(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103306236 B
(45)授权公告日 2015.04.08

(21)申请号 201310268231.6
(22)申请日 2013.06.28
(73)专利权人 梁新
地址 530023 广西壮族自治区南宁市建政路10号
(72)发明人 梁新
(74)专利代理机构 广西南宁公平专利事务所有限责任公司 45104
代理人 黄永校
(51)Int.Cl.
*E02B 3/00*(2006.01)
*E02B 3/10*(2006.01)
*E02B 3/16*(2006.01)
*E02B 1/00*(2006.01)
*E03B 3/34*(2006.01)

审查员 郭晓玲

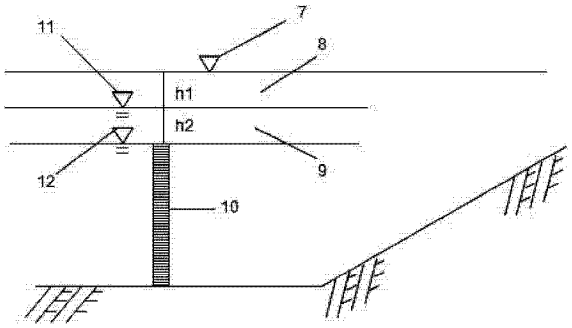
权利要求书3页 说明书14页 附图3页

(54)发明名称

在地下古河道古冲沟构筑地下水库的方法

(57)摘要

一种在地下古河道古冲沟构筑地下水库的方法，包括对地下古河道古冲沟的勘察，设计地下水库坝体，地下水库库区防渗坝体设计，地下水库坝体的稳定评估，对地下水库坝体进行施工，对地下水库库区防渗坝进行施工，测绘地下水库纵剖面图，计算地下水库含水岩土层体积、地下水库蓄水量和地下含水层的平均分离水量；对地下水库蓄水量的科学利用，进行地下水库回灌补水措施。本发明针对地下古河道古冲沟河床地质、地形及其含水层的特点与水源的补给条件，能够系统地解决各种不同含水岩土层的防渗问题，以及地下水坝的类型选择，坝高与坝顶溢流断面标高的设计，对地下水库的回灌补水和提高水库供水持续性的问题。




CN 103306236 B

1. 在地下古河道古冲沟构筑地下水库的方法，其特征在于，包括如下步骤：

(1) 对地下古河道、古冲沟的勘察，具体勘察步骤如下：

(A) 勘察地下古河道古冲沟的地名、地层、成因、走向、长度、地下含水层厚度以及地下标高与地面标高；

(B) 评估地下水源条件，在步骤 (A) 的基础上，进一步查明上游补给水源的类型，了解当地年降雨量、大气蒸发量以及库内地下水位的变化情况，包括丰水期最高洪水位标高、枯水期最低水位标高及历时和正常水位标高及历时；测出地下水库水力坡降，估算补给潜水流量，计算地下水库最高洪水位的过水最大流量、地下水库正常水位的过水流量和最低水位的过水流量；

(C) 根据地下水库坝址基础的地质地形条件，选择较狭窄的壶口河段，地下河床底部为不透水岩土层，两侧为对称的形状呈“U”字型；坝体基础岩土层为完整坚硬，不透水性的岩土层；

(D) 根据地下水库库区地质地形条件，选择地下河道较宽阔且较长的，较平缓的，有较厚的含水层的地层，以保证地下水库有较大的蓄水容量；库区内地下河床两侧分水岭标高高于地下水库控制水位设计标高，以保证水库建成蓄水后，库内水不能往库外泄漏；在喀斯特较发育地区，地下水库库区选择在喀斯特发育较弱，基岩较完整的河段，以防库水渗漏；

(2) 设计地下水库坝体，具体步骤如下：

(A) 坝型的选择，采用地下溢流坝的坝体类型；

(B) 设计地下坝高与坝顶溢流断面，具体方法如下：

①、首先对拟建地下水库库区内地面现有的工、农、林、牧以及房屋和道路各种行业的活动总荷载对地面以下土层持力层承载力的要求进行评估，初步确定从地面至地下水库坝顶过水溢流断面顶部之间的土层厚度，即预留满足地面荷载的土层厚度；然后测出地下水库库区内丰水期最高地下水位标高与正常水位标高，地下水位标高变化较小保持历时最长时间，以月数计；

②、预留地面荷载持力层土层厚度的设计，用最高地下水位标高作预留地面荷载持力层土层底板标高，以确保在地下水库建成后，地下水库水位对库区地面及周边原有的环境生态，以及各种设施没有影响；

③、坝顶标高设计，以正常水位标高为地下水库坝顶设计标高，确保地下水库蓄水量的正常性与效益的持续性；

④、坝顶溢流断面设计，以地下水库最高水位标高与正常水位标高之间的断面高为坝顶过水溢流断面，确保丰水期最大过水流量能顺利地从坝顶溢流面通过，不会因洪水期水位上升，影响上部土层产生软化或下陷现象；

(C) 地下溢流坝体的设计，采用冲孔桩构建成地下连续墙防渗坝体，地下溢流坝主体结构为大直径钢筋砼排桩，桩之间互相紧贴，钢筋砼桩入岩为桩长的 1/3 桩长；在钢筋砼排桩上游侧紧靠每两条钢筋砼桩之间的接触三角处位置增设一排小直径素砼桩，以御防钢筋砼桩之间渗漏水；利用冲孔桩机在施工过程中，冲锤上、下冲击造孔把孔壁周边岩土层挤实，提高岩土层密实度、内摩擦角以及变形模量；

(3) 地下水库库区防渗坝体设计，地下水库库区河床两岸地下分水岭标高要高于地下水库控制水位设计标高，以保证地下水库建成蓄水后，库区水不能往库外泄漏；对于库区局

部河段地下分水岭标高低于地下水库控制水位标高的地段，构筑地下水库库区防渗坝；库区防渗坝体，由钢筋砼排桩和防渗排桩组成；钢筋砼排桩的设计如下步骤 (A)，防渗排桩的设计如下步骤 (B)：

(A) 钢筋砼排桩的设计，钢筋砼排桩之间互相紧贴，桩径 Φ800-1000mm，桩端入岩层或地下不透水粘土层中 1/3 桩长；桩顶高度大于地下水库控制水位设计标高 2.0-3.0m；

(B) 防渗排桩的设计，防渗桩布设于钢筋砼排桩的水库内侧，紧贴钢筋砼桩之间接触的三角处，以防止钢筋砼桩之间空隙漏水；

(4) 地下水库坝体的稳定评估，通过计算坝体的抗剪强度进行验算；

(5) 按照步骤 (2) 的设计，对地下水库坝体进行施工，采用冲孔桩机为施工机械，先安排钢筋砼桩的施工，一个星期后安排坝体素砼桩的施工；

(6) 按照步骤 (3) 的设计，对地下水库库区防渗坝进行施工；

(7) 测绘地下水库纵剖面图，计算地下水库含水岩土层体积、地下水库蓄水量和地下含水层的平均分离水量；

(8) 对地下水库蓄水量的科学利用，绘制地下水库水位与蓄水量关系曲线图，以该曲线图为用水抽水的指南和依据，实行计划科学用水；在水库坝体上游侧设一口水位观测井，为水库中观测水位的永久观测井；抽水前，先观测水位，了解水库现存水量情况，然后按计划定时定量抽水；抽水后，把抽水时间迄止与抽水前后水位和抽水量记录立档；每次抽水后，要增加测量水位次数，掌握水位恢复的周期与历时时间；当水位尚未恢复之前，严禁超量抽水；

