



高等学校消防专业规划教材

消防供水

余青原 主编



XIAOFANG
GONGSHUI



化学工业出版社

消防供水

余青原◎主 编

刘 彬◎副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书内容包括消防水力学基础、供水器材的技战术性能、消防车供水能力、火灾扑救的供水力量、应急救援的供水力量、消防水源、消防供水的组织指挥与供水计划、信息技术在消防供水中的应用。本书反映消防工作的新理论、新技术和新标准,突出消防指挥专业和抢险救援专业教育教学的实践性、应用性和实战性,内容精练,体例新颖,结构合理,立足于提高学生的整体素质,顺应消防工作的时代要求,贴近消防工作实际,是一本重在突出专业应用能力培养的图书。

本书可供全国消防院校消防指挥专业和抢险救援专业的教学,以及各类院校消防相关专业、基层消防干部、企事业单位专职消防人员的教育培训使用,也可作为有关消防工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

消防供水/余青原主编. —北京:化学工业出版社,
2018.8
ISBN 978-7-122-32544-0

I. ①消… II. ①余… III. ①消防给水-高等学校-
教材 IV. ①TU821.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第145351号

责任编辑:韩庆利
责任校对:王静

文字编辑:张绪瑞
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:三河市延风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张15 字数369千字 2018年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址:<http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:46.00元

版权所有 违者必究

前言

近年来,随着我国经济建设和社会发展进入到一个新的历史阶段,消防工作面临着前所未有的机遇和挑战,各种消防装备器材、应急救援技术手段及消防法律法规和技术标准也在不断更新、发展和完善。为适应新形势下高等职业教育教学的需要,满足教学发展需要,按照公安消防部队高等专科学校2016版消防指挥专业、抢险救援专业人才培养方案,以及“火场供水”教学大纲的要求,结合“火场供水”课程标准和课程建设的实际情况,在认真听取各方面建议和参阅国内同类优秀教材的基础上,我校组织相关教师编写了本教材。

教材作为教学开展的基础,它不仅反映着社会发展的要求,同时在某种程度上还直接决定着受教育者的培养质量。本教材凝聚了多年来从事教学的骨干教师的心血与汗水,在教材中注重体现新内容,力求使这本教材能够及时反映消防工作的新理论、新技术和新标准,突出消防指挥专业和抢险救援专业教育教学的实践性、应用性和实战性。本教材内容精练,体例新颖,结构合理,立足于提高学生的整体素质,顺应消防工作的时代要求,贴近消防工作实际,是一本重在突出专业应用能力培养的教材。本教材可供全国消防院校消防指挥专业和抢险救援专业的教学,以及各类院校消防相关专业、基层消防干部、企事业单位专职消防人员的教育培训使用,也可作为有关消防工程技术人员的参考资料。

本教材由余青原任主编,刘彬任副主编。参加编写人员分工如下:刘彬(绪论,第三章)、何娟娟(第一章)、黄中杰(第二章)、张旻(第四章第一至第三节)、袁凯(第四章第四至第六节)、余青原(第五章)、赵谢元(第六章)、王永西(第七章)、靳庆生(第八章)。

教材在编写过程中,得到兄弟院校及有关部门的大力支持和帮助,谨在此深表谢意。

由于时间仓促,我们学识水平有限,疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

目 录

绪 论

一、消防供水在灭火救援中的重要地位	2
二、消防供水研究的对象、目的和内容	3
三、消防供水课程的学习方法	3

第一章 消防水力学基础

第一节 水的主要物理性质	6
一、水的形态与冰点、沸点	6
二、水的密度和容重	6
三、水的比热容、汽化热和溶化热	8
四、水的黏滞性	9
五、水的溶解和湿润	9
六、水的导电性	9
第二节 静水压强	10
一、静水压强及其特性	11
二、水静力学基本方程	12
三、静水压强的表示方法和计量单位	14
第三节 水流运动	17
一、描述水流运动的两种方法	17
二、水流运动的基本概念	17
三、水流运动的分类	19
第四节 恒定流基本方程	21
一、恒定流的连续性方程	21
二、恒定流的能量方程	22
三、恒定流的动量方程	25
第五节 水头损失	27
一、沿程水头损失	28
二、局部水头损失	30
第六节 水锤作用	31
一、水锤作用产生的原理及危害	32
二、水锤作用的分类	32
三、防止水锤作用的措施	33

