

新型分层抽水管内止水装置的研制

郝国利, 于建丛, 李国民, 姚文永, 和新
(河北省地矿局国土资源勘查中心, 河北 石家庄 050081)

摘要:为满足分层抽水试验止水及观测要求,设计加工制做了一种新型管内分层抽水止水装置。此新型止水装置结构简单,方便现场取材及加工制作,且止水效果可靠,克服了以往止水方法存在的缺陷,能有效地隔离上下含水层,防止上下含水层串通,从而能够在同一井孔内实现快速管内分层止水,保证了分层抽水试验工作的实施。

关键词:分层止水;抽水试验;止水装置

中图分类号:P634 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2017)03-0039-05

Development of a New Type of Intra-tube Sealing Device for Stratified Water Pumping/HAO Guo-li, YU Jian-cong, LI Guo-min, YAO Wen-yong, HE Xin (Territorial Resources Exploration Center of Hebei Geo-mineral Bureau, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

Abstract: A new type of intra-tube sealing device for stratified pumping was designed and manufactured in order to meet the requirements of water sealing in stratified pumping test and observation. This new sealing device has the advantages of simple structure and can be conveniently processed with on-site materials with reliable sealing effect; the shortcomings of traditional sealing method are overcome, the upper and lower aquifers can be effectively isolated to prevent the water mixing flowing of upper and lower aquifers. Thus, rapid stratified water sealing inside pumping tube in a same well can be realized, which ensures the operation of stratified pumping test.

Key words: stratified water sealing; pumping test; water sealing device

0 引言

分层止水是在不同含水层或含水层组的地区进行水文地质钻探时,为了取得各含水层的水量、水位、水质和水温等水文地质参数,须按不同含水层分别进行观测和抽水试验。按设计要求在隔水层位置,对水井上下含水层进行隔离止水,防止上下含水层串通的工作称为分层止水,包括管外止水和管内止水2部分。管外止水一般采用止水材料在止水段(隔水层)进行永久性止水;管内止水是在井管内设计的合理止水位置进行临时止水,以进行同一井内不同含水层的抽水试验,获取不同含水层的地质参数。

目前国内进行分层抽水管内止水时,一般采用下套管、止水塞止水法和充气气囊止水法。前一种方法需要准备管材,成本大,下管、提管、下止水塞等繁琐工序,间隔时间长,且易造成孔内事故。第二种方法则需要在地面安装一套专用的充气设备,操作复杂,安全性差。总之,上述2种方法均不能很好地同时观测上下含水层水位变化,无法准确判断止水

效果是否满足分层抽水试验的要求,因此需要设计出更实用、更可靠的分层止水装置。

张家口后备水源地勘查项目部分水井需对同一井孔上下含水层组进行分层抽水试验,以获取不同含水层水文地质参数,这就要求进行分层止水工作。

本文以张家口宣化XH02钻孔(井)为例,介绍一种新型分层抽水管内止水装置,该装置不仅完全能满足分层抽水要求,还能够同时观测上下含水层水位,检测止水效果,节省工作时间,更重要的是降低了工作成本。

1 工程概况

XH02钻孔(井)位于宣化县洋河南岸,为探采结合孔,先小径取心,后成井,主要目的是查明地下水类型、水质、水量及富集变化规律,为宣化县地下饮用水源地选择提供依据。考虑到XH02钻孔(井)位于洋河岸边,上部含水层可能遭到污染,因此对该井分上下2个含水层组进行分层抽水试验,以便弄清上下含水层组水质、水量情况。

收稿日期:2016-03-17; 修回日期:2017-01-05

作者简介:郝国利,男,汉族,1983年生,部门技术负责、主管,工程师,长期从事水文地质与工程地质施工管理工作,河北省石家庄市桥西区中山西路800号,haoguoli2003@163.com。