(9) 在枯水期，当地下水库出现最低水位历时较长时间时，进行地下水库回灌补水措施；补水措施如下：

(A) 在地下水库上游或支流建造集水柜、集水圹或集水库，然后将这些储水引入地下水库中；

(B) 从库外挖渠引水，把库外水源引给地下水库回灌补水；

(C) 在库外打井引水回灌补水。

2. 根据权利要求 1 所述的在地下古河道古冲沟构筑地下水库的方法，其特征在于，步骤 (3) 所述的防渗排桩包括深层搅拌桩、高压水泥浆旋喷桩或素砼桩，

①、当坝体处于沙层或砂砾层，沙和砾石粒径较小，含泥质少，含水量小，地下水没有承压力现象时，防渗排桩宜采用高压水泥浆旋喷桩；防渗排桩布设于钢筋砼排桩的水库内侧面，防渗排桩与钢筋砼排桩互相平行，间距 300mm，利用高压水泥浆旋喷桩的扩散，把钢筋砼排桩与水泥浆旋喷桩固结成一幅地下防渗墙坝体；

②、当坝体在粉土层、粉质粘土层、淤泥层或杂填土层时，防渗排桩采用深层搅拌桩，两排防渗排桩布设于钢筋砼排桩的水库内侧面，与钢筋砼排桩互相紧贴，防渗桩之间互相衔接 100mm，连续施工，桩端入不透水土层 0.5-1.0m，桩顶高度大于地下水库控制水位设计标高 2-3m；

③、当坝体在粉土层或砂砾层，地下水较丰富，但地下水没有承压性时，防渗桩采用素砼桩，素砼桩布设在钢筋砼桩的水库内侧面，紧贴钢筋砼排桩，桩端入地下不透水土层 0.5-1.0m，桩长与钢筋砼排桩一致；

④、当坝体在细砂层或砂砾层，砾石层较厚，且粒径较大，地下水很丰富，具有很大的

承压力，同时地下水库库内水侧压力较大时，防渗桩采用素砼桩，防渗排桩要紧贴钢筋砼排桩，钢筋砼排桩施工在前，防渗排桩施工在后，防渗排桩桩端入地下不透水土层 0.5-1.0m，桩长与钢筋砼排桩长度相等。

# 在地下古河道古冲沟构筑地下水库的方法

## 技术领域

[0001] 本发明是利用地下古河道古冲沟河床中的特殊地层、地形与地下水条件，构筑地下水坝，拦截与围堵地下含水层中的潜水，而建成地下水库的方法，属于水利工程建设领域。

## 背景技术

[0002] 自上世纪八十年代以来，国内外媒体对我国发生的沙尘暴与旱灾等极端自然灾害进行了大量的报道与评论，其中有报道指出我国被沙漠化的面积已占国土总面积的三分之一。在我国，许多省市因旱灾缺水，大量吸取地下水源，致使地下水位急速下降，从而引起地面开裂下陷，给国家造成极大经济损失和人员伤亡。由于需水量与供水能力的矛盾逐年加大，越来越多的人投入到地下水库的研究中。

[0003] 目前，尚没有一套较完善的系统方法，能够针对地下古河道古冲沟河床地质、地形及其含水层的特点与水源的补给条件，解决对地下各种不同含水岩土层的防渗问题，以及地下水坝的类型选择，坝高与坝顶溢流断面标高的设计，对地下水库的回灌补水，提高水库供水的持续性等问题。

## 发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对现有技术的不足，提供一种在地下古河道古冲沟构筑地下水库的方法，针对地下古河道古冲沟河床地质、地形及其含水层的特点与水源的补给条件，系统地解决各种不同含水岩土层的防渗问题，以及地下水坝的类型选择，坝高与坝顶溢流断面标高的设计，对地下水库的回灌补水和提高水库供水持续性的问题。

[0005] 本发明实现上述目的所采取的技术方案是：在地下古河道古冲沟构筑地下水库的方法，包括如下步骤：

[0006] (1) 对地下古河道、古冲沟的勘察，具体勘察步骤如下：

[0007] (A) 勘察地下古河道古冲沟的地名、地层、成因、走向、长度、地下含水层厚度以及地下标高与地面标高；

[0008] (B) 评估地下水源条件，在步骤 (A) 的基础上，进一步查明上游补给水源的类型，了解当地年降雨量、大气蒸发量以及库内地下水位的变化情况，包括丰水期最高洪水位标高、枯水期最低水位标高及历时和正常水位标高及历时；测出地下水库水力坡降，估算补给潜水流量，计算地下水库最高洪水位的过水最大流量、地下水库正常水位的过水流量和最低水位的过水流量；

[0009] (C) 根据地下水库坝址基础的地质地形条件，选择较狭窄的壶口河段，地下河床底部为不透水岩土层，两侧为对称的形状呈“U”字型；坝体基础岩土层为完整坚硬，不透水性的岩土层；

[0010] (D) 根据地下水库库区地质地形条件，选择地下河道较宽阔且较长的，较平缓的，有较厚的含水层的地层，以保证地下水库有较大的蓄水容量；库区内地下河床两侧分水岭

标高高于地下水库控制水位设计标高，以保证水库建成蓄水后，库内水不能往库外泄漏；在喀斯特较发育地区，地下水库库区选择在喀斯特发育较弱，基岩较完整的河段，以防库水渗漏；

[0011] (2) 设计地下水库坝体，具体步骤如下：

[0012] (A) 坝型的选择，采用地下溢流坝的坝体类型；

[0013] (B) 设计地下坝高与坝顶溢流断面，具体方法如下：

[0014] ①、首先对拟建地下水库库区内地面现有的工、农、林、牧以及房屋和道路各种行业的活动总荷载对地面以下土层持力层承载力的要求进行评估，初步确定从地面至地下水库坝顶过水溢流断面顶部之间的土层厚度，即预留满足地面荷载的土层厚度；然后测出地下水库库区内丰水期最高地下水位标高与正常水位标高，地下水位标高变化较小保持历时最长时间，以月数计；

[0015] ②、预留地面荷载持力层土层厚度的设计，用最高地下水位标高作预留地面荷载持力层土层底板标高，以确保在地下水库建成后，地下水库水位对库区地面及周边原有的环境生态，以及各种设施没有影响；

[0016] ③、坝顶标高设计，以正常水位标高为地下水库坝顶设计标高，确保地下水库蓄水量的正常性与效益的持续性；

[0017] ④、坝顶溢流断面设计，以地下水库最高水位标高与正常水位标高之间的断面高为坝顶过水溢流断面，确保丰水期最大过水流量能顺利地从坝顶溢流面通过，不会因洪水期水位上升，影响上部土层产生软化或下陷现象；

[0018] (C) 地下溢流坝体的设计，采用冲孔桩构建成地下连续墙防渗坝体，地下溢流坝主体结构为大直径钢筋砼排桩，桩之间互相紧贴，钢筋砼桩入岩为桩长的 1/3 桩长；在钢筋砼排桩上游侧紧靠每两条钢筋砼桩之间的接触三角处位置增设一排小直径素砼桩，以御防钢筋砼桩之间渗漏水；利用冲孔桩机在施工过程中，冲锤上、下冲击造孔把孔壁周边岩土层挤实，提高岩土层密实度、内摩擦角以及变形模量；

[0019] (3) 地下水库库区防渗坝体设计，地下水库库区河床两岸地下分水岭标高要高于地下水库控制水位设计标高，以保证地下水库建成蓄水后，库区水不能往库外泄漏；对于库区局部河段地下分水岭标高低于地下水库控制水位标高的地段，构筑地下水库库区防渗坝；库区防渗坝体，由钢筋砼排桩和防渗排桩组成；钢筋砼排桩的设计如下步骤 (A)，防渗排桩的设计如下步骤 (B)：

[0020] (A) 钢筋砼排桩的设计，钢筋砼排桩之间互相紧贴，桩径 Φ800-1000mm，桩端入岩层或地下不透水粘土层中 1/3 桩长；桩顶高度大于地下水库控制水位设计标高 2.0-3.0m；

