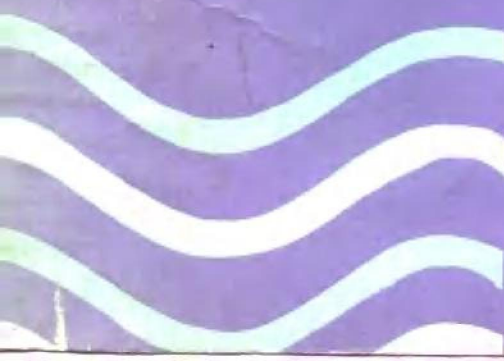




水均衡研究

[苏] A·B·古什利亚 著
B·C·麦津采夫



地质出版社

水均衡研究

〔苏〕 A·B·古什利亚 著
B·C·麦津采夫

李 宝 兴 译
王 肇 芬 校

地 质 出 版 社

内容提要

本书系统地介绍了水均衡形成的物理过程,分析了地表水平衡、土壤水分循环、湖泊和水库的水平衡,还对土壤改良地区的水均衡和全球的水热平衡作了专门论述,是水资源均衡研究方面内容比较全面的一本书。适用于水文地质、水文、水利土壤改良、地理等有关专业人员。

ВОДНО-БАЛАНСОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

А. В. ГУШЛЯ В. С. МЕЗЕНЦЕВ

Издательское объединение "Вища школа" Киев, 1982

水均衡研究

[苏] А.В.古什利亚 著
В.С.麦津采夫

李宝兴 译

王肇芬 校

责任编辑:沈树荣

地质出版社出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 850×1168¹/₃₂ 印张: 7.75 字数: 304,000

1988年7月北京第一版·1988年7月北京第一次印刷

印数: 1—1,550册 国内定价: 2.50元

ISBN 7-116-00250-2/P·226

译者序

A·B·古什利亚和 B·C·麦津采夫合著的《水均衡研究》一书，文字虽不长，内容却很丰富，是至今在水资源均衡研究方面比较全面的一本书。全书共六章三十节，附表36张，附件12种，插图80张，各种计算公式278个。本书是按教科书提纲编写的，故对一般常用方法和仪器介绍的较多，常识性内容也不少，但作者在书中介绍的许多内容还是新颖的，还做了深入的理论分析。书中介绍的水均衡计算和水均衡各要素的计算公式是在我们进行水资源均衡研究时值得参考和借鉴的。

书中比较突出的是对土壤水分的研究，这在我们进行的水均衡计算中是一个薄弱环节。众所周知，土壤水是地表水和地下水转化的媒介，尤其在西北内陆干旱地区广泛存在着地表水和地下水相互转化的条件下，研究土壤水分及其补给、消耗和整个运移规律就显得十分重要了。书中还对水均衡计算中比较头痛的蒸发问题做了充分的论述，而且介绍了许多计算方法。书中对全球的水均衡、陆地和海洋的水量平衡、水气交换及水热平衡均做了较深入的探讨，收集和列举了许多重要资料，这对于我们了解世界的水量平衡是很有意义的。

作者指出：“现在研究和计算水均衡具有重大的意义，因为水的存在是影响工业、农业、交通运输业的发展和人口分布及其经济活动的主要因素之一。由于对水的需要在逐年增长，水的因素在人类社会的经济和社会发展中的作用在不断提高。在按人口计算时对水的需求也在不断增长。”和“水资源作为一个重要因素在国民经济的各部门配置、规划和发展中表现出来。”这是十分重要的概括。我国的水资源虽很丰富，但分布极不平衡，尤其在西北内陆干旱地区，水是制约国民经济发展的的重要因素。研究水资源

和进行水均衡计算，是当前和近期内水文和水文地质工作者的主要任务之一。正像作者指出的那样，制定水均衡研究的新方法，改进老方法，打开了通往更深入认识我们周围自然环境的道路，无疑可以取得良好的结果。

鉴于上述几点，译者认为有必要将本书译成中文，献给我国广大的水文地质和水利工作者与大专院校的师生。由于译者水平有限，和对水利、水文、气象和土壤等方面的知识欠缺，译文中的错误和不确切之处，敬希读者批评指正。书中图件由沈珊琳工程师清绘，在此表示谢意。