1.1 地层及水文地质情况

XH02 钻孔工作区范围为永定河中游孔隙地下水系统子区;柴宣盆地孔隙裂隙地下水系统子区。本区一般由卵石、砾石、砂等粗粒含水层夹粘性土层组成,粗粒物质分选性较差,成松散厚层状构造,孔隙连通性好,利于降水入渗、地下水赋存和富集,富水性较强。本区地下水类型是松散岩类孔隙水,地下水赋存于第四系砂、砾、卵石层中,包括全新统一上更新统(Qp^{3+h})砂、砾、卵石含水亚岩组和中一下更新统(Qp^{1+2})砂、砾石含水亚岩组,含水层总厚度在 30~40 m 范围内,含水层富水性较好,单井涌水量可达 150~200 m^3/h ,水位埋深较浅。

XH02 钻孔(井)通过勘查取心揭露地层全部为第四系的松散沉积物,上部为薄层全新统(Qh)的耕植土,下部以更新统(Qp)的黄土状粉土、粉质粘土、砂质粘土及砂砾层为主。主要地层及含水层划分为:0.0~0.7 m,耕植土;0.7~4.8 m,含砾粗砂;4.8~32.5 m,砂卵砾石(上部含水层);32.5~42.2 m,粉质粘土(隔水层);42.2~63.6 m,砂卵石(下部主要含水层);63.6~93.2 m,含土砂砾卵石;93.2~102.0 m,含砂土。

1.2 钻孔结构(见图 1)

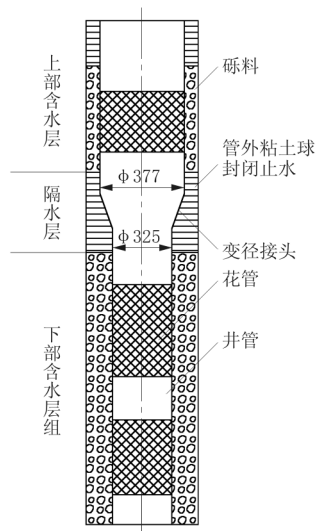


图 1 XH02 钻孔(井)结构示意图

设计扩孔成井深度 102 m,扩孔口径 600 mm,井管结构如下。

(1)0~37.2 m:下入 $\Phi 377$ mm 井管、桥式滤水管。37~37.2 m 为 377/325 mm 井管变径接头。该段为上部含水层组。

(2)37.2~102 m:下入 $\Phi 325$ mm 井管、桥式滤水管。该段为下部含水层组。

1.3 成井工艺

1.3.1 钻井设备

选用 CZ-6A 型冲击钻机冲击钻进施工,开孔口径 600 mm,一径到底。冲击钻头采用“一字翼状”冲击钻头,钻头质量 2.5 t,长度 6.5 m。

1.3.2 泥浆

采用粘土造浆护壁,泥浆密度 1.15~1.2 g/cm^3 ,大小根据地层情况调节,达到防止坍塌和护壁的目的。

1.3.3 换浆

冲击钻进终孔后采用边往孔内加稀泥浆,边用捞砂桶在孔内上下活动,捞出稠泥浆和沉渣,使孔内上下泥浆密度均匀,达到稀释泥浆、换浆目的。换浆后泥浆密度 $<1.10 g/cm^3$,泥浆粘度 18~20 s,含砂量 $<4\%$ 。

