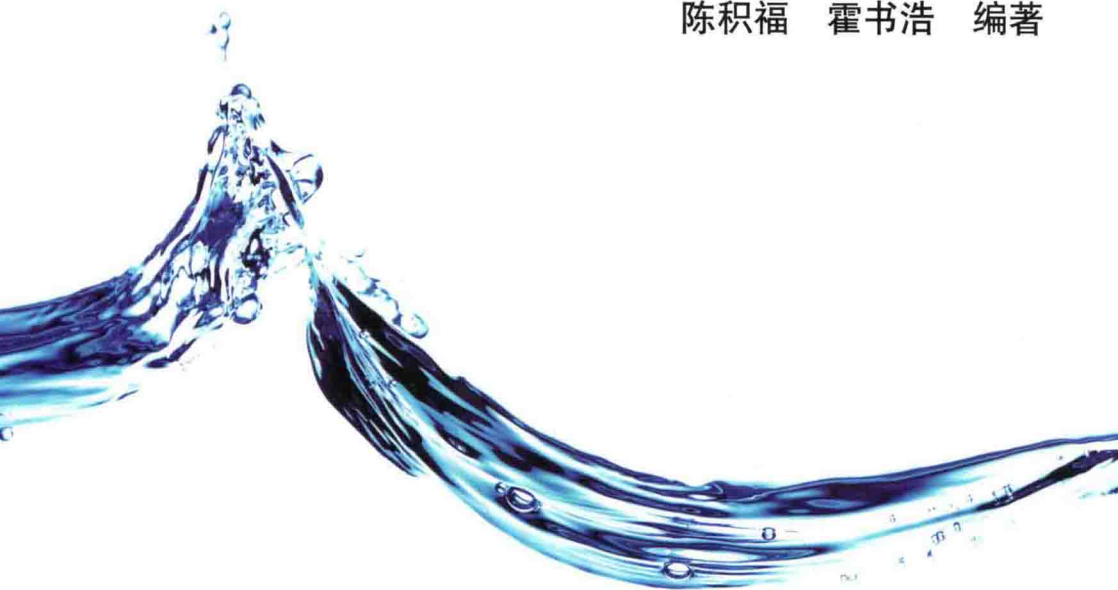


SHUICHULI SHEBEI  
PEISHUI JISUAN

# 水处理设备 配水计算

陈积福 霍书浩 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

SHUICHULI SHEBEI  
PEISHUI JISUAN

# 水处理设备 配水计算

陈积福 霍书浩 编著



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书系统地讲述了水处理设备中水分配问题的基本概念，配水装置的基本规律、主要类型，配水计算中各种系数值的确定和配水装置水力计算的一般原则，并给出了计算实例和建议。

本书图文并茂，理论和应用并重，广度和深度相结合。

本书可供科研、设计部门从事水处理工作的技术人员阅读，也可以给高等院校有关人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

水处理设备配水计算/陈积福，霍书浩编著. —北京：中国电力出版社，2015.6

ISBN 978-7-5123-7552-9

I. ①水… II. ①陈…②霍… III. ①水处理设备-配水-计算 IV. ①TU991.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 073017 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2015 年 6 月第一版 2015 年 6 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 11.75 印张 173 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 元

## 敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



水处理设备配水系统的水力计算，在 20 世纪 50、60 年代就已经有很多科技工作者研究了。但是本书作者在实际工作中发现，至今很多人对此并不了解，因此认为编著一本这方面的书籍还是很有必要的。

在查阅了许多国内外相关资料的基础上，本书系统地讲解水处理设备中水分配问题的基本概念，配水装置的基本规律、主要类型，配水计算中各种系数值的确定和配水装置水力计算的一般原则，并给出了计算实例。本书还列举了前人的试验数据，以供参考和使用。

本书不涉及水处理设备配水装置结构的强度计算问题。

书中除特别注明的地方，计量单位一律如下：

速度： $\text{m/s}$ ；长度： $\text{m}$ ；水头损失： $\text{mH}_2\text{O}$ ；质量： $\text{kg}$ 。

本书理论与应用并重，希望对水处理设备配水装置感兴趣的水处理工作者、教师、学生和科研人员有所帮助，通过阅读本书会对水处理设备配水装置有一个全面透彻的了解，并得到一些帮助和启示。