李宝兴

一九八四年十二月于兰州

目 录

绪言	1
第一章 陆地上一个地段的水均衡和热能平衡	6
第一节 水均衡方程式	6
第二节 热能平衡方程式	10
第三节 均衡方程式各要素的研究程度	12
第四节 各均衡要素相互关系法的发展	14
第五节 水量均衡和热能平衡的相互关系	18
第二章 土壤底土活动层的水均衡	29
第一节 土壤底土层中水的类型	29
第二节 土层的水理性质特征	37
第三节 土壤水分的测量方法	43
一、观测湿度的组织	43
二、土壤湿度测量方法和野外观测资料整理	44
第四节 水向土壤中渗透的机理	50
第五节 土壤吸水性能的试验研究	53
一、试验的仪器、测量装置和布设	54
二、根据实验和水文测量资料建立吸水性能曲线类型	61
第六节 土壤吸收融冻水的特点	63
第七节 土壤活动层的水均衡	64
第三章 河流流域的水均衡	66
第一节 水均衡站综合观测的组织 and 实施	66
第二节 径流研究	68
第三节 大气降水	71
第四节 蒸发	78
一、蒸发器法	78

二、地中渗透仪法	83
第五节 地下水研究	87
第六节 河流流域的水均衡计算	90
第七节 按径流成因阶段和日历周期建立河流流域的水 量均衡	108
第四章 湖泊和水库的水均衡	114
第一节 水体水均衡要素观测的组织和实施	116
第二节 地表水流入量的研究	119
一、干流来水量的计算	119
二、区间支流来水量的计算	121
三、地表水流入量的计算精度	127
第三节 地下水流入量的研究	127
一、水文地质测绘	129
二、地下水流入量的计算方法	134
第四节 渗透损失和蓄集的研究	140
第五节 水体表面的蒸发	143
第六节 水均衡的拟合	144
第五章 土壤改良地区的水均衡	146
第一节 天然水分保证条件的评价方法	147
第二节 灌溉定额的评价方法	152
第三节 水分保证程度差	156
第四节 均衡要素同土壤湿度和水理性质的相互关系 ...	158
第五节 根据气象资料计算表土层湿度的天然动态	164
第六节 灌溉定额和灌水量的计算	172
第七节 湿度过剩时水均衡要素和水利土壤改良定额的 计算	179
第八节 潜水位必要下降深度的确定	189
第六章 地球上的热循环及全球水量均衡和热能平衡	191
参考文献	204
附件	207

绪 言

在整个地球表面和它的部分地区——海洋、陆地或其个别地段上，由于太阳的活动和其它因素的作用，空气物质（具有密度、温度、湿度等不同的物理性质）进行着不间断的循环。空气物质的循环，决定着整个洋区与大陆之间以及海洋和陆地局部地区之间的水分循环。水分循环可以是世界性的（在整个地球表面上进行），可以是海洋区域性的（在全部或部分海面上进行），也可以是内陆地区性的，在全部或部分陆地地面上进行。每一种水分循环都有自己独特的水均衡结构，但收入项和支出项各要素的代数和等于零。地球表面不同地区太阳照射的不均匀性，地面上空大气层中差别显著的循环过程，以及导致降水量、蒸发量和径流量具有极大不均匀性的其它因素，决定着不同的水均衡结构。如撒哈拉沙漠腹部的降水量很小，而且全部被蒸发，没有径流。在印度的乞拉朋齐年平均降水量12500mm，蒸发量仅1500mm，而汇入河流有11000mm。可见，水均衡结构在陆地上的上述地区是非常不同的，撒哈拉的径流等于零，而乞拉朋齐的径流为降水总量的88%。在热量非常充足的撒哈拉，水分少到不成比例的程度，蒸发，受到了限制，不存在径流。在乞拉朋齐，蒸发则受热量资源的限制。在苏联的最北部地区，由于降水量大，蒸发同样受热资源的限制，在这些地方至少30%的降水量形成了径流。

表1列举了世界上的海洋、陆地和整个地球表面的年平均水均衡情况。每一种水均衡结构都是在水分循环过程中形成的。应当指出，过去对降落在地面上的大气降水测量的不够精确，因为雨量计器皿不能记录像露水、霜和凝结水等降水形式，没有计算湿润器皿壁后又被蒸发的那部分降水量，由于空气动力学方面的考虑不够完善，在风速很大时，一部分降水量未能被器皿收

