

立式水泵單管暖气系統管道的 合理水力計算法

И. С. 里 別 尔 著

建 筑 工 程 出 版 社

原本說明

書 名 РАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕТОД ГИДРАВЛИЧЕ-
СКОГО РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ
ОДНОТРУБНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАСОС-
НЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ
作 者 Инженер И. С. Либер
出 版 者 Ленинградский дом научно-технической
пропаганды
出版地点
及 年 份 Ленинград—1954

**立式水泵单管暖气系統管道的
合理水力計算法**

林 拜 松 譯

*

建筑工程出版社出版(北京市阜成門外大街)

(北京市书刊出版业营业許可証出字第052号)

建筑工程出版社印刷二厂印刷·新華書店發行

书号504 10千字 787×1092 $\frac{1}{32}$

1957年8月第1版 1958年7

印数: 1,251—2,360册

*

統一書号: 15040

定 價(11) 0.1

1. 基 本 原 理

在热媒流的汇合点和分支点的压力相协调的条件下,一般说来,暖气系统管道水力计算的任务,在于按后者的已知热负荷来确定管网各个计算管段的直径。

在计算的结果中,每个计算管段的下列各量应该彼此相协调:

H ——压力损失;

$G = \frac{Q}{\Delta t}$ ——水流量;

d ——管道直径,

式中: Q ——计算管段的热负荷;

Δt ——管段内水的温度差。

在一般的计算方法内,上述三个量中的 H 和 G 是已知的, d 是未知的。

由于管子类型的限制,正确选择与已知值 H 和 G 相适应的管网中管段的直径就有困难。通常,这会引起水流汇合点和分支点的压力在某种程度上不相协调。因此,以后安装时,必须调整系统,以修正计算的不精确,从而保证正确分配管网中各管段的水流量。为了使计算能取得较大的精确度和灵活性起见,当已知其余二个量时,采用一个数值变动范围很大的量作为未知量是合理的;这样,就能够使管网中这个管段的三个计算量能更精确地互相协调。

水流量 G 可采用作为这样一个未知量;因为它在一定范围内可以跟着已知量 H 和 d 改变。

由于量 G 的改变,数值 Δt ——管網的各計算管段內水的溫度差也將改变。因而,这种計算称为水的可变(活动的)温差計算。

这种計算方法早已由講師A.И.奥尔洛夫^①在1932年首先提出,以后由工程师E.A.別林基^②詳細拟定。

这种計算有很大优越性,因为它提供下列可能性:

- 1) 当管子类型受限制时,能使各个环管的有效压力相協調;
- 2) 安裝工不須再要精密地調整系統;
- 3) 在房屋的整个高度內,可預先規定出立管的等截面,从而簡化了系統的安裝布置图,并且为今后暖气系統安裝的进一步工业化開闢广大園地。

对于定型建筑物,在建筑物的整个高度內使用同一直徑的立管是十分合理的,因为在房屋的楼层高度和建筑跨度标准化的条件下,制管工廠可以把制造的暖气系統構件儲存起来,这样全年就能够均匀地工作。

当建筑大型預制板式房屋时,使用統一直徑的立管具有特殊的意义。在这种情况下,当整个房屋所用的立管的等截面必須保持不变时,暖气系統的水的可变温差計算法是現今唯一适当的計算方法。

同时,按动压力方法(該法的实質是以等值的局部阻力損失代替摩擦压力損失)进行計算,可以大大地簡化計算。

大家知道,管網的計算管段內的压力損失是:

$$H = H_{\text{摩擦}} + H_{\text{局部}},$$

式中:

① A.И.奧爾洛夫:“按活動溫度差和假定熱負荷的水暖系統計算”,〔采暖與通風〕№1—2,莫斯科1933年俄文版。

② E.A. 別林基:“單管水暖系統的計算和操作制度”,俄羅斯共和國公用事業出版社1952年俄文版。

$$H_{\text{摩擦}} = \frac{\lambda}{d} l \frac{V^2}{2g} r$$

——克服摩擦阻力的压力损失；

$$H_{\text{局部}} = \Sigma \xi \frac{V^2}{2g} r$$

——局部阻力的压力损失。

所以：

$$H = \left(\frac{\lambda}{d} l + \Sigma \xi \right) \frac{V^2}{2g} r。$$

以等值局部阻力代替摩擦阻力之后，则可写成：

$$\frac{\lambda}{d} l = \xi_{\text{摩擦}}。$$

在这种情况下，计算管段内的阻力用下式求得：

$$\xi_{\text{管段}} = \xi_{\text{摩擦}} + \Sigma \xi，$$

而管段内的压力损失是：

$$H = \xi_{\text{管段}} \frac{V^2}{2g} r。 \quad (1)$$

$\frac{V^2}{2g} r$ 的值是管网的计算管段内单位阻力的动压力。

利用计算管段的已知直径和管段内的水流量，并知道了管段的阻力的大小，就可以用式(1)来求得管网内这个管段的压力损失。

当给出计算管段的阻力 $\xi_{\text{管段}}$ 和压力损失 H 的值时，解式(1)中的动压力的值 $\frac{V^2}{2g} r = \frac{H}{\xi_{\text{管段}}}$ ，就可以求得相应于动压力计算数值的热媒流量。

从以上所述可以看出，式(1)把量 G 、 H 和 d 彼此联系起来。

考虑到这种情况，当给出其余二个计算量时，为了便于分析地

決定第三個量，本文作者特制成各種計算表並設計出一種專用計算尺。

利用這些輔助工具，就可以簡化單管暖氣系統管道的水力計算技術。

計算表和計算尺的圖樣見於附錄。

在表1、2、3、4中蒐集了有關管道水力計算的各種數據，在表5、6、7、8中則列有立管的各個不同部件、異形管件和整個立管（按照房屋的層數而定）的 ξ 值。

全部立管可分為下列各個部件：裝設在房屋主要層樓內的部件、頂樓部件和地下室部件。

立管的頂樓和地下室部件的 ξ 值是綜合地列出，異形管件的 ξ 值則按照全蘇標準(OCT)90036—39列出。

表9中所列的 λ 和 $\frac{\lambda}{d}$ 值是根據全蘇熱工研究所資料制定的。

立管的樓層部件的 ξ 值是根據樓層高度為3.3公尺到3.6公尺（從地板到地板）來計算的。在雙向立管的情況下，引水管的長度採用1.5公尺；在單向立管的情況下，引水管的長度採用1公尺。

立管的頂樓部件和地下室部件的 ξ 值是根據干管的标准布置來計算的。

對於樓層高度為3公尺到4公尺的房屋管道的計算，各表中所列的立管的 ξ 值和其樓層部件的 ξ 值已够用了。

在進行一般計算時，管網的各個計算管段內水的溫度差採用常數，並用該常數來預先確定管道各管段的热媒流量；此時，計算放熱器的必需放熱面就要在計算管道水力之前進行。

在用水的可變溫差進行計算時，管網的計算管段內热媒流量的大小由水力計算來決定，因而放熱器放熱面的計算可在管道水力計算之後進行。

2. 死巷式管網計算实例

在例图上(图1),繪有三向旋塞流动調整的立式水泵單管暖气系統的二条相邻的死巷支管。

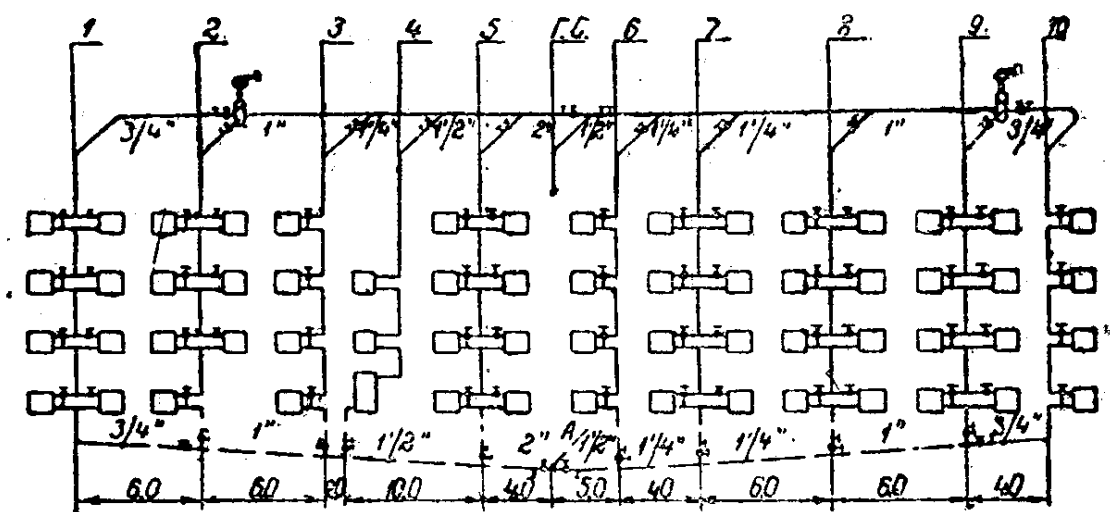


圖 1 流动調整暖气系統布置

計算数据列在下表內(參閱第 6 頁)。表內所采用的各个計算管段的編号如下:立管編以一个与图上立管号碼相同的号数;干管管段編以两个号数,这两个号数相当于管段末端和始端的立管号数。