1.3.4 下管

(1)根据冲击钻提升能力和井管质量,采用悬吊焊接法下管。

(2)下管前应用捞砂桶探孔,孔深应大于下管深度 0.5~1 m,校正孔径、孔深。

(3)对井管、滤水管按排管顺序进行逐根丈量编号,防止滤水管错位。下管前对井管进行仔细检查,无残缺、断裂和弯曲等缺陷。

(4)第一根井管底部密封,下管时拧紧夹板螺丝,井管焊接前,在井管前后左右吊线,将井管对正接直后开始焊接,焊接牢固可靠、封闭严密,要求对井管接头焊接两遍。

(5)下管时每隔 30 m 焊扶正器一组,每组 3 个,滤水管处适当加密,使井管位于井孔中心,填砾时滤水管周围砾料厚度均匀。

1.3.5 填砾

根据冲击钻设备及施工特点,填砾时边填砾料边往管外注水,达到冲洗砾料、稀释泥浆,使砾料下行通畅、利于投料的目的。

(1)砾料:选取石英质河砂,砾径视含水层的有效粒径而定,本井采用 3~6 mm 的混合砾料。砾料数量根据钻孔结构、填砾高度计算确定。

(2)填砾前计算砾料方量,填砾时从井口四周均匀、缓慢填入,边填边测,避免产生“架桥”堵塞现象。

(3)砾料填置高度:应高出滤水管以上 10 m,但不超过上层(段)含水层的底板。

(4)下管前准备好砾料,技术人员对砾料的规格、数量进行验收检查,是否符合设计要求,是否亏方,禁止填入不合格砾料。

1.3.6 管外分层止水

下管后,砾料填到设计高度,用粘土在止水段(隔水层)进行永久性止水。

(1)止水材料:要求止水材料必须隔水性好,无毒无污染。在四系探采结合井中一般采用粘土止水,要求粘土纯度高,粘度大,使用时,先将粘土捣碎加水 and 匀,搓成直径 20 ~ 40 mm 的粘土球,晾成半干备用,当井管下好填完砾料后用粘土球止水时,要求粘土球从管外环状间隙均匀投入,并随时测量填入高度,达到预定位置。

(2)止水位置:按设计要求,根据钻孔岩心、岩屑编录及测井资料,选择隔水性良好的地层作为止水位置,隔水层厚度为 5 ~ 10 m。

1.3.7 洗井

按规范要求,对采用泥浆钻进的冲洪地层填砾水井,可采用空压机、活塞、焦磷酸钠联合洗井方法。

(1)空压机洗井。选择空压机风量为 10 m^3 ,风压为 0.7 MPa(70 m 水压)的空压机。洗井时,对井孔滤水管段按从上到下顺序逐段吹洗,反复震荡,清洗孔内泥浆;最后风管、出水管下到井底吹洗,清除孔底沉渣。

对滤水管段洗井时,风管下到滤水管中间,专人控制送风阀门,用最大风量对滤水管进行有效震荡洗井,每隔 1 h 左右憋压一次,至水清为止。滤水管段洗好后,将出水管下入井管底部吹洗,清除孔底沉渣。一般洗井时间为 3 ~ 6 个台班,就可以达到水清、孔底沉渣吹干净。

(2)焦磷酸钠洗井。焦磷酸钠洗井是将一定数量焦磷酸钠(分子式 $\text{Na}_2\text{P}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$,碱性)投入井内,与钻孔中泥浆混合,与泥浆(主要成分:高岭土、蒙脱石,呈酸性)发生反应,分解破坏泥皮,达到洗井,疏通含水层的作用。

(3)活塞洗井。对采用泥浆钻进的水井,进行拉活塞洗井,利用抽吸和水的挤压原理清除井内泥浆,破坏孔壁泥皮,进一步疏通含水层,增大渗透性,稳定砾料,使得滤水管周围形成天然滤水层,以达到水井正常出水量。

1.4 抽水试验

本井抽水试验共包括 3 部分:混合抽水试验、上部、下部含水层分层抽水试验。混合抽水无需进行封层止水,但上下含水层抽水试验,需进行严格地上下临时止水装置,用于对同一井孔中不同含水层在井管内进行封闭止水,防止上下含水层串通,起到隔离上下含水层作用,便于进行分层抽水试验。

2 管内分层止水装置的组成结构及使用方法

根据水井结构特点,在总结以往分层止水装置经验的基础上,大胆创新,克服了以往分层抽水的缺点,设计加工了一套简单实用的止水装置,经使用效果良好,满足了分层抽水要求。

本试验中的分层止水装置分为 2 部分,分别用于对上、下含水层抽水时进行止水。

2.1 上部含水层抽水时的止水装置

第一部分用于对上层水进行抽水试验时止水,隔离下部含水层。

2.1.1 装置组成

由提环(反丝接头)、压盘,观测管、止水材料(海带、胶皮、膨胀橡胶等)、止推压盘、导向定位翼和配重杆(实际试验时采用的是 6 m 长的直径为 75 mm 的圆钢)等组成。止水装置示意图如图 2 所示。