入。特别是冬季降水量以及亚洲和非洲山区各类降水量的测量精度更低。同时，河水特别是大型河流流量的测量也不能认为是很精确的。如近年来在亚马逊河口地区完成的水文测量表明，其年平均流量接近20万m³/s，而不是12万m³/s。而对其它河流流量也可能要作类似的校正。目前，要是不考虑天然热资源，已不可能解决陆地水均衡的问题，因为天然热资源是蒸发过程和整个地球表面与大气层之间水热交替过程中的一个主要因素。

表 1 世界上的海洋、陆地和地球表面的水均衡

水 均 衡 要 素	根据《世界水均衡和地球水资源》(1974年)			根据径流和热量校正的陆地降水量〔40〕		
	体积km ³ /a	水层mm/a	%	体积km ³ /a	水层mm/a	%
世界海洋 (F _o = 361·10 ⁶ km ²)						
海洋降水量KX _o	458	1270	90.7	458	1270	90.7
陆地径流Y _o	46.8	130	9.3	46.8	130	9.3
海洋蒸发Z _o	504.8	1400	100	504.8	1400	100
陆 地 (F _c = 149·10 ⁶ km ²)						
陆地降水量KX _c	119.1	800	100	164	1100	100
入海径流Y _c	46.8	314	39.3	46.8	314	28.5
陆地蒸发Z _c	72.3	486	60.7	117.2	786	71.5
地 球 (F _s = 510·10 ⁶ km ²)						
降 水 量KX _s	577.1	1130	100	622	1220	100
蒸 发 量Z _s	577.1	1130	100	622	1220	100

注：本书中所用的代号可能与其他文献出处中的同类符号不同。在各个具体条件下将援引代号的解释。

表 2 列举了世界海洋、陆地和地球表面热能量平衡各要素的值，这些数据是根据地球水热循环中水热资源完全相称的假设算出的〔40〕。引证这些海洋、陆地和地球表面的水热平衡资料，具有普遍的科学意义。在水利土壤改良建设的实践中，经常想了解陆地某一部分的水均衡，例如，河流流域的水均衡、某一汇水面积的水均衡，甚至某一地段上或汇水区内某一点的水均衡。定量评价水热资源及其在自然界中由于大的或小的水分循环而形成的蒸发和径流等消耗项目，看来已有可能。表 3 引用了刚果河流域

表 2 世界上的海洋、陆地和地球表面的热量平衡

热能平衡要素	根据《世界水均衡和地球水资源》(1974年)			按地球水热循环中水热完全相称的假设		
	$\text{kJ}/\text{cm}^2\cdot\text{a}$	全部表面 $10^{18}\text{kJ}/\text{a}$	%	$\text{kJ}/\text{cm}^2\cdot\text{a}$	全部表面 $10^{18}\text{kJ}/\text{a}$	%
世界海洋 ($F_o = 361\cdot 10^6\text{km}^2$)						
热能资源 LZ_{max}	381.0	1375.8	100	381.0	1375.8	100
蒸发消耗 LZ_e	351.7	1269.9	92.3	351.7	1269.9	92.3
热交换消耗 T_e	29.3	105.9	7.7	29.3	105.9	7.7
陆 地 ($F_c = 149\cdot 10^6\text{km}^2$)						
热能资源 LZ_{max}	205.2	305.6	100	276.3	411.6	100
蒸发消耗 LZ_e	113.1	168.3	55.1	197.6	294.4	71.5*
热交换消耗 T_e	92.1	137.3	44.9	78.7*	117.2*	28.5*
地球表面 ($F_s = 510\cdot 10^6\text{km}^2$)						
热能资源 LZ_{max}	330.8	1681.4	100	350.5	1787.4	100
蒸发消耗 LZ_e	281.8	1438.2	85.5	306.5*	1563.2*	87.5*
热交换消耗 T_e	49.0	243.2	14.5	44.0*	224.2*	12.5*

根据麦津采夫的资料[40]。

表 3 刚果河的水均衡和热平衡 ($F = 3822000\text{km}^2$)

水 均 衡				热 平 衡			
均衡要素	层 厚 mm/a	体 积 km^3/a	%	平衡要素	$\text{kJ}/\text{cm}^2\cdot\text{a}$	全 面 积 $10^{14}/\text{kJ}/\text{a}$	%
降水量	1550	5920	100	热 资 源	358.8	137.1	100
蒸发量	1180	4506	76	蒸发消耗	296.4	113.3	82.4
径流量	370	1414	24	热交换消耗	62.4	23.8	17.6

