

主编◎赵惠新 戴长雷

寒区 水资源研究

HANQU SHUIZIYUAN YANJIU



黑龙江大学出版社
HEILONGJIANG UNIVERSITY PRESS

主编◎赵惠新 戴长雷

寒区 水资源研究

HANQU SHUIZIYUAN YANJIU



黑龙江大学出版社
HEILONGJIANG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

寒区水资源研究/赵惠新,戴长雷主编. —哈尔滨:黑龙江大学出版社,2008.12

ISBN 978 - 7 - 81129 - 119 - 3

I. 寒… II. ①赵…②戴… III. 冻土区 - 水资源 - 研究
IV. P33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 213388 号

责任编辑 李 丽

封面设计 张 骏

寒区水资源研究

HANQU SHUIZIYUAN YANJIU

赵惠新 戴长雷 主编

出版发行	黑龙江大学出版社
地 址	哈尔滨市南岗区学府路 74 号 邮编 150080
电 话	0451 - 86608666
经 销	新华书店
印 刷	哈尔滨市石桥印务有限公司
版 次	2009 年 7 月 第 1 版
印 次	2009 年 7 月 第 1 次印刷
开 本	880 × 1230 毫米 1/32
印 张	8.625
字 数	231 千字
书 号	ISBN 978 - 7 - 81129 - 119 - 3

定 价 25.00 元

凡购买黑龙江大学出版社图书,如有质量问题请与本社发行部联系调换
版权所有 侵权必究

前 言

我国寒区分布广泛,包括黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古四省区,西南的青藏高原、西北的青海、甘肃和新疆等省区,以及华北存在季节性冻融现象的地区。东北寒区属于低山高纬寒区,虽然海拔不高,但由于纬度高,受蒙古高压的影响,成为国内最寒冷的自然区;西部寒区属低纬高山高原寒区,虽然纬度低,但地势高亢,深居内陆,气候寒冷。由于特殊的自然条件,寒区内水的时空分布与运动规律与非寒区有明显的不同,主要表现为:固态形式的水广泛分布,温度变化条件下冰与水的相互转化过程(冻融过程)及其对资源、环境、工程的影响很显著。迄今为止,有关寒区水文与水资源工程的研究程度远远落后于非寒区的相关研究。

为了推动我国寒区水文与水资源的研究工作,激发广大水利研究工作者的积极性和创造性,合理开发利用寒区水资源,由黑龙江大学和黑龙江省水利学会主办的首届“寒区水资源及其可持续利用”学术研讨会于2008年7月26~27日于黑龙江大学成功召开,39家相关研究机构的124名代表参加了此次会议,共收到相关科研论文107篇,其中的76篇被用于研讨会的现场交流。研讨范围涉及寒区地下水资源与环境、寒区水文模拟、寒区农业水利、寒区水工灾害及其防治、寒区水质工程试验、东北地区国际河流开发等内容,在一定程度上集中展示了近年来我国广大水利工作者在寒区水资源研究中取得的科研成果,反映了当前我国寒区水文研究领域的最新成就。

《寒区水资源研究》刊载的就是这次会议的部分论文。除了本书刊载以外,在参与交流的论文中,另有 32 篇刊载于《黑龙江水专学报(Journal of Heilongjiang Hydraulic Engineering)》2008 年第 2 期至 2009 年第 1 期中的“寒区水资源会议专题”栏目上,还有部分论文发表在其他刊物上。为了便于检索,将参与首届“寒区水资源及其可持续利用”学术研讨会现场交流的论文清单列在文末“附 1”中(排名不分先后)。

希望本书能够有助于广大科技工作者总结交流工作中的新进展和新经验,为寒区水资源可持续开发利用的理论与实践研究起到积极的作用,同时有益于广大水资源工作者深入开展寒区水资源的研究,全面提升寒区水资源研究水平,不断推动寒区水资源事业的发展,为寒区水资源的可持续利用和和谐社会的发展提供可靠的智力支持和技术支撑。

黑龙江大学水利电力学院的吴敏院长、王斌书记为本书的出版提供了许多宝贵的支持,黑龙江大学出版社的李丽编辑和国胜铁编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动,编者谨此表示深切的谢意。本书的出版还得到黑龙江大学寒区地下水研究所启动基金的资助。

虽然经过了我们的努力并得到了多方面的大力支持,本书仍会存在很多不够完善的地方,恳请广大专家学者提出宝贵意见或建议。

2009 年 6 月

目 录

第一篇 寒区水文循环

- 寒区冻土水文学问题简析 肖迪芳/3
基于随机理论的 Nash 汇流模型研究 孙颖娜/18
土壤入渗试验研究进展 李治军, 薛彦东/31
季节性冻土区流域水文模型研究初探 ... 付 强, 王晓巍/37

第二篇 寒区地下水勘探

- 寒区电法、电磁法物探找水 杨外名, 杨学立, 刘文忠/45
高寒区傍河浅薄含水层集中取水工程分析及涌水量计算
..... 高淑琴, 戴长雷/56
寒区地下水含水系统地球物理特征
..... 杨学立, 杨外名, 王 磊/65
试论阿尔山地热地质特征 郭洪彬等/76
RS 和 GIS 在寒区环境地质调查中的应用
..... 左爱国, 张烽龙, 初 禹/84

