

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
E03B 3/06 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610115842.7

[43] 公开日 2007年4月18日

[11] 公开号 CN 1948639A

[22] 申请日 2006.8.15

[21] 申请号 200610115842.7

[71] 申请人 裴建生

地址 830000 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市
黑龙江路19号自治区水利厅规划设计
管理局

共同申请人 邓铭江 董新光

[72] 发明人 裴建生 邓铭江 董新光

[74] 专利代理机构 乌鲁木齐新科联专利代理事务所
(有限公司)

代理人 白志斌

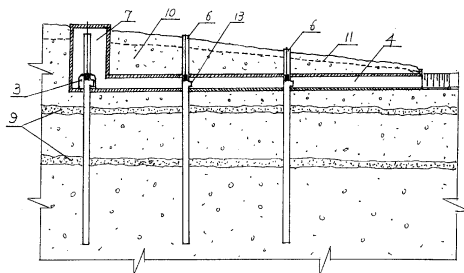
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

[54] 发明名称

一种自流式地下水库的取水廊道

[57] 摘要

本发明涉及水利工程中引出地下水的装置，特别是一种自流式地下水库的取水廊道，在砂砾石含水层内均布设置着竖式取水井，设置在地下水位以下的汇水隧洞和引水隧洞将各竖式取水井相互贯通，引水隧洞的走向与地形坡度走向相一致，引水隧洞将各竖式取水井的水量汇集自流引出地面。本发明可替代中小流域河流出山处地表水库的功能，调蓄流域内的水资源，使流域内的地下水资源得到合理配置，其取水量大，取水范围广，取水成本低，减少水资源的无效蒸发。本发明还可以在深覆盖河床直接取水，并适宜作为山间凹陷地下水库取水。



- 1、一种自流式地下水库的取水廊道，其特征是：在砂砾石含水层（10）内设置竖式取水井（2），设置在地下水位线（11）以下的汇水隧洞（3）和引水隧洞（4）将各竖式取水井（2）相互贯通，引水隧洞（4）的走向与地形坡度走向相一致，引水隧洞（4）将各竖式取水井（2）的水量汇集自流引出地面。
- 2、根据权利要求1所述的一种自流式地下水库的取水廊道，其特征是：竖式取水井（2）为机井式取水井（6）或混合式取水井（7）或辐射竖井式取水井（8）。
- 3、根据权利要求2所述的一种自流式地下水库的取水廊道，其特征是：机井式取水井（6）是在机井管（12）上设置有出水口（13），在机井管（12）中设置有空腔式重锤式活塞（14），空腔重锤式活塞（14）为与机井管（12）动配合的活塞，其轴向设置着上下贯通的通水腔。
- 4、根据权利要求2所述的一种自流式地下水库的取水廊道，其特征是：混合式取水井（7）为在机井管（12）的上部设有竖井（15），在竖井（15）中设有辐射式取水管（16），辐射式取水管（16）为一端开口，另一端封闭的管道，其开口端与机井管（12）或竖井（15）连通，其位于含水层（10）内的管壁上均布着进水孔。
- 5、根据权利要求2所述的一种自流式地下水库的取水廊道，其特征是：辐射竖井式取水井（8）为在竖井（15）中设置着带有进水口的钢管（12），均布在含水层（10）的辐射式取水管（16），其开口端与竖井（15）贯通，并且通过汇集管装置（17）将均布的辐射式取水管（16）开口端与钢管（12）的进水口连通。
- 6、根据权利要求1所述的一种自流式地下水库的取水廊道，其特征是：汇水隧洞（3）的走向可以沿等高线（5）的方向布置，汇水隧洞（3）的轴线可以是直线、折线或曲线。
- 7、根据权利要求1所述的一种自流式地下水库的取水廊道，其特征是：引水隧洞（4）的纵向坡度小于地面纵向坡度，并宜垂直于地面等高线布置。

一种自流式地下水库的取水廊道

技术领域

本发明涉及水利工程中引出地下水的方法或装置，特别是一种适合于干旱区深覆盖河谷区和潜水溢出带处建筑的自流式地下水库的取水廊道。

背景技术

美国 21 世纪水资源战略研究成果提出，地下水库是 21 世纪水资源调控的最主要手段。根据国内外研究表明，大自然多年通过地下循环的水量达 120000 亿 m^3 ，相当于地表径流总量的 30%，而目前人类借助地表水库调节的水量仅 20000 亿 m^3 ，由此可见，地下至少有相当于地表水库 6 倍集水库容有可能为人们开发利用。对于地下水库，国外常用的提法是“含水层储存与回采（ASR—aquifer storage and recovery）”，美国正在实施的 ASR 工程计划，到 2002 年 7 月，已运行的 ASR 系统有 56 个，建成的 ASR 的系统多达 100 个以上，仅佛罗里达州南部，在墨西哥海湾沿岸已经修建了 26 个 ASR 工程，约有 330 口 ASR 井，瑞典、荷兰、德国、澳大利亚、日本、伊朗等国都在实施 ASR 工程计划，以解决水资源的短缺和调蓄问题，瑞典、荷兰和德国的人工补给含水层工程，目前其总供水中所占的份额分别达到 20%、15% 和 10%。地下水库在技术、环境和经济方面具有明显的优势：地下水库工程结构简单投资较小，表面蒸发量相对极少，没有溃坝灾害，使用寿命长，调度、管理简单，库容泥砂淤积问题不突出，不占土地，不需移民；地下水库库容量大可起到丰蓄枯采的多年调节作用，它不会触发库岸边坡的滑坡崩塌，也不破坏洄游鱼类的生态环境；国内、外的实践表明地下水库调蓄水资源具有明显的经济性，其供水成本一般是地表水库的 1/5 ~ 1/10。建设地下水库调蓄流域内的水资源，对于干旱区内陆河流域水资源的开发利用意义十分重大，干旱区内陆河流域水资源不仅极为紧缺，而且时空分布不均，在水资源开发利用中，调蓄工程的作用极为重要，缺乏调蓄工程所造成水资源无效的浪费是十分严重的，棉花的播前水由正常春季改由冬季浇灌，为得到同样的灌溉效果，其净灌定额将必须由 70 m^3 /亩增加到 110 m^3 /亩，无效和低效的水资源量达 57%，干旱区内陆河流中小流域采用山区水库调蓄水资源需要一定的成库条件，对于一些地形或地质条件较为恶劣的河流，建筑地表水库往往投资极为巨大，使工程的建设失去了经济性，同时，山区地表水库的量蒸发损失一般为水库库容的 10 ~ 20%，平原水库则更加高达 25 ~ 40%，因此，采用地下水库的方式对水资源进行时空上的调蓄，是干旱区内陆河流域水资源高效利用的手段之一。经流小、落差大、泥砂多、流程短、无尾间湖是干旱区内陆河流中小流域共同的特点，干旱区内陆河流中小流域，按地貌单元沿河流纵向分

