

地下水污染调查惯性取样泵的设计

郑继天, 叶成明, 王建增, 李小杰

(中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051)

摘要:在地下水污染调查所使用的采样器具中, 惯性泵是最简单、也是最常用的一种采样泵。惯性泵是所有地下水取样泵中最容易使用和成本最低的, 非常适合小直径的监测井。介绍了研制的多种直径的惯性取样泵的工作原理及结构设计, 监测井清洗和采样情况及其应用效果。

关键词:地下水污染调查; 惯性取样泵; 取样; 监测井

中图分类号: X853 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)09-0037-03

Design of Inertial Sampling Pump for Investigation on Groundwater Pollution/ZHENG Ji-tian, YE Cheng-ming, WANG Jian-zeng, LI Xiao-jie (Center for Hydrogeology and Environmental Geology, CGS, Baoding Hebei 071051, China)

Abstract: Inertial pump is the most simply and most commonly used sampling pump in the investigation on groundwater pollution with easiest operation and lowest cost, it fits to the monitoring well with small diameter. The paper explained the working principle and the structure design of inertial sampling pumps with different diameters and introduced the cleaning, sampling and application effect of the monitoring well.

Key words: investigation on groundwater pollution; inertial sampling pump; sampling; monitoring well

1 概述

地下水采样在地下水污染调查中是一项非常重要的工作。在地下水取样工作中, 既要满足对样品的要求, 也要考虑取样成本和使用容易程度。

惯性泵是最简单、也是最常用的一种采样泵, 也是所有地下水取样泵中最容易使用和成本最低的。惯性泵也称为底阀泵, 可以人工驱动也可以机械驱动, 人工驱动最大抽取深度可达到 30 m, 机械驱动抽取深度可达到 100 m。惯性泵适合小直径的监测井, 在直径较大的监测井, 其深度方面受到限制。惯性泵可解决小直径监测井样品采集难的问题。

我们结合项目研制了多种直径的惯性取样泵, 并进行了监测井清洗和采样。本文就此做一介绍。

2 手动惯性泵设计

2.1 惯性泵工作原理

惯性泵由装有底阀的小直径管线构成。在管线的底端安装一个止回阀, 管线下降时, 阀门打开, 地下水进入管线中, 管线上升时底阀关闭。使用时通过往复上下运动抽出地下水, 排放到地表。工作原理如图 1 所示。

根据惯性泵的工作原理, 我们设计的惯性泵泵头如图 2 所示, 由管线接头、泵体、球阀和球阀座组

成。惯性泵的泵头直径根据需要采集样品的量来设计。

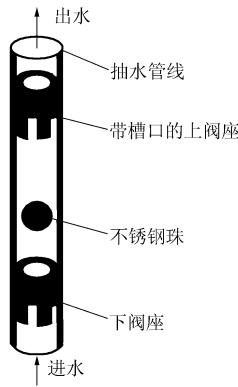


图 1 惯性泵工作原理图

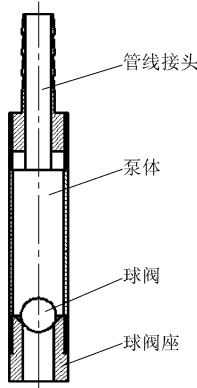


图 2 惯性泵泵头示意图

收稿日期: 2010-03-30

作者简介: 郑继天(1956-), 男(汉族), 河北唐山人, 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心教授级高级工程师, 探矿工程专业, 从事水文水井钻进成井技术及地下水污染调查取样技术研究工作, 河北省保定市七一中路 1305 号, ffszjitian@126.com。

2.2 惯性泵管线选择

惯性泵的管线是惯性泵的主要部件。惯性泵在井中工作时,管线必须成直线,不能蜷曲,要有一定的刚度,在使用惯性泵取样时,通过管线在地表的上下往复运动能够传递到井内的惯性泵泵头;管线需抗磨损,有高的强度,能承受一定拉力,能够把管线中的水传送到地表;在运输过程中,又要质量轻,具有良好的柔韧性,可以弯曲和盘卷。

