

高等学校给排水科学与工程专业的规划教材

水文学及水文地质

王晓玲 韩冰 宋铁红 主编
韩相奎 主审

中国建筑工业出版社

高等学校给排水科学与工程规划教材

水文学及水文地质

王晓玲 韩 冰 宋铁红 主编
韩相奎 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水文学及水文地质/王晓玲等主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2015. 2

高等学校给排水科学与工程专业规划教材

ISBN 978-7-112-17611-3

I. ①水… II. ①王… III. ①水文学-高等学院-教材②水文地质-高等学校-教材 IV. ①P33②P641

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 292361 号

本书共分为 9 章, 第 1 章介绍了水分的自然循环和社会循环过程; 第 2~5 章系统地介绍了河川径流的形成过程及影响因素, 径流表示方法和度量单位, 水文资料观测及整理、调查及考证, 水文频率分析方法, 利用相关分析和回归分析插补延长水文资料, 应用水文频率计算方法基于流量资料设计年径流及时程分配、设计洪峰流以及枯水流量, 由暴雨资料推求设计洪水等内容。第 6~9 章围绕地下水展开叙述。第 6 章主要介绍地下水储存空间的水文地质性质和地下水的分布特征; 第 7 章介绍了地下水运动; 第 8 章介绍了地下水开发作为饮用水水源的工程措施和由此产生的负环境效应; 第 9 章系统地介绍了不同类型供水和不同类型地区供水水文地质调查要点。

*

责任编辑: 田启铭 张文胜

责任设计: 张 虹

责任校对: 张 颖 关 健

高等学校给排水科学与工程专业规划教材

水文学及水文地质

王晓玲 韩 冰 宋铁红 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京盈盛恒通印刷有限公司

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15¼ 字数: 371 千字

2015 年 2 月第一版 2015 年 2 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-17611-3

(26848)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

根据 2012 年全国高校给水排水工程学科专业指导委员会会议精神和专业指导委员会基本要求, 给水排水工程专业更名为给排水科学与工程专业, 为此相应的专业课和专业基础课内容也进行了调整。《水文学及水文地质》立足于高等学校给排水科学与工程学科专业指导委员会对课程体系设置及教学内容的建议和要求, 依据课程教学大纲, 并结合全国勘察设计注册公用设备工程师给水排水专业执业资格考试大纲编写。本书主要围绕其与给排水科学与工程专业之间的相关关系展开叙述, 将水文学与水文地质教学内容与全国勘察设计注册公用设备工程师给水排水专业执业资格考试大纲结合编写。该课程与《给水排水管道系统》、《水质工程学》、《水工程施工》等专业主干课程属一套课程体系, 深入认识与广泛运用水文学及水文地质规律, 可为给水工程、排水工程以及其他市政公用工程的规划、设计、施工及管理提供不可缺少的水文资料及分析成果。

本书以全国勘察设计注册公用设备工程师给水排水专业执业资格基础考试内容为每章重点内容, 不仅可作为给排水科学与工程专业教学的教材, 也可作为环境工程专业教学教材, 还可供从事水资源规划与管理、水利工程、水文地质、工程地质及地质勘察等专业技术人员使用, 并且可作为全国勘察设计注册公用设备工程师给水排水专业执业资格考试专业基础课的复习参考书。

本书由吉林建筑大学王晓玲、宋铁红以及中国地质大学韩冰主编。其中第 1 章、第 2 章由吉林建筑大学宋铁红编写; 第 3 章、第 8 章由吉林建筑大学王晓玲编写; 第 6 章由长春工程学院秦雨编写; 第 5 章由吉林建筑大学城建学院韩苗苗编写; 第 4 章、第 9 章由中国地质大学韩冰编写; 第 7 章由吉林建筑大学王建辉编写。本书由吉林建筑大学韩相奎教授主审, 特此致谢。敬请读者对书中存在的错误和不当之处予以批评指正。