为山区、山前冲洪积扇、冲洪积平原、绿洲与沙漠过渡带和沙漠，地表径流产生于山区，因此，山区又称为产流区，在山前冲洪积扇以下的各地貌单元由于入渗、蒸发强烈，径流逐渐减少，故又将其称为地表径流消散区，在地表径流消散区，由于地表水的入渗和山前侧向地下水的共同作用，便在地面下形成了一座天然的巨大地下水库，这座地下水库在山前冲洪积扇的下缘处的地下水位一般距地面 0~10m，地下水径流条件好，渗透系数一般在 20~100m/d，地下水更新周期短，因此，这里便成为人们大规模开发利用地下水资源的理想地点，长年来，为了开采利用地下水资源，人们进行过不懈的努力，地下取水廊道的历史远比机电井久远，新疆的坎尔井便是典型的代表，适宜于砂砾石地层中的辐射竖井式集水井（俗称大口井），仍被人们普遍运用着。目前，干旱区内陆河流中小流域为了解决水资源的调蓄和短缺问题，多采用建设地表水库，机电井群的技术方案和取水廊道只作为作为调蓄水资源的辅助措施，其主要原因在于机电井群的技术方法虽然具有一次性投资小、控制便捷的优点，然而，它需要将井管中的水量采用动力提升到地面，运行费用高昂，单井出水量小，同时，建设分散，不利于水量的集中，难于将水量输入干渠用于调蓄水资源，由现有的集水廊道在山前冲洪积扇处所构成的地下水库技术方法，集水流量和取水范围又十分有限，所形成地下水库的规模小，不能有效替代地表水库的功能，如：新疆的坎尔井最大的规模为 $2\text{m}^3/\text{s}$ ，集水廊道长，无法控制流量，难于在砂卵砾石含水层以下实施，现有的辐射竖井式集水井又各自为阵，单井规模一般在 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 以下，并需要动力提水，因此，尽管地表水库所引起的“大坝与环境”问题十分突出、一次性投入巨大、经济性差，但仍是干旱区内陆河流中小流域普遍采用的调蓄工程模式。

发明内容

本发明的目的在于提供一种自流式地下水库的取水廊道，可替代中小流域河流出山处地表水库的功能，调蓄流域内的水资源，使流域内的地下水资源得到合理配置，其取水量大，取水范围广，取水成本低，减少水资源的无效蒸发。

本发明的目的是这样实现的：一种自流式地下水库的取水廊道，在砂砾石含水层内设置竖式取水井，设置在地下水位以下的汇水隧洞和引水隧洞将各竖式取水井相互贯通，引水隧洞的走向与地形坡度走向相一致，引水隧洞将各竖式取水井的水量汇集自流引出地面。

如上所述的自流式地下水库取水廊道，它的竖式取水井的型式可以是现有机井式的取水井，也可以采用辐射竖井式取水井，还可以是混合式取水井。

如上所述的自流式地下水库取水廊道，在采用机井型式的取水井和混合式取水井时，可在机井管上设置出水口，通过设在井管内的重力锤活塞式的上下

运动控制调节井内出水量。

按照上述技术方案构成的自流式地下水库取水廊道具有以下有益效果：

(1) 本发明结合干旱区河流纵向坡度大的特点，使地下水库的水量自流进入灌区，与现有机电井型式开采地下水相比，减少电能消耗，降低了水利工程的年运行费用。

(2) 本发明所涉及的取水廊道，取水量大，取水范围广，可替代中小流域河流出山处地表水库的功能，调蓄流域内的水资源，使流域内的水资源得到更合理、科学的配置。

(3) 与地表水库相比，由本发明形成的地下水库，减少了水资源的无效蒸发，为干旱区水资源的高效利用创造了条件。

(4) 本发明所涉及的机井式取水井控制出流量便捷灵活，单井出流量大，十分有利于自动化控制。

(5) 本发明所涉及的取水廊道，在自下而上逐步施工过程中，不仅可在施工期，通过竖井的排水使地下隧洞处的地下水位降低、控制出水量，为隧洞的施工创造有利条件，而且，可边施工，边发挥效益，适宜于分期、分步的建设，同时，运行调度和管理维护也极为灵活方便。