对于引水管和立管本身的直徑相等的那种立管,就标出一个直徑;对于引水管和立管本身的直徑不相等的那种立管,就标出两个直徑:左边——立管的直徑,右边——引水管的直徑。

我們从进水的最近一根立管 № 1 开始計算。取它的水流量为 250 公斤/小时后,我們求得水的温度差:

$$\Delta t = \frac{Q}{G} = \frac{5900}{250} = 23.6^{\circ}.$$

編 號	Q	l	d	$\frac{\lambda}{d}$	$\frac{\lambda}{d} l$	$\Sigma \xi$	$\frac{\lambda}{d} l + \Sigma \xi$	H	G 計算的	Δt 計算的	K	G 實際的	Δt 實際的
1	5,900	—	$3/4 \times 3/4$	—	—	—	7.48	150.0	250	23.6	0.91	228	26.0
2	6,800	—	$3/4 \times 3/4$	—	—	—	56.5	151.8	286	23.8	0.91	260	26.1
2—3	12,700	12	1	1.4	16.8	2	18.8	70.0	536	—	—	—	—
3	6,800	—	$3/4$	—	—	—	76.0	221.8	305	22.3	—	277	24.5
3—4	19,500	8	$1 1/4$	0.97	7.8	3	10.8	31.6	841	—	—	—	—
4	5,000	—	$1/2$	—	—	—	71.0	253.4	180	27.7	0.91	164	30.5
4—5	24,500	16	$1 1/2$	0.8	12.8	2	14.8	36.3	1021	—	—	—	—
5	4,800	—	$1/2 \times 1/2$	—	—	—	73.0	289.7	195	24.6	0.91	177	27.1
5—ΓC 5—A	29,300	8	2	0.58	4.6	6	10.6	$\frac{13.4}{303.1}$	1216	—	—	—	—
10	4,300	—	$3/4$	—	—	—	96.0	95.7	175	24.6	0.92	161	26.7
9	6,400	—	$3/4 \times 3/4$	—	—	—	50.0	95.0	242	26.4	0.92	223	28.9
9—8	10,700	12	1	1.4	16.8	2	18.8	42.0	417	—	—	—	—
8	8,000	—	$1 \times 3/4$	—	—	—	67.0	137.0	402	20.0	0.92	370	21.6
8—7	18,700	12	$1 1/4$	0.97	11.6	2	13.6	35.6	819	—	—	—	—
7	6,900	—	$3/4 \times 3/4$	—	—	—	50.0	172.6	330	20.9	0.92	304	22.7
7—6	25,600	8	$1 1/4$	0.97	7.8	2	9.8	49.8	1149	—	—	—	—
6	6,300	—	$3/4$	—	—	—	76.0	222.4	305	20.6	0.92	281	22.4
6—ΓC 6—A	31,900	10	$1 1/2$	0.8	8.0	6	14.0	$\frac{71.9}{294.3}$	1454	—	—	—	—

取引水管和立管的直徑同為 $3/4''$ ，我們在附录表5上查得，在四層房屋中從熱水干管到回水干管的範圍內，立管全長的阻力值 $\xi = 50$ 。因為干管管段1—2是立管全長的末端立管，所以管段1—2的阻力就必須加到立管的阻力上去。

干管管段1—2長12公尺。它的直徑取等於立管的直徑—— $3/4''$ 。 $\phi 3/4''$ 管道每1延公尺的摩擦阻力 $\frac{\lambda}{d} = 1.9$ （由附录表9查得）；干管管段1—2的局部阻力之和採取為2；因而，該管段的阻力

为： $\xi_{\text{管段}} = \frac{\lambda}{d} l + \Sigma \xi = 1.9 \times 12 + 2 = 24.8$ ，而立管№1的全部阻力为：

$$\xi_{\text{立管}} = 50 + 24.8 = 74.8。$$

从附录表2查得立管的水流量和阻力后，我們就能算出立管的压力损失。

表1、2、3、4内所列的 ξ 值是在1~15的范围内；同时，立管№1的 ξ 值比较大些。

在这种情况下，我們在表内查得接近于 $1/10$ 已知值的 ξ 值，也就是说，不是74.8而是7.5。同时在表的上部（这里列有相应于任何直径的管道的水流量值），我們找出接近于与立管的已知直径相适应的已知水流量，这流量，正如从表中查得那样，等于247公斤/小时。在下部，在水流量=247公斤/小时的表上的纵栏与 $\xi=7.5$ 的横栏相交处，我們找到压力损失的数值 $H=15$ 公厘水柱。