在本书编写过程中，参考了国内外一些相关方面的著作，引用了相关文献中的资料和数据，也得到了专家的帮助，特别是赵耀怀先生贡献了许多宝贵资料，在此一并表示感谢。

阅读本书需要具有微积分和水力学方面的基本知识。

由于时间有限，受编著者水平所限，书中内容与行文难免存在欠妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

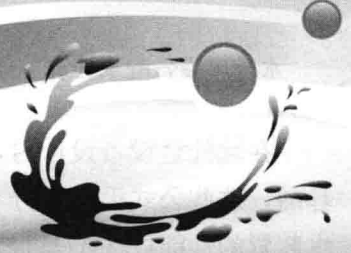
2014 年 9 月



## 前言

绪论 .....	1
<b>第一章 水处理设备中水分配问题的基本概念 .....</b>	<b>3</b>
第一节 水分配均匀性的定义 .....	3
第二节 水分配的传统计算方法 .....	4
第三节 水分配传统计算方法中的问题 .....	15
<b>第二章 水处理设备配水装置的基本规律 .....</b>	<b>17</b>
第一节 变流量下液体运动的理论问题 .....	17
第二节 变流量下水运动的沿程水头损失 .....	20
第三节 涡流损失和曲线循环损失 .....	27
第四节 影响流量系数的各种因素 .....	32
第五节 配水系统中的水压力 .....	35
第六节 大阻力和小阻力配水系统中小孔处的水压力 .....	36
<b>第三章 水处理设备配水装置的主要类型 .....</b>	<b>41</b>
第一节 平行布置的多孔管的水分配 .....	41
第二节 多孔管辐射布置时的水分配 .....	48
第三节 环形布置的多孔管的水分配 .....	52
第四节 母管带垂直支管的水分配 .....	53
第五节 作为收集器的多孔管水分配 .....	58
<b>第四章 配水计算中各种系数值的确定 .....</b>	<b>60</b>
第一节 多孔管中水流运动的速度分布曲线 .....	60

第二节	多孔管式配水中系数 $\eta$ 的确定 .....	63
第三节	多孔管式配水时流量系数 $\mu$ 的确定 .....	65
第四节	沿曲线段水流动时循环系数 $C_z$ 的确定 .....	76
第五节	管式配水的条件和涡流阻力系数 $C_v$ 的确定 .....	81
第六节	摩擦系数 $\lambda$ 和局部阻力系数 $\zeta$ 的确定 .....	105
<b>第五章</b>	<b>水处理设备配水装置水力计算的一般原则和实例 .....</b>	<b>113</b>
第一节	配水装置水力计算的一般原则 .....	113
第二节	单管大阻力多孔配水装置的计算 .....	114
第三节	单管小阻力多孔配水装置的计算 .....	127
第四节	由母管和多孔支管组成的管式系统的计算 .....	142
第五节	平板开孔小阻力配水系统的计算 .....	160
第六节	作为收集器的管式水分配装置的计算 .....	164
<b>附录 A</b>	<b>自然数平方数列求和公式 .....</b>	<b>177</b>
<b>附录 B</b>	<b>弓形面积公式 .....</b>	<b>178</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>179</b>



## 绪 论

在水处理设备中水分配的均匀性是非常重要的。

例如，机械过滤器反洗水分配不均匀，就会使滤料恢复不到初始状态；离子交换器水分配不均匀就会使离子交换树脂的能力得不到充分利用；离子交换器再生液分配不均匀会使一部分树脂再生不好，特别在逆流再生时，还容易发生密度差的对流；澄清池配水的不均匀会导致设备出力下降或出水水质恶化。

所谓配水，有时也叫布水，是指水沿着水处理设备整个过水断面上的分配。

在水处理设备的招标文件中都有“设备配水或布水均匀”的要求，好像水处理设备制造厂自己就能够保证设备配水均匀似的。其实，要保证设备配水均匀，除了设备配水装置的几何尺寸正确外，还需要相应的水力条件，例如一定的进水压力。因此招标文件中除了要求投标商正确地制造配水装置外，还应该要求投标商提供所需要的水力条件。