第二章 供水器材的技战术性能

第一节 消防枪(炮)的技战术性能	35
一、消防枪(炮)的分类	35
二、射流的类型	36
三、直流水枪(炮)的技战术性能	37
四、喷雾水枪的技战术性能	42
五、直流喷雾水枪的技战术性能	43
六、空气泡沫枪(炮)的技战术性能	44
第二节 消防水带的技战术性能	48
一、消防水带的分类	48
二、消防水带的技术性能	49
三、消防水带的耐压强度	50
四、消防水带的水头损失	51
五、消防水带的水头损失估算	53
第三节 水带系统的水头损失	56
一、串联系统的水头损失	57
二、并联系统的水头损失	58
三、串并联混合系统的水头损失	59

第三章 消防车供水能力

第一节 消防车水泵的技术性能	62
一、功率、效率与转速	62
二、流量与扬程	62
三、转速与流量、扬程、功率	63
四、常见消防车水泵的性能参数	64
第二节 消防车供水压力	64
一、消防车供水压力计算	65
二、消防车供水压力估算	68
三、根据消防车供水压力,确定水枪流量和压力	70
第三节 消防车供水距离	72
一、消防车供水距离计算	73
二、消防车供泡沫距离计算	75
第四节 消防车供水高度	77
一、供水方法与供水线路	77
二、消防车供水高度的计算	78
三、消防车供水高度的估算	79
第五节 接力供水与运水供水	81
一、接力供水	81
二、运水供水	83
三、接力供水与运水供水的选择	84

第四章 火灾扑救的供水力量

第一节 影响火场供水力量的主要因素	87
一、灭火剂供给强度	87
二、建筑特点	94
三、保护对象周围的防火条件	95
四、消防人员到场的时间	96
五、气象条件	97
第二节 民用建筑火灾扑救的供水力量	97
一、民用建筑火灾扑救的用水量	97
二、民用建筑火灾扑救的战斗车数量	99
三、民用建筑火灾扑救的战斗车数量估算	100
四、民用建筑火灾扑救的总用水量	101
第三节 易燃堆场火灾扑救的供水力量	102
一、易燃堆场火灾扑救的用水量	102
二、易燃堆场火灾扑救的战斗车数量	105
三、易燃堆场火灾扑救的战斗车数量估算	105
四、易燃堆场火灾扑救的总用水量	106
第四节 气体储罐火灾扑救的供水力量	107
一、气体储罐火灾扑救的用水量	107
二、气体储罐火灾扑救的战斗车数量	109
三、气体储罐火灾扑救的战斗车数量估算	110
四、气体储罐火灾扑救的总用水量	111
第五节 液体储罐火灾扑救的供水力量	112
一、液体储罐火灾扑救的灭火剂用量	113
二、液体储罐火灾扑救的战斗车数量	117
三、液体储罐火灾扑救的战斗车数量估算	120
四、液体储罐火灾扑救的总用水量	121
第六节 油品库房火灾扑救的供水力量	122
一、油品库房火灾扑救泡沫灭火剂用量	122
二、油品库房火灾扑救的战斗车数量	123
三、油品库房火灾扑救的战斗车数量估算	123
四、油品库房火灾扑救的灭火剂总量	124

第五章 应急救援的供水力量

第一节 危险化学品事故危害的影响因素	126
一、危险特性	126
二、事故类型和起始参数	127
三、地形地貌	128
四、气象条件	128

五、人口密度和防护水平	128
第二节 危险化学品事故应急救援供水力量的主要任务	129
一、危险化学品事故应急救援供水力量的主要任务	129
二、危险化学品事故应急救援供水力量的调集	136
第三节 典型危险化学品事故的供水力量	136
一、液化烃事故的供水力量	137
二、氯气事故的供水力量	139
三、氨气事故的供水力量	142
四、苯系物事故的供水力量	144
五、酸类事故的供水力量	146
六、醇类物质事故的供水力量	148