[0021] (B) 防渗排桩的设计，防渗桩布设于钢筋砼排桩的水库内侧，紧贴钢筋砼桩之间接触的三角处，以防止钢筋砼桩之间空隙漏水；

[0022] (4) 地下水库坝体的稳定评估，通过计算坝体的抗剪强度进行验算；

[0023] (5) 按照步骤 (2) 的设计，对地下水库坝体进行施工，采用冲孔桩机为施工机械，先安排钢筋砼桩的施工，一个星期后安排坝体素砼桩的施工；

[0024] (6) 按照步骤 (3) 的设计，对地下水库库区防渗坝进行施工；

[0025] (7) 测绘地下水库纵剖面图，计算地下水库含水岩土层体积、地下水库蓄水量和地下含水层的平均分离水量；

[0026] (8) 对地下水库蓄水量的科学利用，绘制地下水库水位与蓄水量关系曲线图，以该曲线图为用水抽水的指南和依据，实行计划科学用水；在水库坝体上游侧设一口水位观测井，为水库中观测水位的永久观测井；抽水前，先观测水位，了解水库现存水量情况，然后按计划定时定量抽水；抽水后，把抽水时间迄止与抽水前后水位和抽水量记录立档；每次抽水后，要增加测量水位次数，掌握水位恢复的周期与历时时间；当水位尚未恢复之前，严禁超量抽水；

[0027] (9) 在枯水期，当地下水库出现最低水位历时较长时间时，进行地下水库回灌补水措施；补水措施如下：

[0028] (A) 在地下水库上游或支流建造集水柜、集水圹或集水库，然后将这些储水引入地下水库中；

[0029] (B) 从库外挖渠引水，把库外水源引给地下水库回灌补水；

[0030] (C) 在库外打井引水回灌补水；

[0031] 步骤 (3) 所述的防渗排桩包括深层搅拌桩、高压水泥浆旋喷桩或素砼桩，

[0032] ①、当坝体处于沙层或砂砾层，沙和砾石粒径较小，含泥质少，含水量小，地下水没有承压力现象时，防渗排桩宜采用高压水泥浆旋喷桩；防渗排桩布设于钢筋砼排桩的水库内侧面，防渗排桩与钢筋砼排桩互相平行，间距 300mm，利用高压水泥浆旋喷桩的扩散，把钢筋砼排桩与水泥浆旋喷桩固结成一幅地下防渗墙坝体；

[0033] ②、当坝体在粉土层、粉质粘土层、淤泥层或杂填土层时，防渗排桩采用深层搅拌桩，两排防渗排桩布设于钢筋砼排桩的水库内侧面，与钢筋砼排桩互相紧贴，防渗桩之间互相衔接 100mm，连续施工，桩端入不透水土层 0.5-1.0m，桩顶高度大于地下水库控制水位设计标高 2-3m；

[0034] ③、当坝体在粉土层或砂砾层，地下水较丰富，但地下水没有承压性时，防渗桩采用素砼桩，素砼桩布设在钢筋砼桩的水库内侧面，紧贴钢筋砼排桩，桩端入地下不透水土层 0.5-1.0m，桩长与钢筋砼排桩一致；

[0035] ④、当坝体在细砂层或砂砾层，砾石层较厚，且粒径较大，地下水很丰富，具有很大的承压力，同时地下水库库内水侧压力较大时，防渗桩采用素砼桩，防渗排桩要紧贴钢筋砼排桩，钢筋砼排桩施工在前，防渗排桩施工在后，防渗排桩桩端入地下不透水土层 0.5-1.0m，桩长与钢筋砼排桩长度相等。

[0036] 本发明与现有技术相比，具有的有益效果如下：

[0037] (1) 针对地下古河道古冲沟河床地质、地形及其含水层的特点与水源的补给条件，能够系统地解决各种不同含水岩土层的防渗问题，以及地下水坝的类型选择，坝高与坝顶溢流断面标高的设计，对地下水库的回灌补水和提高水库供水持续性的问题。

[0038] (2) 水库中的水位变化，能够保证在库区的地面及周边原有的工业、农业、畜牧业、林业、以及房屋、道路等环境生态不受影响，并能得到更好的保护和发展。

[0039] (3) 坝体强度和稳定性高。

[0040] (4) 建立水库蓄水量的科学利用模式，使效益合理最大化，地下水库能得到持续性的运作。

## 附图说明

[0041] 图 1 为电测剖面勘探线布置图，其中，1、水井点，2、电测剖面线，3、地下古河道通道。

[0042] 图 2 为地下水库库区三个水井不同水位标高剖面图，其中，4、3 个水井编号，5、3 个水井的水位坡降线，6、3 个水井之间距离 $L_1$、$L_2$。

[0043] 图 3 为地下水库溢流坝与水库纵剖面图，其中，7、地面标高，8、预留地面荷载持力层厚度 $h_1$，9、坝顶溢流断面高 $h_2$，10、地下水库坝体，11、地下水库丰水期最高洪水位标高线，12、地下水库正常水位标高线。

[0044] 图 4 为水位与水库蓄水量关系曲线图。

[0045] 图 5 为坝体钢筋砼桩与素砼桩布置平面图，其中，13、为钢筋砼桩，14、素砼桩。

[0046] 图 6 为地下水库库区防渗钢筋砼桩与深层搅拌桩平面图，其中，15、深层搅拌桩。

[0047] 图 7 为库区钢筋砼桩与高压水泥浆旋喷桩平面图，其中，16、高压水泥浆旋喷桩。

[0048] 图 8 为地下水库库区纵剖面图，其中，“0-0”为地下水库控制水位设计标高，长度为 L0，“a-a”、“b-b”、“c-c”和“d-d”为水库水位等高线，长度分别为 $L_1$、$L_2$、$L_3$和 $L_4$。

[0049] 图 9 为图 8 的 AA 横断面面积图。

[0050] 图 10 为图 8 的 BB 横断面面积图。

[0051] 图 11 为图 8 的 CC 横断面面积图。

[0052] 图 12 为地下含水岩土层含水量模拟计量器剖面图，其中，17、计量器砂样槽，18、活动隔水板，19、钢网渗漏板，20、集水桶。

## 具体实施方式

[0053] 发明人出于职业的责任感与兴趣，从上世纪八十年代初期，就开始对地下古河道、古冲沟构筑地下水库的研究，对地下古河道古冲沟河床地质、地形及其含水层的特点与水源的补给条件，对地下各种不同含水岩土层的防渗方法，地下水坝的类型选择，坝高与坝顶溢流断面标高的设计，以及对地下水库的回灌补水，提高水库供水的持续性等问题，都进行了针对性的研究与实验。

[0054] 经过多年的研究与实验，从理论到具体对工程的勘察、设计、施工，以及对地下含水岩土层含水量的分离方法等技术难关，已全面的创出一套可行的方法。同时在研究与实验过程中，感到地下水库工程与地面水利工程建设，虽然它们是两种不同理论，开发条件与利用水源方式不同，但它们的建设程序、要求与目的是一致的，彼此都是为了解决人类的用水问题，可说是“殊途同归”。因此笔者对水利工程建设，以及水利学这门学科，从中悟出了一个新的内涵，认为建设地下水库，从理论上应称为“地下水利学”，地面水利工程，应称为“地面水利学”。水利学是总称，包含有“地面水利学”与“地下水利学”两门不同的学科。从而在理论上给地下水库创出了一个名份与地位。

[0055] 下面结合具体实施例对本发明的技术方案做进一步说明。

[0056] 本发明所述的在地下古河道古冲沟构筑地下水库的方法，具体设计和实施按照如下步骤进行：

[0057] 1、地下古河道、古冲沟地层与地下水的特征

[0058] (1) 地貌单元

[0059] 地下古河道、古冲沟地层，属于河流堆积地貌的冲积平原与河口三角洲单元。

[0060] (2) 地层的成因

[0061] 由于河流堆积地貌的冲积平原与河口三角洲时期，受到河流中上游水流的作用，大量的砂、砾石等物质把河谷低丘陵、低洼地或前期形成的小河沟掩盖，成为暗浜或暗沟，称为地下古河道或古冲沟。这些古河道或古冲沟的冲积物均为第四纪冲积地层。