配水装置经常采用的是有小孔的配水管或者在配水管上装一些水帽，配水管的布置方案与水处理设备的结构和尺寸有关。书中大量用有小孔的配水管来描述，但对于安装水帽的配水管也是适用的。

在矩形断面的水处理设备中，配水管可以用相同的管道平行布置，管道之间距离相等，也可以用母管支管形式，这些支管等距等长；而圆形断面的水处理设备中，对小型的水处理设备，配水管可以沿半径彼此有相同夹角辐射布置，对中大型水处理设备，大部分也是采用母管带支管的形式，当然这时支管并不是等长的。

在水处理设备设计时，水分配通常是用传统的近似公式来进行水力计算的，这些公式没有充分考虑水流动过程中的所有因素，因此多孔管式配水装置的性能往往不是很理想或者均匀性比要求的值低，这会导致运行状况恶化，例如水处理设备的有效出力降低和产水水质恶化。或者相反，比要求的值高，这会导致浪费材料或多消耗能量。

由于现在趋向于制造更大容量的水处理设备，例如城市中水处理用的大型澄清池（出力  $1000\text{m}^3/\text{h}$  以上）， $\phi 9000$  以上的现场制造的大型过滤器，这使得更精确的水分配装置水力计算方法显得更重要了。

本书介绍了水分配装置水力计算更精确的计算方法，可以在水处理设备的水分配装置设计的计算中使用。



## 水处理设备中水分配问题的基本概念

### 第一节 水分配均匀性的定义

所谓水处理设备中水分配均匀性是指在设备内沿水流方向的横断面上水的流动均匀。严格的定义是：在这个横断面上任取两个相等的微元面积，在这两个微元面积上的流量基本上是相等的。

当然，这个基本上相等必须有一个量的规定。

通常用面积相等的微元面积上的最小流量  $q_{\min}$  与最大流量  $q_{\max}$  的比值来代表水分配的均匀性，即

$$\frac{q_{\min}}{q_{\max}} = 1 - m \quad (1-1)$$

式中  $m$ ——不均匀性或不均匀度。

通常要求水处理设备中水分配的均匀性要大于 95%，即水分配的不均匀性不超过 5% ( $m=0.05$ )。早在 20 世纪 50 年代，水处理界就采用这个数据，几十年过去了，至今这个数据依然被采用着。

这是因为，实践证明水分配的均匀性达到 95% 在实际工程中已经足够了。要求水分配的均匀性更高，例如要求水分配的均匀性达到 99%，那要付出很大的代价，在大多数情况下是不必要的。计算中还发现，按均匀性达到 95% 的近似公式计算出的结果，当用较精确的计算方法时，发现同一配置的均匀性远低于 95%。所以实践中当用精确的计算方法时，有时还会把标准放得更宽些，例如 85%，而在近似计算中通常是不允许放宽的。当然，即使要求水分配的均匀性达到 99%，计算方法本质上并不会变化，

所改变的仅仅是公式中水分配均匀性的取值。

有人把式(1-1)中的分母改为平均流量或者  $(q_{\min} + q_{\max})/2$ ，来定义水分配的均匀性。有

$$\frac{q_{\min}}{q_{\max}} = \frac{2q_{\min}}{2q_{\max}} = \frac{q_{\min}}{(q_{\max} + q_{\min})/2} < \frac{q_{\min}}{(q_{\max} + q_{\min})/2} \quad (1-2)$$

这样定义的均匀性也是有道理的。本书有时也采用这种定义 [见后面的式(4-28)]。

## 第二节 水分配的传统计算方法

我们用机械过滤器的反洗过程来说明这些问题。

机械过滤器反洗过程的示意图如图1-1所示。

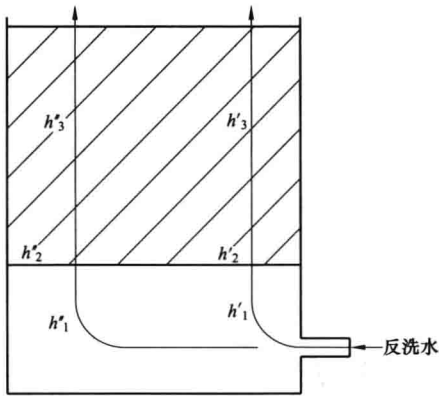


图 1-1 机械过滤器的反洗过程

对母支管配水系统，反洗水首先沿集水母管流动，然后沿两侧支管流动，支管管壁上有许多小孔或水帽（水嘴）；对平板水帽配水系统，反洗水先进入过滤器底部空间，然后再通过底部空间上带水帽的平板。水从这些小孔或水帽中以单独水流形式出来，直接进入滤层。水在滤层中是自下而上运动。滤层上面有水平布置的水槽或者水面下水平布置的多孔管把水收集起来排走。下面是按照反洗水

