

20000 m³ 无温度伸缩缝预应力矩形清水池结构与施工

刘志刚, 张成有, 张亚峰, 崔瑞

中国市政工程东北设计研究院, 长春, 130021, jhce@sina.com 于建华, 王佐

大连市自来水集团公司, 大连, 132011

摘要: 本文简单介绍了我国大型清水池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。通过大连某供水工程 20,000 M³ 清水池这个工程实例详细介绍了 65m × 55m 大型无粘结预应力无温度伸缩缝清水池的设计与施工, 以及无缝水池在经济性、耐久性、抗震性以及管理维护等方面的优点。

关键词: 清水池, 温度伸缩缝, 无粘结预应力, 钢绞线, 预应力锚具, 橡胶止水带。

Monolithically design and construction for large post-tensioned potable water tank with no thermal expansion joints

Abstract: Different design methods for solving the thermal stress in large size tanks are discussed briefly. The monolithically design and construction method have been introduced carefully based on the Dalian post-tensioned potable water tank with no any expansion joints, which has the economic, durable and anti-earthquake advantages compared with the traditional reinforced concrete tank.

Key Words: potable water tank, post tensioning, rubber belt, water stopping, unbonded tendons, strands, anchorage and expansion joints

1. 前言

目前, 由于我国混凝土工程中的钢筋锈蚀和混凝土腐蚀严重, 混凝土工程的耐久性设计对当前我国正在进行的大规模工程建设具有的重要战略意义和相当的紧迫性, 如果再不积极采取相应对策并尽快落实具体措施, 那么我们每年投入土建工程建设的庞大资金将会蒙受重大损失, 资源也将遭受极大浪费, 建成后的工程难以发挥长期效益, 而使用过程中的频繁修补乃至事故又必将给今后的生活和生产活动带来无休止的干扰。

我国《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069-2002 规定矩形现浇钢筋混凝土清水池, 当长度、宽度较大时, 宜设置适应温度变化作用的伸缩缝。伸缩缝间距一般为 15m 到 30m 左右。构筑物的伸缩缝或沉降缝应做成贯通式, 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, 施工难度较大, 设计及施工均需十分仔细, 否则就容易造成缝的渗漏。主要表现在:

- 1.1 整体性差。
- 1.2 抗震性能差。在地震力作用下分缝处很容易损坏(互相碰撞)。日本大地震调查后, 先进的国家都取消了伸缩缝设计而代之为整体结构设计。
- 1.3 橡胶止水带处容易漏水(据调查很普遍), 因为该处节点复杂不易浇注密实。对于大面积结构, 若底板漏水, 水不易排走, 会造成地基沉陷, 导致底板变形, 破坏。而底板修复很困难。
- 1.4 橡胶止水带有老化问题。
- 1.5 因用橡胶止水带接缝, 漏水问题的处理将直接带来生产管理的麻烦。底板漏水不易察觉, 直到底板发生破坏, 漏水量剧增, 才会被发现。

2、工程概况

大连某水厂设计规模为 20 万吨/日, 清水池容积为 20,000 M³。场地坐落在基岩上, 且为全风化、强风化凝灰质砂砾岩。



3、大型清水池结构不设缝的处理方法

为了避免进行分缝设计。因此，现在有些工程技术人员也在积极探索新的途径以无温度伸缩缝设计取代分缝设计。

主要方法有：3.1 设置混凝土后浇带或加强带，3.2 使用混凝土膨胀剂，3.3 预应力技术

3.1、当池体长度超过国家规范规定的要求时，采取不设温度伸缩缝，而设置1~2m宽的后浇带或加强带的做法。后浇带砼待其两侧混凝土浇筑完毕后2个月左右再进行浇注。而加强带处钢筋和混凝土膨胀剂掺量都要适当增加。

无论后浇带和加强带都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。虽然有些超长水池没有出现竖向裂缝，那是因为池底板为平面，或地基对水池的摩擦力较小，或池体水平配筋较大，而并不是后浇带，加强带或外加剂起了主要作用。目前，有很多靠掺外加剂解决池体超长的水池或构筑物出现不同程度的竖向裂缝，有些已很严重。竖向裂缝每10米左右一道，缝表面出现黑色的青苔。

