

火 场 供 水

朱 吕 通

群 众 出 版 社

火 场 供 水

朱吕通 著

群 众 出 版 社

一九八四年·北京

火 场 供 水

朱 吕 通 著

群众出版社出版 新华书店北京发行所发行
贵州新华印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 13.75印张 338千字

1984年5月第1版 1984年5月贵州第1次印刷

统一书号：13067·81 定价：1.95元

印数：00001—10000册

前 言

水是主要灭火剂，能否有效地供应火场用水，直接影响扑救火灾的效果。

为保卫我国社会主义现代化建设和人民生命财产的安全，适应当前消防工作的需要，作者在总结教学和实践经验的基础上，写了这本《火场供水》。介绍火场供水基本知识，供读者参考。

郭凤桐等同志对本书提供了部分试验数据，在此，表示谢意。

作 者

一九八二年四月

目 录

前 言

第一篇 消防水力学知识	(1)
第一章 水的性质	(2)
第一节 水的物理性质	(2)
第二节 水的化学性质	(11)
第二章 消防静水力学	(15)
第一节 水压力	(15)
第二节 连通器内水的平衡	(22)
第三节 虹吸作用	(24)
第四节 毛细现象	(25)
第五节 静水压力的传递	(26)
第六节 静水压力图	(28)
第七节 水带耐压强度的计算	(30)
第八节 浮力	(33)
第九节 潜体的平衡和稳定	(34)
第十节 消防艇的稳定	(35)
第十一节 测量水压的仪表	(37)
第三章 消防水力学	(41)
第一节 水运动的类型	(41)
第二节 水流的连续性方程式	(42)
第三节 伯诺里方程式	(44)
第四节 管道、水带水头损失公式	(51)
第五节 水锤作用	(55)
第六节 孔板压力损失	(57)

第二篇 火场供水中的水力计算	(60)
第一章 供水系统的水力计算	(61)
第一节 消防水枪射流.....	(61)
第二节 水带系统的水力计算.....	(82)
第二章 泡沫系统水力计算	(102)
第一节 泡沫灭火设备水力计算.....	(102)
第二节 泡沫灭火线路水力计算.....	(113)
第三章 消防车供水计算	(116)
第一节 消防水泵的性能.....	(116)
第二节 离心水泵的并联和串联.....	(119)
第三节 消防车水泵压力计算.....	(122)
第四节 消防车水泵压力估算.....	(138)
第五节 消防车最大供水距离的计算.....	(145)
第六节 消防车最大供泡沫距离.....	(154)
第七节 消防车最大供水高度.....	(157)
第八节 消防车串联最大供水距离计算.....	(165)
第九节 火场运水.....	(169)
第十节 接力供水和运水供水的选择.....	(171)
第十一节 消防水泵与排吸器的联合使用.....	(173)
第十二节 消防给水管道的运用.....	(180)
第三篇 火场供水力量的计算	(184)
第一章 火场消防用水量	(185)
第一节 影响建筑物火场用水量的因素.....	(185)
第二节 火场消防用水量.....	(214)
第二章 火场供水战斗车数量的计算	(224)
第一节 丙类火灾危险性的厂房和库房、三级耐火等级的公共建筑物火场供水战斗车数量的计算.....	(224)

第二节	易燃材料堆场和棚户区火场供水战斗车数量的计算·····	(230)
第三节	高层民用建筑火场供水战斗车数量的计算·····	(243)
第四节	油品厂房和库房以及液体桶装堆场的火场供水战斗车数量的计算·····	(245)
第五节	露天生产装置区火场供水战斗车数量的计算·····	(247)
第六节	易燃、可燃液体储罐火场供水战斗车数量的计算·····	(254)
第七节	卧式油罐火场供水战斗车数量的计算·····	(289)
第八节	液化石油气储罐火场供水战斗车数量的计算·····	(293)
第九节	液下喷射泡沫灭火系统火场供水战斗车数量的计算·····	(298)
第十节	抗溶性泡沫灭火系统火场供水战斗车数量的计算·····	(307)
第三章	火场供水计划·····	(315)
第一节	确定消防重点保卫单位·····	(315)
第二节	绘制重点单位的平面图·····	(316)
第三节	计算供水战斗车数·····	(317)
第四节	确定水源的供水能力·····	(318)
第五节	确定水源的供水方法·····	(319)
第六节	确定重点保卫单位供水车总数·····	(320)
第七节	确定使用水源的顺序·····	(321)
第八节	落实火场供水力量·····	(322)
第九节	决定第一出动供水力量·····	(323)
第十节	火场供水演习·····	(330)