既然 ξ 值取为实际数值的 $1/10$ ，那末必须把所求得的 H 值增加到10倍，也就是说 $H=150$ 公厘水柱。

求出压力降的大小是为了计算下一根立管№2，其计算法是按已知的压力损失值和立管的阻力值去决定管内的水流量。

从管网布置图可以看出，立管№2是由一部分双向立管和一部分单向立管混合组成的。表内没有列入这种立管的阻力值，而必须根据立管的种类和其楼层部件的数量来计算。该立管有：顶楼部件、地下室部件、三个双向部件和一个单向部件。

取立管的直径和它的双向部件内的引水管的直径均为 $3/4$ "后，我們利用附录表8，就可以求得立管的 ξ ：

$$\xi_{\text{立管}} = 8.5 \times 3 + 15.2 + 15.8 = 56.5。$$

然后，按附录表2求出立管的水流量。为此，我們就在表的 ξ 栏上找到接近于 $1/10$ 已知值的 ξ 值，也就是说，不是56.5而是5.75；

然后,在 横 栏上,我們从右边找到接近于 $1/10$ 已知值的 H 值,这一次,它等于 15.18 公厘水柱;最后,在流量表的 纵 栏 上,我們找到立管已知直径为 $3/4$ " 时的水流量,它等于 286 公斤/小时。

当立管内水的热負荷等于 6800 千卡/小时时,立管内的水的温度差为:

$$\Delta t = \frac{6800}{286} = 23.8^{\circ}.$$

其次,我們就要計算干管管段 2—3。它的水 流量为立管 №1 和立管 №2 的水流量的和:

$$G_{2-3} = 250 + 286 = 536 \text{ 公斤/小时}.$$

取管段的直径为 1", 求得管段的阻力如下:

$$\xi_{2-3} = 1.4 \times 12 + 2.0 = 18.8.$$

根据求出的管段内水流量和阻力,再利用附录表 2, 我們算出管段的压力損失 $H = 70.0$ 公厘水柱。

立管 №3 的計算压力为立管 №2 和干管管段 2—3 二者压力降的和。

$$\text{立管 №3 的 } H = 154.8 + 70.0 = 221.8 \text{ 公厘水柱}.$$

立管 №3、4、5, 干管管段 3—4、4—5、5—ГC、5—A 以及立管环管 №6—10 等的計算与上述計算相似。

由于計算二个环管的结果, 我們求得: 环管 1—5 的水流量等于 1216 公斤/小时, 环管内全部压力損失 $H = 303.1$ 公厘水柱。环管 №6—10 的水流量为 1454 公斤/小时, 全部压力損失 $H = 294.3$ 公厘水柱。

系統的二个环管的压力損失應該是彼此相等的。管網内水流量与其压力損失值的平方根成正比。根据这一个条件, 取立管环管 №6—10 的压力損失等于立管环管 №1—5 的压力損失, 我們算出立管环管 №6—10 的水流量:

$$G'_{6-10} = G_{6-10} \sqrt{\frac{H_{1-5}}{H_{6-10}}} = 1454 \times \sqrt{\frac{303.1}{294.3}} = 1476 \text{ 公斤/小时}。$$

当它们的压力相等时，系统的二环管内的总水流量为水流量 G_{1-5} 和 G'_{6-10} 的和，即 $1216 + 1476 = 2692$ 公斤/小时。但是，根据全苏标准(OCT)，在系统的总温度差保持在 25° 的条件下，总水流量应该等于：

$$G_{\text{總的}} = \frac{Q_{\text{總的}}}{25} = \frac{29300 + 31900}{25} = 2448 \text{ 公斤/小时}。$$