第六章 消防水源

第一节 消防水源的分类	152
一、市政给水	152
二、消防水池	155
三、天然水源及其他	156
第二节 消防水源的建设与管理	158
一、消防水源建设	158
二、消防水源管理	163
第三节 消防给水管网的供水能力	166
一、管道内的流量	167
二、管道的供水能力	167
第四节 消防水源手册	168
一、消防水源资料的收集	169
二、消防水源手册	170
三、消防水源电子手册	171
四、消防水源手册编写的要求	172

第七章 消防供水的组织指挥与供水计划

第一节 消防供水的组织与指挥	175
一、消防供水的基本原则	175
二、消防供水的组织	177
三、消防供水指挥	178
第二节 消防供水方法	182
一、水平方向上消防供水	183
二、竖直方向上的消防供水方法	186
第三节 消防供水要求	190
一、科学确定火场用水量	190
二、正确选择供水方法	191

三、选准停车位置	192
四、保证消防用水量	192
第四节 消防供水计划	193
一、制定消防供水计划的条件	194
二、制定消防供水计划的步骤	195
三、建筑火灾供水计划制定范例	199

第八章 信息技术在消防供水中的应用

第一节 消防水源信息系统	209
一、系统的启动	209
二、系统功能	209
第二节 化学灾害事故处置辅助决策系统	216
一、系统的启动	216
二、系统功能	216
三、应用举例	218
第三节 危化品事故处置应用微平台	221
一、MSDS 联网检索	222
二、基本处置程序	222
三、实战资料速查	224
四、现场快速估算	224
五、药剂联储布点	225
六、类似案例查询	225
七、涉危行业目录	226

附录 1 燃烧蔓延速度

附录 2 喷射器具的供水灭火效率

参 考 文 献



绪论

消防灭火救援的灭火剂有水、泡沫、干粉、二氧化碳等，而水由于在自然界中分布广泛，便于取用、储存、输送，且具有很强的冷却作用，使用后对环境无污染，一直是最常用、最实用的灭火剂。实践证明，绝大多数的火灾扑救和应急救援都要使用水，因此，需要研究如何持续不间断地向灾害事故现场供应水这一灭火剂。也就是说，消防供水就是组织必要的人员，采用适当的方法，利用各种消防器材、装备，将水源中的水持续输送到灾害事故现场，并通过水枪、水炮等射水器具喷出灭火剂的救援行动。

一、消防供水在灭火救援中的重要地位

随着社会经济的快速发展，高层建筑、地下建筑、石油化工和电子工业蓬勃兴起，新材料、新工艺不断涌现，火灾事故日趋复杂，扑救难度越来越大；随着职能的拓展，消防部门还承担着大量的应急救援任务。如何保障火灾扑灭和应急救援所需的消防用水，保证灭火救援工作的顺利进行，最大限度地减少人员伤亡和财产损失，这给消防供水提出了新的课题。如2015年4月6日18时54分，福建省漳州市古雷石化腾龙芳烃有限公司发生火灾，造成吸附分离装置和中间罐区4个1万立方米盛装有轻重整液和重石脑油的内浮顶储罐着火。事故发生后，各级迅速启动预案，到场协同处置：福建消防总队一次性调集284车1239名消防员投入战斗，调集泡沫425t；公安部消防局迅速调集广东消防总队2个重型化工编队和1个供水泵组编队，山东、江苏、广东、江西等省1048t泡沫增援现场。经过56个小时奋战，油罐火完全扑灭。这类超长时间、超大型灾害事故现场灭火救援，与跨区域灭火作战力量调集、供水力量调集、各类灭火剂的调集等因素紧密相连，事故发生前制定的灭火作战预案为初期力量调集、作战力量部署奠定基础，而灭火作战预案中火场供水计划的制定，正是通过对消防车辆和供水器材的供水效能、火灾扑救中供水力量计算、战斗力量部署、供水力量调集以及消防水源建设使用等方面知识的学习，使指挥员具备灾害事故现场消防供水组织指挥的能力，从而制定出操作性强、切实可行的火场供水计划，指导现场的供水工作；同时通过现场的灭火救援，发现原有灭火作战预案在灾情设置、应急响应、力量调集、物资准备、组织指挥、技战术研究、战斗编成等方面，研判滞后、估计不足、与实战要求仍有很大差距。此时就需要指挥员通过现场快速估算火灾规模、消防车作战半径、供水距离、灭火剂用量、车辆数等，进行灾害事故临场组织指挥，灵活运用战术方法，正确部署供水力量，最大限度地满足灭火救援现场实际需要。