(6) 本发明所涉及的取水廊道，隧洞处于砂砾石地层，施工中可采用现有的顶管技术，从而使工程施工方法具有多项选择，有利于降低工程造价。

附图说明

下面将结合附图对本发明作进一步说明。

图 1 是本发明的结构平面布置示意图。

图 2 是图 1 的 A-A 示意剖面图。

图 3 是机井式取水井的结构示意图。

图 4 是混合式取水井的结构示意图。

图 5 是辐射竖井式取水井的结构示意图。

图 6 和图 7 是本发明的原理说明图。

具体实施方式

一种自流式地下水库的取水廊道，如图 1、图 2 所示，为本发明布置在干旱区内陆河流中小流域地表径流消散区的中小流域冲洪积扇下缘的典型形式，河流 1 出山口后，垂直于地面等高线 5，流向下游，在洪冲积扇下缘地下水位线 11 一般距地面 2-30m 处即可。在砂砾石含水层 10 内按工程需要设置竖式取水井 2 组，竖式取水井 2 可以是机井式取水井 6 或混合式取水井 7 或辐射竖井式取水井 8，设置在地下水位线 11 以下的汇水隧洞 3 和引水隧洞 4 将各竖式取水井 2 相互贯通，引水隧洞 4 垂直于地面等高线 5，引水隧洞 4 的走向与地形坡度走向

相一致，引水隧洞 4 将各竖式取水井 2 的水量汇集自流引出地面。

在汇水隧洞 3 的轴线方向布置的竖式取水井 2 是本取水廊道的主要集水场所，汇水隧洞 3 的走向可以沿等高线 5 的方向布置，也可以采用其它布置方式，当采用顶管技术施工时，还可以采用双排布置方式，其轴线可以是直线、折线或曲线，应针对具体的工程的水文地质条件通过技术经济比较来确定，当地层结构较为均匀时，宜沿地下等水位线布置，以达到取水廊道的取水量最大、工程造价最低的目的。引水隧洞 4 承担着将汇水隧洞 3 中的水量引出地面和增加取水量的双重任务，为了加大取水量和施工排水要求，应布置一定数量的竖式取水井 2。汇水隧洞 3 和引水隧洞 4 可以采用隧洞，还可以采用渠道的型式，应针对具体工程通过技术经济比较来确定，一座取水廊道最少需要一条引水隧洞 4，也可以由多条引水隧洞 4 共同承担引水任务，亦应针对具体的工程通过技术经济比较来确定，引水隧洞 4 的纵向坡度应小于地面纵向坡度，并宜垂直于地面等高线布置，如，一座距地面 40m 的取水廊道，当地面纵坡为 1.2%，若将汇水隧洞或渠道 5 的纵坡取为 0.1%，经过约 3.5km 的引水隧洞 4 即可将水引出地面与挖方渠道相接。

图 3 是机井式取水井 6 的结构示意图，它与机井十分相似，所不同处是井管 12 上设有出水口 13，使水流自流进入隧洞，出水口 13 可以直接进入汇水隧洞 3，也可以通过一般的阀门控制后进入汇水隧洞 3，为了控制便捷，本发明还提供了一种造价低廉、性能优越的重锤活塞式调节控制阀，它是在机井管 12 中设置有空腔重锤式活塞 14，空腔重锤式活塞 14 为与机井管 12 动配合的活塞，其轴向设置着上下贯通的通水腔。其空腔作用一方面是贯通上下管中的水量，另一方面使空腔重锤式活塞 14 上下水压力一致，便于它上下活动，通过控制空腔重锤式活塞 14 上下运动，即可控制出水口 13 的有效出水面积，从而达到控制调节出水量的目的，由于控制极为便捷，因此，采用这种控制方法对本取水廊道的实现自动化控制调度和运行维护非常有利。图 4 是混合式取水井 7 的结构示意图，它由机井式取水井 6 和现有的竖井式取水井混合组成，它在机井管 12 的上部设有竖井 15，在竖井 15 中设有辐射式取水管 16，辐射式取水管 16 为一端开口，另一端封闭的管道，其开口端与机井管 12 或竖井 15 连通，其位于含水层 10 内的管壁上均布着进水孔。为了控制水量可将辐射式取水管 16 直接通入机井管 12 内，在机井管 12 上设有出水口 13，在机井管 12 中安装着空腔重锤式活塞 14。混合式取水井 7 的造价较高，主要作用是便于隧洞施工出渣和运行管理。图 5 是辐射竖井式取水井 8 的结构示意图，在竖井 15 中设置着带有进水口的钢管 12，均布在含水层 10 的辐射式取水管 16，其开口端与竖井 15 贯通，并且通过汇集管装置 17 将均布的辐射式取水管 16 开口端与钢管 12 的进水口连

通，将辐射式取水管 16 直接与钢管 12 连通。

当地层为含水层 10 与相对不透水层 9 相互交错结构时，取水井的具体型式宜优选采用机井式取水井 6，这样可以揭穿相对不透水层 9，增加竖井的渗漏系数，从而增大取水量和拓宽取水范围，使取水廊道的取水量得到提高。当地层结构较为单一时，取水井的具体型式也可以选择为辐射竖井式取水井 8。为了隧洞施工出渣方便和运行维护便利，在取水廊道的布置中，应每隔几个竖井设一个混合式取水井 7，混合式取水井 7 还可以作为顶管施工中的中集站或起始点。