[0062] (3) 地下水的特点

[0063] 古河道或古冲沟中的第四纪冲积层，从地面自上而下，岩土层分布依序，多见为粉质粘土、粉土、粉沙、砂、砾石等。但有的河段地面被一层透水性较差的粘性土硬壳层所覆盖，以下的各含水层成为地下水的渗透通道。地下水源主要由上游水源与周边大气雨水补给。水源比较丰富，地下水位受到季节的影响较大。

[0064] 2、对地下古河道、古冲沟的勘察

[0065] 地下古河道、古冲沟的形成较复杂，地层亦较复杂，而且它们均深藏于地下，从地面很难看出它们的具体位置、走向、长度、以及其含水层厚度等。对这些条件的了解，对构筑地下水库很重要。

[0066] (A) 对地下古河道、古冲沟潜水通道勘察

[0067] 当今我国勘察的主要方法有：

[0068] (1) 从国家区域地质构造图与水文地质图上可找到地下古河道、古冲沟的有关资料。如地名、地层、成因、走向、长度、地下含水层厚度，以及地下标高与地面标高等。

[0069] (2) 遥感卫星勘察资料的应用。遥感卫星勘察是近代较先进的勘察技术，对地下古河道、古冲沟潜水通道走向、长度、含水层厚度等勘察效果都很好。可在地矿、石油、交通、水电、以及国土等科研、设计部门找到有关资料。

[0070] (3) 从前人现成的地下水井点探索解决。如图 1 所示，具体程序是：

[0071] ①电测剖面勘探法。以水井点为中心，在水井的四个方向各布设数条电测剖面勘探线。当电测剖面一旦发现地下含水层互相连续成一小段延伸走向时，即逐步延伸与增加电测剖面勘探，继续追索它的走向、长度，一直追索至上游的支流发源地终点为止。

[0072] ②电测深法勘探。当电测剖面勘探测出古河道、古冲沟的地下潜水通道的走向、宽度、含水层厚度等初步资料后，再以电测深法来进行验证。主要验证地下含水层的厚度与埋藏深度，以及含水层底部不透水岩土层面的标高。

[0073] (4) 地质钻探是当今较准确，最直观常用的勘探方法。用它对以上遥感卫星与电法勘探等几种勘探成果检验，主要是对地下潜水层厚度与含水层底部岩土层性质与透水性的鉴定，以及不透水层岩面标高等。

[0074] (B) 地下水源条件评估

[0075] (1) 在以上几种勘探取得大量成果基础上，还要进一步查明上游补给水源的类型，主要分为大气雨水与冰雪融水等。

[0076] (2) 了解当地年降雨量与大气蒸发量等资料。

[0077] (3) 了解库内地下水位的变化情况。如①丰水期最高洪水位标高；②枯水期最低水位标高及历时（月）；③正常水位标高及历时（月）。为地下水库坝顶溢流断面与回灌补水的设计提供可靠的依据。

[0078] ①测出地下水库水力坡降及估算补给潜水流量。

[0079] 在拟建地下水库的库内地段，钻探 2-3 个地下水井，每个水井之间有一定间距。然

后测出各水井的水位标高。最后绘制地下水库内的水力坡度图，如图 2 所示。

[0080] 库区地下水力坡度计算，计算公式如下：

[0081] $$i=\frac{h}{l}$$

[0082] 从上游入库区内的潜水流量计算公式，达西公式：

[0083] $$Q=K\bullet\frac{h}{l}\bullet W$$

[0084] 式中：

[0085] h——地下水在渗流途径 L 长度上的水头损失 (m)

[0086] L——地下水在渗流途径 L 长度 (m)

[0087] W——地下水渗流的过水横断面面积 ($m^2$)

[0088] K——渗透系数，反映各种岩土透水性能参数（米 / 日）

[0089] ②计算地下水库最高洪水位的过水最大流量。

[0090] 计出最高水位的过水横断面面积 $W_{高}$ ($m^2$)

[0091] 最高洪水流量为：

[0092]

$$Q_{高}=K\bullet\frac{h}{l}\bullet W_{高}$$

[0093] ③计算地下水库正常水位（库内水位变化少，历时月数多）的过水流量 $Q_{常}$。($m_3$)

[0094] 计出正常水位过水横断面面积 $W_{常}$。($m^2$)

[0095] 正常水位的过水流量为：

[0096]

$$Q_{常}=K\bullet\frac{h}{l}\bullet W_{常}$$

[0097] ④计算最低水位的过水流量 $Q_{低}$ ($m^3$)

[0098] 最低水位的过水横断面面积为 $W_{低}$ ($m^2$)

[0099] 最低水位的过水流量为：

[0100]

$$Q_{低}=K\bullet\frac{h}{l}\bullet W_{低} \qquad (5)$$

[0101] (C) 地下水库坝址基础的地质地形条件。

[0102] (1) 选择较狭窄的“壶口”河段。

[0103] (2) 地下河床底部为不透水岩土层，两侧为对称的形状呈“U”字型。

[0104] (3) 坝体基础岩土层为完整较坚硬的，不透水性的岩土层。

[0105] (D) 地下水库库区地质、地形条件。

[0106] (1) 选择地下河道较宽阔且较长的，较平缓的，有较厚的含水层的地层。以保证地下水库有较大的蓄水容量。

[0107] (2) 库区内地下河床两侧分水岭标高要高于地下水库控制水位设计标高，以保证水库建成蓄水后，库内水不能往库外泄漏。

[0108] (3) 在喀斯特较发育地区，地下水库库区要尽量选择在喀斯特发育较弱，基岩较完整的河段，以防库水渗漏。

[0109] 3、对地下古河道、古冲沟、地下水库坝体设计

[0110] A、构筑地下水库的特殊条件与要求

[0111] ①在地下古河道、古冲沟建筑地下水库，坝体深埋于地下，利用坝体拦截与围堵第四纪冲积层中的地下潜水，于是形成地下水库。

[0112] ②地下水库建成后，水库中的水位变化，对地面不受影响，保证在库区的地面及周边原有的工业、农业、畜牧业、林业、以及房屋、道路等环境生态，不受影响，并能得到更好的保护与发展的要求。

[0113] ③当地下水库建成后，对水库蓄水量的利用与效益，能得到持续性的运作。

[0114] B、坝型的选择

[0115] 基于建坝所处的第四纪冲积物的地层特点与建筑地下水库的条件与要求特殊，在古河道、古冲沟地下地层建筑水库坝型的选择，宜采用“地下溢流坝”的坝体类型。

[0116] C、地下坝高与坝顶溢流断面的设计

[0117] 要满足构筑地下水库的几点特殊条件，地下水库的坝高与坝顶溢流断面两项设计的方案是一道难关。但是只要能弄清地下水的自然规律，就能制定出符合科学的设计方案。

[0118] 主要方法是：

[0119] ①、首先了解拟建地下水库库区内地面现有的工、农、林、牧、以及房屋、道路等各种行业活动总荷载对地面以下土层持力层承载力的要求进行评估。初步确定从地面至地下水库坝顶过水溢流断面顶部之间的土层厚度（即预留满足地面荷载的土层厚度）。

[0120] 然后测出地下水库库区内丰水期最高地下水位标高与正常水位标高（地下水位标高变化较小保持历时最长时间，以月数计）。

[0121] ②、预留地面荷载持力层土层厚度的设计。

[0122] 用最高地下水位标高作预留地面荷载持力层土层底板标高。以确保在地下水库建成后，地下水库水位对库区地面及周边原有的环境生态，以及各种设施没有影响。见图 3 所示的 $h_1$。

[0123] ③、坝顶标高设计

[0124] 以正常水位标高为地下水库坝顶设计标高。确保地下水库蓄水量的正常性与效益的持续性。

[0125] ④、坝顶溢流断面设计

[0126] 以地下水库最高水位标高与正常水位标高之间的断面高为坝顶过水溢流断面。确保丰水期，最大过水流量能顺利地从坝顶溢流面通过，不会因洪水期水位上升，影响上部土层产生软化或下陷现象。如图 3 所示的 $h_2$。

