积的四倍,清洗结束后的检测结果表明,浑浊度达到 8NTU, pH 值的变动范围是 5%,电导率的变动范围为 7%,所有数据都满足相关标准规定。

成井质量评定的主要准则包括水的澄清程度、酸碱性以及导电性能的稳固性,除此之外还应当开展水位回升测试来确定井周水力关联状况,运用停止抽水、持续监测水位回升的模式开展水位恢复测试,若在半小时内水位回升到静水位的 90%以上,表明井周水力状况良好;但是要是水位回升速率异常快速,或许是滤料堵塞或者井壁泥皮未彻底清理的情况所造成,这时需要对井开展重新清洗操作。某观测井完成成井作业后,开展水位回升测试,结果表明水位在 30min 内回升至静态水位的 92%,符合水文连通性良好的判定标准。

洗井废液需根据可能的污染物种类,按照 HJ164 以及相关规定进行分类处置,直接排放到地表或注入其他井孔,有可能对土壤产生污染或者引发含水层的交叉污染,成井验收合格后,及时用黏土和水泥封孔,同时记录监测井的地理坐标、井口高度、孔径、井管长度以及施工和竣工时间等主要信息。

4 监测井运行维护与数据采集

4.1 水质采样方法与规范

为清除井内的残留水与沉积物,恢复含水层原本的水质状态,水质采样工作前需先洗井。洗井应满足 HJ 25.2、HJ 1019 的相关要求。在现场使用便携式水质测定仪对出水进行测定,当浊度小于或等于 10NTU 时或者浊度连续三次测定的变化在±10%以内、电导率连续三次测定的变化在±10%以内、pH 连续三次测定的变化在±0.1 以内;或洗井抽出水量在井内水体积的 3~5 倍时,可结束洗井,

并如实记录现场参数。

建议选择低流量采集技术开展采样工作,这种方式可降低对含水层的干扰,维持样品组分的稳定性。样品采集过程中一般按照挥发性有机物(VOCs)、半挥发性有机物(SVOCs)、稳定有机物及微生物样品、重金属和普通无机物的顺序采集。采集 SVOCs 水样时出水口流速要控制在 0.2L/min~0.5L/min,其他监测项目样品采集时应控制出水口流速低于 1L/min,如果样品在采集过程中水质易发生较大变化,可适当加大采样流速。

4.2 长期运行维护管理方法

为保证监测井的结构稳定和长期监测效能,需要开展长期运行维护工作,主要包括监测井日常巡查、定期清淤、采样洗井、水位水质监测等污染防治工作和建立档案工作,通过制度化维护保障监测井结构稳定和长期监测效能。

定期巡查主要包括井口、井台、保护装置、防护栏、标识牌等设施的完好性,出现损坏及时修复。做好井口封堵,防止雨水、地表水、杂物及人为污染进入监测井。清理监测井周边杂草、积水、垃圾等,尤其雨季、汛期,避免地表污水因排水不畅下渗污染含水层;定期开展清淤、疏通滤水管,防止泥沙淤积堵塞滤水段,对于长期不用的监测井应按规定进行封井处理;水位与水质监测工作主要是按期开展地下水位观测、水质取样,记录动态变化,建立长期监测台账。每次采样前需进行洗井,确保水样代表性。如采用手工自测的方式,需定期校准分析仪器、水位计、采样设备,确保测量数据准确;建井成井资料、施工记录、洗井记录、监测数据、维护记录、维修记录等材料共同构成监测井的全生命周期档案。为跟踪水位、水质变化趋势,健全监测-评估-预警-处置闭环管理^[2],为地下水污染防治提供依据。

5 质量控制与技术保障体系

5.1 全过程质量控制体系构建

对从勘查设计、施工安装直到运行维护全过程进行质量控制,在设计时审核布井方案是否合理有针对性,在施工时把控各环节是否达到设计的技术指标,在运用过程中构建数据校验体系^[3]。《浅层地下水连续多通道管监测井建设规程》(DZ/T 0436-2023)明确了浅层地下水连续多通道管监测井的设计、钻探施工、管材及准备、成井、监测仪器安装与监测井保护等要项,适用于监测井的设计、施工、验收与管理。连续多通道管监测井能够达到地下水分段监测,多级观测的目的,应用推广多级监测井钻井新技术新工艺,有助于提升监测井施工技术水平与工程质量,促进地下水监测由混合观测转变为分层观测、精准观测的