目 录

第 1 章 水分的循环过程及水量平衡	1
1.1 水分的自然循环	1
1.2 水文现象及其特征	2
1.2.1 水文现象的周期性与随机性	2
1.2.2 水文现象的相似性与特殊性	2
1.3 水量平衡	2
1.4 水的社会循环过程	3
1.5 水文学及水文地质与给排水科学与工程、环境工程专业的关系	4
第 2 章 河川径流的形成与水文资料的收集	6
2.1 河川径流与流域	6
2.1.1 河川径流	6
2.1.2 流域	6
2.2 河川径流的形成及度量	7
2.2.1 河川径流形成过程及影响因素	7
2.2.2 径流表示方法和度量单位	8
2.3 河流水文观测及资料整理	9
2.3.1 水文测站的设立	9
2.3.2 水位观测	11
2.3.3 流量测算	12
2.3.4 泥沙测算	13
2.3.5 洪、枯水资料调查与考证	14
2.4 降水的观测及资料整理	14
2.4.1 降水量及其观测	14
2.4.2 降水分析与计算	16
第 3 章 水文系统基本原理与方法	18
3.1 水文统计的意义及基本概念	18
3.1.1 水文统计的意义	18
3.1.2 数理统计法对水文资料的要求	18
3.2 频率和概率	19
3.2.1 频率和概率	19

3.2.2 随机变量的概率分布	20
3.2.3 累积频率和重现期	22
3.2.4 设计标准	23
3.3 经验频率曲线	24
3.3.1 经验频率公式	24
3.3.2 经验频率曲线的绘制和应用	25
3.3.3 经验频率曲线的外延	25
3.4 随机变量的统计参数	26
3.4.1 均值	26
3.4.2 均方差和变差系数	27
3.4.3 偏态系数	28
3.5 理论频率曲线	29
3.6 抽样误差	34
3.6.1 误差来源	34
3.6.2 抽样误差概述	34
3.6.3 抽样误差分布	35
3.6.4 抽样误差计算公式	35
3.7 水文频率分析方法	36
3.7.1 适线法	37
3.7.2 参数估计法	40
3.8 相关分析	43
3.8.1 相关分析的意义	43
3.8.2 简单直线(线性)相关	44
3.8.3 相关分析法	45
3.8.4 曲线(非线性)选配	49
3.8.5 复相关	50
第4章 设计年径流量及年内分配	51
4.1 年径流量与年正常径流量	51
4.1.1 年径流量与年正常径流量	51
4.1.2 年径流量的特点	51
4.2 有长期实测资料的设计年径流量及年内分配	52
4.2.1 有长期实测连续资料的设计年径流量的推求	52
4.2.2 设计年径流量的年内分配	52
4.3 具有短期或不连续实测资料的设计年径流量和年内分配	56
4.3.1 参证站的选择原则	56
4.3.2 设计年径流量及其年内分配的计算方法	56

4.4	缺乏实测资料的设计年径流量和年内分配	57
4.4.1	参数等值线图法推求设计年径流量	57
4.4.2	水文比拟法推求设计年径流量及年内分配	58
4.4.3	经验公式法推求年径流量的变差系数	58
4.5	水库调节与径流的关系	59
4.5.1	水库调节	59
4.5.2	水库库容的组成	59
第5章	设计洪、枯水流量	61
5.1	洪水与设计洪水	61
5.1.1	洪水三要素	61
5.1.2	设计洪水	62
5.2	由流量资料推求设计洪水	63
5.2.1	样本选取与资料审查	63
5.2.2	样本插补与延长	64
5.2.3	连序系列与不连序系列	65
5.2.4	设计洪峰流量的推求	69
5.3	由暴雨资料推求设计洪水	74
5.3.1	暴雨频率分析	74
5.3.2	设计净雨	77
5.3.3	设计洪水	80
5.4	小流域设计洪水	85
5.4.1	小流域设计洪水的特点	85
5.4.2	小流域设计暴雨	86
5.4.3	不同净雨历时情况下的径流过程	88
5.4.4	推理公式法	91
5.4.5	铁一院两所公式	101
第6章	地下水的储存及分布	114
6.1	岩石的空隙及水文地质性质	114
6.1.1	岩土中的空隙与水	114
6.1.2	岩石的水文地质性质	118
6.2	水在岩石中的存在形式	120
6.2.1	液态水	121
6.2.2	固态水	123
6.2.3	气态水	123
6.3	含水层及隔水层	123
6.4	不同埋藏条件下的地下水	125