[0127] D、地下溢流坝体的设计

[0128] ①、因地下古河道、古冲沟地下第四纪冲积物砂、砾、卵石层较松散，施工难度大，宜采用冲孔桩构建成地下连续墙防渗坝体。

[0129] ②、地下溢流坝主体结构为大直径钢筋砼排桩，桩之间互相紧贴。钢筋砼桩入岩为桩长的 1/3 桩长。

[0130] ③、在钢筋砼排桩上游侧紧靠每两条钢筋砼桩之间的接触三角处位置增设一排小

直径素砼桩，以御防钢筋砼桩之间渗漏水。

[0131] ④、利用冲孔桩机在施工过程中，冲锤上、下冲击造孔把孔壁周边岩土层挤实，提高岩土层密实度、内摩擦角以及变形模量等物理性力学指标，大大提高了对坝体的抗倾覆与抗剪等强度的特点，为坝体结构设计方案提供了更好、更省的依据与条件。

[0132] 要获得坝体（桩基）施工前后岩土层密实度、内摩擦角以及变形模量等物理性力学指标两个变化不同的数据，可通过桩体施工前后对桩体周边两侧岩土层进行两次动力触探检测，即可获得两个不同的数据。

[0133] ⑤、坝体是由冲孔钢筋砼排桩连结组成的地下坝体，坝体的上、下游两个侧面，从坝顶至坝脚已形成垂直线，不需再做直线或拆线形状设计，如图 2 所示。

[0134] ⑥、由于地下水库坝顶上、下游溢流段标高相差较小，含水层过水渗流速度较慢，对坝后冲刷力较小，因此对坝顶与坝后，不需做成曲线形状设计，如图 3 所示。

[0135] 4、地下水库库区防渗坝体设计

[0136] 地下水库库区河床两岸地下分水岭标高要高于地下水库控制水位设计标高，以保证地下水库建成蓄水后，库区水不能往库外泄漏。对于库区局部河段地下分水岭标高低于地下水库控制水位标高的地段，一定要构筑地下防渗坝，称为地下水库库区防渗坝。库区防渗坝体，由钢筋砼排桩与防渗排桩组成。

[0137] A、钢筋砼排桩的设计

[0138] 基于考虑到处在较低地下分水岭地段构筑防渗坝，坝体会受到地下水库内水的侧压力影响，因此防渗坝体需使用抗滑与抗倾覆的钢筋砼桩为主体结构。

[0139] 钢筋砼排桩，桩之间互相紧贴，桩径 Φ800-1000mm，桩端入岩层或地下不透水粘土层中 1/3 桩长。桩顶高度大于地下水库控制水位设计标高 2.0-3.0m，钢筋配制按设计需要确定。

[0140] B、防渗排桩的设计

[0141] 防渗桩布设于钢筋砼排桩的水库内侧，紧贴钢筋砼桩之间接触的三角处，以防止钢筋砼桩之间空隙漏水。防渗排桩有深层搅拌桩，高压水泥浆旋喷桩、素砼桩等。根据不同的土层性质与不同的含水状态，选择不同的防渗固结方法。

[0142] ①、处于沙层、砂砾层。当沙、砾石粒径较小，含泥质较少，另外含水量较小，而且地下水没有承压力现象等条件，防渗桩宜采用高压水泥浆旋喷固结排桩方法。防渗排桩布设于钢筋砼排桩的水库内侧面。防渗排桩与钢筋砼排桩互相平行，间距 300mm，利用高压水泥浆旋喷桩的扩散，把钢筋砼排桩与水泥浆旋喷桩固结成一幅地下防渗墙坝体。如图 7 所示。

[0143] ②、在粉土层、粉质粘土层、淤泥层、杂填土层等混合软弱土层。防渗排桩宜采用两排深层搅拌桩固结方法。两排防渗排桩布设于钢筋砼排桩的水库内侧面，与钢筋砼排桩互相紧贴，防渗桩之间要求互相衔接 100mm，要求连续施工，桩端入不透水土层 0.5-1.0m（或至基岩面上）。桩顶高度大于地下水库控制水位设计标高 2-3m。如图 6 所示。

[0144] ③、在粉土层、砂砾层，当地下水较丰富，但地下水没有承压性时，防渗桩则采用钻孔素砼灌注桩排桩施工方案。素砼桩布设在钢筋砼桩的水库内侧面，紧贴钢筋砼排桩。桩端入地下不透水土层 0.5—1.0m，桩长与钢筋砼排桩一致。如图 5 所示。

[0145] ④、在细砂层、砂砾层、砾石层较厚，且粒径较大，地下水很丰富，具有很大的承压力，同时地下水库库内水侧压力较大时，防渗桩要采用冲孔桩素砼排桩方案。防渗排桩要紧

贴钢筋砼排桩。钢筋砼排桩施工在前，防渗排桩施工在后。防渗排桩桩端入地下不透水土层 0.5—1.0m，桩长与钢筋砼排桩长度相等。如图 5 所示。

[0146] 5、地下水库坝体的稳定计算

[0147] 在地下古冲沟、古河道地层构建地下水库对坝型的选择时，我们均选用“地下溢流坝”型。在地下水库库区防渗坝选用的“地下防渗坝”，虽然两种坝型不同，用途不同，但在坝的主体结构上是大同小异。

[0148] 由于以上两种坝型构筑条件要求特殊，地质条件复杂。在考虑坝体设计与施工方案时，已采用了相应的措施，对坝体的稳定已得到一定的增强作用，同时因地下水库工程规模较小，故对以上两种坝型的坝体稳定评估，可不需作坝体的倾覆验算，只作坝体的抗剪强度验算。

[0149] 抗剪强度公式为：

[0150] $$K=\frac{f\Sigma W}{\Sigma P}$$

[0151] 式中：

[0152] K—按抗剪强度计算的抗滑稳定安全系数（按表采用）

[0153] f—坝体与坝基岩接触面的抗剪摩擦系数

[0154] Σ W—作用于坝体上全部荷载对滑动平面的法向分值（包括扬压力）

[0155] Σ P—作用于坝体上全部荷载对滑动平面的切向分值（包括扬压力 KN）

[0156] 6、地下水库坝体施工

[0157] ①、施工机械。主要是采用冲孔桩机、旋挖桩机。

[0158] ②、钢筋砼桩先安排施工。桩径一般 800-1000mm，桩端嵌入岩基（或不透水岩土层），深度为桩长的 1/3，桩的配筋按设计确定。

[0159] ③、在桩身施工造孔时容易塌孔，要注意加入适量粘土、水泥，或采用护筒施钻。

[0160] ④、钢筋砼桩顶标高按设计确定预留负桩长度。

[0161] ⑤、坝体素砼桩，在钢筋砼排桩完成施工后一个星期施工。素砼排桩布设在钢筋砼排桩上游侧面，素砼桩位紧贴钢筋砼桩两桩之间的接触三角处。桩径 Φ600-800mm。桩端入岩基 0.5m，砼强度 C15-C20。如图 5 所示。

[0162] 7、地下水库库区防渗坝的施工

[0163] 库区防渗坝体，由钢筋砼排桩与防渗排桩组成。

[0164] (1) 钢筋砼排桩的施工

[0165] ①、钢筋砼排桩安排在防渗排桩施工之前进行。

[0166] ②、钢筋砼桩之间互相紧贴布设。

[0167] ③、根据库区地下分水领土层性质与地下水状态而选择适合施工条件的桩机，如钻孔桩机、冲孔桩机、旋挖桩机等。

[0168] ④、钢筋砼桩直径 Φ800-1000mm，桩端入地下不透水土层深为桩长的 1/3，入基岩层中 0.5m，砼强度为 C20-C25。

[0169] ⑤、钢筋笼配筋按设计要求定，桩长按设计标高确定。

[0170] (2) 防渗排桩的施工

[0171] 库区防渗排桩根据不同的土层性质与不同的含水状态，选择不同的防渗固结方

法。

[0172] 根据以上第 4 条 B 设计，防渗固结方法有高压水泥浆旋喷桩，深层搅拌桩、钻孔素砼灌注桩与冲孔素砼灌注桩等 4 种。有关施工方面，在设计上，已有说明，这里不需多赘。