3.2、掺加混凝土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。而且，若从工程耐久性方面考虑，水池结构不宜使用含有钙矾石类的膨胀剂。因为有些膨胀剂中存在延迟钙矾石生成现象，所谓延迟膨胀就是当混凝土硬化一段时间以后，混凝土中的钙矾石再开始膨胀，即混凝土中的钙矾石与混凝土本身的硬化不同步，因此我们对于延迟钙矾石生成的潜在危险性应有充分的认识。详见文章：清华大学教授，阎培渝，彭江，陈广智关于“大体积补偿收缩混凝土中的延迟钙矾石生成现象”一文，《混凝土》杂志，2002年第1期。

3.3、用有粘结或无粘结预应力钢绞线来解决温度应力问题。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问题的方法。而且，混凝土被施加预应力以后，混凝土本身受压，水池抗渗性、耐久性将大大提高。

4、关于池体造价与结构耐久性

以长春某污水处理厂的曝气池为例，考虑到东北地区的寒冷条件，原来传统曝气池为4个独立的池子。4 x 25m=100m。而在长方向（100m）每25m设一道温度伸缩缝。池壁厚度为700mm。底板厚度为850mm。而采用预应力水池后，池壁厚度为400mm，底板厚度为160mm，抗浮用碎石进行配重。这样，该曝气池实际上共节约钢筋340吨，混凝土2500 m³，但多用了140吨钢绞线。因此，该曝气池共节省：

$1.48 \times (340 \times 2800 + 2500 \times 600 - 140 \times 10000) = 1556960$ 元，约为156万元。

因此，用有粘结或无粘结预应力技术来解决水池温度应力是从根本上解决水池裂缝问题的最好方法。以前，有一种观点，认为预应力水池造价较高，我分析其主要原因是设计方法的落后，即施加到池壁上的预应力很有限（或者说，所施加的预应力不起什么太大的作用），设计者只能靠增加非预应力钢筋来平衡外荷载。这就造成国内很多预应力工程的设计，采用双保险的设计方法进行结构设计（即非预应力钢筋几乎能承受全部外荷载，预应力筋几乎也能承受全部外荷载）。

另外，为了更好地发挥国家投资长期效益（我们国家并不富裕，大部分投资都是来自世界银行、亚洲开发银行等贷款），我们应充分考虑水池类结构的耐久性设计。以钢筋混凝土结构为主的基础设施耐久性问题，是当今世界的大问题。在结构耐久性方面，一些国家吃了大亏，引起政府部门的注意与重视。一些国家率先采取技术对策和进行行政干预，我国也及时发布了国务院第279号令。国内外这些做法，具有长远的战略意义。