6.4.1	上层滞水	126
6.4.2	潜水	127
6.4.3	承压水	129
6.5	地下水的分布	133
6.5.1	孔隙水	134
6.5.2	裂隙水	145
6.5.3	岩溶水	154
6.6	地下水的循环	161
6.6.1	地下水的补给	161
6.6.2	地下水的径流	163
6.6.3	地下水的排泄	164
6.6.4	地下水的动态与均衡	167
第7章	地下水的运动	169
7.1	地下水运动的特征及其基本规律	169
7.1.1	地下水运动的特点	169
7.1.2	地下水运动的基本概念	171
7.1.3	地下水运动的基本规律	173
7.2	地下水流向井的稳定运动	174
7.2.1	地下水流向潜水完整井	174
7.2.2	地下水流向承压水完整井	177
7.2.3	裘布依(Dupuit)公式的讨论	178
7.2.4	裘布依型单井稳定流公式的应用范围	179
7.2.5	地下水流向非完整井和直线边界附近的完整井	180
7.3	地下水流向井的非稳定运动	183
7.3.1	非稳定流理论所解决的主要问题	183
7.3.2	基本概念	184
7.3.3	无越流含水层中水流向井的非稳定流运动	184
7.3.4	越流系统中水流向井的非稳定流运动	190
第8章	地下水资源评价与开发	195
8.1	地下水资源评价	195
8.1.1	供水水源地的选择	195
8.1.2	取水构筑物的类型和布置	196
8.1.3	管井设计及成井工艺	200
8.1.4	增加单井出水量的措施	204
8.2	地下水开采的负环境效应	207
8.2.1	地面沉降	207

8.2.2 岩溶地面塌陷	212
8.3 地下水水质恶化	216
8.3.1 地下水水质恶化的主要特征	216
8.3.2 地下水水质恶化机制	217
8.3.3 地下水水质恶化预测及防治	218
第9章 供水水文地质调查	221
9.1 供水水文地质调查阶段的划分	221
9.1.1 供水水文地质调查的目的和任务	221
9.1.2 集中连续供水调查阶段划分	221
9.1.3 分散间歇供水调查阶段划分	222
9.2 不同类型供水的水文地质调查要点	223
9.2.1 工业用水供水	223
9.2.2 农田用水供水	223
9.2.3 生活用水供水	223
9.3 不同类型地区供水水文地质调查要点	224
9.3.1 平原山区	224
9.3.2 丘陵地区	227
9.3.3 岩溶地区	229
附录	233
参考文献	234

第 1 章 水分的循环过程及水量平衡

1.1 水分的自然循环

受太阳的辐射，地球上的水蒸发成为水蒸气，被移动的气流团输送、上升，在适宜的条件下凝结形成雨云，受地球引力作用下降落至地面。部分雨水经地面渗入地下，形成地下径流，其余部分经地面汇入河槽，形成地面径流。在整个运动过程中，不断产生蒸发、降水、地面径流、地下径流过程，这种循环往复的水体运动称为水循环，如图 1-1 所示。水循环可以从海面蒸发，降水至陆地，分别由地下、地面径流经河流汇入海洋，这种海陆间的水体循环称大循环。当海面蒸发再降水至海面，或陆地上的水体蒸发再降水到陆地，这种局部水体循环称小循环。在整个循环过程中，降水的形式有降雨、降雪、降霜、降雹 4 种形式。南方以降雨为主，北方则多以降雪为主。蒸发的水体来源有：海洋蒸发、陆地上水面蒸发、地面蒸发、叶面蒸发、截留蒸发 5 种形式。其中，叶面蒸发是指从植物叶孔中逸出水汽的现象；截留蒸发是指未降落到地面而被植物截留的降水的重新蒸发；地面蒸发则是指土壤孔隙中的水体产生的蒸发。