砂卵石层成洞的必要条件之一是隧洞处的地下水位不应过高，然而，将汇水隧洞 3 建设于地下水位线 11 以下又是本取水廊道所必需的，本发明的重要之处之一，在于通过竖井的取水所形成的漏斗降低隧洞处的地下水位，为隧洞的施工创造有利条件，故本发明将施工排水与永久取水、临时工程与永久工程合为一体，从而使工程建设费用大为降低。

为了减少施工排水费用，应尽可能采用自流式排水，因此，取水廊道宜从下游向上施工，先施工引水隧洞 4，后施工汇水隧洞 3，先竖井，后隧洞，步步为营，从而达到减少工程造价的目的，与此同时，由于本取水廊道采用了以竖井为主的方式，竖井中的水量又可以控制，故取水廊道不仅运行维护方便，而且可边施工，边发挥效益，十分适宜于分期、分步建设。

本取水廊道还可在深覆盖河床直接取水，并适宜作为山间凹陷地下水水库及其它型式地下水水库的取水系统。

现进一步扼要简明说明本发明的基本原理：由水力学理论可知一个普通完全井的稳定流量为：

$$Q = k \frac{H^2 - h_0^2}{0.731 \log \frac{R}{r_0}}$$

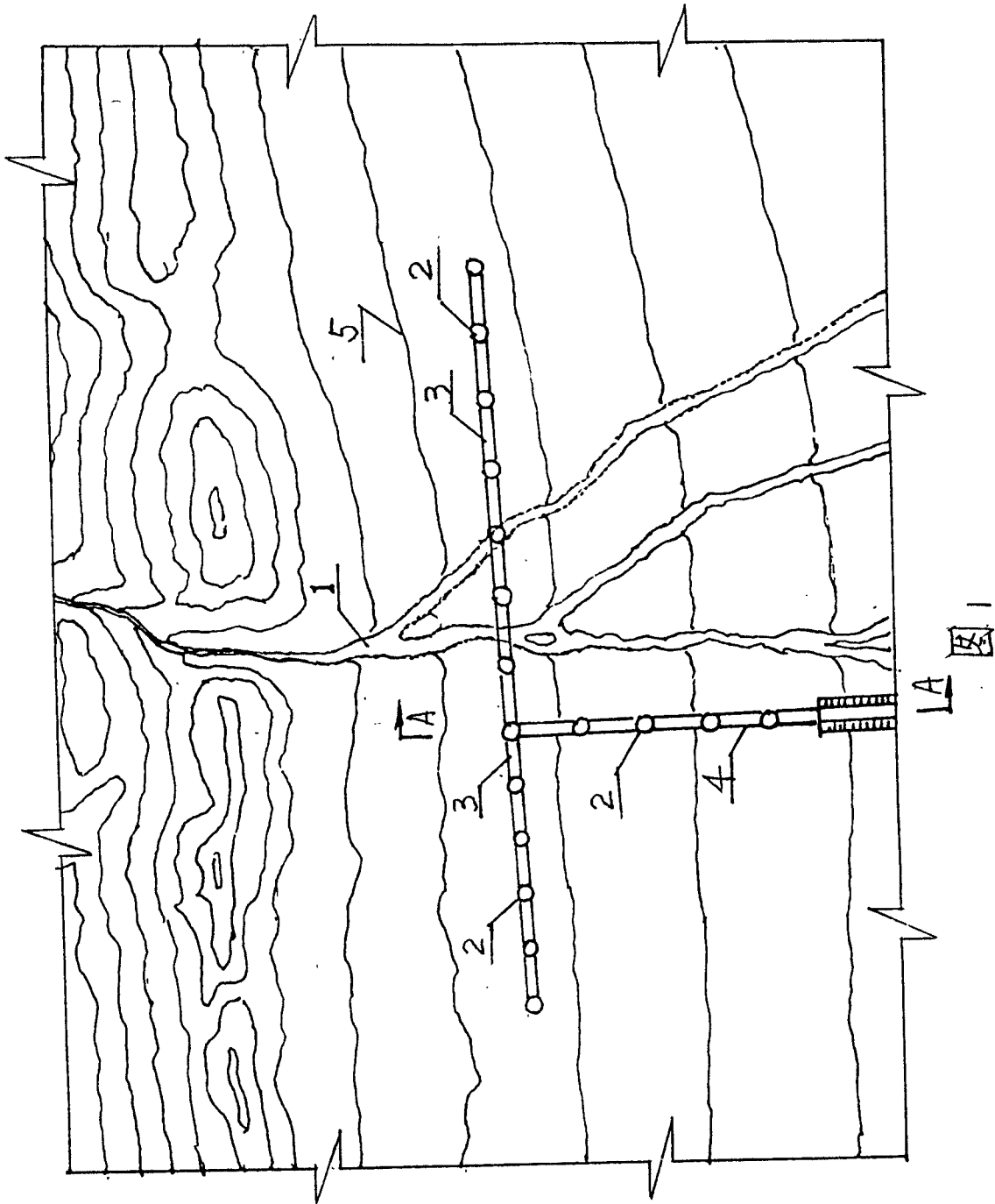
式中符号的见图 6 所示，机井的流量 Q 与透系数 k 和设计降深 S 紧密相关，现有机电井一般布置在靠近农田处，抽水设备处于井管之中，一般设计降深多在 10m 以内，受渗透系数 k 的影响，并考虑运行中的管路损失和电耗，单井流量多在 $0.1 \text{ m}^3/\text{S}$ 以内，而本发明机井的出水口可与机井的直径相同，管路损失小，设计降深也可结合地形坡度设计在 10m 以上，与此同时，本取水廊道可布置在冲洪积扇下缘上部，此处的渗透系数 k 较大，所以可将它的单井流量设计的比现有机电井大。若本竖式取水井按图 1 呈“一”字型布置，并设不透水层位于廊道底部，当竖井间距较密时，可将它的计算模型简化为如图 8 所示的取水廊道，廊道的水深即是机井的有效取水深度，为了扼要说明本取水廊道的性能，现假设地下不透水层为平底坡，由水力学理论可知其单侧单宽流量为：