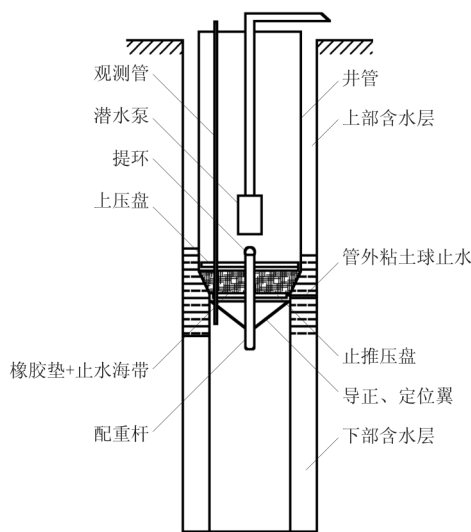


图 2 上部含水层抽水时的止水装置

2.1.2 使用方法

使用时,上压盘下面分别装 2 片胶皮垫(用输送带做成),将海带浸湿晾干后,编成合适大小的麻花辫状缠绕在胶垫下面,外部用塑料包扎,最后用铁丝拧紧。然后用钢丝绳或钻杆下放到止水位置(井

管变径处),上压盘在配重杆作用下将止水材料下压,下部止推压盘起到顶推作用,合为一体将止水材料压紧,止水材料遇水膨胀,从而达到分割上下含水层、封闭止水目的。

2.2 下部含水层抽水时的止水装置

第二部分用于对下部含水层抽水时止水,隔离上部含水层。针对下部抽水的止水装置需将止水装置和抽水设备结合起来,一同下入井内,达到止水、抽水目的。

2.2.1 装置组成

由法兰压盘(法兰压盘上设有电缆和通气管口,并与泵管法兰相连接)、止水材料(海带、胶皮、膨胀橡胶带)、止推压盘、导向定位翼和观测通气管(1.2 in 镀锌管)等组成。止水装置示意图如图3所示。

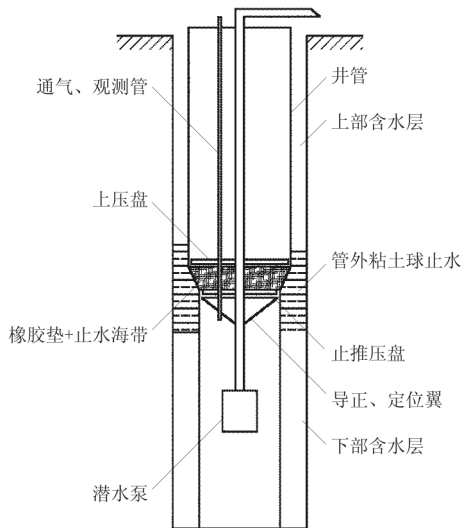


图3 下部含水层抽水时的止水装置

2.2.2 加工使用方法

使用时,法兰压盘和泵管连接,下面装2片胶皮垫(用输送带做成),将海带浸湿晾干后,编成麻花辫状缠绕在胶垫下面,外部用塑料包扎,最后用铁丝将其拧紧。之后下放到止水位置,同时下入通气观测管,法兰压盘在水泵及泵管重力作用下将止水材料下压,止推压盘起到顶推作用,也是将止水材料压紧后,止水材料遇水膨胀,从而达到隔离上下含水层、封闭止水抽水的主要效果。