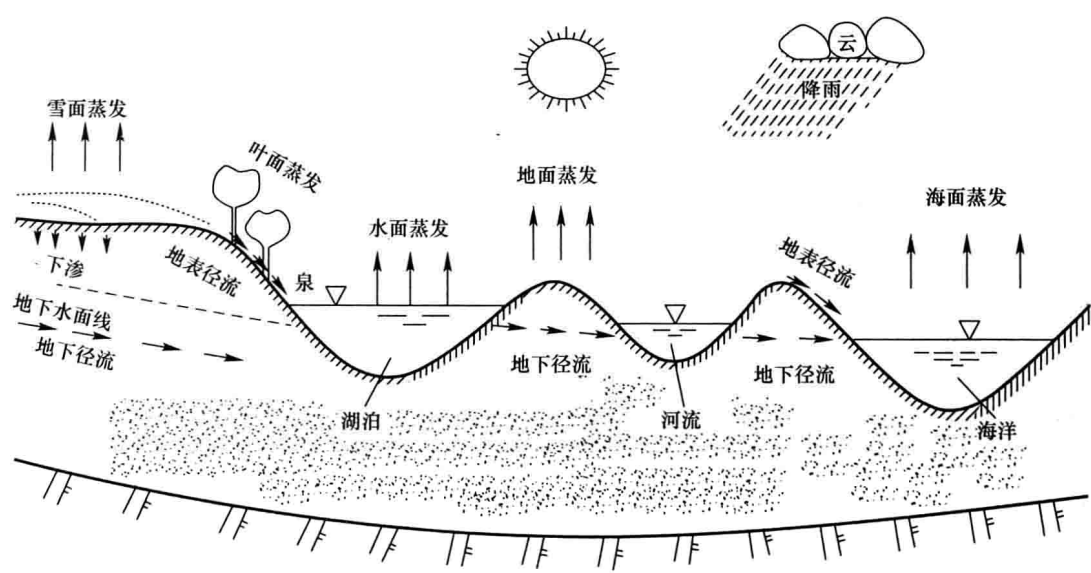


图 1-1 水分的自然循环示意图

总之，蒸发是降水的根本来源，降水则是径流的源泉。径流分为两种形式：地面径流、地下径流。降落到地面上的雨水，一部分渗入土壤，经入渗、渗透运动形成地下径流，另一部分经坡面漫流汇入河槽，形成河槽集流即地面径流。地面径流是水体在地面上

的流动现象，包括坡面漫流和河槽集流两个过程；地下径流是水体在地下含水层内的流动现象。

1.2 水文现象及其特征

蒸发、降水、地下径流、地面径流称水文现象。水文现象具有周期性、随机性、地区性与相似性等特点。

1.2.1 水文现象的周期性与随机性

众所周知，河流每年都重复着洪水期、枯水期的周期性交替变化的过程。以冰雪为河源的河流具有以日为周期的水量变化，产生这种现象的根本原因在于地球绕太阳的公转与自转。当流域上降落一场暴雨，流域内的河流就会出现一次洪水，其暴雨强度、历时、笼罩面积的大小直接决定本次洪水的大小。暴雨与洪水存在着必然的因果联系，这些水文现象存在着某种确定性的必然规律，并周期性显现其规律性，这就是水文现象的周期性，但这种周期性规律决不是一成不变的。

受各流域气象条件、地理条件、生态与水土保持状况的影响，流域内不同年份的降雨量、径流量各不相同，某些年份可能为丰水年，某些年份可能为枯水年或平水年。与此同时，各年份中最大洪峰流量、最枯径流量出现的时间、大小也各不相同，流量过程线也完全不同。长期的水文观测发现，特大洪水流量与特小枯水流量出现的频率较低，中等洪水、枯水的频率较大，虽然多年平均的年径流量基本趋于一定稳定数值，但各年的年径流量均不相同。水文现象就是这样不断地随时间、地点发生变化，这种现象称水文学的随机性。水文现象的这种随机性决定了水文学的基本研究方法——数理统计法。

1.2.2 水文现象的相似性与特殊性

水文现象的周期性规律决定了水文现象的相似性。与此同时，水文现象的随机性也决定了水文现象必然具有特殊性。

如果两流域或地区气象条件、地理位置、自然地理条件等相似，则两大水文现象在一定程度上存在着相似性。如，在同一地区不同河流，若汛期、枯水期相似，则径流的变化过程也具有相似性。当某一水文站缺少某时段的水文资料时，可选用具有相似性的水文站作为参证站，以弥补资料的不足。