消防供水是灭火救援行动的一个重要组成部分，能否择优选用灭火设施，科学合理地组织消防供水，保证持续不间断地向灾害事故现场供应充足的消防用水，是决定灭火救援工作成败的关键因素。查阅国内外典型的灭火救援案例，大凡处置成功的，无一不是科学合理地组织了消防供水，保证了安全可靠的间断供水。如2007年8月14日，上海环球金融中心发生火灾，该中心占地面积3万平方米，建筑占地面积1.4万平方米，总建筑面积38万平方米，地上101层，地下3层，建筑主体高度492m。发生火灾时已建至98层（约473m），起火部位为该建筑26层东北角的观光电梯井，因电焊施工引发脚手架起火。起火造成83层（约357m）、52层（约224m）、50层（约216m）、26层（约112m）、18层（约78m）、2楼夹层等6个楼层发生局部燃烧，呈多火点燃烧态势，最高着火点位于83层。由于上海消防总队于同年4月19日，在上海环球金融中心的84层（约369m），成功地进行了垂直供压缩空气泡沫试验，因此，火灾发生后，采用垂直铺设水带的方式，分别在26层、50层、83层设置水枪阵地，控制火势，最终成功扑灭火灾。

反之, 在一些案例中也可以看到, 不能向灾害事故现场安全可靠地不间断供水是导致灭火救援失败的一个重要因素。在一些重特大火灾扑救报告中, 总结教训时都有相同的原因: 指挥员供水意识差, “前重后轻”现象突出, 只顾前方灭火救援, 忽视后方供水, 导致供水中断; 部分指挥员对所配备的车辆装备供水效能掌握不够, 凭经验、习惯出枪灭火, 不能充分发挥车辆装备的效能, 导致灭火战斗车投入过多; 水带线路混乱, 后续车辆扎堆, 不易疏导调整; 供水员业务不熟、不明方向, 甚至无专人负责供水, 导致利用水源舍近求远; 再加上各地市政消防设施建设不同程度存在与城区建设不相适应, 造成了市政消防建设的先天性不足, 有的地方消防供水还存在许多的死角和盲区, 供水能力不足, 难以满足火场用水的需要; 建筑内部固定消防设施维护管理不到位, 故障频发, 完好率不高; 消防控制室的操作管理人员综合素质水平不高, 对于设备发生的故障、漏洞或者是反应不灵敏不能及时地做出调整, 在灭火救援时无法及时开启必要的固定消防设施, 影响灭火救援工作。这些充分暴露了当前消防供水中存在的问题和由此对灭火救援带来的严重后果。因此, 消防供水必须引起各级指战员的高度重视, 掌握消防供水的一般规律和方法, 运用科学理论和现代技术指导 and 解决消防供水中遇到的新情况、新问题, 对于指挥员尤为重要。

二、消防供水研究的对象、目的和内容

消防供水作为一门应用学科, 因消防供水实践而产生, 又在消防供水实践中加以完善, 并逐步形成一门内容完整、结构合理的学科。它以消防供水行动的全过程作为研究对象, 目的在于通过分析消防供水行动中存在的问题, 揭示消防供水矛盾, 探寻消防供水规律, 阐明消防供水的系统理论, 指导消防供水实践。

消防供水研究的内容既包括消防供水行动的客观方面, 又包括消防供水行动的主观方面; 既包括消防供水行动的基本理论, 又包括消防供水行动的实践应用。具体地说, 主要研究和阐述以下内容:

- (1) 影响消防供水的主要因素;
- (2) 现有常用消防供水器材装备的供水效能;
- (3) 常见火灾扑救和灾害事故处置中所需要的消防供水力量, 包括所需要的灭火剂用量和供水器材装备的数量;
- (4) 消防水源建设管理与使用;
- (5) 消防供水力量的组织形式, 即消防供水方式与方法;
- (6) 实施消防供水的人员构成、职责分工及消防供水组织实施程序。

三、消防供水课程的学习方法

消防供水课程具有理论性强、实践性强、专业性强的特点, 因此, 必须采取综合的学习方法, 才能有效地理解掌握。

(一) 消防供水课程的特点

1. 理论性强

消防供水不仅涉及水力学的基本知识, 要运用水力学的连续性方程、能量方程等解决消防供水中的实际问题, 还需要计算灭火救援现场所需的消防用水量, 确定消防供水力量, 具有较强的理论性。

2. 实践性强

随着社会经济和科学技术的迅速发展, 各类灾害事故频发, 处置难度越来越大, 给消防供水行动提出了更高的要求。为适应灭火救援工作的需要, 消防队伍的灭火救援装备在不断完善、更新, 如消防车的功率增大、水泵的扬程提高、水带的耐压强度增加、水枪的性能改进等。这些变化、发展, 对供水的方式方法提出了新的挑战, 也都需要用消防供水的基本理论去研究、解决。

3. 专业性强

消防供水作为消防指挥专业的一门专业课, 一方面要揭示消防供水行动的客观规律, 另一方面还要探索消防供水行动的指导规律, 确立符合消防供水实践需要的消防供水原则, 规范消防供水行动的程序, 提高消防供水行动的效能。

(二) 研究学习方法

任何一门学科都有其自身的研究学习方法, 掌握了研究学习方法, 就拿到了打开知识大门的钥匙, 就可以顺利地研究掌握这门学科的内容, 并进一步深化、拓宽学科的研究领域。消防供水也有自身的研究方法。

1. 理论借鉴

理论借鉴, 就是要借鉴其他相关学科的理论及科研成果来研究消防供水问题。要准确地阐述各种消防供水器材装备的供水效能, 计算出各种类型灾害现场所需要的消防用水量和供水力量, 必须借鉴流体力学等有关学科的理论知识。

2. 实验、实测

开展实验、实测, 指的是采取接近消防供水实践活动的形式和手段, 对消防供水的一些数据、理论、原则、方法进行实验、验证, 从而研究消防供水问题的研究方法。

3. 理论联系实际、注重实际应用

消防供水是一门关于消防供水实践活动的学科, 这就决定了它的研究方法必须紧密联系实际。具体地说, 要注重联系当前和今后可能发生的火灾和灾害事故的种类、特点, 消防装备的发展状况, 消防人员编制体制, 城市公共消防设施等方面的情况开展研究, 解决消防供水行动中遇到的实际问题。

4. 战例研究

战例研究是学习消防供水的重要方法。战例, 是灭火救援实战的再现, 是消防供水理论产生、发展的源泉。学习研究战例, 就是以战例的形式再现以往消防供水的场面, 吸取以往消防供水的经验, 并在此基础上做出合乎实际的推理、判断, 形成概念和理论。

5. 学术讨论

学术讨论是研究消防供水的重要途径。开展学术讨论, 通过对消防供水中某些问题作比较系统、深入地探讨, 可防止粗浅的一般化学习, 可了解学术研究发展趋向, 积累有关资料, 吸取学术研究的最新成果, 通过实际论证, 理解消防供水的原则、方法和组织指挥程序。

