

# 大型污水处理池的无温度伸缩缝整体设计

卞延彬

(天津大学建筑工程学院 300072)

(Engineering College, Tianjing University, 300072)

刘志刚 吴禾佳 孙树本 崔占成

(中国市政工程东北设计研究院, 长春 130021)

(China Northeast Municipal Engineering Design  
and Research Institute, Changchun 130021)

陈宏 于建华

(大连城市供水系统改造办公室 116011)

(Dalian Water Supply Office, 116011)

**摘要** 本文简单介绍了我国大型水池类结构考虑温度应力时的设计方法及对于超长水池的各种处理办法。通过长春某污水处理工程的实例,详细介绍了无粘结预应力无温度伸缩缝水池的设计方法,以及无缝水池在经济性、耐久性和抗震性等方面的特点。

**关键词** 水池 温度伸缩缝 后张预应力 无粘结预应力筋 橡胶止水带

**ABSTRACT** Different design methods for solving the thermal stress in large size tanks are discussed briefly. The monolithically design method for large post-tensioned water tanks without any expansion joints have been introduced carefully based on the Chang Chun city A/O Basin. Also, the economic, durable and anti-earthquake advantages of the monolithically post-tensioned tanks are indicated.

**KEY WORDS** Water tank Expansion joints Post tensioning Unbonded tendons strands Rubber belt water stopping

## 一、现状

目前对于大型矩形现浇钢筋混凝土水池类构筑物,当长度、宽度较大时,通常均设置适应温度变化作用的伸缩缝,其间距如表 1 所示。

表 1 矩形构筑物伸缩缝的最大间距(m)

地基类别		岩 基		土 基	
		露天	地下式或有保温措施	露天	地下式或有保温措施
结构类别	工作条件				
	砌 体	砖	30		40
石		10		15	
现浇混凝土		5	8	8	15
钢筋混凝土	装配整体式	20	30	30	40
	现 浇	15	20	20	30

同时要求伸缩缝应做成贯通式,即在同一剖面上连同基础或底板断开。

这种缝的构造相对复杂,施工需十分小心,否则容易造成缝的渗漏。这种缝一旦渗漏其完全修复较为困难,而若渗漏不能完全制止,将导致地基

土的不断流失或软化,这将有可能给构筑物带来严重的后果。

以某污水处理工程的曝气池为例。曝气池平面尺寸为 100 × 100m<sup>2</sup>,深 7m,按我国《给水排水工程结构设计规范》GB50069 的要求,对土基露天结构每 20m 设 1 道伸缩缝,该曝气池将被分割成 25 块,大量的伸缩缝,给施工增加了负担。

## 二、大型水池类结构不设缝的处理方法

为了克服以上分缝设计的弊端,现在也有工程技术人员在积极探索新的途径,来解决上述问题,主要有以下几种。

### 1. 设置混凝土后浇带

当池体(或地下车库)长度超过规范的要求时,不设温度伸缩缝,而设置 1~2m 宽的后浇带。后浇带砼待其两侧混凝土浇筑完毕后(2 个月左右)再行浇注。

但后浇带只能解决施工期间混凝土的收缩问题,并不能解决季节温差(湿差)所产生的温度应力问题。尤其对于水池类结构,随着时间的延续,

后浇带很难保证池体混凝土不发生开裂、渗水。

## 2. 使用混凝土膨胀剂

掺加膨胀剂的目的就是在混凝土中产生膨胀应力。其产生的膨胀应力的控制值是有限的,也就是说超过一定的界限就起不到应有的作用。为了更好地发挥投资效益,从工程耐久性考虑,水池结构不宜使用含有钙矾石类的膨胀剂。现在,我国大的市政设计院一般都慎用膨胀剂(从1991年全国烟台给排水结构技术交流会开始)。因为膨胀剂中的延迟钙矾石生成现象,会给水池类结构带来灾难性的后果。

目前已报道的钙矾石延迟生成现象造成的结构物破坏的实例大部分是混凝土制品中无约束的边、角部分;或是约束很弱的板制品。约束较强的大体积混凝土基础,在国内还未有破坏实例报道;但是 Hobbbs 给出了英国的一些由于延迟钙矾石生成所导致的现浇混凝土结构破坏的实例<sup>[9]</sup>。

