

河床过滤净化水质工艺的探讨

孙国俊

Tuppl. 21

(武胜县水利水电工程勘测设计队 四川武胜 638450)

摘要 介绍利用河床沉积区砂卵石冲积层作滤料,土工织物作隔离保砂的净化水质工艺。采用此工艺,可使河水通过滤层得到净化。为延长使用寿命和保证渗流效果,利用水塔或清水池的水定期对滤层进行反冲洗。此法不但可降低供水成本,减轻药物用量,且能有效地提高水质。

关键词 河床 过滤 土工织物 供水水质 水质净化

水质净化是目前国内研究的课题之一,过去人们大多采用一些化学(或物理)方法净化水质,不但供水成本高,而且难以符合用水标准。本文结合四川省武胜县东西关缫丝厂供水工程,介绍采用河床天然砂卵石及土工织物滤层净化水质工艺。

四川省武胜县东西关缫丝厂是嘉陵江东西关水电站(装机18万kW)为库区移民兴建的一个工厂。为解决缫丝厂及烈面镇2000余人的生活用水,拟定在电站闸坝下游5km的嘉陵江左岸兴建日供水量为2000t的自来水厂工程。为避免新的污染,经厂方和工程技术人员现场踏勘,取水点选在生产厂区嘉陵江上游500m处(见图1)。在此建站的优点是:站址工程地质条件较好,岸坡出露有厚层完整砂岩,河沙、石料可就地采取,水陆交通运输十分方便,且靠近厂房,输水距离短等。缺点是:取水点恰处于河床沉积区,如

在此修建滑车梯带或围浮移动船取水则运行不方便,而且使用年限短;同时汛期嘉陵江的水浑浊度比较大(据县防疫站监测,浑浊度在800度以上),净化处理难度大,难以满足缫丝用水标准。但该河床沉积区内的沉积物大多为砂、卵石,渗透系数大,是天然的水质净化好原料。因此,经方案比较后,决定在砂卵石沉积区挖掘人工取水竖井,在竖井周围采用双层透水井壁,在井壁之间设置一定级配滤料及用土工织物作隔断,使河道的水通过天然滤层和人工滤层,并在滤层生物膜作用下得到净化。为防止细小颗粒淤堵滤层,设计中考虑用水塔或清水池的水定期地对滤层进行反冲洗,以保证取水竖井滤层的渗水效果和使用寿命。平面布置图如图2所示。