3 现场使用及效果

3.1 现场使用

此套新型装置成功地应用于XH02水文地质钻

孔的分层抽水试验中,现场施工人员加工制作及使用过程见图4~图7。



图4 制作海带麻花辫



图5 制作止水装置



图6 加工完成下入井内



图7 抽水试验

3.2 使用效果

利用此新型管内止水装置顺利完成了浅层、深层及混合抽水的分层抽水工作任务,使用效果见深层抽水某一落成试验数据与浅层观测孔数据对比分析图8。

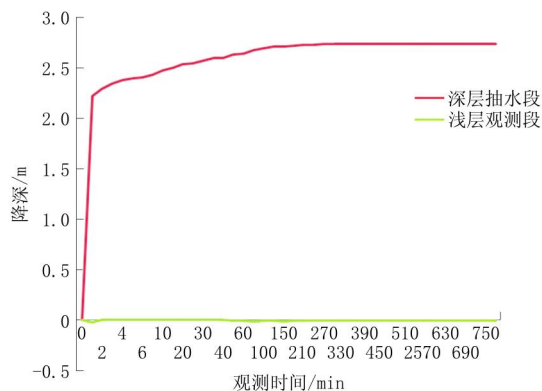


图8 深层段抽水时降深与浅层段观测孔降深对比图

通过图8可知,在历时13h的抽水试验中,在设定平均涌水量达 $110\text{ m}^3/\text{h}$ 条件下,主孔稳定降深 2.73 m ,而观测段的最大波动只有 13 mm ,稳定波动只有 6 mm ,整个过程几乎没有降深,达到了分层止水抽水的试验目的,满足了水文地质技术参数的计算要求,充分证明了此新型止水装置的实用性强、可靠性好。

4 新型止水装置的优点

设计制造的新型管内止水装置有效地解决了以往止水方法存在的问题,其创新性在于使用时能同时观测上下含水层水位变化,大大降低了止水成本。XH02钻孔(井)中的实际应用证明该套装置简单实用、止水效果可靠,具有如下优点。

(1) 部件采用固定连接,结构简单,可就地取材,易于加工。

(2) 使用方便,操作简单,可做到快速止水和回收。

(3) 与其他止水方法相比成本低、省时省力(对比分析见表1)。

(4) 使用时安全性能好,避免出现各类孔内事故。

表1 3种止水方法的价格及加工、使用特点

止水方法	价格/元	加工难易	安装难易
下套管、止水塞止水法	2000~4000	较困难	安装困难、费时费力
充气气囊止水法	60000~80000	困难	安装困难、费时
新型装置止水法	200~400	容易	安装容易、省时省力

注:价格是3种不同止水方法在同等条件使用时所需的费用。

(5) 其技术关键是抽水时能够同时观测上下含水层水位变化,检测止水效果。

(6) 可以重复使用,易于推广。

5 结语

为获取同一井内不同含水层水文地质参数,越来越多地需要在同一井内进行分层止水,应根据水井实际情况对分层止水装置进行改良和创新。本套止水装置虽然有很多优点,但还有需要改进完善之处,为以后更好地开展此项工作,还需做如下改进。

(1) 本装置是设置在变径井管内,直接坐落在异径接头处,因此同径水井进行止水时,需在设定的止水位置增设限位台阶挡圈,以保证该装置不上下窜动,影响抽水试验的结果。

(2) 为保证止水、隔水的效果,也可采用海带与膨胀橡胶相结合的双层止水结构。

参考文献:

- [1] 中国地质调查局. 水文地质手册[M]. 北京:地质出版社, 2012.
- [2] 刘志强,等. 水文水井钻探工程技术[M]. 河南郑州:黄河水利出版社,2008.
- [3] 张建良. 关于分层抽水试验的技术改进[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(4):16-19.
- [4] 郭丽娟. 水文地质勘探孔分层抽水试验技术实践[J]. 科技创新与应用,2013,(27):291.
- [5] 杨建新,刘丕新. 同径止水分层抽水孔的结构设计与实践[J]. 水文地质工程地质,1996,(4):45-47.
- [6] 王永全,段贵银. 同径止水法在大口径供水井施工中的应用[J]. 水文地质工程地质,1995,(5):53-55.
- [7] 金立元. 多层含水层抽水试验分层止水方法介绍[J]. 地下水,1984,(4):29-33.
- [8] 钟丕和. 组合止水法在基岩水文钻孔中的应用[J]. 水文地质工程地质,1984,(4):62,48.