

缺水山丘区蓄水池经济池形及相关技术参数

林书竹¹, 丁文金², 崔广夫², 相树珍³

(1. 临沂市水利勘测设计院, 山东 临沂 276001; 2. 临沂市水利局, 山东 临沂 276001;

3. 临沂市水利勘测设计院, 山东 临沂 276001)

摘要:从蓄水池的几何形状入手, 对蓄水池的平面形状和圆形水池表面积取得极小值时的高径比, 以及对圆形蓄水池的经济高径比等技术参数和指标进行了研究, 提出优化蓄水池体形结构的途径和降低水池造价的方法: 设计蓄水池时应广泛搜集基本资料, 合理确定水池容积, 因地制宜地选择水池结构类型, 先按表面积取得极小值时的高径比初定水池各部分尺寸, 然后根据设计成果及造价指标逐步计算出水池的经济高径比, 再利用水池经济高径比确定出水池的各部分尺寸, 进行水池最后设计, 最终确定经济合理的水池建造方案和设计成果。

关键词:蓄水池; 经济高径比; 容面比; 优化设计

中图分类号: TV873+.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2002)05-0063-03

蓄水池(水囤、水窖)作为小型蓄水设施, 对解决缺水贫困山区和西部干旱地区人畜饮水问题起了重要作用。近年来, 随着干旱和半干旱地区集雨、引泉工程建设的发展, 水池数量迅速增加, 集雨、引泉蓄水池已逐渐成为缺水山区和干旱地区的重要水源工程。然而, 由于各种原因, 蓄水池每立方米容积造价偏高。据现场调查, 缺水贫困山区水池的每立方米容积造价高达 80~135 元, 远远高于水库的每立方米容积造价(一般在 4 元以下)。因此, 科学、经济地进行水池建设, 降低水池造价, 已成为当务之急。

1 蓄水池的平面形状

蓄水池的形状一般有矩形和圆形两种。我们知道在周长一定时, 面积取得极大值的矩形为正方形, 周边维护结构最省。

圆形与正方形相比, 当周长相等时, 圆形面积是正方形面积的 $4/\pi$ 倍。因此, 圆形单位周长面积也是正方形单位周长面积的 $4/\pi$ 倍。可见, 周长一定时, 所围成的图形以圆形面积为最大, 圆形是最节省周边维护结构的平面几何形状。

2 圆形水池的高径比和容面比

2.1 圆形水池的高径比 f

当水池容积一定时, 水池表面积越小, 单位表面积

建立圆形水池表面积方程式和体积方程式如下:

$$S = \alpha\pi R^2 + 2\pi RH \quad (1)$$

$$V = \pi R^2 H \quad (2)$$

式中: S 为圆形水池的表面积; R 为水池的半径; V 为水池的体积; H 为水池的高度; α 为系数, 无盖水池 $\alpha = 1$, 有盖水池 $\alpha = 2$ 。

由式(1)和式(2)可得:

$$S = \alpha\pi R^2 + 2V/R \quad (3)$$

式(3)两边分别对 R 求导得:

$$S' = 2\alpha\pi R - 2V/R^2$$

令 $S' = 0$ 得:

$$V = \alpha\pi R^3 \quad (4)$$

式(2)与式(4)联立得:

$$H = \alpha R \quad (5)$$

即水池高径比为

$$f = 0.5\alpha \quad (6)$$

由此可见, 当容积为定值时, 无盖圆形水池表面积取得极小值的条件是池高等于水池半径, 即 $f = 0.5$ 。同理, 有盖圆形水池表面积取得极小值的条件是池高等于水池直径, 即 $f = 1$ 。

2.2 圆形水池的容面比 m

水池单位表面积的容积(容面比)为

$$m = V/S = \pi R^2 H / (\alpha\pi R^2 + 2\pi RH) \quad (7)$$

将式(5)代入式(7)得 $m = R/3$ 。可见, 不论无盖水池还是有盖水池, 其单位表面积的容积均为 $R/3$, 而且

半径 R 越大,水池的容面比 m 就越大,水池越经济.