第十一节	火场供水计划举例·····	(331)
第四章	火场供水指挥·····	(337)
第四篇	水源建设和管理·····	(340)
第一章	消防给水系统·····	(341)
第一节	城市消防给水系统·····	(341)
第二节	室外消防用水量·····	(345)
第三节	室外管网设计要求·····	(348)
第四节	消防水池·····	(350)
第五节	室内消防给水系统·····	(351)
第六节	消防水泵房·····	(362)
第二章	农村消防给水设施·····	(364)
第一节	农村简易消防给水系统·····	(364)
第二节	农村简易供水设施·····	(384)
第三章	消防水源的管理·····	(400)
第一节	消防给水的建审工作·····	(400)
第二节	消防供水图·····	(403)
第三节	水源手册·····	(405)
第四节	火场供水分析研究工作·····	(407)
附录一	火场供水速算盘·····	(409)
附录二	常用单位换算表·····	(416)
附录三	遇水燃烧物质·····	(425)
附录四	金属圆筒形立式罐容量与直径、高度、 周长、面积之间的关系·····	(428)
附录五	常用计算公式·····	(429)

第一篇 消防水力学知识

消防水力学是研究消防给水和火场供水实践中水的平衡和运动规律的一门应用科学。消防水力学的任务是应用流体力学的基本理论，加上消防水力试验数据以及经验公式来解决消防给水和火场供水实践中的实际问题。

随着火场供水技术的发展，消防水力学已成为消防指战员不可缺少的知识。例如在火场上消防给水管道的使用、火场供水方法的运用、火场供水的科学指挥，以及消防水源的建设等，均要求消防人员具有消防水力学知识。掌握消防水力学知识，可以提高分析火场供水问题和解决火场供水问题的能力。

第一章 水的性质

水是主要灭火剂。合理用水可以有效地扑灭火灾，若使用不当，亦会出现问题，造成不必要的损失。因此，在研究消防水力学之前，需要简要地介绍水的物理性质和化学性质。

第一节 水的物理性质

水是无色无味无臭的液体。水没有固定的形状，随着容器的形状而变化，但有一定的体积。水几乎不能压缩，但能传递压力。

1. 水的密度和容重

单位体积内水的质量称为水的密度，即

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (1-1-1)$$

式中： ρ ——水的密度，公斤·秒²/米⁴；

V ——水的体积，米³；

M ——水的质量，公斤·秒²/米

水受地心引力作用有重量。单位体积内水的重量称为水的容重。

$$r = \frac{W}{V} \quad (1-1-2)$$

式中： r ——水的容重，公斤/米³；

W ——水的重量，公斤；

V ——水的体积，米³

水的容重和密度的关系，根据物体的重量 W 等于物体的质量 M 与重力加速度 g 的乘积，即

$W = Mg$ ，将等号两边除以体积 V ，则得：

$$\frac{W}{V} = \frac{M}{V} g$$

$$r = \rho g \quad (1-1-3)$$

式中： r ——水的重量，公斤/米³；

ρ ——水的密度。

g ——9.81米/秒²

消防用水以水的容重来度量。水在4℃时容重最大，此时1升纯净的水重为1公斤，1米³的水重为1吨。若水中含有杂质，水的容重就会发生变化，例如海水中含有盐份就比淡水重，一般海水容重为1.03公斤/升。

2. 水的压缩性和膨胀性

(1) 水的压缩性

在外界的压力作用下，水体积缩小的性质称为水的压缩性。

当水温不变，外力每增加1公斤/厘米²时，水体积相对缩小量（体积压缩系数）为：

$$\beta_{\text{水}} = -\frac{V_1 - V_2}{V_1 P_{\text{增}}} \quad (1-1-4)$$

式中： $\beta_{\text{水}}$ ——水体积压缩系数，厘米²/公斤；

V_1 ——压缩前水的体积，厘米³；

V_2 ——压缩后水的体积，厘米³；

$P_{\text{增}}$ ——压强增加值，公斤/厘米²；

体积压缩系数的倒数称为弹性系数，即

$$E_0 = \frac{1}{\beta_{\text{水}}} \quad (1-1-5)$$

式中 E_0 的度量单位为公斤/厘米²。

根据实测，在常温下水的体积随压强的变化很小，一般采用

$$\beta_{\text{水}} = \frac{1}{20700} \text{厘米}^3/\text{公斤}。 \text{即弹性系数 } E_0 = 20700 \text{公斤/厘米}^2。$$

例：在常温下水的压强从1公斤/厘米²增加到100公斤/厘米²，试问水的体积缩小百分之几？

解：根据公式1-1-4，水体积缩小百分比为：

$$\frac{V_1 - V_2}{V_1} = \beta_{\text{水}} P_{\text{增}} = \frac{1}{20700} (100 - 1) = 0.48\%。$$