在遵守平方阻力定律的管网内，当总水流量发生变化时，所有管段内的水流量按比例变化。根据这一点，计算时所得的立管环管内的水流量应按总水流量的变化比例地重新予以计算。

$$K = \frac{G_{\text{總的}}}{G_{\text{計算的}}} = \frac{2448}{2692} = 0.91$$

由此，立管环管 №1—5 的 G (有效的) 为：

$$G_{\text{Д1-5}} \times K = 1216 \times 0.91 = 1107 \text{ 公斤/小时}，$$

立管环管 №6—10 的 G (有效的) 为：

$$G_{\text{Д6-10}} \times K = 1416 \times 0.91 = 1343 \text{ 公斤/小时}。$$

每一环管的有效压力损失由管内新的水流量来决定，而且损失是彼此相等；既然它们彼此相等，那末就可按一个环管的数据来求有效压力损失。

$$\text{立管环管 №1—5 的 } H_{\text{(有效的)}} = H_{\text{計算的 1-5}} \times \left(\frac{G_{\text{有效的 1-5}}}{G_{\text{計算的 1-5}}} \right)^2$$

$$= 303.1 \times \left(\frac{1107}{1216} \right)^2 = 251.6 \text{ 公厘水柱}。$$

求出主要立管的压力损失和两根立管的总回水干管管段的压力损失，并把这些损失加在环管的损失上去，我们就求得系统的全部压力损失。

每一个环管各立管内的有效水流量随着环管的总水流量的变化比例地变化。

每一环管的各立管的比例系数为：

$$K_{1-5} = \frac{G_{\text{有效的} \cdot 1-5}}{G_{\text{計算的} \cdot 1-5}} = \frac{1107}{1216} = 0.91;$$

$$K_{6-10} = \frac{G_{\text{有效的} \cdot 6-10}}{G_{\text{計算的} \cdot 6-10}} = \frac{1343}{1454} = 0.92。$$

决定了各立管的有效水流量以后，并知道了后者的热负荷，我们就可以求得各立管内水的有效温度差；然后，根据水的有效温度差来计算放热器的必需放热面。

3. 同程式管网的计算

同程式管道的环管从进水的的第一根立管开始计算；同时，必须预先规定第一根立管的水流量和环管的总水流量。位在已计算过的立管以后的下一根热水干管管段内的水流量为干管整个管段和立管二者水流量的差数。

下一根立管的计算压力为前一根立管与连接两立管的干管管段中的压力降的差数。

当已知立管的安装布置图时，第二根立管的水流量由立管压力降的相应表内的数据来决定。

两根立管的总回水干管管段中的水流量为该两立管水流量的和。

类似地对所有环管进行计算。

对于最末一根立管，其水流量和压力损失将在计算后求得。

也可以从进水的 最末一根立管 开始进行计算。在这种情况下，所有上述的(热水干管内水流量的)计算就用来决定回水干管内的水流量。

相邻二环管内的压力降的协调，按照系统内总水流量计算各立管的水流量，以及确定全部有效压力损失等都同计算死巷式管网时一样进行。

在所有情况下，计算时都不考虑附加自然压力。

4. 系统支管内水流量的协调

在系统有几根环管的情况下(图2)，它们水流量的协调说明如下：

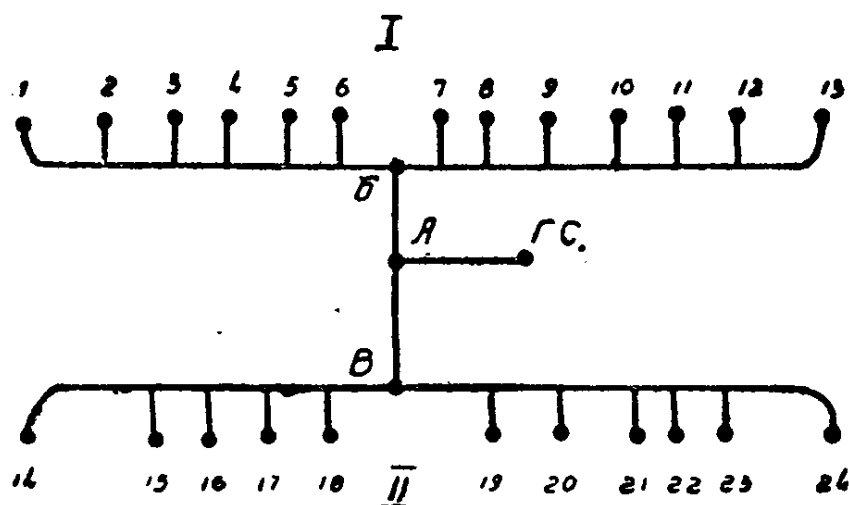


圖 2 暖气系统的分支配水管網布置

环管 1-B 和 13-B 的协调

环	管	千 卡 / 小 时	G 計算的公斤/小时	H 計算的公厘水柱
1-B		35,000	1250	165
13-B		26,000	1000	143
协调以后有:				
1-B		35000	1250	165
13-B		26000	1070	165
		61000	2320	