(非洲) 水热平衡的资料。

通过比较的方法，水文气象站系统各气象点上的均衡要素观测资料或计算出的数据，有可能确定陆地广大区域不同地段湿度条件的相同和不同之处，并提供了解决理论和实际课题的可能性。可惜的是现在仅仅具备大气降水和河水径流量的资料，且数据也不足。天然蒸发总量的资料完全没有。由于降水量测量的不

准确，蒸发量甚至不可能按降水量和径流量之差来确定。为此，几十年来不少学者都在深入研究间接测定径流量和蒸发总量的方法。

目前，由于要引用大气降水测量的校正总量，因此采用过去那种以应用未经校正的降水量作为基础的间接计算方法，似乎是错误的。而且应认为建议采用未经检查鉴定的老方法也是错误的。与此同时，水文气象站积累了大量的观测数据和其它资料，并有现代的计算技术，可以制定阐明均衡要素与其因素相关规律的新数学公式。

按水均衡进行研究和计算，目前具有重要的意义，因为水的存在是影响工业、农业、交通运输业的发展和人口分布及其经济活动的主要因素之一。由于对水的需求逐年增长，水的因素在人类社会经济和社会发展中的作用在不断提高。按人口计算对水的需求也日益增长。水资源用于工业制造方面的数量很大，热电站和原子能电站是水的巨大需要者。农业需要大量的水，特别是干旱地区的灌溉，耗用大量的淡水，那里的很多农作物没有灌溉根本不能种植。相当数量的水用于灌溉、农业供水和湿润干旱的土地。

现在，在国民经济各部门的规划、发展和布局中，水资源已成为一个重要的因素。虽然水资源在苏联很丰富，其总量占世界第二位，但在许多地区水的保证问题还很紧张。这是由一系列原因造成的，其中主要是：水资源按国土、年度和年内季节的分布不平衡；水资源的地区分布与人口密度、农业需要和工业中心的分布不相适应；居民数量和产品数量的增加和污水数量的增加导致天然水质状态的恶化，等等。因此，水资源的正确计算、合理使用和保护问题目前更具重要意义。水均衡研究和计算方法的完善是环境保护（其中包括要在苏联实施的水资源保护）远大计划的组成部分。

特别在最近几年，通过了一系列重要的决定和法规，用来保护和合理利用水资源。苏联最高苏维埃通过了《苏联和各加盟共

《水法基础》的法律（1970年）和《关于进一步改善环境保护和合理利用自然资源的措施》的决定（1972年）。苏共中央和苏联部长会议通过了《关于预防里海污染的措施》的决定（1968年），《关于保证合理利用和保护贝加尔湖盆地天然资源的补充措施》（1971年），《关于防止未净化的污水污染乌拉尔和伏尔加河流域的措施》（1972年），《关于预防黑海和亚速海流域污染的措施》（1976年）。1976年苏联部长会议又通过了《关于防止伏罗希洛夫格勒省北顿涅茨克和边界地区、利西昌斯克市区和顿涅茨省斯拉维扬斯克的地下水和大气及北顿涅茨河污染的措施》。所有的加盟共和国都通过了保护和合理利用包括水资源在内的自然资源的法律决定。

为顺利完成苏共二十六大提出的进一步发展国民经济的任务，必须具备关于水的数量和质量状况、地区分布及储量随时间变化的资料，具备关于水源保护，水资源和土壤水分含量合理利用方面所产生问题的资料。许多国民经济部门都需要土壤活动层、河流汇水区、湖泊和水库区以及土壤改良区的水均衡准确资料。农业部门为完成国家的粮食发展计划特别需要这些资料。

制定水均衡研究的新方法，改进老方法，可以打开通往更深入认识我们周围自然环境的道路，无疑可以取得良好的结果。

在写本书时，作者考虑了有关大学在水文学、水利工程学、水利土壤改良学和水利经济学教学大纲方面的需要。

作者感谢技术科学博士 A·H·别法尼教授，他提出的宝贵意见，已被本书采纳。深切感谢 IO·B·利托夫琴科，这本教科书的编写构思应归功于他。在准备手稿时 E·Γ·巴比奇和 Γ·A·霍鲁任科工程师给予了很大帮助。