从例题中可见，水的压缩性很小，压力从1公斤/厘米²增加到100公斤/厘米²，水体积减小不到0.5%，因此，在消防设计和火场供水计算中不考虑水的压缩性，把水看作不可压缩的流体。

(2) 水的膨胀性

水温升高时体积增大的性质称为水的膨胀性。

当压力不变，水温增加1℃时，水体积的相对增大量（体积膨胀系数）为：

$$\beta_t = \frac{V_2 - V_1}{V_1 t_{\text{增}}} \quad (1-1-6)$$

式中： β_t ——水体积膨胀系数，1/℃；

V_1 ——膨胀前水的体积，厘米³；

V_2 ——膨胀后水的体积，厘米³；

$t_{\text{增}}$ ——温度的升高值，℃

根据试验，在1大气压下10~20℃的水，水体积膨胀系数 $\beta_t = 150 \times 10^{-6}$ ，1/℃。即温度升高1℃，水的体积增加万分之一点五。70~95℃的水，水体积膨胀系数 $\beta_t = 600 \times 10^{-6}$ ，1/℃。即温度升高一度，水的体积增加万分之六。这些变化均较小。因此，在消防设计和火场供水均可略去不计。

在1大气压下，不同温度时的水容重如表1-1-1。

水在一个大气压下不同温度时的容量

表1-1-1

水温 (°C)	容重 (公斤/米 ³)	水温 (°C)	容重 (公斤/米 ³)
0	999.87	52	987.15
2	999.97	54	986.21
4	1000.00	56	985.25
6	999.97	58	984.25
8	999.88	60	983.24
10	999.73	62	982.20
12	999.52	64	981.13
14	999.27	66	980.05
16	998.97	68	978.94
18	998.62	70	977.81
20	998.23	72	976.66
22	997.80	74	975.48
24	997.32	76	974.29
26	996.81	78	973.07
28	996.26	80	971.83
30	995.67	82	970.57
32	995.05	84	969.30
34	994.40	86	968.00
36	993.71	88	966.68
38	992.99	90	965.34
40	992.24	92	963.99
42	991.47	94	962.61
44	990.66	96	961.22
46	989.82	98	959.81
48	988.96	100	958.38
50	988.07		

水经过压缩或膨胀，体积虽然缩小或增大，但水的重量或质量是不变的，而水的密度和容重则相应地有所增大或减小。由于温度不同相应的水容重（或密度）不同，造成水的自然对流，利用这个原理，在供热工程中可以设计自然循环热水采暖系统。液体温度升高，体积要增大，因此，储存液体灭火剂的密闭容器，都规定充装比，以免液体温度升高，容器遭到损坏。

例：有一容器内装50公斤的水，水温从50℃上升至90℃，试求由于温度升高而增加的体积。

解：从公式1-1-2 得知：

$$r = \frac{W}{V}, \quad V = \frac{W}{r}$$

设20℃时水的体积为 V_1 ，容重为 r_1 ；90℃时水的体积为 V_2 ，容重为 r_2 ，水的体积膨胀量为 $V_{\text{增}}$ ，则

$$V_{\text{增}} = V_2 - V_1 = \frac{W}{r_2} - \frac{W}{r_1} = W \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

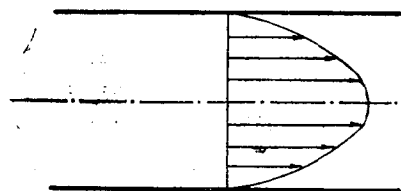
查表1-1-1，得： $r_2 = 965.34$ 公斤/米³， $r_1 = 998.23$ 公斤/米³， $W = 50$ 公斤

则膨胀增加体积：

$$V_{\text{增}} = 50 \left(\frac{1}{965.34} - \frac{1}{998.23} \right) = 1.7 \text{ 升}$$

3. 水的粘滞性

水在流动时水分子之间、水分子与管壁之间有摩擦力，由此产生阻力现象，称为水的粘滞性。



若将水在管道内流动作为无数薄层的运动，则各层流速不一样，如图1-1-1。

靠近管壁的流层，由于水分子贴附在管壁上，

图1-1-1 管内流速分布

流速等于0。管轴处的流层受管壁影响最小，因此流速最大。其中间流层，流速快的流层对流速慢的流层产生拖力，而流速慢的流层对流速快的流层产生阻挠拖动的阻力，拖力和阻力是一对大小相等、方向相反的力，通常称为粘滞力（内摩擦力）。由于水在管道（或水带）内流动要克服粘滞力，因此有能量损失。

水温对粘滞力有一定影响，水温越高，水的粘滞力越小。在火场供水时，水温一般为常温，变化不大，因而由于水温变化而造成的能量损失，可以略去不计。

4. 水的三态变化

水在常温下为液体，在常压下水温超过 100°C 时，蒸发成汽体。纯净的水，水温下降到 0°C 时，凝结成固体（称为冰）。水的这种三相变化（一般称为三态变化）具有下列特点：