[0173] 8、地下水库蓄水量的计算方法

[0174] A、测绘地下水库纵剖面图

[0175] ①、首先从坝址至水库尾，进行河床地质钻探，并绘制成地下水库纵剖面图。如图 8 所示。然后根据库区地下河床地形不同标高点，绘制与计算出几个横断面面积。如 A-A、B-B、C-C 的横断面图，分别为图 9、图 10 和图 11。

[0176] ②、算出坝体至水库尾各个不同水位等高线（$L_0$、$L_1$、$L_3$、$L_4$）的长度，以及其平均长度（$L_{平}$）。如图 8 所示。

[0177] B、计算地下水库含水岩土层体积

[0178] ①、计出地下水库水位 0-a、a-b、b-c、c-d 之间含水岩土层的体积

[0179]

$$0\text{-}1\ (V1\ 沙) = \frac{W_1A+W_1B+W_1C}{3} \times \frac{L0+La}{2}$$

[0180] 以同样方法计出 a-b（$V_{2\,沙}$）、b-c（$V_{3\,沙}$）、c-d（$V_{4\,沙}$）

[0181] ②、计出地下水库含水岩土层体积（$V_{总沙}$）

[0182] （$V_{总沙}$）= $V_{1\,沙}+V_{2\,沙}+V_{3\,沙}+V_{4\,沙}$ (4)

[0183] C、计算地下水库蓄水量

[0184] 计算公式：

[0185] $V_{总水} = V_{总沙} \times V_{平水}$

[0186] 式中：

[0187] $V_{总水}$——地下水库蓄水总量（$m^3$）

[0188] $V_{总沙}$————地下水库含水层总体积（$m^3$）

[0189] $V_{平水}$——综合多层含水层平均每立方米分离出水量的平均值（$V_{平水}$）（$m^3$）

[0190] D、地下含水层含水量的分离方法

[0191] 本文所说的地下水库，是在地下含水层中建筑地下水库，准确的说应称为“地下含水层库”。地下水库的蓄水量，指的是从地下含水层中所含的水量（$m^3$）。

[0192] 地下水库的含水层，是由多种不同岩土层组成的混合地层。因每层含水层的岩性、颗粒直径大小、级配、密度等条件的不同，含水量都有很大的差异。

[0193] 对于地下含水层的含水量分离研究，多年来人们创造了几种方法：

[0194] (1)、样筒烘干法；

[0195] (2)、离心机分离法；

[0196] (3)、笔者推荐采用模拟计量法。

[0197] 模拟计量法的测验程序：

[0198] ①、首先通过地质钻探资料弄清拟建地下水库控制水位设计标高以下有多少层含水层，每层含水层的岩土性质，及其分布层序，土层结构颗粒直径、密度、每层土厚度等要素。

[0199] ②、模拟计量器的制作。计量器可制成长方体，其体积 V = a • b • c，a = 长度，b

＝宽度，c ＝高度。制作计量器内空体积 2.0-3.0($m^3$)。板料可用木板或铁皮。在计量器另一端为排泄水钢网板，在钢网板之前紧贴一块活动防渗水板。防渗板后为集水槽，集水槽底部设一个可开、闭的排水管孔。

[0200] ③、计量器制作完成后，然后按地下水库的水力坡度的比例安放计量器的倾斜坡度。计量器的排水端朝向倾斜坡脚，令其近似于河床地下水的自然坡度渗流态势。

[0201] ④、采样机械，可选用旋挖桩机的挖斗钻头施工。挖斗直径 Φ1.0-2.0(m)。或采用人工挖孔桩施工方法采样。

[0202] ⑤、采样与测验层序，从上而下，分层采样与测验，试验成果记录要层序分清，不得混乱。

[0203] ⑥、把试样（地下含水层）装进计量器后，先把试样表面铺平整，然后就地利用水源，注入计量器中。当试样表面水位稳定呈饱和状态后，即测出计量器含水层在饱和状态下的体积 V($m^3$)。最后开启活动隔水板与集水槽底部的排水管孔，待计量器中水排干后，算出计量器中分离出水的体积 $V_{水}$ ($m^3$)，即为每立方米饱和含水岩土层的含水量体积 $V_{水}$ ($m^3$)。

[0204] ⑦、最后算出综合多层含水层平均每立方米分离出水量的平均值 $V_{平水}$ ($m^3$)。

[0205] E、对地下含水层含水量几种分离成果的评价。

[0206] 从以上三种分离方法所得的 $V_{水}$ 值对比来看，烘干法比离心机分离法大，模拟计量法最小。即烘干法＞离心机分离法＞摸拟计量法。

[0207] 虽然烘干法与离心机分离法分离出的水量 $V_{水}$ 值较大。凡经过烘干法与离心机法分离过的含水层，已变成松散的干沙、干土。但从当今现实对地下含水层抽水的手段与设备来看，主要是采用地下大口径水井与机钻小口径水井，用水泵抽水的手段与设备，对饱和含水层每立方米能吸取的水量，亦远远达不到烘干法与离心机从每立方米饱和含水层中分离出的水量。但是，当水井抽水停止一定时间后，上游的潜水即慢慢从含水层中渗透流来补充，使含水层的含水量又获得恢复原状。这种的变化过程，与模拟计量法的分离过程更近似于地下水渗流的自然状态。另外，模拟计量法的分离过程与分离出来的水量与效果，与目前利用水井抽水的效果近似，对于地下水库蓄水量的评估更具指导意义与实用意义。