第一章

消防水力学基础

第一节 水的主要物理性质

第二节 静水压强

第三节 水流运动

第四节 恒定流基本方程

第五节 水头损失

第六节 水锤作用

消防水力学是研究消防供水中水的平衡和机械运动规律的一门应用科学，它的任务就是运用水力学的基本理论来解决消防供水中的实际问题，是消防供水的理论基础。

» 第一节 水的主要物理性质

○ 【学习目标】

1. 了解水的基本特性。
2. 熟悉水的主要物理特性。
3. 掌握水的容重、比热容与汽化热、导电性。

常温时，物质根据分子间距离不同，呈固、液、气三种状态。液体是介于固体和气体的中间状态，有其固有的特性：①由于液体分子间距离比固体大，分子间力比固体小，所以液体较之容易流动，静止的液体不能承受切应力，也没有固定的形状，但有一定的体积；②由于液体分子间距离比气体小，分子间力比气体大，所以液体较之体积不易压缩；③从微观角度来看，液体是不连续、不均匀的，但在消防水力学中，研究的是液体的宏观机械运动，一般认为液体是均质的，具有均匀等向性，即各部分和各方向的物理性质是一样的。因此，从宏观角度出发，液体可以看成是一种易于流动、不易压缩、均匀等向的连续介质。

水的平衡和运动，除了与作用于水的外界因素有关外，更重要的是取决于水本身的物理性质，液态水之所以作为主要的灭火剂，也是由它的主要物理性质决定的。

一、水的形态与冰点、沸点

常温时，纯净的水是无色、无味的透明液体。在1个大气压（ $1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）下，温度在 0°C 以下时，水为固体， 0°C 为水的冰点；温度在 100°C 以上时，水为气体， 100°C 为水的沸点；温度在 $0 \sim 100^\circ\text{C}$ 之间，水为液体。

二、水的密度和容重

（一）水的密度

水的密度是指单位体积的水所具有的质量，用符号 ρ 表示。均质液态水的密度计算公式为：

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

式中 ρ ——密度， kg/m^3 ；

m ——质量， kg ；

V ——体积， m^3 。

一般而言，液体的密度都随温度的增加而降低，但液态水的密度与温度的关系却是反常的，见表1-1-1。在 4°C 时，水的密度为 $999.98 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，当温度大于或小于 4°C 时，水的密度

都将减小,因此,水的密度在4℃时最大,近似取1000kg/m³。

大多数物质由液态凝固为固态时,其密度会增大,但水却相反。在0℃时,液态水的密度为999.84kg/m³,而固态水的密度为917kg/m³,因此,水结冰时,体积会突然增大9%以上,在封闭条件下而产生的压强可达2500个大气压。所以,消防储水容器或存有水的设备在冬季应进行保暖,防止结冰,以免损坏。

表 1-1-1 水的密度与容重 (1.01325×10⁵ Pa)

温度/℃	密度 ρ/(kg/m ³)	容重 γ/(kN/m ³)	温度/℃	密度 ρ/(kg/m ³)	容重 γ/(kN/m ³)
0	999.84	9.805	40	992.2	9.730
4	999.98	9.8098	50	988.0	9.689
5	999.97	9.8097	60	983.2	9.642
10	999.7	9.804	70	977.8	9.589
15	999.1	9.798	80	971.8	9.530
20	998.2	9.789	90	965.3	9.466
25	997.0	9.777	100	958.4	9.399
30	995.7	9.764			

(二) 水的容重

水的容重是指单位体积的水所具有的重量,用符号γ表示。均质液态水的容重计算公式为:

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-1-2)$$

式中 γ——容重, N/m³;

G——重量, N;

V——体积, m³。

根据牛顿第二定律, $G=mg$, 所以:

$$\gamma = \frac{G}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g \quad (1-1-3)$$

式中 g——重力加速度, m/s², 其数值大小与纬度有关, 为便于计算, 取 $g=9.81\text{m/s}^2$ 。

不同液体的容重各不相同, 见表 1-1-2, 而同一种液体的容重随温度和压力的变化而变化。实验表明, 液态水的容重随压力和温度的变化较小, 可视为常数, 通常取淡水的容重为: 9810N/m³ (1000kgf/m³, 工程单位)。

表 1-1-2 几种常见液体的容重 (1.01325×10⁵ Pa)