第一章 陆地上一个地段的水均衡和热能平衡

第一节 水均衡方程式

地球表面某一活动地段（包括河流流域）流入和流出的均衡项相等，这表示在某一计算段内，物质守恒定律和物质转化定律适用于地球表面和大气圈之间水交换的过程。

地表面以下一定深度内的水交换综合示意图（图1.1）表示了某一土壤的包气带计算层、土壤底土的包气带层（在潜水面与底土层之间）和土壤底土的饱水层中的水均衡要素。

按引用的图示，可写出各部分的水均衡方程式：

1. 用于地面：

$$K_1 X + Y_1 + A_1 + C = Z + Y_2 + A_2 \quad (1.1)$$

2. 用于土壤计算层：

$$A_2 + G_1 + W_1 + U_1 = A_1 + G_2 + W_2 + U_2 \quad (1.2)$$

3. 用于土壤底土层 ($h_{rs} - h_p$)

$$D_1 + U_2 + S_1 + Q_1 = D_2 + U_2 + S_2 + Q_2 \quad (1.3)$$

4. 用于土壤底土的饱水层：

$$P_1 + D_2 = P_2 + D_1 \quad (1.4)$$

陆地上一个地段自地面至隔水层整个水交换层的水均衡方程式可写成如下总式：

$$\begin{aligned} K_1 X + C + (W_1 - W_2) + (Q_1 - Q_2) = \\ = Z + (Y_2 - Y_1) + (G_2 - G_1) + (S_2 - S_1) + (P_2 - P_1) \end{aligned} \quad (1.5)$$

显然， Y 值是一块陆段的总径流量，即

$$Y = (Y_2 - Y_1) + (G_2 - G_1) + (S_2 - S_1) + (P_2 - P_1) \quad (1.6)$$

但是，在大多数情况下观测不到土壤层的径流，或者其量甚

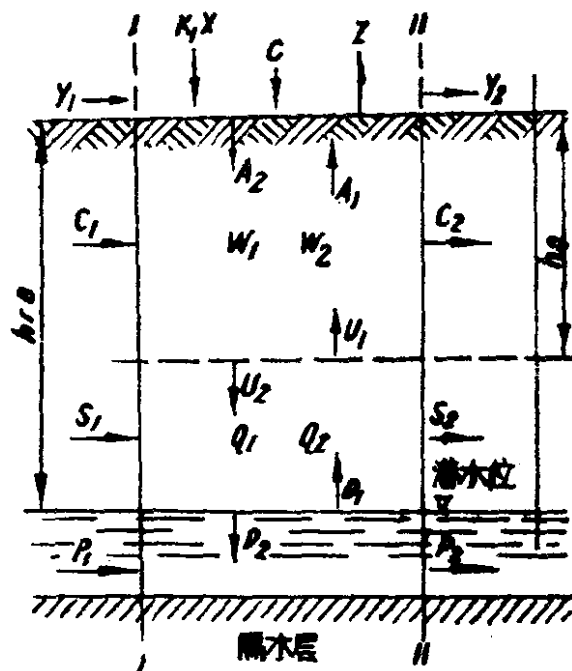


图 1.1 水交换综合示意图

符号： h_P —土壤的包气带计算层； $(h_{PB}-h_P)$ —土壤底土的包气带层，在底土层面与潜水面之间； K_1X —对雨量计考虑不周的因素（如湿润器皿壁和风力吹失等）进行过校正的大气降水总量； C —未经雨量计测定的空气水汽凝结量（露、霜、雾凇）； Z —蒸发总量； Y_1 和 Y_2 —地表水流入量和流出量； G_1 和 G_2 —计算层 h_P 内土壤水的流入量和流出量； S_1 和 S_2 —在 $(h_{PB}-h_P)$ 层中土壤水的流入量和流出量； P_1 和 P_2 —潜水的流入量和流出量； W_1 和 W_2 —计算时段开始和结束时土壤计算层 h_P 内的水分储量； Q_1 和 Q_2 —计算时段开始和结束时 $(h_{PB}-h_P)$ 层中的水分储量； A_1 和 A_2 —土壤和地表面空气之间的水交换量； U_1 和 U_2 — h_P 层和 $(h_{PB}-h_P)$ 层之间的水交换量； D_1 和 D_2 —底土包气带层和潜水饱水层之间的水交换量