水的热容量大：水温升高 1°C ，单位体积的水，需要吸收的热量，称为热容量。水比任何液体的热容量都大。1升水温度升高 1°C ，需要吸收1000卡的热量。若将1升常温的水（ 20°C ）喷洒到火源处，使水温升到 100°C ，则吸收热量8万卡（80仟卡）。液体的比热以水为标准，将水的比热作为1，则其他液体的比热均小于1。水的热容量最大，因而用水灭火，冷却效果最好。

水的汽化热高：单位体积的水，由液体变成气体，需要吸收的热量称为汽化热。水的汽化热很大。1升 100°C 的水，变成 100°C 的水蒸汽，需要吸收53.9万卡（539仟卡）的热量。因此，将水喷洒到火源处，使水迅速汽化成蒸汽，有良好的冷却作用。同时，水变成水蒸汽时体积扩大。1升水变成水蒸汽的体积扩大倍数，可用下述方法计算。

1升水重为1000克，1克分子水重为18克，1克分子水蒸汽体积为22.4升，则 $1000:18 = x:22.4$

$$x = \frac{22.4 \times 1000}{18} = 1244 \text{ 升水蒸汽}$$

火场温度很高，若按水蒸汽在火场内温度达到 150°C 计，而温度增高 1°C ，水蒸汽体积将比 0°C 时的体积增大 $\frac{1}{273}$ 。故在火场中水蒸汽的体积为：

$$\left(1 + \frac{150 \times 1}{273}\right) \times 1244 = 1927 \text{ 升}$$

水蒸汽是惰性气体，占据燃烧区空间，具有隔绝空气的窒息灭火作用。

从实验得知，水蒸汽占燃烧区的体积达 35% 时，火焰就将熄灭。因此，1 升水变成水蒸汽后，能惰性化的空间为：

$$1927 \div \frac{35}{100} = 5506 \text{ 升} = 5.506 \text{ 立方米}$$

由此可见，若使用雾状射流，将 1 升水喷洒到燃烧区，使其迅速变成水蒸汽，将吸收热量 539 仟卡，若加上水的吸热量 80 仟卡，则共计 619 仟卡的热量，并使 5.5 立方米的空間惰性化，使火焰熄灭。

水结成冰体积增大：纯净的水温度下降到 0°C ，开始凝结成冰。水结成冰时，泄放出溶解热 79.7 仟卡/升。水结成冰，由液体状态变成固体状态，水分子间的距离增大，因而体积随之扩大。因此，消防储水容器在冬季应进行保温，防止结冰，以免水结成冰时体积扩大，致使消防容器（或存有水的设备）损坏。

含有食盐或氯化钙的水，冰点将降低。含量越多，冰点也越低。如表 1-1-2 和表 1-1-3。

含有食盐的水的冰点

表 1-1-2

食盐含量 (%)	1	5	10	15	20	25
冰点 ($^{\circ}\text{C}$)	-0.5	-3.5	-7.5	-11	-14	-17

含有氯化钙的水的冰点

表1-1-3

氯化钙含量 (%)	6	12	18	24	30	36	48	60
冰 点 (℃)	-1.5	-3	-5	-8	-16	-20	-28	-43

在流动状态的水不易结冰，因为水的动能将部分地转化为热能。在冬季火场上，当消防队员需要转移阵地时，不应关闭水枪。若需要关闭时，应关小射流（保留小流量），使水仍处于流动状态，避免水带内的水结成冰，保持供水不中断，有效地扑灭火灾。

5. 湿润

有些物质与水接触将受潮（或吸水），而有些物质与水接触，不吸水或不易吸水。这与分子间的引力有关。

水分子之间有相互的吸引力，在水面形成表面张力。

水分子之间的吸引力称为内聚力。水与固体物质接触，则水分子与固体物质分子之间相互的吸引力称为附着力。

若水与固体物质接触，水分子之间的吸引力小于水分子与固体物质分子之间的吸引力时，水将渗浸固体物质，使其湿润难燃，例如水与木材、纸张接触。若水分子间的内聚力大于附着力，水就不能或不易湿润固体物质，例如水与棉花、油毡接触。

水能湿润的固体物质，用水灭火效果好；水不能湿润的固体物质，用水灭火效果就差。若能减小水的内聚力，水的湿润性就增大。

对用水不能湿润的固体物质火灾，用水扑救效果很差。若能在加入适量的拉开粉，减小水的内聚力，即提高水的湿润能力，可以提高水的灭火效果。

6. 溶解

溶质在水中扩散称溶解。物质能否在水中溶解，与物质分子