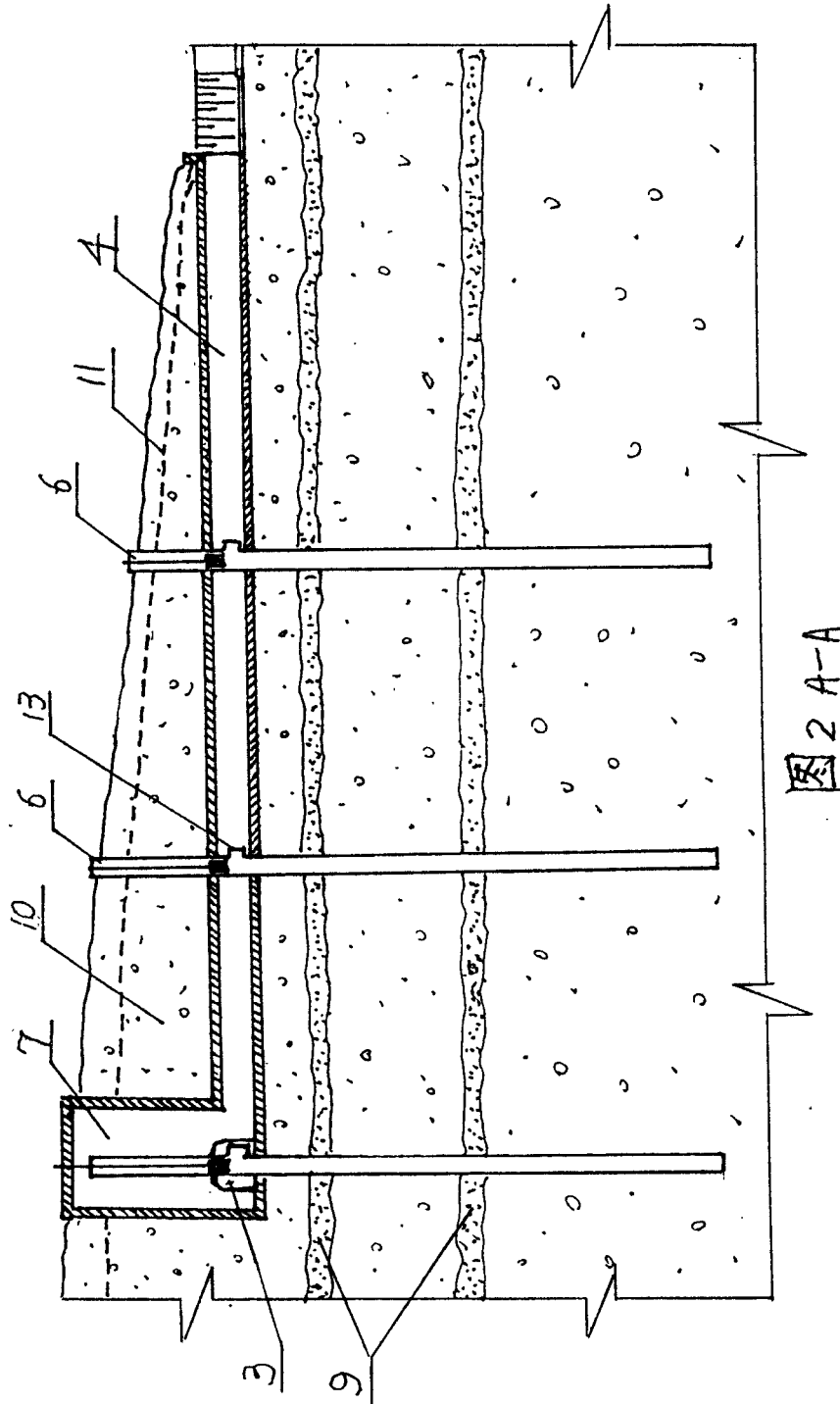
$$q = \frac{k(H^2 - h_0^2)}{2L}$$

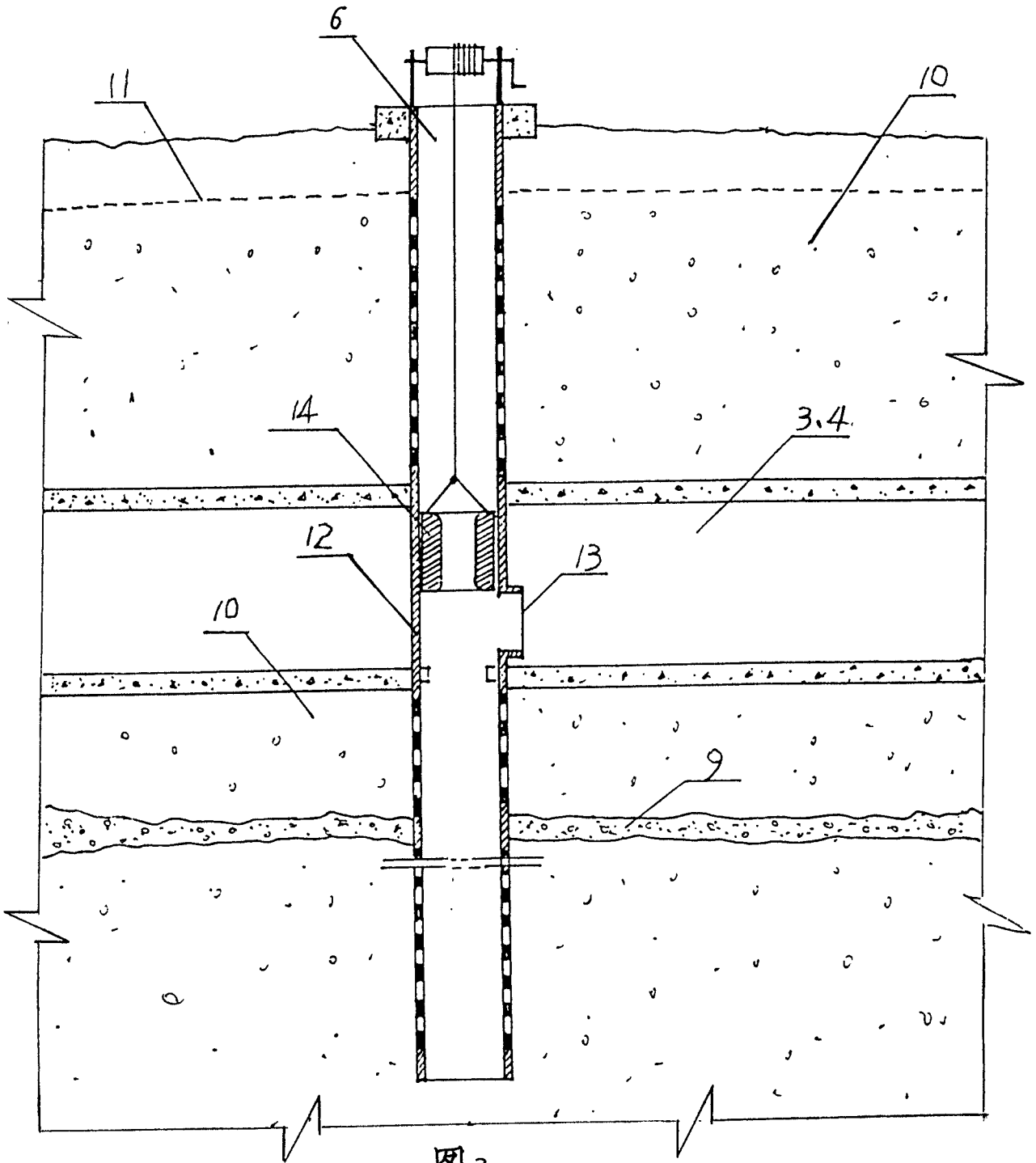
由此可见，在相同的设计降深 S 的情况下，它比普通取水廊道的取水流量大的多，例，当设计降深 $S=20\text{m}$ ，一座 $h_0=3\text{m}$ 的普通取水廊道和一座有效取水深度为 50m 的机井式本取水廊道相比，它的取水流量是普通取水廊道的 6.1 倍，因此，由本发明形成的地下水库的规模一般也能满足流域对水资源的调蓄任务。