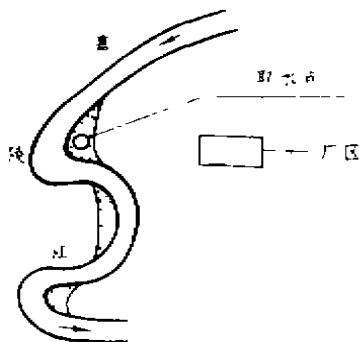


图1 水厂取水点示意图

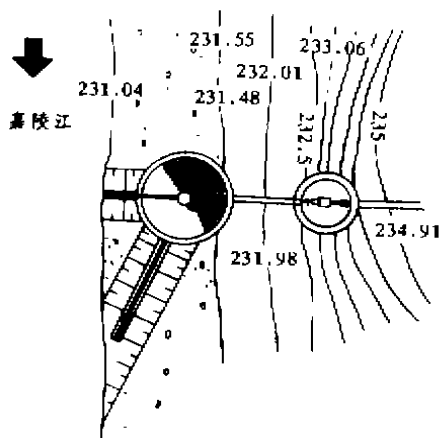


图2 平面布置图

1 水质净化工艺流程

在河床沉积区修建水厂的一般工艺流程如图3所示。

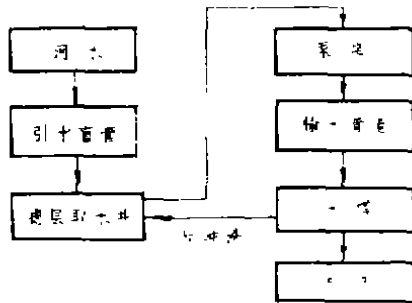


图3 水厂工艺流程示意图

2 河床过滤净化取水井的特点与构造

采用河床过滤净化取水井的特点是减少了预沉、混合、反应、沉淀、过滤、消毒等常规净化流程。它只需在河床砂卵石堆积区挖掘一个取水井，使原河水通过天然砂卵石滤层及土工织物滤层过滤净化，以达到国家饮用水卫生标准。这种方法与常规的净化方法相比，降低了工程造价和供水成本，占地少，同时减少了各构筑物之间的连通管，便于操作

管理。

取水井应放置在新鲜完整砂页岩基础之上，井壁采用浆砌石砌筑，砌筑时应呈三角形预留入渗通道（30 cm × 10 cm ~ 30 cm × 15 cm）。为防止细砂渗入取水井内，设计中在井壁周围铺设 300 g/m² 土工织物滤层，并按一定级配回填砂卵石滤层。为了防止洪水进入取水井，将其设计为全封闭式，井顶部采用 C₂₀ 钢筋混凝土现场浇筑，并预留 $D = 80$ cm 活动进入孔。为避免在洪水期高水位水压力的破坏，在现浇钢筋混凝土盖板时并呈梅花形预留直径为 $D = 5$ cm 的入渗口，随后铺设土工织物及回填砂卵石滤层。取水部分剖面图如图4所示。

PE 引水管设计在渗渠内，主要为解决枯水期因水位下降而引起井水量不足而设计的。PE 管的优点是无毒、不锈蚀、耐久。有关资料表明，PE 管埋设在地下，不受机械破坏，其使用寿命可在 100 年以上。管径可根据引水量大小来决定。为净化水质，在 PE 管前缘铺 1 ~ 1.5 m 砂、卵石滤层，管口用土工织物滤层封口。管身用电钻呈三角形打入渗孔并用土工织物裸缠，然后为滤层。为防止悬移质淤堵滤层，在砂卵石滤层四周铺设

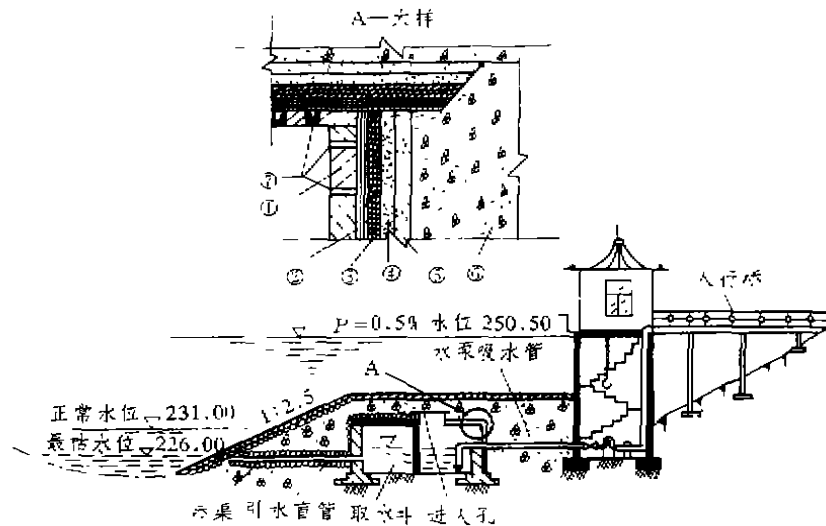


图4 取水部分剖面图

① 100 cm 厚浆砌石；② 300 g/m² 维丙土工织物滤层；③ 20 cm 厚， $d = 8 \sim 32$ mm 卵石滤层；④ 20 cm 厚， $d = 2 \sim 8$ mm 粗砂层；⑤ 20 cm 厚， $d = 1 \sim 2$ mm 中砂滤层；⑥ 一般混合砂卵石滤层；⑦ 涌水孔