现在,新的《混凝土结构设计规范》(GB50010-2002)对碱含量已有明确的规定,就是为了避免发生碱骨料反应,防止混凝土结构从其结构内部发生破坏。

例如:当施工条件为:夏季施工温度:30℃,冬季使用温度(极少发生)-30℃。由于混凝土的特性,其在-4℃左右时,混凝土收缩量大。当温度再降低时,混凝土则开始膨胀。因此,水池或地下室等钢筋混凝土结构最容易在-4℃左右产生温度收缩裂缝。此时产生的温度应力是:

$$\begin{aligned} \sigma &= E \cdot \epsilon = 2.8 \times 10^4 \times 1 \times 10^{-5} \times (30 + 4) \\ &= 9.52 \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

若考虑混凝土的徐变及底板的非完全约束等因素,最后在混凝土中产生的拉应力至少也为  $0.4 \times 9.52 = 3.81 \text{N/mm}^2$  远大于混凝土的抗拉强度设计值  $1.3 \text{N/mm}^2$ 。

若水池或地下室底板厚度为 600mm,其配筋率为 0.5% (上下总计),则其配筋面积为:  $A_g = 0.5\% \times 1000 \times 550 = 2750 \text{mm}^2$ ,这些钢筋所能承受的拉应力为:  $2750 \times 160$  (裂缝控制在 0.2mm 以内) /  $(1000 \times 550) = 0.8 \text{N/mm}^2$ 。因此,即使考虑 0.5% 配筋率(在国内就是比较大的了),水池或地下室底板也承受不了温度应力所产生的拉应力。即:

$$1.3 + 0.8 = 2.1 < 3.81 \text{N/mm}^2$$

也就是说当池体较长,池体在温度应力作用下将被拉坏。若靠混凝土膨胀剂产生的压应力来保证混凝土在温度应力作用下不被拉坏,显然是不可靠的。

## 3. 预应力技术

当池体长度和宽度都较长时,不设温度伸缩缝,而在池壁、底板水平方向均施加预应力来解决温度应力问题,这是从根本上解决水池裂缝的方法。

这种办法目前已在污水处理厂中的初沉池、二沉池中广泛使用。对于矩形水池,国内应用预应力技术的则很少。其原因之一是认为预应力水池造价较高。实际上,预应力水池的造价是受多种因素控制的,如建造地点、地基情况等,但主要原因是国内很多预应力工程采用双保险的设计方法进行结构设计。

另一种造成预应力矩形水池造价较高的原因是设计方法的落后,也就是设计概念的落后,直接后果是预加到池壁上的预应力相当有限(也就是说此时的预应力不起什么作用,设计者只能靠增加非预应力钢筋来平衡外荷载)。而对矩形(包括圆形)水池的底板施加预应力的工程实例则少之又少。

由于混凝土被施加预应力以后,混凝土本身受压,因此其抗渗性能将大大提高。

传统构造的水池与预应力整体水池渗水量的比较如下。

(1) 我国规范规定水池允许渗漏量为:  $2 \text{L/m}^2 \text{d}$ 。一个  $10,000 \text{m}^3$  清水池,根据我国规范的规定,每年允许渗漏量为  $2409 \text{m}^3$ 。

(2) 美国预应力清水池允许渗漏量为:

标准 A 0.05%  $V_{\text{池}}/96 \text{h}$ ,  $10,000 \text{m}^3$  清水池每年允许渗漏量为  $456.25 \text{m}^3$ 。

标准 B 0.05%  $V_{\text{池}}/48 \text{h}$ ,  $10,000 \text{m}^3$  清水池每年允许渗漏量为  $912.5 \text{m}^3$ 。

标准 C 0.05%  $V_{\text{池}}/24 \text{h}$ ,  $10,000 \text{m}^3$  清水池每年允许渗漏量为  $1825 \text{m}^3$ 。

可以看出,美国预应力清水池允许渗漏量要远远低于我国同类水池的渗漏量。这样不仅可以节约水资源,而且水池的耐久性也大大提高了。

## 三、大型水池无温度伸缩缝整体设计

长春西郊污水处理厂曝气池平面尺寸为  $90.5$

×103.7m<sup>2</sup>,深7m。为解决温度应力问题同时考虑工艺运行的合理性,原设计分为4个独立的池体,每个池体之间用30mm宽伸缝完全隔离开来,而在另一个方向每25m左右设1道温度伸缩缝。

为了克服传统构造水池的缺点,笔者与美国公司合作设计了无粘结预应力曝气池,取消了4个并排水池的3道双池壁,而用单个池壁代替,整个曝气池(90.5×103.7m<sup>2</sup>)设计为一个整体结构,没有任何伸缩缝池体的主要配筋见图1所示。