水层单位以毫米计（或用单位体积与单位面积的比，或与地面研究段全面积的比）

（注：图中的 G_1, G_2 误为 C_1, C_2 ）

微。因此

$$(G_2 - G_1) + (S_2 - S_1) = 0$$

可以没有什么显著误差，常常是完全没有误差。这时，公式(1.5)可以写成：

$$\begin{aligned} K_1X + C + (W_1 - W_2) + (Q_1 - Q_2) = \\ = Z + (Y_2 - Y_1) + (P_2 - P_1) \end{aligned} \quad (1.7)$$

考虑到上述情况，Y值为

$$Y = (Y_2 - Y_1) + (P_2 - P_1) \quad (1.8)$$

是地表径流和地下径流之和。公式(1.7)可写成：

$$K_1X + C + (W_1 - W_2) + (Q_1 - Q_2) = Z + Y \quad (1.9)$$

鉴于在大多数情况下，空气水汽凝结水量比测量的大气降水量小的多，故可写成：

$$KX = K_1X + C \quad (1.10)$$

此时，方程式（1.9）可表示成：

$$KX + (W_1 - W_2) + (Q_1 - Q_2) = Z + Y \quad (1.11)$$

当出现 $h_p = h_{rb}$ 时，或当土壤计算层以下的水分储量实际上不起变化时，即潜水埋藏很深时，则 $Q_1 - Q_2 = 0$ ，代入公式（1.11），得：

$$KX + (W_1 - W_2) = Z + Y \quad (1.12)$$

当潜水埋藏很浅时，常可出现壅水现象。潜水自外部补给区向研究地段的流入量丰富到来不及全部流出区外时，潜水位就会升高，使毛细带水也增高，有时上升到地面，这种作用的结果使一部分潜水消耗于总蒸发过程中，当潜水流出现地面时则形成地表径流。

在这种情况下，大气降水只消耗于总蒸发和地表径流。地下径流只是过路水流 $P_2 < P_1$ 。

这时的水均衡方程式采用下式

$$KX + (W_1 - W_2) + (P_1 - P_2) = Z + Y \quad (1.13)$$

类似的情况常可以在山区和山前地区、洪积扇、泥石流区和潜水排泄带看到，至于深部地下水的排泄带就更不必说了。

陆地一个地段的水均衡方程式的所有形式中，其左边部分集中了流入各要素，组成了该地段各项水资源的总和，而右边部分经常不变的是二个消耗项：总蒸发和总径流量。用 H 表示水资源或总湿度，则水均衡方程式可简化写成：

$$H = Z + Y \quad (1.14)$$

径流量的理论变化范围是 $0 \leq Y \leq H$ 。总蒸发量的下限是零。 Z 值的上限从水均衡方程式（1.14）来看还不够明显。在水分保证程度很低而热量保证程度很高时，可以这样说，其上限应当是大气降水量。在高湿度条件下，总蒸发量变化的上限受热量

资源的限制。

为解决水利土壤改良问题，则水均衡方程式可写成：

计算灌溉时采用

$$H + m_1 = Z' + Y' \quad (1.15)$$

计算疏干时采用

$$H - m_2 = Z'' + Y'' \quad (1.16)$$

或

$$H = Z'' + (Y'' + m_2) \quad (1.17)$$

方程式 (1.15) 中的 m_1 为灌溉定额，方程式 (1.17) 中的 m_2 为疏干定额。

如果灌溉时采用最佳定额 (m_0)，则消耗于径流和蒸发的水量也应是最合理的，其水均衡方程式如下：

$$H_0 = H + m_0 = Z_0 + Y_0 \quad (1.18)$$

当研究一个流域的水均衡时，以分水岭为界到计算断面如 (图1.2) 所示， Y_1 , G_1 , S_1 和 P_1 的值，无论是单独或总和实际上都等于零*。因此，平衡式 (1.6) 可以大大简化，此时的水均衡方程式的总表达式如 (1.11)，(1.12)，(1.13) 和 (1.14)。