当水池外壳单位表面积造价相等时(例如钢板水池),水池表面积取得极小值,就意味着水池投资取得极小值,并且水池将随着半径 R 的增大而越来越经济.

3 圆形水池的经济技术参数

蓄水池池底、池壁、池顶的单位面积造价往往不相等.在水池容积一定的情况下,可用水池池壁的单位面积造价为基准,引进水池池底和顶盖对池壁的单位面积造价比进行研究.

3.1 经济高径比 e 和容面比 m_1

建立圆形水池等价表面积方程式如下:

$$S_1 = 2\pi RH + (\theta + \beta)\pi R^2 \quad (8)$$

式中: S_1 为圆形水池的等价表面积; θ 为池底与池壁的单位面积造价比; β 为顶盖与池壁的单位面积造价比.对于无盖水池 $\beta = 0$.

由式(2)和式(8)可得:

$$S_1 = 2V/R + (\theta + \beta)\pi R^2$$

上式两边分别对 R 求导得:

$$S'_1 = -2V/R^2 + 2(\theta + \beta)\pi R$$

令 $S'_1 = 0$, 得:

$$V = (\theta + \beta)\pi R^3 \quad (9)$$

将式(2)代入式(9)化简得:

$$H = (\theta + \beta)R \quad (10)$$

即经济高径比为

$$e = H/(2R) = 0.5(\theta + \beta) \quad (11)$$

圆形水池单位表面积的容积(容面比) m_1 为

$$m_1 = V/S = \pi R^2 H / (2\pi RH + \alpha\pi R^2) \quad (12)$$

将式(10)代入式(12)得:

$$m_1 = (\theta + \beta)R / [2(\theta + \beta) + \alpha] \quad (13)$$

从上述分析结果可知,对于无盖圆形水池,池高 $H = \theta R$,经济高径比 $e = 0.5\theta$,水池容面比为 $m_1 = \theta R / (1 + 2\theta)$.分析结果表明,当池底单位面积造价高于池壁时, $\theta > 1$,水池高度大于 R ,容面比 $m_1 > R/3$,说明要降低水池投资,应当加大水池高度和减小水池半径,使水池底面积迅速减小,从而减少池底投资,同时也快速增大了容面比;反之,当池底单位面积造价低于池壁时, $\theta < 1$,水池高度小于 R ,水池的容面比 $m_1 < R/3$,说明应通过减小水池高度来快速降低池壁投资,并通过加大水池半径,使廉价的池底面积迅速增大,来快速增大水池容积,从而达到降低水池投资的目的.

对于有盖圆形水池,池高 $H = (\theta + \beta)R$,经济高径比 $e = 0.5(\theta + \beta)$,容面比 $m = (\theta + \beta)R / [2(1 + \theta + \beta)]$.由此可见,当池底和顶盖的综合单位面积造价

高于池壁时, $\theta + \beta > 2$,水池高度 H 大于直径,容面比 $m_1 > R/3$,说明应通过加大水池高度和减小水池半径来迅速降低池底和顶盖的综合投资,并快速增大水池容面比,从而达到降低水池总体投资的目的.相反,当池底和顶盖的综合单位面积造价低于池壁时, $\theta + \beta < 2$,水池高度小于直径,容面比 $m_1 < R/3$,说明要有效降低水池投资,应减小水池高度,以便快速降低池壁投资,同时通过增大水池半径,使廉价的池底和顶盖面积迅速增大,来快速增大水池容积,进而增大水池容面比,达到降低水池投资的目的.

3.2 单位面积造价比 θ 和 β

单位面积造价比 θ 和 β 值取决于池底、池壁和顶盖所用材料的种类、数量和预算价格,以及所消耗的人工、机械等各种费用.