尼龙管(图3)和特氟龙管线是较佳的选择。聚酰胺俗称尼龙(Nylon),英文名称 Polyamide(简称PA),是分子主链上含有重复酰胺基团—[NH—CO]—的热塑性树脂总称。它具有良好的综合性能,包括力学性能、耐热性、耐磨损性、耐化学药品性和自润滑性,且摩擦系数低,有一定的阻燃性,易于加工,适于用玻璃纤维和其它填料填充增强改性,提高性能和扩大应用范围。

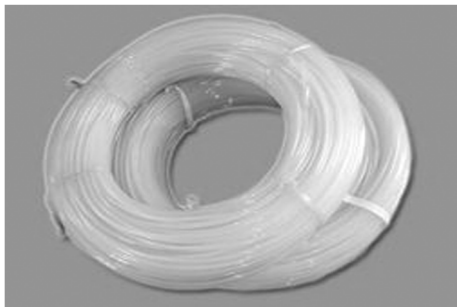


图3 尼龙管线



图4 手动惯性取样泵及其管线

聚四氟乙烯(Teflon 或 PTFE),俗称“塑料王”,中文商品名“铁氟龙”、“特氟龙”、“特富隆”、“泰氟龙”等。它是由四氟乙烯经聚合而成的高分子化合物,具有优良的化学稳定性、耐腐蚀性、密封性、高润滑不粘性、电绝缘性和良好的抗老化耐力。能在-180~250℃的温度下长期工作,除熔融金属钠和液氟外,能耐其它一切化学药品,在王水中煮沸也不起变化。

我们设计的惯性取样泵管线(见图4),选择的是尼龙管,内径分别为16、12和8 mm。样品采集量

分别是5、2和0.5 L/min。

我们也进行了多次采样,取得了良好的效果。惯性取样泵省时、省力、使用简便。

3 机械惯性取样泵设计

3.1 问题的提出

在某核研究基地,为测定在地下水中放射元素的含量,在每一口监测井中需采取多于200 mL的地下水样品。由于其特殊性,采样方法受到限制,在采样过程中不能使用潜水电泵采集样品,只能用人工提取,需要大量的人力物力。所以委托我中心为其研制一种超深惯性取样泵,该泵取样深度100 m,样品采集量大于5 L/min。监测井直径为150 mm。

3.2 总体结构设计

要设计的机械惯性泵取样监测井直径大,取样深度大,样品采集量大,用手动惯性泵是难以完成的。经过构思,超深机械惯性取样泵设计如图5所示。它主要由机架1、减速电动机2、动力盘3、摇臂6、滑动管10、取样管线13、惯性泵泵头15和加重块17等构成。

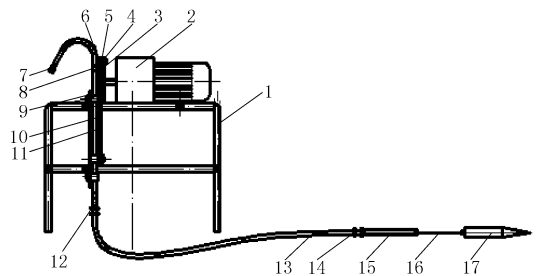


图5 机械惯性取样泵示意图

该机接通电源工作时,减速电机2开始旋转,固定在减速电机轴上的动力盘也随之旋转,带动摇臂6上下运动。摇臂与滑动管10连接在一起,滑动管与输水管固定在一起,输水管又与惯性泵头连接在一起。这样在摇臂上下运动时,滑动管、输水管、惯性泵泵头一起上下摆动,把水输送到地表。

该机械惯性采样泵技术参数为:功率1.0 kW,电压220 V;减速电机输出转速80 r/min;抽水量5~6 L/min;取样深度≤100 m。

3.3 取样管线、泵头设计

根据样品采集量大于5 L/min的设计要求,总结以往实际生产性试验,确定管线内径为16 mm。惯性泵在井中工作时,管线必须成直线,不能蜷曲;管线需抗磨损,有高的强度,能承受一定拉力;在运输过程中,又要质量轻,具有良好的柔韧性,可以弯