当然，不同地区、不同流域各自处于不同的地理位置，具有不同的气象条件及下垫面条件，因而各自的水文现象决不会完全相同，而且具有其本身独特的规律性。例如，山区河流与平原河流、沿海河流与内陆河流、北方河流与南方河流，其径流变化规律各异。因而，实际工程中，不同地区、不同流域、不同河段都需设置水文站长期观察河流水位、流量、泥沙、流速等水文特征值的变化，以便全面分析、计算水文参数，最终总结出水文现象的变化规律，为工程规划提供准确的设计依据。

1.3 水量平衡

水体的循环过程密切关系着人类的发展，它使得人类生活、生产中不可缺少的水资源具有可再生性。水体的循环途径、强弱，决定了各地区、各流域水资源的地区分布与时程

分布。与此同时，人类通过农业措施、水利措施（水库的径流调节）等对水循环产生影响。

从长期来看，水循环中的水量变化满足物质的不灭定理。蒸发量、降水量与径流量满足质量守恒原理，即从多年看，水循环处于动态的平衡状态，自然界中的水分总量为一个常数。就整个地球而言，可以写出以下两个等式：

海洋多年平均水量平衡方程为：

$$X_s = Z_s - Y \quad (1-1)$$

陆地多年平均水量平衡方程为：

$$X_o = Z_o + Y \quad (1-2)$$

将以上两式合并，得全球水量平衡方程：

$$X_s + X_o = Z_s + Z_o \quad (1-3)$$

式中 X_s, X_o ——海洋、陆地的多年平均降水量， $X_s = 4.58 \times 10^5 \text{ km}^3$ ； $X_o = 1.19 \times 10^5 \text{ km}^3$ ；

Z_s, Z_o ——海洋、陆地的多年平均蒸发量， $Z_s = 5.05 \times 10^5 \text{ km}^3$ ； $Z_o = 0.72 \times 10^5 \text{ km}^3$ ；

Y ——多年平均入海径流量， km^3 。

由上可知，对于整个地球而言，多年平均降水量等于多年平均蒸发量。

对某一流域或地区，水量平衡与流域内的蓄水有关。流域内的水库、湖泊对该流域的水量起到调节作用。在某一时段内流域蒸发、降水、径流、蓄水满足如下的水量平衡方程：

$$X = Z + Y + \Delta U \quad (1-4)$$

式中 X ——该时段流域内的降水量；

Z ——该时段流域内的蒸发量；

Y ——该时段流域内的径流量；

ΔU ——该时段流域内的蓄水量，为该时段末蓄水量 U_2 减去时段初蓄水量 U_1 ， $\Delta U = U_2 - U_1$ 。

对于多年平均流域蓄水量 $\Delta U = 0$ ，则流域多年平均水量平衡方程变为：

$$X_o = Z_o + Y_o \quad (1-5)$$

等式两边同时除以 X_o ，得：

$$Z_o/X_o + Y_o/X_o = 1 \quad (1-6)$$

式中 X_o ——流域多年平均的降水量；

Z_o ——流域多年平均的蒸发量；

Y_o ——流域多年平均的径流量；

Y_o/X_o ——多年平均的径流系数；

Z_o/X_o ——多年平均的蒸发系数。

1.4 水的社会循环过程

随着人类社会对水的需求日益扩大，促进人类大规模地蓄水、引水，极大地改变了水

的自然运动状况,这种水在人类社会经济系统中的运动过程即为社会水循环过程,是在人类社会构成的局部循环系统。具体循环过程为人类为满足生产与生活需要,要从自然界中获取大量的水,这些水经使用后就成为生活污水和生产废水,排入自然水体,如图 1-2 所示。