液体名称	水银	汽油	酒精	海水
容重/(N/m ³)	133280	6664~7350	7778.3	9996~10084
测定温度/℃	0	15	15	15

例 1-1-1 试计算 1L 水的质量和重量。

解: 由题意可知, 水的密度 $\rho=1000\text{kg/m}^3$, 容重 $\gamma=9810\text{N/m}^3$ (1000kgf/m³)。

$$\text{则: } m = \rho V = 1000 \times \frac{1}{1000} = 1 \text{ (kg)}$$

$$G = \gamma V = 9810 \times \frac{1}{1000} = 9.81 \text{ (N)}$$

$$\text{或: } G = mg = 1 \times 9.81 = 9.81 \text{ (N)}$$

或： $G = \gamma V = 1000 \times \frac{1}{1000} = 1$ (kgf)

答：1L 水的质量为 1kg，重量为 9.81N (1kgf)。

三、水的比热容、汽化热和溶化热

(一) 水的比热容

一定质量的物质，在不发生化学反应的情况下，温度升高（或降低） 1°C 所吸收（或放出）的热量称为该物质的热容量。单位质量物质的热容量称为比热容，简称比热，用符号 C 表示，单位为 $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ 或 $\text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ($1\text{kcal} \approx 4.18\text{kJ}$)。不同的物质增加相同的温度，比热容越大的物质需要吸收的热量越多。常见物质的比热容见表 1-1-3。

液态水的比热容在常见液体和固体中是最大的，约为 $1\text{kcal}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ [$4.18\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$]，即：1L 水温度升高 1°C ，需要吸收 1kcal (4.18kJ) 的热量。固态水和气态水的比热容约为液态水的一半。所以液态水被大量用作工业冷却介质或加热介质，也普遍用于灭火，具有很好的冷却作用，若将 1L 20°C 的水喷洒到燃烧区，水温升高到 100°C ，则会吸收约 80kcal 或 335kJ 的热量。

表 1-1-3 常见物质的比热容

物质	比热容 /[$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$]	物质	比热容 /[$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$]	物质	比热容 /[$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$]
液态水	4.18	丙酮	2.20	二硫化碳	1.00
冰	2.11	苯	2.05	四氯化碳	0.85
水蒸气	2.08	变压器油	1.92	汞	0.14
甲醇	2.50	润滑油	1.87	土和砂	0.84
乙醇	2.43	甲苯	1.70	铁和铜	0.42
甘油	2.40	橄榄油	1.65	铂	0.12
乙醚	2.35	硫酸	1.38	木材	0.6

(二) 水的汽化热

水的蒸发是一个吸热过程，单位质量的液态水蒸发为气态水所需要吸收的热量称为汽化热。水的汽化热很大，1L 100°C 的液态水，变成 100°C 的水蒸气，需要吸收约 540kcal (2260kJ) 的热量。因此，将水喷洒到燃烧区，使水迅速汽化，具有很好的冷却作用。

水变成水蒸气时体积会急剧扩大，1L 水汽化后将产生 1.7m^3 水蒸气；若火场温度按 150°C 计算，则 1L 水汽化后将产生约 2m^3 水蒸气。水蒸气是惰性气体，占据燃烧区，具有窒息灭火的作用，从实验得知，空气中含水蒸气达 35% 时可以有效灭火。

由此可见，若使用雾状射流，将 1L 20°C 的水喷洒到燃烧区，使其迅速变成水蒸气，将总共吸收约 620kcal (2600kJ) 的热量。若此时水蒸气的温度为 150°C ，那么还能窒息 $2 \div 35\% \approx 5.7\text{m}^3$ (取 5m^3) 的空间，使火焰熄灭。

(三) 水的溶化热

在 0°C 时，单位质量的固态水完全溶化为液态水所需要吸收的热量，称为水的溶化热，约为 $80\text{kcal}/\text{kg}$ ($335\text{kJ}/\text{kg}$)。

流动状态下的水不易结冰，因为水的动能将部分转化为热量。冬季在火场上，当需要转移水枪阵地时，不应关闭水枪，而是关小射流，使水处于流动状态，避免水带内的水结冰，