系统是底部的母管支管形式来叙述的。

这样一来，在过滤器反洗时，各股水流沿着不同的路径运动，因而在各对应段中有不同的阻力。

为了保证水反洗时按面积分配的均匀性，必须使上述水流运动处于等效的水力条件下。这时每条路径上总水头损失  $h$  等于三个水头损失之和——母管及带孔支管中水的水头损失  $h_1$ 、水流从小孔流出时的水头损失  $h_2$ 、水通过配水装置上滤层的水头损失  $h_3$ ，即

$$h = h_1 + h_2 + h_3 \quad (1-3)$$

如果在所有的侧支管上小孔出水水流结构条件相同，那么为了在面积上均匀布水，就必须使总的水头损失  $h$  或者对应的配水管中水头损失、排水管小孔水头损失、滤层水头损失之和为一常数，即

$$h_1 + h_2 + h_3 = \text{const} \quad (1-4)$$

式中  $\text{const}$ ——常数（英文 constant 缩写）。

研究滤层表面上两个微元面积，水是从支管上两个孔出来进到这两个微元面积上的。

根据水力作用独立的原则和由于流量、水头损失间有平方关系或近似平方关系，可以写出对第一个小孔出来的水流量，有

$$q_1 = \mu_1 \omega_0 \sqrt{2gh'}$$

其中

$$h' = h'_1 + h'_2 + h'_3 \quad (1-5)$$

式中  $\mu_1$ ——第一个小孔处的流量系数；

$g$ ——重力加速度；

$\omega_0$ ——小孔的面积。

对第二个小孔出来的水流量，有

$$q_2 = \mu_2 \omega_0 \sqrt{2gh''}$$

其中

$$h'' = h''_1 + h''_2 + h''_3 \quad (1-6)$$

式中  $\mu_2$ ——第二个小孔处的流量系数；

$\omega_0$ ——小孔的面积。

由于水在排水管流动路径不同，水力阻力不同，明显地  $h'_1$  和  $h''_1$  不相等。由于过滤器滤层水力阻力不同， $h'_3$  和  $h''_3$  实际上也不相等，所以要使两小孔流量相等只能用下面的两种方法之一。

一是用增大这些小孔水头损失的办法，使管路水头损失和滤层水头损失与其相比甚小，这就构成了大阻力配水系统。大阻力配水系统的水头损失都在  $1 \sim 4 \text{mH}_2\text{O}$  ( $9.8 \sim 39.2 \text{kPa}$ ,  $1 \text{mH}_2\text{O} = 9.80665 \text{kPa}$ )。大阻力配水系统的优点是配水均匀性好，而且抗进水压力波动干扰能力强。缺点是耗

能高。在压力式机械过滤器中被大量采用。

二是尽量减小管路水头损失，使管路水头损失与其他水头损失（水流出配水管小孔+滤层的水头损失）相比甚小，这就构成了小阻力配水系统。小阻力配水系统的水头损失都在  $0.1 \sim 1 \text{mH}_2\text{O}$  ( $0.98 \sim 9.8 \text{kPa}$ ) 以下。小阻力配水系统的优点是耗能低，但缺点是工作不稳定，抗进水压力波动干扰能力差。冲洗水头有限的无阀滤池和虹吸滤池经常采用小阻力配水系统。

下面按照大阻力配水系统来叙述。

遵照条件  $q_1 = q_2$ ，应要求配水小孔有很大的压降。计算中过滤器反洗按面积的不均匀性取何值实际上才不影响滤层反洗效果，并且也不至于使配水系统小孔的压降太大，前已述及，通常取不均匀性  $m = 0.05$ 。