池底与池壁的单位面积造价比:

$$\theta = P_{\text{底}}/P_{\text{壁}} \quad (14)$$

式中: $P_{\text{底}}$ 为池底的单位面积造价; $P_{\text{壁}}$ 为池壁的单位面积造价.

池底的单位面积造价可用池底的综合预算价格除以池底的水平投影面积求得,池底综合预算价格等于池底开挖、回填等基础处理费用和水池底板造价的总和.池壁单位面积造价可用池壁的综合预算价格除以水池的侧面积求得,池壁的综合预算价格包括池壁结构、防渗面层和各种涂层的费用等.

顶盖与池壁的单位面积造价比:

$$\beta = P_{\text{顶}}/P_{\text{壁}} \quad (15)$$

式中: $P_{\text{顶}}$ 为顶盖的单位面积造价.

水池顶盖造价包括顶盖结构的材料费、人工费、施工机械使用费,以及顶盖附属设施和涂层的费用等,顶盖造价除以蓄水池的上口面积等于顶盖的单位面积造价.

3.3 经济高径比

在实际工程中,可按图1步骤求解圆形蓄水池的经济高径比进行蓄水池设计优化,降低工程造价.

4 算例

某缺水山区拟建一座 1600 m^3 的钢筋混凝土圆形蓄水池,内部涂刷有机防水涂料.按当地材料价格预算,基础土石方开挖回填综合预算单价为 $16\text{ 元}/\text{m}^3$,水池底板混凝土预算单价为 $225\text{ 元}/\text{m}^3$,底板钢筋制作安装预算单价为 $3650\text{ 元}/\text{t}$,底部脚手架为 $4.6\text{ 元}/\text{m}^2$;水池池壁混凝土预算单价为 $352\text{ 元}/\text{m}^3$,池壁钢筋制作安装预算单价为 $3900\text{ 元}/\text{t}$,脚手架每延米为 64 元 .池底、池壁涂刷有机防水涂料预算单价为 $2.5\text{ 元}/\text{m}^2$.

采用经济高径比的求解方法,计算结果见表1.