图 1-2 水的社会循环示意图

每人每天至少需要 5L 水, 加上卫生方面的需要, 全部生活用水量日人均均为 40~50L 以上。生活水准越高, 用水量越大。一般来说, 发展中国家人均日用水量为 40~60L, 发达国家则达到 200~300L。当然, 用水量的大小与不同地区的气候条件、生活习惯有关。工业更是用水大户, 据统计, 工业用水一般要占城市用水的 70%~80%, 很多行业, 如发电、冶金、石油、化工、纺织、印染、造纸等都是用水大户。农业则是另一用水大户, 不少国家尽管工业用水量很大, 但农业用水量仍然大大超过工业用水量, 即使在发达国家, 如美国、日本, 其农业用水量约为工业用水量的 2~3 倍。我国是一个农业大国, 农业是主要的用水和耗水部门。据统计, 长江流域每亩水稻田的需水量为 250~550m³; 北方地区的主要农作物小麦、玉米和棉花, 其需水量分别为 200~300m³/hm²、150~250m³/hm²、80~150m³/hm²。

1.5 水文学及水文地质与给排水科学与工程、环境工程专业的关系

水资源的紧缺已逐渐成为经济社会发展的制约因素。加强水资源形成变化规律和水资

源合理开发利用及节水技术的研究,成为刻不容缓的研究任务。研究水文学及水文地质学的目的是:深入认识与广泛运用水文规律,为国民经济建设服务,以利充分开发与合理利用水资源、减免水害,充分发挥工程效益。

就给水工程而言,水源包括了地表水和地下水。采用地表水为水源时,河川径流量直接体现了水资源量,需要对河川径流的径流年际变化和年内分配等水文情况进行分析。要考虑水量变化及其取用条件,需要了解水源的水位、泥沙及冰凌的变化情况。当地表水量不足时,要考虑径流调节的工程措施等。在排水工程中,市政排水主要包括城镇雨水排放、泄洪及城镇生活污水废水排泄的设计计算等内容。例如:雨水、污水的排泄口位置、规模、市政防洪工程的设计等,都需要进行水文资料的收集、分析与计算,推求暴雨、洪水的变化情况和设计特征值。

近年来,城市雨水利用成为水文学及水文地质学和给排水科学与工程研究的热点。在水资源日益紧缺的情况下,如何充分利用宝贵的水资源为城市供水服务,涉及水文学、水文地质学、给水排水工程技术,以及市政工程、地下工程等诸多方面。可见,水文学及水文地质学所阐述的各种水文现象,包括水文循环、河川径流及城市降雨径流的概念和特点等内容,是给排水科学与工程专业必备的基础知识。因此,水文学及水文地质学与给排水科学与工程有着密切的关系,学好水文学及水文地质学对系统掌握给排水科学与工程专业知识具有重要意义。

水环境问题主要表现为水体污染、水资源的缺乏和局部地区的时段洪水泛滥等方面,所有这些都会对河川径流产生影响。一定数量的河川径流量是维持良好自然环境的基础。在环境污染问题中,处于河川径流状态的水环境首当其冲,它是最先也是最易被污染的,也是人们直接看得到和接触得到的。如某一河流的全部或一段受到严重污染,某一湖泊水质不断恶化,均指处于水循环关键环节的河川径流中的水体。当河川径流量不足,水环境容量减少时,排入河流中的污废水将直接导致河流污染,水体直接表现就是河川径流部分水的理化和生物特性恶化,也使河川径流中水的状态和空间分布发生剧烈的变化,污染了的水体与周围的环境不断作用,将引发进一步的环境问题,破坏了作为资源的水的价值,最终导致生态环境的恶化。因此,利用环境工程方法和技术手段使河川径流处于稳定的状态,维持正常的河流径流量,保持水与环境的和谐,维持生态环境稳定,则要求环境工程专业人员必须具备水文学及水文地质学的相关知识,熟悉河川径流和地下径流的基本规律和特性,掌握分析水文现象的基本方法。

第 2 章 河川径流的形成与水文资料的收集

2.1 河川径流与流域

2.1.1 河川径流

河川径流是指下落到地面上的降水，由地面和地下汇流到河槽并沿河槽流动的水流统称，包含大气降水和高山冰川积雪融水产生的动态地表水及绝大部分动态地下水，是构成水分循环的重要环节，是水量平衡的基本要素。