因此，假定  $q_1 < q_2$ ，从上述两个小孔出来的反洗水流量应该为

$$\frac{q_1}{q_2} = 1 - m \quad (1-7)$$

假定  $\mu_1 = \mu_2$ ，代入  $q_1$ 、 $q_2$  的值，得到

$$\frac{h'_1 + h'_2 + h'_3}{h''_1 + h''_2 + h''_3} = (1 - m)^2 \quad (1-8)$$

如果忽略小孔结构上的差异，可以认为  $h'_2$  和  $h''_2$  相等，即  $h'_2 = h''_2 = h_2$ 。

既然水分配计算的任务是确定配水系统中管道和小孔的尺寸，为简化计算，可忽略滤层的阻力，即认为配水系统处于自由的水容积中。

这时  $h'_3$  和  $h''_3$  的值很小，可以忽略，取其为零。式 (1-8) 这样简化后，解出  $h_2$ ，我们得到下列表达式

$$h_2 = Ah''_1 - Bh'_1 \quad (1-9)$$

其中

$$A = \frac{(1 - m)^2}{1 - (1 - m)^2}$$

$$B = \frac{1}{1 - (1 - m)^2}$$

在  $m = 0.05$  时，取  $A = 9$  和  $B = 10$ 。

所以，有

$$h_2 = 9h_1'' - 10h_1' \quad (1-10)$$

水沿着排水母管支管流动时，由于沿流程流量在减少，随之流速也在减小，所以会发生水头恢复。很明显，按水流方向，距进水母管最近支管上第一个小孔和距进水母管最远支管上最远一个小孔之间的压力差最大。

如果取水在母管开始处速度为  $v_h$ ，在侧面支管处速度为  $v_b$ ，则水流到支管第一个孔处水头损失  $h_1'$  为

$$h_1' = \beta \frac{v_b^2}{2g} \quad (1-11)$$

到最远小孔处时，水头损失  $h_1''$  为

$$h_1'' = \alpha \frac{v_h^2}{2g} - \beta \frac{v_b^2}{2g} + \gamma \frac{v_b^2}{2g} \quad (1-12)$$

在第一次近似中取  $\alpha = \beta = \gamma = 1$ 。

将式 (1-11) 和式 (1-12) 代入式 (1-10)，就可以得到下面的等式

$$h_2 = 9 \frac{v_h^2}{2g} - 10 \frac{v_b^2}{2g} \quad (1-13)$$

现在，将式 (1-13) 应用到配水装置为底部平板水帽的结构上。将过滤器底部看成很多支管，容易想到此时  $v_b \approx 0$ ，所以有

$$h_2 = 9 \frac{v_h^2}{2g} \quad (1-14)$$

式 (1-14) 是个实践中很有用的公式，虽然是一个近似公式，但计算简便，误差可以接受，见【例 1-3】。从公式的推导过程可以看出，对平板小孔配水系统，式 (1-14) 对小阻力配水系统也是适用的。

从另一思路考虑也几乎得到相同的结果。

仍采用前述的符号。如果取母管开始处水头损失为  $h$ ，则在支管第一个孔处水头值为

$$h_1' = h - \beta \frac{v_b^2}{2g} \quad (1-15)$$

最远孔处水头值为

$$h_2'' = h + \alpha \frac{v_h^2}{2g} - \beta \frac{v_b^2}{2g} + \gamma \frac{v_b^2}{2g} \quad (1-16)$$

同样，在第一次近似中可以取  $\alpha = \beta = \gamma = 1$ 。

这样就可以写出下面的等式

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\sqrt{h - \frac{v_b^2}{2g}}}{\sqrt{h + \frac{v_h^2}{2g}}} = 1 - m$$

或者

$$\left(\frac{q_1}{q_2}\right)^2 = \frac{h - \frac{v_b^2}{2g}}{h + \frac{v_h^2}{2g}} = (1 - m)^2 \quad (1-17)$$