[0208] F、地下水库蓄水量计算实例

[0209] (1) 以图 8- 图 11 为例

[0210] 1、设坝体至水库尾各水位等高线长度为：

[0211] “0”水位等高线长度 $L_0$＝ 1200m

[0212] “a”水位等高线长度 $L_1$＝ 1050m

[0213] “b”水位等高线长度 $L_2$＝ 900m

[0214] “c”水位等高线长度 $L_3$＝ 750m

[0215] “d”水位等高线长度 $L_4$＝ 600m

[0216] 2、设地下水库几个横断面宽度为

[0217] ① AA 横断面如图 9。

[0218] $L'_0$＝ 70m ；$L'_1$＝ 60m ；$L'_2$＝ 53m ；$L'_3$＝ 40m ；$L'_4$＝ 20m

[0219] ② BB 横断面如图 10。

[0220] $L'_0$＝ 50m ；$L'_1$＝ 40m ；$L'_2$＝ 36m ；$L'_3$＝ 32m ；$L'_4$＝ 10m

[0221] ③ CC 横断面如图 11。

[0222] $L'_0 = 30m$；$L'_1 = 20m$；$L'_2 = 10m$

[0223] 3、设每级水位 0—a、a—b、b—c、c—d 之间的间距为 2.0(m)。

[0224] 4、设模拟计量法综合多层含水层平均每立方米分离出水量平均值 $V_{平水} = 0.25(m^3)$

[0225] (2) 算出水位 0—a、a—b、b—c、c—d 之间含水层体积 ($V_{1沙}$、$V_{2沙}$、$V_{3沙}$、$V_{4沙}$)。

[0226] ①、0—1 之间含水层体积 $V_{1沙}$

[0227]
$$W_1A\text{ 横断面面积} = \frac{70+60}{2} \times 2.0m = 130\ m^2$$

[0228]
$$W_1B\text{ 横断面面积} = \frac{50+40}{2} \times 2.0m = 90\ m^2$$

[0229]
$$W_1C\text{ 横断面面积} = \frac{30+20}{2} \times 2.0m = 50\ m^2$$

[0230]
$$W_{1平} = \frac{130+90+50}{3} = 90\ m^2$$

[0231]
$$L_{1平} = \frac{L_0+L_1}{2} = \frac{1200+1050}{2} = 1125m$$

[0232] $V_{1沙} = W_{1平} \times L_{1平} = 90 \times 1125 = 101250(m^3)$

[0233] ②、以同样的计算方法算出 $V_{2沙}$、$V_{3沙}$、$V_{4沙}$。

[0234] $V_{2沙} = 71175(m^3)$

[0235] $V_{3沙} = 47025(m^3)$

[0236] $V_{4沙} = 34425(m^3)$

[0237] (3) 地下水库含水层总体积为

[0238] $V_{总沙} = V_{1沙} + V_{2沙} + V_{3沙} + V_{4沙}$

[0239] $= 101250+71175+47025+34425 = 253875(m^3)$

[0240] (4) 地下水库蓄水总量为：

[0241] $V_{总水} = V_{总沙} \times V_{平水} = 253875 \times 0.25 = 63469(m^3)$

[0242] 其中：

[0243] $V_{1水} = V_{1沙} \times V_{平水} = 101250 \times 0.25 = 25312(m^3)$

[0244] $V_{2水} = V_{2沙} \times V_{平水} = 71175 \times 0.25 = 17794(m^3)$

[0245] $V_{3水} = V_{3沙} \times V_{平水} = 47025 \times 0.25 = 11756(m^3)$

[0246] $V_{4水} = V_{4沙} \times V_{平水} = 34425 \times 0.25 = 8606(m^3)$

[0247] 9、对地下水库蓄水量的科学利用

[0248] ①、绘制地下水库水位与蓄水量关系曲线图，如图 4 所示。

[0249] a、参见图 8 与步骤 8 的第 (4) 点。

[0250] b、已知地下水库蓄水量为 $V_{总水}$ = 63469($m^3$)

[0251] 因地下水库蓄水量总量即为“0”水位标高水库蓄水总量。

[0252] 则各水位标高的水库蓄水量体积为：

[0253] “0” = 63469($m^3$)

[0254] “a”水位标高的水库蓄水量为：

[0255] 63469 － $V_{1水}$ = 63469 － 25312 = 38157($m^3$)

[0256] “b”水位标高的水库蓄水量为：

[0257] 38157 － $V_{2水}$ = 38157-17794 = 20363($m^3$)

[0258] “b”水位标高的水库蓄水量为：

[0259] 20363 － $V_{3水}$ = 20363 － 11756 = 8607($m^3$)

[0260] “d”水位标高的水库蓄水量为：

[0261] 8607—$V_{4水}$ = 8607 － 8607 = 0

[0262] c、绘制水位与水库蓄水量关系曲线图

[0263] 用以下几个水位标高与其相关的水库蓄水量值绘制成《水位与水库蓄水量关系曲线图》

[0264] “0” = 63469($m^3$)

[0265] “a” = 38157($m^3$)

[0266] “b” = 20363($m^3$)

[0267] “c” = 8607($m^3$)

[0268] “d” = 0.0($m^3$)

[0269] ②、以“水位与水库蓄水量曲线图”为用水抽水的指南与依据，实行计划、科学用水，克服盲目性。

[0270] ③、在水库坝体上游侧设一口水位观测井，为水库中观测水位的永久观测井。

[0271] ④、每次抽水后，要增加测量水位次数，掌握水位恢复的周期与历时时间。

[0272] ⑤、当水位尚未恢复之前，严禁超量抽水，不准搞“揭泽而渔”的错误做法。

[0273] ⑥、抽水前，先观测水位，了解水库现存水量情况。然后按计划定时定量抽水。抽水后，要把抽水时间迄止与抽水前后水位、抽水量等要记录立档。

[0274] ⑦、水库有专人管理，抽水用电与机械设备专人负责。

[0275] 10、地下水库回灌补水措施

[0276] 在枯水期，有的地下水库会出现最低水位历时较长时间，影响了水库用水运行的持续性。因此，在建筑地下水库时，就应该同时考虑到构建回灌补水工程的事宜。

[0277] A、回灌补水工程有以下几种方法：

[0278] (1) 在地下水库上游、支流建造集水柜、圹、库。然后将这些储水引入地下水库中。

[0279] 这部份水源均属地面水资源，流动于地下水库的上游地面。主要水源为：

[0280] ①地下水库库区内与水库上游的地面集雨面积的雨水量；

[0281] ②上游山上、高岭地表冰雪溶水；

[0282] ③地表小泉涌水。

[0283] (2) 从库外挖渠引水。把库外水源引来给地下水库回灌补水。

[0284] (3) 在库外打井引水回灌补水。

[0285] B、几种回灌补水工程的设计与施工

[0286] ①以上的集水柜、圹、库工程，用引水渠道与地下水库连通。这些集水工程从地面开始往地下挖成长方体，深度大于顶宽，坑内回填粗砂与砾石，砂砾石层面比地面坑口低500-1000mm，然后在砂砾石层面上回填粘土层厚500-1000mm，粘土层经夯实后与坑口地面标高持平。以减少水分蒸发与影响地面交通。但集水坑在回填粘土时，要留出补充水源流入集水坑的进水口。

[0287] ②从库外打井或引水渠道之地下坑渠道，亦要回填粗砂与砾石层，以及回填粘土层500-1000mm，夯实后与地面标高持平。目的与作用，也是为了减少水分蒸发与影响地面交通。