管段BA的压力損失——89公厘水柱。

A点的压力—— $89 + 165 = 254$ 公厘水柱。

环管 14-B 和 24-B 的协调

环 管	千 卡 / 小 时	$G_{\text{計算的}}$ 公斤/小时	$H_{\text{計算的}}$ 公厘水柱
14-B	42000	1560	180
24-B	24000	820	167

協 調 以 后 有:

14-B	42000	1500	180
24-B	<u>24000</u>	<u>850</u>	180
	66000	2410	

管段BA的压力損失——100公厘水柱。

A点的压力—— $100 + 180 = 280$ 公厘水柱。

半 系 統 的 協 調

半 系 統	千 卡 / 小 时	$G_{\text{計算的}}$ 公斤/小时	$H_{\text{計算的}}$ 公厘水柱
I	61000	2320	254
II	66000	2410	280

協 調 以 后 有:

I	61000	2320	254
II	<u>66000</u>	<u>2300</u>	254
	127000	4620	

系統內的必需水流量:

$$127000 \div 25 = 5080 \text{ 公斤/小时};$$

系統的K—— $5080 \div 4620 = 1.1$ 。

半系統Ⅰ內的有效水流量：

$$2320 \times 1.1 = 2550 \text{ 公斤/小时；}$$

半系統Ⅰ的 K —— $2550 \div 2320 = 1.1$ 。

半系統Ⅰ环管內的有效水流量：

$$\text{环管 1-B內——} 1250 \times 1.1 = 1375 \text{ 公斤/小时；}$$

$$\text{环管13-B內——} 1070 \times 1.1 = 1175 \text{ 公斤/小时；}$$

半系統Ⅰ环管的各立管的 K ：

$$\text{对于环管 1-B } K = 1375 \div 1250 = 1.1；$$

$$\text{对于环管13-B } K = 1175 \div 1000 = 1.18。$$

半系統Ⅱ內的有效水流量：

$$2300 \times 1.1 = 2530 \text{ 公斤/小时；}$$

半系統Ⅱ的 K —— $2530 \div 2410 = 1.05$ 。

半系統Ⅱ环管內的有效水流量：

$$\text{环管14-B內——} 1560 \times 1.05 = 1640 \text{ 公斤/小时；}$$

$$\text{环管24-B內——} 850 \times 1.05 = 890 \text{ 公斤/小时；}$$

半系統Ⅱ环管的各立管的 K ：

$$\text{对于环管14-B} = 1640 \div 1560 = 1.05；$$

$$\text{对于环管24-B} = 890 \div 820 = 1.09。$$

5. 用計算尺計算

用附录內所示的专用計算尺，可迅速地完成上述計算。

此計算尺由三个尺組成：流量、压力及阻力，其中压力尺是滑动的。

使压力降的数值与管网的計算管段的阻力值相重合，我們就可以在滑尺始綫所对的流量尺上讀出已知直径的管道的水流量。

把滑尺的始綫放在已知的流量上，我們就能在滑尺上与管段阻力值相重合的綫上讀出压力降的数值。

工程师И.С.里別尔

編輯：列宁格勒科技宣傳处工程师A.A.阿姆費罗希耶夫

責任編輯：列宁格勒科技宣傳处总工程师K.A.沙古林

技术顧問：Д.П.弗列盖尔

附 錄 (表1~9)