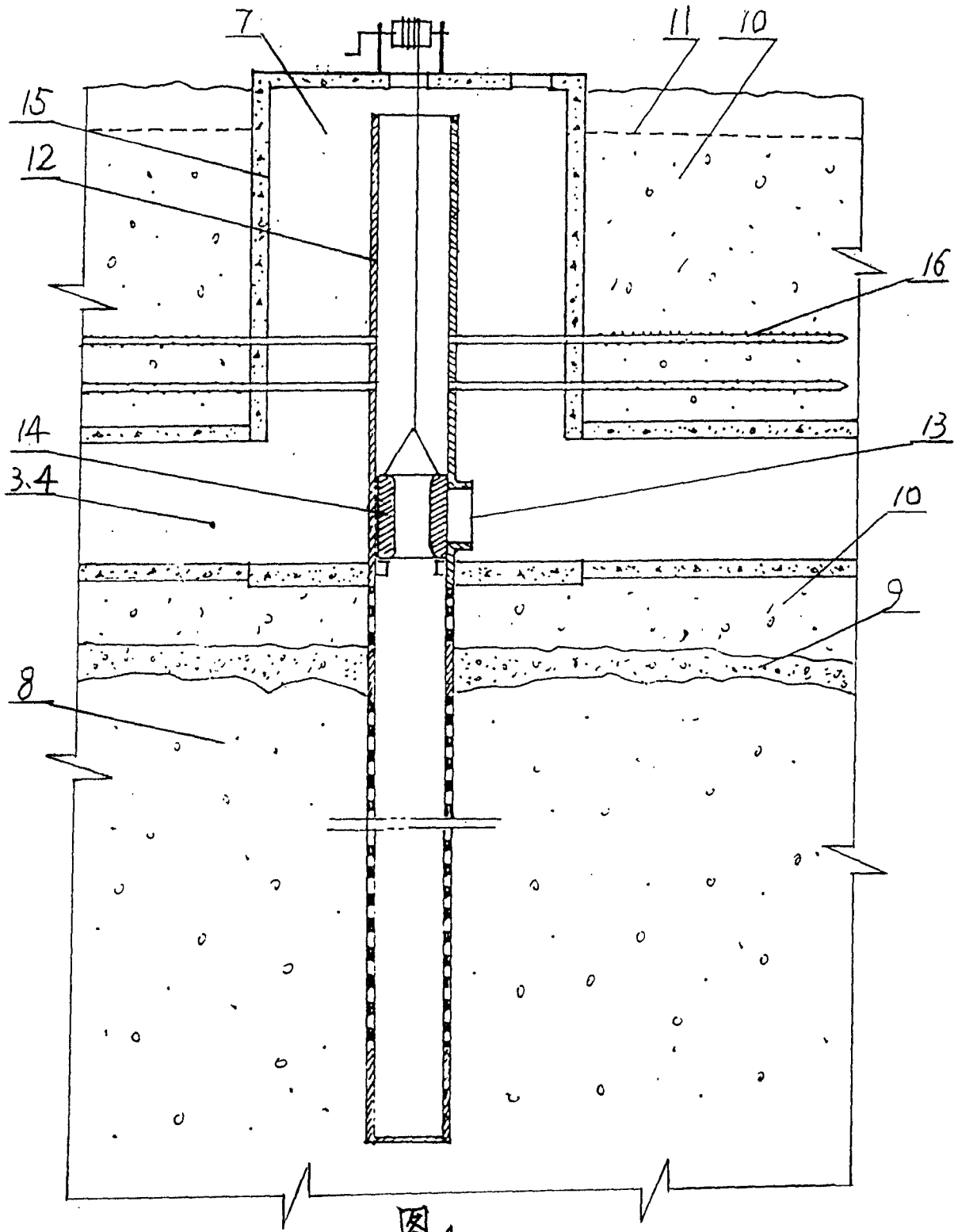
干旱区内陆河流由于地表水的入渗和山前侧向补给，在山前冲洪积扇的下缘处的地下径流量一般占河流径流量的 $8\sim 15\%$ ，地下水的流动方向一般与地面坡度方向一致，沿地下等水位线布置本地下取水廊道，可通过上游天然地下水库含水层水量来调蓄流域内的水资源，若取水廊道的年取水量小于天然地下径流量，所形成的开采漏斗年内即可得到恢复，则由本取水廊道即可形成一座完整的地下水库。若取水廊道的年取水量大于自然地下径流量，则需要相应的回补措施，从而形成一座完整的地下水库。由于，中小流域山前冲洪积扇前的天然地下水库般库容很大，因此，由本取水廊道所形成的地下水库一般均具有多年调节能力。