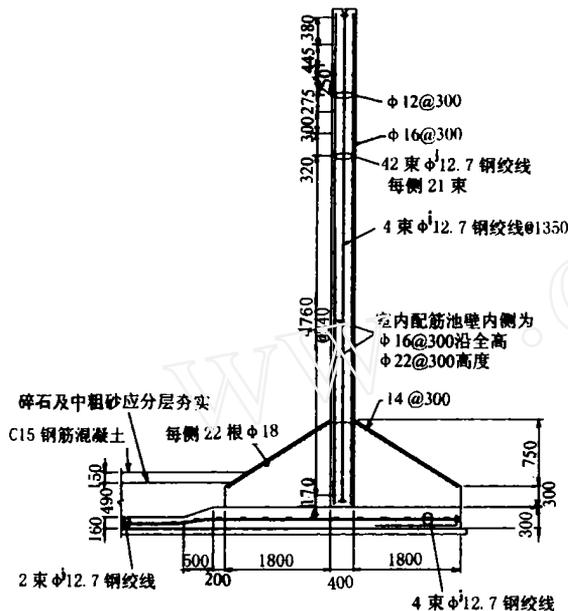


图1 池体配筋构造

该曝气池使用材料均为国产。混凝土为C35,抗渗标号为P8,抗冻标号为F200。钢筋为HPB235( )级HRB335( )级钢,1860MPa级低松弛钢绞线。底板两个方向施加无粘结预应力,底板厚度为160mm。为了保证能把预应力有效地施加到底板上,在垫层与底板间设置了0.3mm厚的塑料板滑动层。池壁水平方向及竖向均施加无粘结预应力,池壁厚度为400mm。混凝土裂缝控制在0~0.1mm之间。(我国传统水池一般控制在0.2mm左右,虽然也可控制在0.1mm,但其用钢量将成倍增加。)因此,采用预应力无缝整体水池设计,水池结构耐久性更强。

该曝气池2000年5月开始施工,由于材料供应,贷款等原因,2000年只完成了曝气池底板的施工,经过两个寒冷的冬季(2000年长春冬天最低气温为零下40℃,2001年长春冬天最低气温为

零下30℃)没有发现任何问题。此后,该曝气池又完成了池壁的浇注、预应力张拉工作。施工期间,美国工程师,天津大学建筑工程学院卞延彬博士及中国市政工程东北设计研究院的工程技术人员进行了全过程的施工指导。该曝气池已于2001年11月通过试水验收并已开始运行。

通过本工程的实践,笔者认为采用后张预应力技术进行水池、地下停车场类结构设计,对于不同的场地土,地震烈度,预应力整体水池比传统分缝水池节约造价为7%~20%左右。

#### 四、重视施工质量

水池施工是由土建承包商来完成的,施工人员的技术水平,劳动态度,施工队伍自身的管理水平,将直接影响结构的质量,不按设计要求及规范执行,将会增加开裂渗漏的机会。因此,设计单位应对施工单位做好技术交底工作,使施工技术人员明确设计意图,以确保构筑物的质量。在具体施工中,施工单位应重视:混凝土配合比、混凝土外加剂、混凝土振捣、养护,无粘结预应力钢绞线、锚具等关键材料的选择、布置以及预应力张拉控制等。

#### 五、结语

长春西部污水处理工程的无粘结预应力无缝曝气池是我国第1座按新的设计概念设计的无缝整体水池,有许多工作需要总结、消化、完善及提高。这里可以肯定地说,其整体性、抗震性、耐久性都是传统分缝水池无可比拟的。该工程采用预应力技术节约建设资金在9%左右(曝气池基础为碎石振冲桩基础,若地基较好,可节省10~20%左右)。目前还有很多工作需做,如预应力清水池,地下停车场如何设计,如何指导施工等,这些都要求结构设计人员不断探索,不断总结,从而不断提高和完善无温度伸缩缝整体设计的技术水平。

#### 参考文献

- [1] 无粘结预应力混凝土结构技术规程(JG/T92-93)
- [2] 杜拱辰. 部分预应力混凝土. 中国建筑工业出版社
- [3] 林同炎著. 预应力混凝土结构设计(第三版)
- [4] 陶学康主编. 后张预应力混凝土设计手册. 中国建筑科学研究院
- [5] 王铁梦. 工程结构裂缝控制. 中国建筑工业出版社
- [6] D. W. Hobbs. Concrete deterioration: causes, diagnosis, and minimizing risk. International Materials Reviews, 2001, 46(3): 117-144
- [7] 阎培渝, 彭江, 陈广智. 大体积补偿收缩混凝土中的延迟钙矾石生成现象. 混凝土, 2002年第1期