通常称流经河流出口断面或某一时段（年或日）内流经河道的全部水量为河川径流量，以 m^3 计。此出口断面常指水文站或取水构筑物所在断面。其中来自地面部分的称为地面径流；来自地下部分的称为地下径流，也叫地下水；水流中挟带的泥沙则称固体径流。

2.1.2 流域

1. 概述

流域狭义上是指河流的干流和支流所流过的整个区域；而广义上指一个水系的干流和支流所流过的整个地区。另一种说法是，流域是以分水岭为界限的一个由河流、湖泊或海洋等水系所覆盖的区域，以及由该水系构成的集水区。或者说，地面上以分水岭为界之区域称为流域。

流域内的径流集中于最低点流出。最低点通常设有水文站量测流量或水位。流域内水文现象与流域特性有密切的关系。

按水体是否与海洋连通，可分为外流区和内流区。外流区可按连通的大洋分为太平洋流域、大西洋流域、印度洋流域和北冰洋流域，并可进一步按河流、湖泊甚至一个支流细分，如长江流域。

世界上流域面积最大的河流是亚马孙河。海洋流域中，太平洋流域约占地球上陆地面积的 13%，印度洋流域也占约 13%，而大西洋流域最多，约占 47%，这其中包括密西西比河、刚果河和亚马孙河等大河流域。

第三种说法是，流域是指由分水线所包围的河流集水区，分为地面集水区和地下集水区两类。如果地面集水区和地下集水区相重合，称为闭合流域；如果不重合，则称为非闭合流域。平时所称的流域，一般都指地面集水区。

每条河流都有自己的流域，一个大流域可以按照水系等级分成数个小流域，小流域又可以分成更小的流域等。另外，也可以截取河道的一段，单独划分为一个流域。

流域之间的分水地带称为分水岭，分水岭上最高点的连线为分水线，即集水区的边界线。处于分水岭最高处的大气降水，以分水线为界分别流向相邻的河系或水系。例如，中国秦岭以南的地面水流向长江水系，秦岭以北的地面水流向黄河水系。分水岭有的是山岭，有的是高原，也可能是平原或湖泊。山区或丘陵地区的分水岭明显，在地形图上容易

勾绘出分水线。平原地区分水岭不显著，仅利用地形图勾绘分水线有困难，有时需要进行实地调查确定。

在水文地理研究中，流域面积是一个极为重要的数据。流域面积亦称受水面积或者集水面积。流域周围分水线与河口（或坝、闸址）断面之间所包围的面积，习惯上往往指地表水的集水面积，其单位以 km^2 计。自然条件相似的两个或多个地区，一般是流域面积越大的地区，该地区河流的水量也越丰富。

2. 特征

流域特征包括：流域面积、河网密度、流域形状、流域高度、流域方向或干流方向。

流域面积 (A)：流域地面分水线和出口断面所包围的面积，在水文学上又称集水面积，单位是 km^2 。这是河流的重要特征之一，其大小直接影响河流和水量大小及径流的形成过程。流量、尖峰流量、蓄水量多少及集流时间、稽延时间长短皆与流域面积大小成正比。

河网密度 (D)：流域中干支流总长度和流域面积之比，即单位流域面积内河川分布情形，或称排水密度，单位是 km/km^2 。其大小说明水系发育的疏密程度。受到气候、植被、地貌特征、岩石土壤等因素的控制。 D 值大者表示为高度河川切割之区域，降水可迅速排出。 D 值小则表示排水不良，降水排出缓慢。由观测得知， D 值大者其土壤容易被冲蚀或不易渗透，坡度陡，植物覆盖少； D 值小者，其土壤能抗冲蚀或易渗透，坡度小。

流域形状：对河川径流量变化有明显影响。

流域高度：主要影响降水形式和流域内的气温，进而影响流域的水量变化。

流域方向或干流方向：对冰雪消融时间有一定的影响。

流域根据其中的河流最终是否入海可分为内流区（或内流流域）和外流区（外流流域）。

河床坡度 (S)：一般河流上游坡度较大，下游逐渐减少，河床纵剖面为向下凹，一般流域河道坡度仅考虑主流长度。

主流长度 (L_0)：流域在水平面上投影最长的河流之长度。

平均宽度 (W)：流域面积 A 除以其主要河川长度 L_0 。

周长 (P)：流域沿分水岭之长度。

河溪级序 (J)：发源小溪为一级小溪，两条以上一级河溪汇合为二级溪流，两条以上第 $J-1$ 级河溪汇合成 J 级河溪，一般河溪级序越大，流域面积越大，河道断面流量越大。