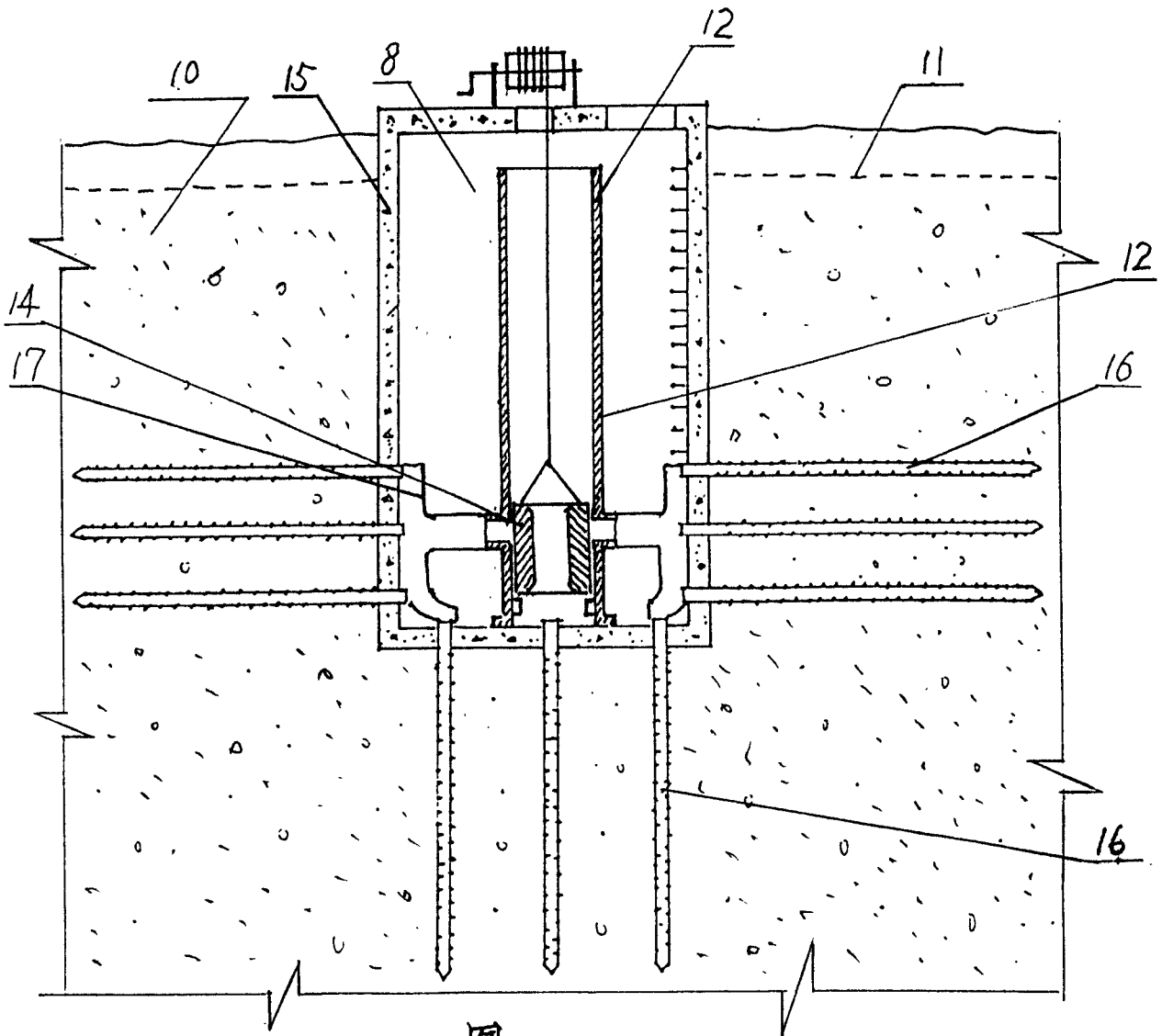
干旱区内陆河流的地下径流量，在进入冲洪积平原的过程中，一部分以泉水的形式均匀的回归地表，另一部分以潜水蒸发和作物蒸腾的形式消散，当地下径流量较大时，将造成冲洪积平原处的地下水位过高，使土壤逐步盐渍化，这部分地下径流量的利用率极为低下，利用本取水廊道开采地下水，不仅可将均匀的泉水变为可调蓄的水资源，而且能有效降低冲洪积平原处的地下水位，因此，本发明所涉及的取水廊道所形成的地下水库具有调蓄和高效利用水资源的双重性能。