取  $m = 0.05$ ，对  $h$  解等式 (1-17) 得到

$$h = 9 \frac{v_h^2}{2g} + 10 \frac{v_b^2}{2g} \quad (1-18)$$

式 (1-18) 中的  $h$  应该是配水系统的阻力或压降，不是小孔阻力或压降，式 (1-13) 中的  $h_2$  才是小孔阻力或压降。

式 (1-18) 是一个著名的公式，该公式在石英砂快滤池大阻力配水系统的水力计算中得到了广泛的应用。

现在，将式 (1-18) 应用到排水装置为底部平板水帽的装置上。同样，将过滤器底部看成很多支管，此时  $v_b \approx 0$ ，所以有

$$h = 9 \frac{v_h^2}{2g} \quad (1-19)$$

同样的表达式，但一个计算出的是平板小孔应该有的水头损失，一个是整个配水装置应该有的水头损失。显然，式 (1-14) 比式 (1-19) 更偏于安全。

下面是几个众所周知的传统经验公式，它们是 20 世纪 50 年代苏联的学者提出来的。他们对各种结构的石英砂快滤池反洗时大阻力管式配水系统进行了研究，总结研究结果提出这些经验公式。这些公式给出了确定配水系统阻力或压降的近似关系式。

## 1. 单多孔管

$$h = a + 7.65 \frac{v_h^2}{2g} \quad (1-20)$$

## 2. 母管带两列相同长度的支管（矩形滤池）

$$h = a + 7.85 \frac{v_h^2}{2g} + 9.7 \frac{v_b^2}{2g} \quad (1-21)$$

## 3. 母管带两列不同长度的支管（圆形滤池）

$$h = a + 3 \frac{v_h^2}{2g} - 9 \frac{v_{b.s}^2}{2g} + 18 \frac{v_{b.l}^2}{2g} \quad (1-22)$$

式中  $v_{b.s}$ ——最短支管处流速；

$v_{b.l}$ ——最长支管处流速；

$a$ ——滤层阻力，对粒度 0.5~1.0mm、层高 600~700mm 的石英砂快滤池，推荐取  $a = 0.25\text{mH}_2\text{O}$ ，粒度和层高不同时， $a$  值也有变化。

除了式 (1-14)、式 (1-19)，上面这些公式的前提都是假定为大阻力配水系统，并且要求配水的均匀性达到 95%。但是应该注意的是，这些公式都是相当近似的，通常均匀性达不到 95%。如果使用条件不对，那误差就会更大了。

许多实际工作者仍然在使用着这些近似公式<sup>[5]</sup>。本书参考文献用式 (1-22) 计算混合离子交换器的中部配水装置，得到的配水系统几种工况下的压降分别为 1.053、0.316、0.402mH<sub>2</sub>O。这样的压降不能是大阻力配水系统，所以不能断定配水均匀性能达到 95%。我们将在后面的【例 5-8】中详细地讨论这个问题。

式 (1-20)~式 (1-22) 计算出的  $h$  值，是整个配水系统所需要的阻力，即水头损失，通常把它当成配水系统小孔的阻力，当然此时公式中就不需要加上  $a$  值了。

配水系统装置设计上也有一些规定<sup>[2]</sup>，详见表 1-1 和表 1-2。不过这些规定并非强制性的，还是要以计算为准。

曾有工程师提出分配器母管采用变径管来达到水分配均匀的目的<sup>[6]</sup>，但实践中很少采用。本书参考文献 [6] 中列出了十分简便的计算公式，但

文中未给出其推导过程。

**表 1-1 大阻力配水系统设计规定**

项 目	室外给水设计规范	给水设计手册	英、美规定
母管起端流速 $v_n$ (m/s)	1.0~1.5	1.0~1.5	<2
支管起端流速 $v_b$ (m/s)	1.5~2.0	1.5~2.0	<2
孔眼流速 $v_c$ (m/s)	3~6	5~6	4~6
开孔比 (%)	0.2~0.25	0.2~0.25	0.15~0.5
干管支管面积比	—	1.75~2.0	1.75~2.0
管长管径比	—	<60	<60
支管中距 (m)	—	0.2~0.3	0.08~0.3
孔眼中距 (m)	—	—	0.08~0.3
孔眼直径 (mm)	—	9~12	6~10