趋势。

5.2 关键工序质量检验标准

监测井的主要质量指标为井位偏移、井径大小、井深长度、井直程度、滤料填充厚度、密封状况、冲洗质量等^[4]。主要工序的质量检测指标及其允许偏差要严格根据标准开展(详见表3):井位偏移的允许误差应不大于0.5m(根据HJ 164-2020),井径的偏差控制于 $\pm 5\%$ 之内(参照DZ/T 0270-2014),井深误差区间为 $\pm 2\%$ (根据DZ/T 0436-2023),井管每100m垂直度偏差不能超出 1° (参考DZ/T 0287-2015),滤料填充厚度允许偏差是 $\pm 10\%$ (参考GB/T 51040-2023),密封性要确保在0.3MPa压力下无渗漏(符合HJ 164-2020要求),冲洗后的水质浊度应低于10NTU(根据HJ 164-2020)。

井管相连要保证密封效果佳,防止出现漏水状况,止水范围需采用注水办法开展检测,从而保证其隔水性能符合标准。钻孔结束后要开展水位回升测试,基于观测水位的恢复速率来分析井周水动力特征:要是水位在30min内回升到静态水位的90%以上,那就表明井周水力连通性较佳。某项目主要工序的质量检测数据表明,井位平均偏移0.3m,井径误差是3%,井深误差为1.5%,各项参数均符合规范标准。

5.3 施工设备与材料质量管理

表3 关键工序质量检验标准及规范依据

序号	检验指标	允许偏差/要求
1	井位偏移	$\leq 0.5\text{m}$
2	井径大小	$\pm 5\%$
3	井深长度	$\pm 2\%$
4	井管垂直度	每百米偏差 $\leq 1^\circ$
5	滤料填充厚度	$\pm 10\%$
6	密封状况	0.3MPa压力下无渗漏
7	浑浊度	$\leq 10\text{NTU}$
8	井管壁厚偏差	$\leq \pm 10\%$
9	滤料泥沙含量	$\leq 1\%$
10	膨润土膨胀率	$\geq 200\%$

进入施工现场的物资均需开展全面核对,包括产品合格证、检测(试验)报告、出厂材料等。尤其钻具、管材需经严格质量检验,标准可参照DZ/T 0148中的相应条文规定,不符合规定的物资严禁进入场地。例如井管的质量

检验包括:内外壁厚分布匀称,壁厚偏差控制于 $\pm 10\%$ 范围之内,不能有裂纹或者其他瑕疵。滤料重点要对颗粒级配及泥沙含量开展检测,泥沙含量应不超过1%。止水材料要验证膨胀率,膨胀率需达到或者超过200%。具体见上表3。

6 结语

监测井作为开展土壤与地下水资源调查的重要工具,其科学的布局以及规范的施工,对研究成果的准确性起着关键作用。根据我国现行有关监测井的规定与技术标准,作者从监测井的布置准则、施工技术、运行保养以及质量监督四个主要方面着手,设计出一套完整的监测井建设技术方案。实践表明:在布置阶段,根据调查需求以及区域的水文地质特性开展有针对性的设计和建井位置及数量的不断优化,可提高污染物检测率;施工期间严格根据标准化流程开展操作,能够提升监测数据的准确性;运行时期建立完善的运维体系,实施全周期的维护管理,能够显著延长监测井的使用年限。

今后需大力推动新技术的运用,不断提高监测井的施工品质与整体规范。例如可基于MODFLOW数值模拟平台对井位设计进行优化,在保证监测范围完整的前提下,减少监测井建井的数量;或者引入自动化的监测装置,提高数据采集频率,以加强观测的及时性和连续性。基于目前监测井建井的实际状况急需制定统一的监测井质量管控规范,实现监测井的设计、建造、维护全流程的标准化,为土壤与地下水资源的研究提供更为可靠的技术支撑。

[参考文献]

- [1]崔明.地下水动态监测网优化布设方法研究[J].水上安全,2025(6):103-105.
- [2]张楠,陈喜,高满,等.傍河含水层地下水监测井布设最优试验研究[J].水文地质工程地质,2026,53(1):54-65.
- [3]白坤晓,张建良,尉玺.分层标组地下水位监测井施工工艺比选研究——基于泵吸反循环钻进实例[J].城市地质,2026,21(1):120-125.
- [4]冯建月,等.五层巢式监测井成井工艺与材料研究[J].探矿工程,2017,44(7):5.

作者简介:金佳鑫(1979—),毕业于河北大学英语专业,中级工程师(环境保护),现就职于经纬汇达(北京)检测技术有限公司。