表 1

d	水 流 量 公 斤 / 小 时																	d
1/2"	75	80	85	87	90	93	95	100	105	108	110	115	120	123	125	128	130	1/2"
3/4"	135	141	148	155	163	169	175	181	187	194	201	206	212	218	225	231	239	3/4"
1"	220	230	240	252	263	272	281	292	303	313	324	333	344	352	360	370	379	1"
1 1/4"	302	318	324	344	364	377	390	412	434	450	466	483	500	515	530	547	565	1 1/4"
1 1/2"	510	533	555	580	605	627	650	673	697	721	745	769	793	815	838	859	882	1 1/2"
2"	855	893	930	966	1005	1046	1086	1123	1160	1202	1244	1282	1326	1358	1395	1435	1475	2"
2 1/2"	1405	1470	1535	1597	1660	1730	1800	1855	1920	1980	2060	2145	2170	2235	2300	2365	2430	2 1/2"
70/76	1515	1583	1650	1690	1760	1822	1895	1957	2030	2100	2167	2235	2305	2372	2440	2507	2575	70/76
82/89	2670	2786	2855	2940	3044	3139	3233	3318	3410	3495	3580	3674	3757	3840	3925	4007	4090	82/89
100/108	3100	3220	3320	3420	3555	3655	3755	3850	4020	4135	4250	4435	4645	4770	4920	5050	5150	100/108
0.11	0.115	0.12	0.125	0.13	0.135	0.14	0.145	0.15	0.155	0.16	0.165	0.17	0.175	0.18	0.185	0.19	0.195	0.11
100	0.60	0.66	0.72	0.78	0.85	0.91	0.98	1.05	1.12	1.19	1.28	1.36	1.44	1.53	1.62	1.71	1.80	100
125	0.75	0.82	0.90	0.97	1.05	1.14	1.22	1.31	1.40	1.49	1.60	1.70	1.80	1.91	2.03	2.14	2.25	125
150	0.90	0.99	1.08	1.17	1.27	1.37	1.47	1.58	1.68	1.79	1.92	2.04	2.16	2.30	2.43	2.57	2.70	150
175	1.05	1.15	1.26	1.37	1.48	1.60	1.71	1.84	1.96	2.09	2.24	2.38	2.52	2.68	2.84	3.00	3.15	175
200	1.20	1.32	1.44	1.56	1.70	1.82	1.95	2.10	2.24	2.38	2.56	2.72	2.83	3.06	3.24	3.42	3.60	200
225	1.35	1.48	1.62	1.75	1.91	2.05	2.20	2.37	2.52	2.68	2.88	3.06	3.24	3.44	3.64	3.85	4.05	225
250	1.50	1.64	1.80	1.95	2.12	2.28	2.45	2.63	2.80	2.98	3.20	3.40	3.60	3.82	4.04	4.28	4.50	250
275	1.65	1.80	1.98	2.15	2.33	2.51	2.70	2.83	3.08	3.28	3.52	3.74	3.96	4.20	4.45	4.71	4.95	275
300	1.80	1.98	2.16	2.34	2.55	2.73	2.94	3.15	3.36	3.57	3.84	4.08	4.32	4.59	4.86	5.13	5.40	300
325	1.95	2.14	2.34	2.53	2.75	2.95	3.19	3.41	3.64	3.87	4.16	4.42	4.68	4.97	5.27	5.56	5.85	325
350	2.10	2.30	2.52	2.73	2.97	3.19	3.44	3.67	3.92	4.17	4.48	4.76	5.04	5.35	5.67	5.99	6.30	350
375	2.25	2.46	2.70	2.91	3.16	3.42	3.69	3.93	4.20	4.47	4.80	5.10	5.40	5.73	6.08	6.42	6.75	375
400	2.40	2.64	2.88	3.12	3.40	3.64	3.92	4.20	4.48	4.76	5.12	5.44	5.76	6.12	6.48	6.84	7.20	400
425	2.55	2.80	3.06	3.32	3.61	3.87	4.17	4.46	4.76	5.06	5.44	5.76	6.12	6.50	6.88	7.27	7.65	425
450	2.70	2.95	3.24	3.51	3.82	4.10	4.41	4.72	5.04	5.36	5.76	6.12	6.48	6.88	7.28	7.70	8.10	450
475	2.85	3.12	3.42	3.71	4.03	4.33	4.66	4.98	5.32	5.66	6.08	6.46	6.84	7.28	7.68	8.13	8.55	475
500	3.00	3.30	3.60	3.90	4.25	4.55	4.90	5.25	5.60	5.95	6.40	6.80	7.20	7.65	8.10	8.55	9.00	500
525	3.15	3.46	3.78	4.09	4.46	4.78	5.15	5.51	5.88	6.25	6.72	7.14	7.56	8.03	8.51	8.98	9.45	525
550	3.30	3.63	3.96	4.29	4.68	5.01	5.39	5.80	6.16	6.55	7.04	7.48	7.92	8.41	8.91	9.41	9.90	550