**表 1-2 部分小阻力配水系统有关参数**

名 称	流量系数	开孔比 (%)	不同反冲洗强度时的水头损失 (kPa)		
			9L/(m <sup>2</sup> ·s)	12L/(m <sup>2</sup> ·s)	15L/(m <sup>2</sup> ·s)
钢格栅	0.85	13~47	0.004~0.0003	0.006~0.0005	0.009~0.001
条隙孔板	0.75	6.74	0.098	0.245	0.372
三角槽孔板	0.75	0.87	—	1.18	2.84
梅花形叠片	0.7	0.66	2.16	4.02	6.17
瓷质滤头	0.8	0.32	6.47	11.56	18.03
空心管板	0.75	0.5	2.84	5.10	8.04
两次配水滤砖	0.75	1.1	2.45	3.43	4.90
两次配水滤砖	0.75	0.72	2.06	3.63	5.68

**【例 1-1】** 一个长条形澄清池，沿工作室底部长度方向是一根多孔的钢管，钢管长 8m。沿钢管长度方向钻均匀布置的小孔。

设进工作室钢管的总流量为 75m<sup>3</sup>/h，即 0.0208m<sup>3</sup>/s。

采用内径  $d=150\text{mm}$ ，壁厚  $\delta=4.5\text{mm}$  的成品钢管，即  $\phi 159 \times 4.5$  的成品钢管。



钢管开始处的水流速为

$$v_h = \frac{Q}{0.785d^2} = \frac{0.0208}{0.785 \times 0.15^2} = 1.18(\text{m/s})$$

按式 (1-20), 要保证配水系统达到均匀度 95%, 小孔至少应该有压降

$$h = 7.65 \frac{v_h^2}{2g} = 7.65 \times \frac{1.18^2}{19.62} = 0.543(\text{mH}_2\text{O})$$

取小孔直径  $d_0 = 12\text{mm}$ , 小孔沿钢管长度方向等距离分布。

取小孔处流量系数  $\mu = 0.65$

每个小孔面积  $\omega = 0.785d_0^2 = 0.785 \times 0.012^2 = 1.1304 \times 10^{-4}(\text{m}^2)$

小孔处出水流速为

$$v_c = \mu \sqrt{2gh} = 0.65 \times \sqrt{19.62 \times 0.543} = 2.12(\text{m/s})$$

每个小孔流量

$$q = \mu\omega\sqrt{2gh} = 0.65 \times 1.1304 \times 10^{-4} \times \sqrt{19.62 \times 0.543} = 2.4 \times 10^{-4}(\text{m}^3/\text{s})$$

需要孔的数量为

$$N = \frac{Q}{q} = \frac{0.0208}{2.4 \times 10^{-4}} = 86.7 \approx 87(\text{个})$$

小孔间距

$$a = \frac{8}{87} = 0.092\text{m}, \text{即 } 92\text{mm}$$

对比后面第五章的【例 5-1】, 就可以知道这个计算的误差是很大的。第一, 小孔压差  $0.543\text{mH}_2\text{O}$  不属于大阻力系统; 第二, 仅仅依靠钢管的进水流速就确定了配水系统所需要的压降, 可以推想公式的粗糙。近似公式计算结果是: 小孔数量 87 个, 小孔出水流速  $2.12\text{m/s}$ , 均匀性已经达到 95%。但精确的计算结果表明: 小孔数量 41 个, 小孔出水流速  $4.5\text{m/s}$ , 均匀性才达到 86.7%。

**【例 1-2】** 一个矩形滤池, 反洗配水系统由母支管组成, 母管是  $\phi 426 \times 10$  的钢管, 内径  $d_1 = 406\text{mm}$ , 长  $l_h = 5\text{m}$ ; 两侧与其垂直的支管是  $\phi 89 \times 4.5$  的钢管, 内径  $d_2 = 80\text{mm}$ , 长  $l_b = 2\text{m}$  (两侧共  $2l_b = 4\text{m}$ )。支管间距  $b = 0.3\text{m}$ 。一侧有 17 根支管, 两侧共 34 根支管。支管壁厚  $\delta = 4.5\text{mm}$ , 钻小孔直径  $d_0 = 12\text{mm}$ , 小孔与垂直轴成  $45^\circ$  角向上。总反洗流量为  $Q = 0.3\text{m}^3/\text{s}$ , 即反洗流量为  $1080\text{m}^3/\text{h}$ 。