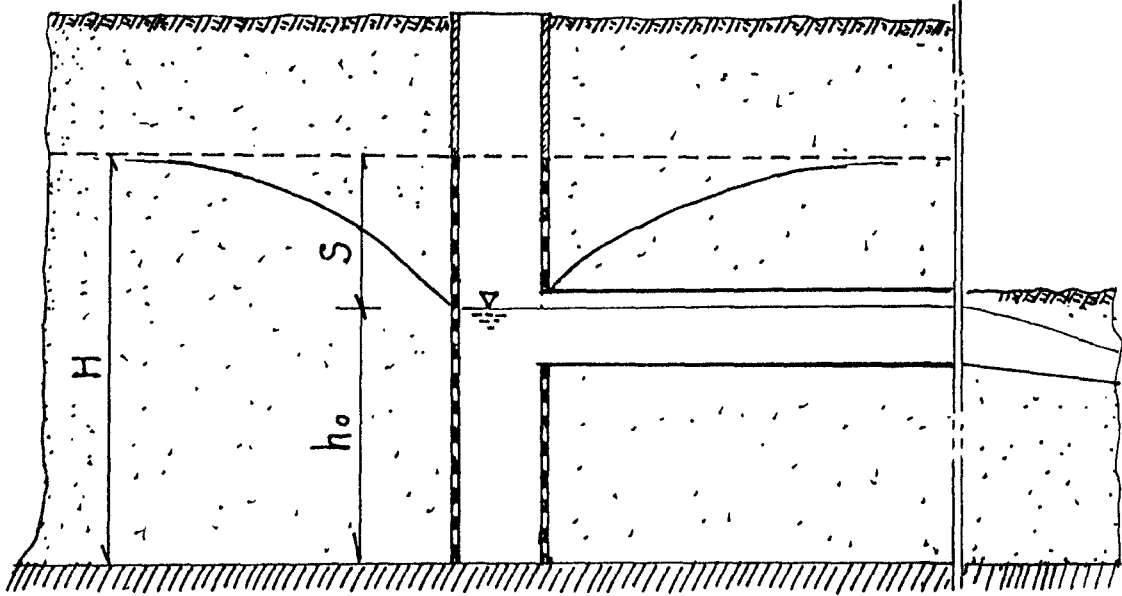


图6

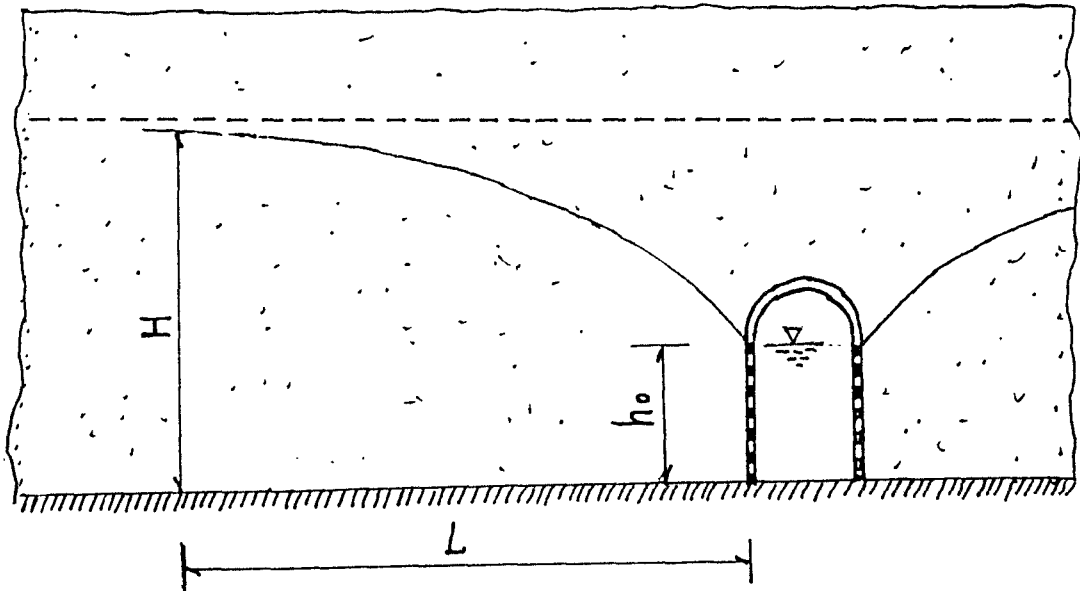


图7