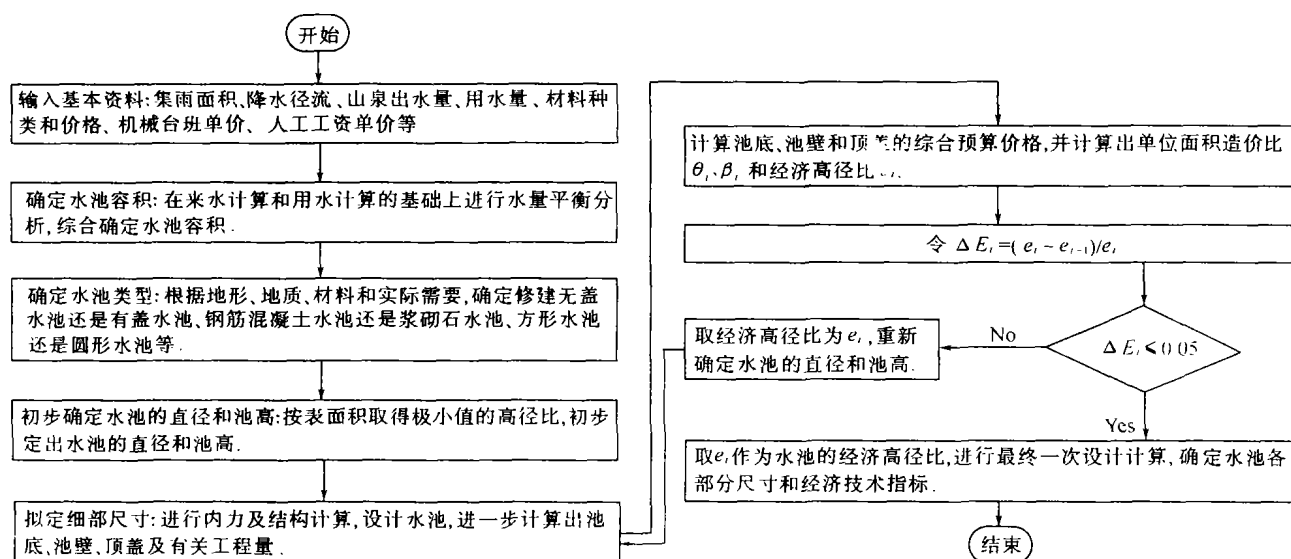


图 1 圆形蓄水池经济高径比求解步骤

表 1 蓄水池经济高径比计算结果

池高 /m	直径 /m	底板厚 /m	池壁厚 /m	底板工程量					平均单 价/(元· m ⁻²)	池壁工程量					单位面 积造价 比 θ	经济高 径比 e	ΔE_i
				土石方 挖填 /m ³	混凝土 /m ³	钢筋制 作安装 /t	防渗 涂层 /m ²	脚手 架 /m ²		混凝土 /m ³	钢筋制 作安装 /t	防渗 涂层 /m ²	脚手 架 /m ²	单位面 积造价 /(元·m ⁻²)			
8.00	16.0	0.25	0.16	200	54.1	1.7	201.1	201.1	114.42	65.0	7.2	403	0.510	135.99	0.84	0.42	0.190
6.75	17.4	0.25	0.16	240	64.0	2.1	237.8	237.8	116.00	59.6	6.0	369	0.552	131.14	0.88	0.44	0.045
7.00	17.1	0.25	0.16	230	61.5	2.0	230.0	230.0	115.49	60.7	6.3	376	0.543	132.17	0.87	0.44	0.007

5 结 语

本文研究了经济池形、高径比、容面比和经济高径比等技术参数,并以钢筋混凝土圆形无盖水池为例,探讨了无盖圆形水池经济高径比的求解方法.实际工程设计中,可以根据当地客观情况,调整图 1 中

水池底板、池壁和顶盖(有顶盖时)的各项内容,选择不同的建筑材料、结构类型,选用满足设计要求的不同厚度,科学计算水池的经济高径比,优化水池设计,选择经济合理的水池建造方案,达到降低水池造价的目的.

(收稿日期:2001-09-18 编辑:张志琴)

(上接第 49 页)

5 结 论

a. 对于深圳河聚氯乙烯 PVC 土工膜,波长为 0.3~0.4 μm 的紫外光是其发生光氧老化的主要原因.

b. 通过人工老化试验,深圳河 PVC13 土工膜有较强的抗紫外老化能力,经过 1 000 h 人工老化,其强度保持率在 80% 以上,延伸率保持率在 92% 以上,且纵向老化损失比横向稍快.

c. 通过曝露老化,强度和延伸率均低于原值,5 个月覆水 30 cm 曝露后, PVC13, PVC16 土工膜强度保持率分别为 94% 和 95.5%,延伸率保持率分别为 94% 和 90%,但延伸率仍可能因土工膜在光热作用下结构重塑而受影响.覆水能较大程度地减少土工膜的热氧化.

d. 用能量法分析水下土工膜抗老化性能是一种较好的方法.分析表明,能量分析结果与试验结果非常一致,走以能量为主线,进行相关研究的技术路线,无疑是用人工老化试验结果预报自然老化试验的时间的可选研究途径.

e. 从生产工艺上加入光稳定剂和在施工工艺上采取防老化措施对土工膜的紫外防护非常有益.

致谢:感谢水利部给予深圳河土工织物研究课题资金支持.本文内容为该研究课题的一部分.

参考文献:

[1] 周大纲.土工合成材料光氧老化与防老化技术[J]. 产业用纺织品, 1999(11): 15~19.

(收稿日期:2001-09-12 编辑:马敏峰)