曲和盘卷。此次选用的是耐高温聚乙烯(PE-RT)管线,原料为美国陶氏化学公司生产的中密度聚乙烯 DOWLEX * 2344E,经挤出成型的全塑管线。该管线物理和化学性能为:纵向回缩率 < 3%,静压试验,在常温下,静液压应力为 10 MPa 时,1 h 不破裂,95 ℃时,静液压应力为 3.5 MPa 时,1000 h 不破裂,强度满足要求。该管壁内光滑,不结垢,不滋生细菌,可以用于样品输送。

我们选用的管线外径 20 mm,壁厚 2.8 mm。由于取样深度大,管线在井内不能自然伸直,所以采用在泵头下面增加重力,把管线拉直形式。

惯性泵的泵头直径设计为 30 mm,长度 300 mm。

取样深度与惯性泵的上下摆动频次成反比。一般来说,取样深度越大摆动频次越低,取样深度小摆动频次越高。设计的管线在井中工作时是靠加在惯性泵底端重块拉直,所以它的摆动频次定位 80 次/min。

3.4 减速电动机功率设计

首先计算惯性取样泵在取样时井内部分总质量,包括管线质量、管内水的质量、泵头及加重块的质量。

提水总量为:

$$V = (1/4) \pi D^2 H$$

式中: D ——输水管直径,取 20 mm; H ——输水管长度,按 100 m 计。

通过计算,整个输水质量为 43 kg,加重块设计为 10 kg。

动力盘带动摇臂最大偏心直径为 350 mm,那么所需动力为:

$$N = 43 \times 0.35 \times (9.8/2) = 73.74 \text{ N} \cdot \text{m}。$$

选择 XWD 型二相交流卧式减速电机,最终输出转速为 80 r/min,减速比为 17。输出扭矩计算如下:

$$M = [\text{输入功率(kW)} \times \text{传动比} \times \text{效率} \times 9.8 \times \text{工况系数} \times 975] / \text{输入转速}$$

式中:输出扭矩按 73.74 N·m,传动比选 17,工况系数选择 1.0,效率取 0.9,输入转速为 1450 r/min。

求得输入功率应大于 0.73 kW。选取输入功率选为 1 kW 的减速电动机。通过计算得知,输出扭矩为 100.8 N·m,能够满足要求。

3.5 机械惯性取样泵取样试验

组装完成后,我们在试验井中进行了采样试验。试验井深 100 m,静水位深 25 m。机械惯性取样泵下入深度为 95 m。

试验结果表明:取样深度达到设计要求,样品采集速度为 5 L/min。

图 6 为机械惯性泵采样试验。



图 6 机械惯性泵试验现场

4 结语

惯性取样泵在地下水污染调查中是一种方便使用、取样成本低廉的取样器具。它非常适合很小口径(最小可达 20 mm)的监测井采样,这样可以降低监测井建造成本,减少占地面积。但是,惯性取样泵是靠泵头上下摆动采集样品,对监测井中水样品有一定扰动,不适合于含有挥发性有机物样品的采集。

参考文献:

- [1] 郑继天,王建增,等.国外地下水污染调查取样技术综述[J].勘察科学技术,2005,(6):20-23.
- [2] 郑继天,王建增,等.巢式监测井成井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(6):50-52.

桂西铝土矿勘查与研究项目探获铝土矿 5.15 亿 t

广西壮族自治区国土资源厅消息 日前,“桂西铝土矿勘查与研究”项目成果通过了广西科技厅组织的成果鉴定。由广西地矿局、广西第四地质队、广西 274 地质队、中国地质大学(北京)组成的项目组,经过 10 多年的勘查、研究,创新了铝土矿成矿理论和勘查技术方法,在桂西探获铝土矿资源储量 5.15 亿 t。

据悉,该项目勘查成果报告已应用于桂西铝工业基地工程项目的可行性和矿山设计,所提交的铝土矿资源储量已由其开发利用,可实现年销售总收入 108 亿元。项目探获提交的铝土矿资源储量大幅度增加了我国的铝土矿保有资源储量,对改善我国铝土矿资源的储采比,提高国内铝土矿资源保障能力具有重要意义。