土工织物起隔离保护作用,其余为一般砂、砾石层回填。其布置如图 5 所示。

3 土工织物滤层的设计

水厂设计中,选择土工织物滤层主要起隔离河床砂颗粒的作用,以免造成砂颗粒流失而淤堵砂卵石过滤层,同时也具有净化水质等功能。因此,所选择的土工织物应满足以下设计准则:

保砂准则 $O_{95} \leq d_{85}$

透水准则 $O_{95} \geq d_{15}$

防淤堵准则 $k_g > 10k_s$

式中 O_{95} 为土工织物的等效孔径(mm); d_{85}, d_{15} 为被保护土的特征粒径(mm); k_g, k_s 分别为土工织物、被保护土的渗透系数。设计中选择 300 g/m^2 的土工织物,厚为 4.13 mm 。

水厂所在嘉陵江段砂大多为特细砂,经筛选 d_{85} 为 $0.201 \sim 0.95 \text{ mm}$,大于土工织物等效孔径 O_{95} 的 $0.09 \sim 0.1 \text{ mm}$,故所选择的土工织物能够起到保砂作用。而 O_{95} 大于砂的特征粒径 d_{15} 的 $0.064 \sim 0.2 \text{ mm}$,符合透水准则。防淤堵校核:设计选择的土工织物渗透系数 k_g 为 $3.4 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$,而被保护土的渗透系数 k_s 为 $1.7 \times 10^{-3} \sim 3.4 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$,符合设计防淤堵准则。

综上所述,工程所选择的土工织物滤层均符合设计准则。

4 引水盲管及取水竖井渗流量的分析计算

东西关水电站闸坝下游约有 20 km 的脱

水段。电站综合设计说明书表明,脱水段在枯水期由上游库区放水补给下游;同时考虑到下游存在环境污染,所以,每星期换水一次,以改善该段水质。因此,在取水竖井前缘及沿中心线向下游倾角,设置了引水盲管(见图 2),盲管采用 PE 无毒聚乙烯塑料管,管径为 62.5 cm ,进口采用维丙土工织物封口。土工织物的 k_g 值为 340 m/d ,最枯水深 H 为 3.0 m ,管口滤层长 L 为 1.5 m ,PE 管面积为 0.307 m^2 ,代入公式

$$Q_1 = k_g \frac{H}{L} \omega \quad (1)$$

计算得引水盲管渗流量 Q_1 为 $208.8 \text{ m}^3/\text{d}$ 。该工程共设计两排引水道,每排水平铺设 4 根,共计 8 根。枯水期井管的入渗量就有 $1670.4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。另外,竖井周围有 3.0 m 深的含水层也有水渗入井内。这是因为,根据结构要求,该工程取水井基础放置在完整新鲜的砂、页岩上,因此渗流量计算用完全井的公式进行分析计算:

$$Q_2 = 1.36k \frac{H^2 - h_0^2}{\lg(R/r_0)} \quad (\text{m}^3/\text{d}) \quad (2)$$

式中 Q_2 为井的涌水量(m^3/d); k 为渗透系数,据试验资料选定砾石夹砂 $k = 112 \text{ m/d}$; H 为含水层的深度,该处嘉陵江河床最低高程为 225.00 m ,正常水位为 231.00 m ,故设计含水层深度为 6.0 m ; h_0 为抽水井深,取 4.0 m ; R 为影响半径,它主要与土壤的渗透性有关,根据经验公式计算: $R = 3000Sk^{1/2}$ (其中, S 为井水位下降的高度,为 2.0 m),经计算 $R = 216 \text{ m}$; r_0 为井的半径,设计值为 8.0 m 。