[0288] 11、对地下水库的保护

[0289] ①地下水库的勘测、设计、施工等原始资料，要立档长期保存。

[0290] ②在构筑地下水库的场地地面，要标出坝体、库区边沿、库尾等实地位置，并树牌宣示给予保护。

[0291] ③严禁超过预留土层持力层允许承载力的各种大型道路与建筑物基础横跨库区地面。如没有选择余地，则采用桥梁跨越方式，从库区地面上空通过。

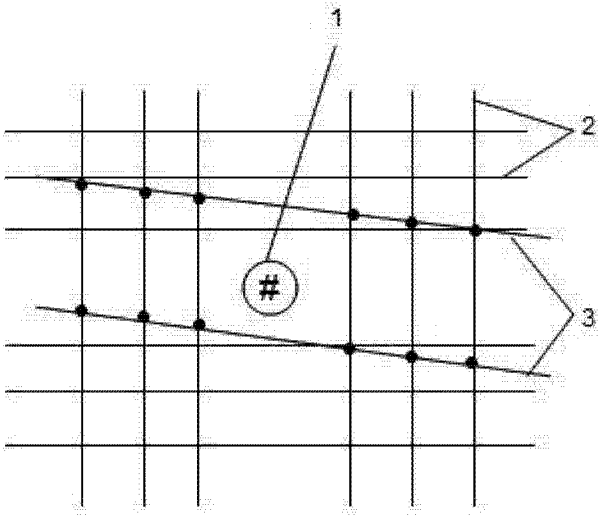

1
2
3
#

图 1

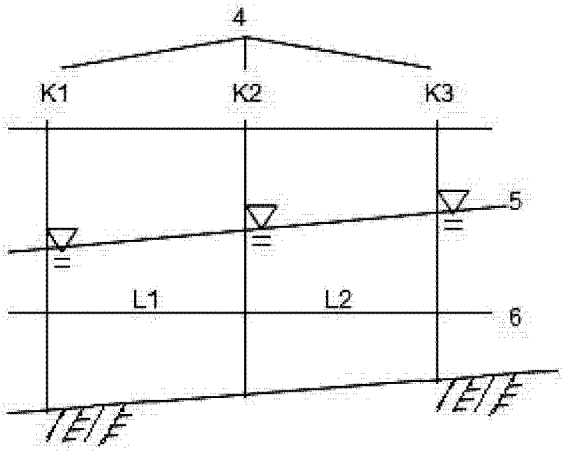

4
K1
K2
K3
5
L1
L2
6
TEIF
TEIF

图 2

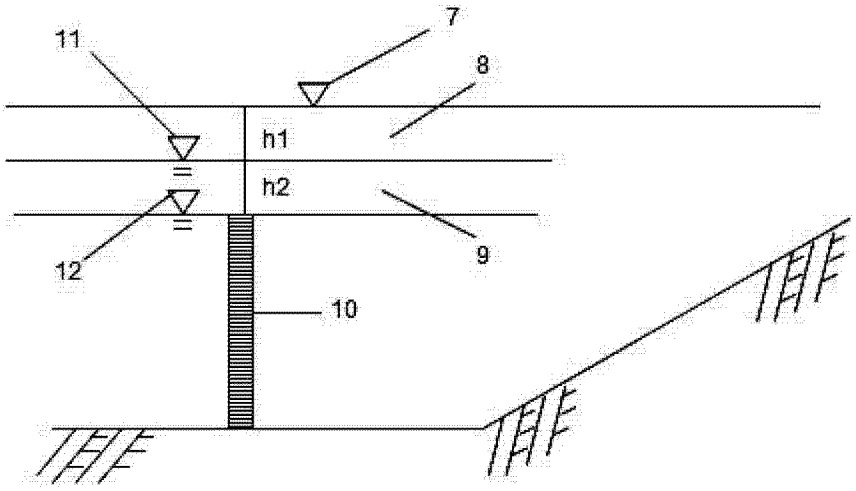

11
7
8
h1
h2
12
9
10
TEIF
TEIF
TEIF

图 3

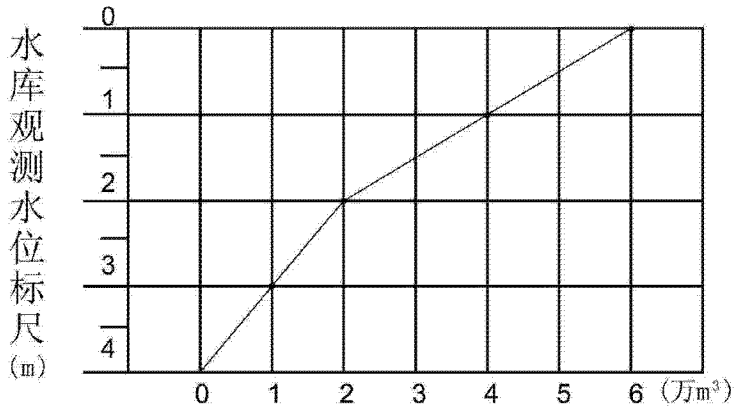

水库观测水位标尺(m)
0
1
2
3
4
0 1 2 3 4 5 6 (万m³)

图 4

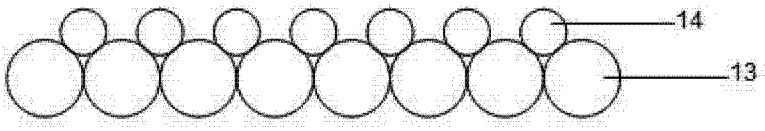



图 5

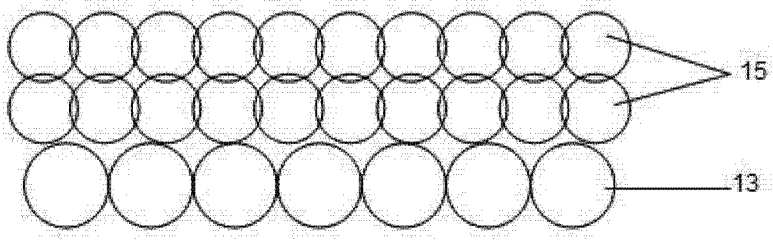



图 6

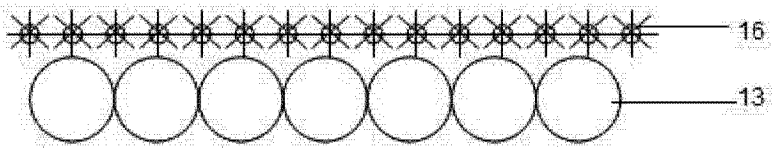



图 7

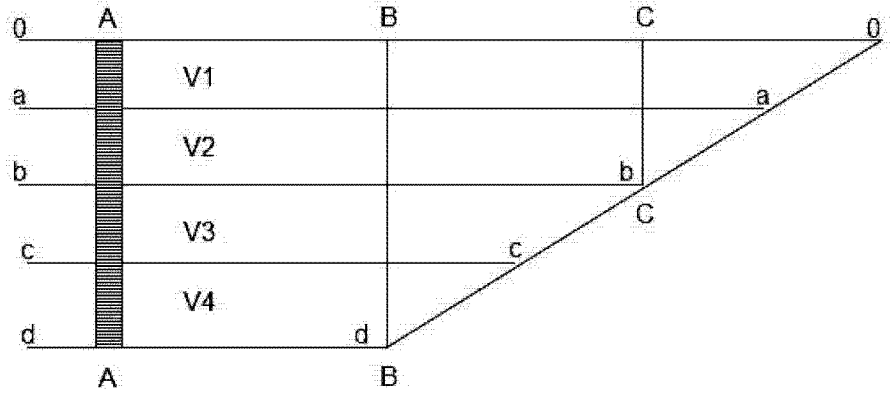



图 8

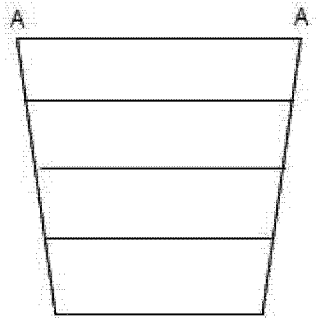



图 9

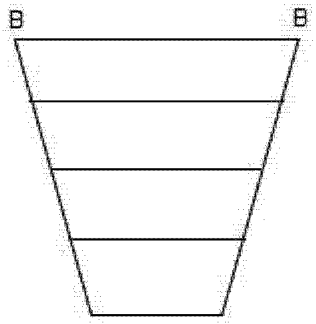



图 10

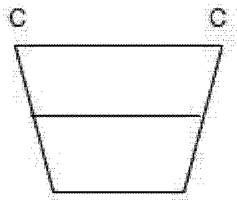



图 11

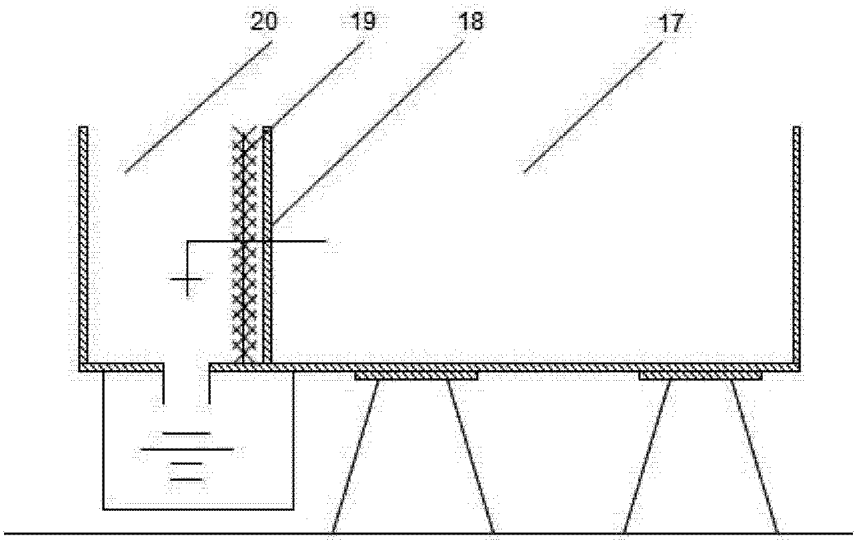



图 12