显然，为解决多年平均水均衡计算问题，在这些方程式中应满

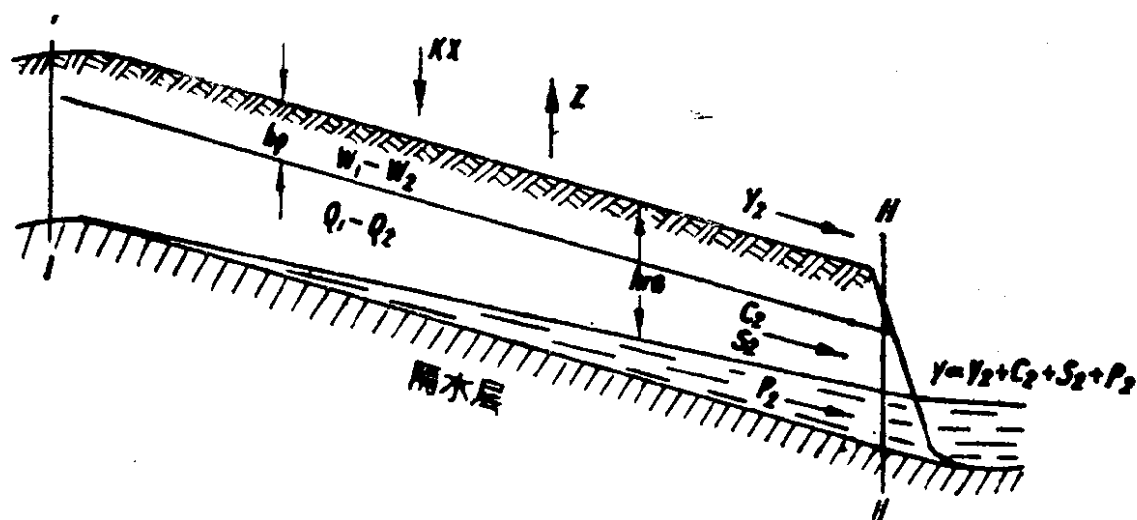


图 1.2 一个流域的水均衡方程式各要素

- * 只有在小流域内地面分水岭和地下分水岭不吻合的情况下和有岩溶现象时它们才不等于零。

足下列条件:

$$W_1 - W_2 = 0 \quad \text{和} \quad Q_1 - Q_2 = 0 \quad (1.19)$$

以此代入方程式 (1.11) 和 (1.13), 当潜水埋藏很深时:

$$KX = Z + Y \quad (1.20)$$

当潜水位很高时, 毛细管带被挤入土壤上部的水分积极交换层:

$$KX + (P_1 - P_2) = Z + Y \quad (1.21)$$

在这种情况下, 总径流和总蒸发过程的地下补给量如下:

$$P_1 - P_2 = Z + Y - KX \quad (1.22)$$

第二节 热能平衡方程式

水均衡方程式中, 有一些水交换过程要素, 例如蒸发总量,

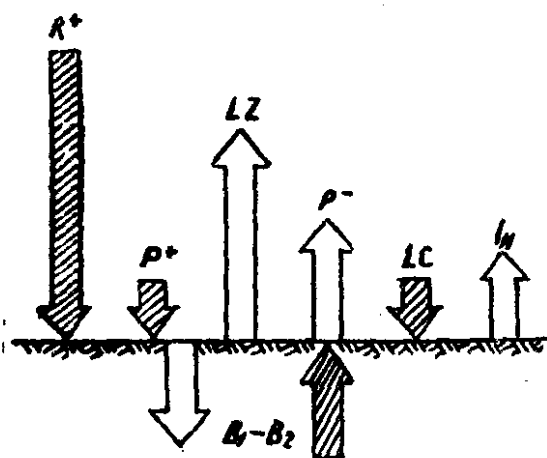


图 1.3 热交换综合示意图

符号: R^+ —辐射平衡, 即白昼和部分黄昏时太阳吸收短波辐射(直接的和分散的)和长波辐射平衡(扣除大气反辐射的地面辐射)之间的差; P^+ —湍流热量交换的正部分, 即与空气流动有关的进入该地段的热量——平流热; B_1 和 B_2 —土壤底土活动层中的热储量变化——土壤中热量交换; LZ —消耗于蒸发总量的热量; P^- —空气增温消耗的热量——湍流热量交换; J_n —夜间地面长波(有效)辐射; LC —空气中水汽在地面物体上的凝结热

其强度直接与气候的热能资源有关。这就决定了在研究解决水均衡课题时, 必须同时研究地球表面的热能平衡, 地面同大气圈的水分交换过程和热交换过程是不可分的。

空间任何一点和任一时间内的热交换过程可以用能量的收入项和支出项相平衡来表征, 或者说, 用能量在变换和转化时的守恒定律来表述。在地面和空气之间进行的热交换过程中的能量守恒定律根据图1.3可写成:

$$R^+ - P^+ + (B_1 - B_2) = LZ + P^- + J_n - LC \quad (1.23)$$