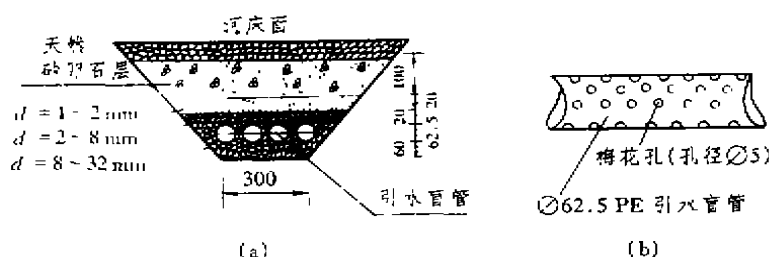


图 5 渗渠构造图(单位:cm)

(a) 渗渠系统; (b) 引水管大样

将以上参数代入式(2)计算得 $Q_2 = 2128.27 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

由上述分析计算知,引水盲管和取水井的涌水量均能满足设计供水要求。

5 结束语

采用河床过滤净化取水井,可以大大地降低供水成本。据分析,采用河床天然砂卵石及土工织物滤层净化水质工艺与常规的(预沉、混合、沉淀、过滤等)净化工艺的净水构筑物的技术经济对比结果为:前者投资13.4万元;后者投资67.5万元,前者可节省投资54.1万元。这种渗流净化方式比传统

的净化设施要优越得多,一般人工过滤层总在1~1.5m左右,而本工程中这种过滤层厚达数百米。特别在缫丝厂对水质要求比较高的情况下,采用这种方式效果较好,各项指标均能满足设计要求。在过滤层的淤堵设计中,除采用土工织物滤层外,同时还利用清洁的水进行反冲洗,较好地解决了滤层渗流畅通的问题。

参考文献

- 1 黄长伯等.村镇给水实用技术手册.北京:中国建筑工业出版社,1992

(收稿日期:1995-10-04)

小资料

一些国家和地区水电发展概况

国家或地区	水电资源 理论蕴藏量 (GW·h/a)	技术可 开发量 (GW·h/a)	经济可 开发量 (GW·h/a)	总装机 容量 (MW)	水电装 机容量 (MW)	水电发电量 年均/1994 (GW·h)	抽水蓄能 装机容量 (MW)	小水电 装机容量 (MW)
安哥拉	150000			440	318	/1031		
布隆迪	6000		1500		32	/146		
马里	5000			90.99	50.2	200.4/		6.5
南非				42617	640	3924/	1580	
埃尔斯尔瓦多	7404	5000	1705.2	817.5	388	1505/1512		18
墨西哥	160000	29798	9498	30000	9131	26235/		51.34
玻利维亚	178000	126000	50000	756	306	/1572		104
巴西	3020.4	1166.6	721		47848	235032/		1117
智利	227245	162232		5200	3290	17300/17038		7.4
厄瓜多尔	144634	31820	15909	2412	1480	/6566		30
圭亚拉	7607	7000						
阿尔巴尼亚					1395	4000/3500		
白俄罗斯	7.5	3	2.5	7280	6	/0.02		6
克罗地亚	20000	12000	10500	3519	1932	5508/4287	280	24.7
德国	120000	25000	20000	121557	4049	/15509		400
格兰兰	800000	20000		100	30			1
荷兰	700	200	130	15000	30	60/		
斯洛伐克	15531	7361		6925	1460	3875/4288	735	47.5
乌克兰	45000	22000~25000	18000~20000	52000	4700	10800/11000	230	100
孟加拉国	796			2818	230			
格鲁吉亚	139000	68000	32000	4230	2686.5	9426/		28.1
印度	84044					70000/32300	1284	86.44
伊朗	20047	16000	6000		1952.5			19
韩国	5910.6	3012.4	2123.6	30000	1505	/4227	1600	35
菲律宾		20334	18184.7	9068	1958.6		300	95.5
澳大利亚	26400		30000		7250	/15940		
斐济		1089.1		164.69	84.2	/388.6		

说明:本刊1995年第6期第66~67页曾刊登过题为“一些国家和地区水电发展概况”的资料。最近,有关刊物又刊出了一些后续资料,经作者整理后,在此刊出,作为前述资料的补充。

(元国江 供稿)