3. 构成

不论地形多么复杂，流域均由分水线、水文网和斜坡构成。从分水线到河川之间可分为侵蚀区、流通区和沉积区。

2.2 河川径流的形成及度量

2.2.1 河川径流形成过程及影响因素

1. 河川径流分类

按水流来源有降雨径流和融水径流；按流动方式可分地表径流和地下径流，地表径流又分坡面流和河槽流；此外，还有水流中含有固体物质（泥沙）形成的固体径流，水流中

含有化学溶解物质构成的离子径流等。

2. 形成过程

降水是径流形成的首要环节。降落在河槽水面上的雨水可直接形成径流。流域中的降雨如遇植被，要被截留一部分。降在流域地面上的雨水渗入土壤，当降雨强度超过土壤渗入强度时产生地表积水，并填蓄于大小坑洼，蓄于坑洼中的水渗入土壤或被蒸发。坑洼填满后即形成从高处向低处流动的坡面流。坡面流里许多大小不等、时分时合的细流（沟流）向坡脚流动，在降雨强度很大和坡面平整的条件下，可呈片状流动。从坡面流开始至流入河槽的过程称为漫流过程。河槽汇集沿岸坡地的水流，使之纵向流动至控制断面的过程为河槽集流过程。自降雨开始至形成坡面流和河槽集流的过程中，渗入土壤中的水使土壤含水量增加并产生自由重力水，在遇到渗透率相对较小的土壤层或不透水的母岩时，便在此界面上蓄积并沿界面坡向流动，形成地下径流（表层流和深层地下流），最后汇入河槽或湖、海之中。在河槽中的水流称河槽流，通过流量过程线分割可以分出地表径流和地下径流。

3. 影响因素

径流是流域中气候和下垫面各种自然地理因素综合作用的产物。

（1）气候因素。它是影响河川径流最基本和最重要的因素。气候要素中的降水和蒸发直接影响河川径流的形成和变化。降水方面，降水形式、总量、强度、过程以及在空间上的分布，均影响河川径流的变化。例如，降水量越大，河川径流就越大；降水强度越大，短时间内形成洪水的可能性就越大。蒸发方面，主要受制于空气饱和差和风速。饱和差越大，风速越大，则蒸发越强烈。气候的其他要素如温度、湿度等往往也通过降水和蒸发影响河川径流。

（2）流域的下垫面因素。下垫面因素主要包括地貌、地质、植被、湖泊和沼泽等。地貌中山地高程和坡向影响降水的多少，如迎风坡多雨，背风坡少雨。坡地影响流域内汇流和下渗，如山溪的水就容易陡涨陡落。流域内地质和土壤条件往往决定流域的下渗、蒸发和地下最大蓄水量，例如在断层、节理和裂缝发育的地区，地下水丰富，河川径流受地下水的影响较大。植被，特别是森林植被，可以起到蓄水、保水、保土作用，削减洪峰流量，增加枯水流量，使河川径流的年内分配趋于均匀。

（3）人类活动。例如，通过人工降雨、人工融化冰雪、跨流域调水增加河川径流量；通过植树造林、修筑梯田、筑沟开渠调节径流变化；通过修筑水库和蓄洪、分洪、泄洪等工程改变径流的时间和空间分布。

径流是地球表面水循环过程中的重要环节，它的化学、物理特性对地理环境和生态系统有重要的作用。

2.2.2 径流表示方法和度量单位

河川径流量的大小通常用以下几种径流特征值来表示。

1. 流量 Q

指单位时间内通过某一过水断面的水量。常用单位为立方米每秒（ m^3/s ）。各个时刻的流量是指该时刻的瞬时流量，此外还有日平均流量、月平均流量、年平均流量以及多年平均流量等。