目前，有粘结或无粘结预应力技术在我国污水处理厂中的初沉池、二沉池结构设计中已得到广泛地应用。而对于矩形水池，国内应用预应力技术进行设计的则不是很多。

5、传统水池与预应力清水池渗水量标准的比较

5.1 我国规范规定水池允许渗漏量为：2L/m²d。

举例说明如下：如一个 10,000m³ 清水池，根据我国规范的规定，每年允许渗漏量为 2409 m³。

5.2 美国规范规定的水池允许渗漏量为：

标准 A（预应力水池）：一个 10,000 m³ 清水池每年允许渗漏量为 456.25m³。

标准 B：一个 10,000 m³ 清水池每年允许渗漏量为 912.5m³。

标准 C：一个 10,000 m³ 清水池每年允许渗漏量为 1825m³。

可以看出，预应力清水池允许渗漏量要远远低于我国传统水池的渗漏量（约为 19%）。因此，预应力水池不仅渗漏小，耐久性好，而且也可以大量节约水资源。

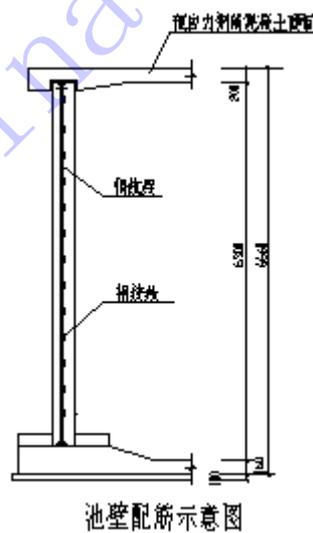
6、无温度伸缩缝预应力清水池设计

大连某供水工程清水池平面尺寸为 55×65m，深 6.3m。为解决温度应力问题按目前规范，原设计将被分为 6 块，每块之间用 30mm 宽伸缩缝完全隔离开来。

为了克服传统水池的缺点，在清水池设计中我们与美国 JHCE 结构设计公司合作采用了无粘结预应力技术，取消了 6 个块体结构，20,000 M³ 清水池设计为一个整体结构，没有任何伸缩缝。另外，我们将矩形清水池四角设计成圆角。这样既考虑了矩形水池占地少、布置灵活的优点，又考虑了圆形水池受力好的优点。尽量使我们设计的清水池趋于完美。

该清水池使用材料均为国产。混凝土为 C35，P8。钢筋为 HPB235 级及 HRB335 级，1860Mpa 低松弛钢绞线。锚具使用北京建研院 B&S I 类锚具。清水池柱网尺寸为 6.3m，顶板厚度为 200 mm，每个柱间钢绞线数量为 20 束（15.24 mm）。根据《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ/T 92-93 的规定，顶板钢绞线在一个方向集中布置，而在另一个方向分散布置。

底板在两个方向上被施加预应力，底板厚度为 160mm，为保证底板有效预应力的施加，我们在底板与垫层之间设置了 3 层 0.3mm 厚的塑料板滑动层。池壁水平方向及竖向均施加预应力，池壁厚度为 300mm。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，建造出来的水池结构耐久性更强）。结构设计详见下图。



方 案 比 较 表

--

项目名称：大连市某给水工程 20,000 m ³ 清水池			
序号	项目名称	建筑工程	
1	矩形带圆角无温度伸缩缝预应力混凝土水池（方案 1）	490.10	万元
2	传统有缝钢筋混凝土矩型水池（方案 2）	629.55	万元
3	方案 1 比方案 2 节省投资额	139.45	万元

经过工程经济比较及技术分析我们可以得出下列结论：采用后张预应力技术进行清水池结构设计，预应力整体水池比传统分缝水池节约造价为 22.2% 左右。

7、清水池施工

水池混凝土施工是由大连市金州第二建筑公司来完成的，预应力施工是由鞍山市北方预应力公司来完成的。在施工以前，设计单位给施工单位做了详细的技术交底工作，使施工技术人员明白设计者的意图，以确保水池的施工质量。在具体施工中，施工单位主要应从以下几个方面着手：混凝土配合比，混凝土外加剂，混凝土底板、池壁连续浇注，混凝土振捣，养护，无粘结预应力钢绞线、锚具、塑料板等关键材料的选购、布筋方式，以及预应力张拉控制等等。大连市 20,000M³ 清水池于 2002 年完成土建施工，其中清水池底板浇注用时为 24 小时，池壁浇注用时为 18 小时，池顶板用时 26 小时。并于 2002 年冬季通过了试水验收，达到了美国 A 级标准，目前，该水池运行良好。

8、结语

无缝预应力水池的整体性、抗震性、耐久性等比传统分缝水池有很多优点。采用预应力技术可以从根本上解决水池渗漏问题，彻底解决分缝设计给水池管理带来的麻烦。根据国家十五规划 2010 年污水处理率达 60% 以上的标准，建设投资为 4500 亿元，若采用整体设计、施工技术，可节约土建建设资金 200 亿元左右。更主要的是无缝水池结构的质量更好，耐久性更强。可以确信，随着我国企业改革的深入、私有化进程的加快以及人们对结构耐久性认识的深入，预应力无缝水池结构设计施工技术会给我国的工程建设做出更大的贡献。