575	3.45	3.75	4.14	4.48	4.90	5.24	5.64	6.14	6.44	6.85	7.36	7.82	8.28	8.79	9.32	9.84	10.35	575
600	3.60	3.96	4.32	4.58	5.10	5.46	5.88	6.30	6.72	7.14	7.68	8.16	8.64	9.18	9.72	10.26	10.80	600
625	3.75	4.12	4.50	4.87	5.31	5.69	6.13	6.56	7.00	7.44	8.00	8.50	9.00	9.56	10.14	10.69	11.25	625
650	3.90	4.29	4.68	5.07	5.53	5.92	6.37	6.81	7.28	7.74	8.32	8.84	9.35	9.94	10.55	11.12	11.70	650
675	4.05	4.45	4.93	5.26	5.73	6.15	6.62	7.07	7.56	8.04	8.64	9.18	9.72	10.30	10.96	11.55	12.15	675
700	4.20	4.62	5.04	5.45	5.95	6.37	6.85	7.35	7.84	8.33	8.96	9.52	10.08	10.71	11.34	11.97	12.60	700
725	4.35	4.78	5.22	5.66	6.16	6.60	7.11	7.61	8.12	8.63	9.18	9.86	10.44	11.08	11.75	12.40	13.05	725
750	4.50	4.94	5.40	5.86	6.37	6.83	7.36	7.87	8.40	8.93	9.50	10.20	10.80	11.47	12.16	12.83	13.50	750
775	4.65	5.10	5.58	6.05	6.58	7.05	7.61	8.13	8.68	9.23	9.82	10.54	11.16	11.85	12.57	13.26	13.95	775
800	4.80	5.28	5.76	6.24	6.80	7.28	7.84	8.40	8.96	9.52	10.24	10.88	11.52	12.24	12.96	13.68	14.40	800
825	4.95	5.44	5.94	6.44	7.01	7.51	8.05	8.56	9.24	9.82	10.56	11.22	11.88	12.62	13.37	14.11	14.85	825
850	5.10	5.60	6.12	6.64	7.22	7.74	8.34	8.92	9.52	10.12	10.88	11.66	12.44	13.00	13.78	14.54	15.30	850
875	5.25	5.76	6.30	6.84	7.43	7.97	8.59	9.18	9.80	10.42	11.20	11.90	12.60	13.38	14.19	14.97	15.75	875
900	5.40	5.94	6.48	7.02	7.65	8.19	8.82	9.45	10.08	10.71	11.52	12.24	12.96	13.77	14.58	15.39	16.20	900
925	5.55	6.10	6.66	7.22	7.85	8.42	9.07	9.71	10.36	11.01	11.84	12.58	13.32	14.15	14.99	15.82	16.65	925
950	5.70	6.26	6.84	7.41	8.07	8.65	9.38	9.97	10.64	11.31	12.16	12.92	13.68	14.53	15.40	16.25	17.10	950
975	5.85	6.43	7.02	7.61	8.29	8.88	9.57	10.23	10.92	11.60	12.48	13.26	14.04	14.91	15.81	16.68	17.55	975
1000	6.00	6.60	7.20	7.80	8.50	9.10	9.80	10.50	11.20	11.90	12.80	13.60	14.40	15.30	16.20	17.10	18.00	1000
1050	6.30	6.93	7.56	8.19	8.92	9.55	10.29	11.03	11.76	12.50	13.44	14.28	15.12	16.06	17.01	17.96	18.90	1050
1100	6.60	7.26	7.92	8.58	9.35	10.01	10.76	11.55	12.32	13.09	14.08	14.86	15.84	16.83	17.82	18.81	19.80	1100
1150	6.90	7.59	8.28	8.97	9.78	10.46	11.27	12.08	12.90	13.69	14.72	15.64	16.56	17.59	18.63	19.67	20.70	1150
1200	7.20	7.92	8.64	9.36	10.20	10.92	11.76	12.60	13.44	14.28	15.36	16.32	17.28	18.36	19.44	20.52	21.60	1200
1250	7.50	8.25	9.00	9.75	10.63	11.37	12.25	13.13	14.00	14.88	16.00	17.00	18.00	19.12	20.25	21.38	22.50	1250
1300	7.80	8.58	9.36	10.14	11.03	11.83	12.74	13.65	14.56	15.47	16.60	17.68	18.72	19.89	21.06	22.23	23.40	1300
1350	8.10	8.91	9.72	10.53	11.48	12.38	13.23	14.18	15.12	16.07	17.20	18.36	19.54	20.65	21.87	23.09	24.30	1350
1400	8.40	9.24	10.08	10.92	11.90	12.74	13.72	14.70	15.68	16.66	17.90	19.04	20.16	21.42	22.66	23.96	25.20	1400
1450	8.70	9.57	10.44	11.31	12.33	13.19	14.21	15.23	16.24	17.26	18.56	19.72	20.88	22.18	23.49	24.80	26.10	1450
1500	9.00	9.90	10.80	11.70	12.75	13.65	14.70	15.75	16.90	17.85	19.20	20.44	21.60	22.95	24.30	25.65	27.00	1500