第三篇 寒区地下水开发

- 三江平原地下水循环系统与岩相古地理 柏钰春,王 磊/97
- 漠河县砂宝斯岩金矿区环境地质质量综合评价 王 楠,曹剑峰/113
- 三江平原水环境变化原因及分析 杜绍敏,孙晓明,王 颖/121
- 双城市扩建水源地地下水流系统数值模拟 姜吉生,柏钰春,张玉敏/134
- 五大连池东焦得布矿水成控机理
及开发利用构想 董学良,董世毅,张玉敏/149

第四篇 寒区水工灾害与冰凌问题研究

- 寒冷地区某大坝裂缝成因及发展趋势分析 马 田等/165
- 白山水电站高孔挑流鼻坎裂缝成因三维有限元计算分析 朱今凡等/178
- 国内冰凌研究现状综述 李欣欣,孙思淼/187

第五篇 水资源可持续利用与国际河流开发

- 私人参与国有中小型灌区管理及水资源
有效配置的经济绩效分析 谢永刚/197

中俄界江界湖水资源开发利用及对策的探讨	顾俊玲/227
松花江流域水污染灾害防御的排污权交易探讨	刘 妍/239
“两江一湖”水资源开发对黑龙江省粮食增产的意义	寇 杰/251
附录 1: 首届寒区水资源及其可持续利用学术研讨会 现场交流论文总目录	263
附录 2: 黑龙江大学寒区地下水研究所简介	267

第一篇 寒区水文循环

寒区冻土水文学问题简析

寒区冻土水文学及其研究方法,属寒带水文学的范畴,是一门综合性边缘学科,涉及地球物理、水文气象和地质地貌等多学科,关系到水文水利计算、冰雪工程、水文预报和水资源评价、农业水文气象,以及生态环境和工农业生产的发展。冻土水文学研究和技术的完善,能反映一个国家和地区科学技术的进步。但是,由于冻土水文的复杂性,各国都没有专门的研究机构,使这门学科的理论和方法还有待发展。

到目前为止,我国对冻土水文特性、冻土水文效应下的水分动态规律、地下水补排关系、冻土影响下的产流机制等方面的研究还比较滞后。在水文水利计算、水文预报、水资源评价、农田灌溉计算等方面,都忽视了冻土水文效应,采用无冻土条件下的常规方法难以获得满意的结果。

我国 70% 的国土受到冰雪和冻土的影响,冻土水文效应明显的有东北、西北和青藏高原地区,占国土面积的二分之一以上。加强冻土水文学的研究,对提高我国寒区冻土水文学水平、完善和解决冻土水文学的技术方法,从而正确开展水文水利计算、水文预报和水资源评价,为社会经济发展提供有效服务,具有重要的科学意义和战略意义。下面就冻土水文特性、水文效应、研究项目内容作简单介绍。

1 水文学分科

水文学大体可分为陆地水文学、海洋水文学和寒区水文学三个科目,冻土水文学属寒区水文学的范畴,又与陆地水文学有直接的联系。水文学中主要为陆地水文学,其中包括有自然科学和应用水文学,如图1所示。

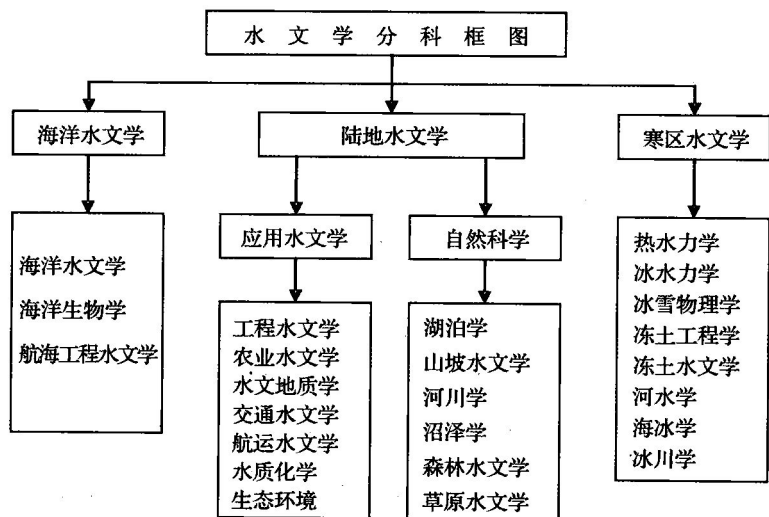


图1 水文学分类

2 冻土水循环条件

冻土水循环条件如图2、图3、图4所示。图2表示冻土冻结过程中,地面积雪,降雨补给地下水终止,土壤水分从地表往下冻结。在冻结锋面,受温度势的作用,深层土壤和潜水蒸发,水分向上运移后,在冻结锋面冻结,直至最大冻土深度出现时,土壤冻结水分

呈增加趋势。黑龙江省部分实验成果表明,冻土冻结期土壤水分增加 20%~40%。冻土融冻期,除冻土下层融冻释放水分和经冻土裂隙下渗,有部分融雪降雨径流补给地下水外,其余都聚集于冻土上层,形成冻层上水,直至冻土化通,土层中的水循环才有了直接的通道,降雨径流即可直接补给地下水。冻土冻结和融冻过程中,土层剖面如图 3 所示,水循环如图 4 所示。

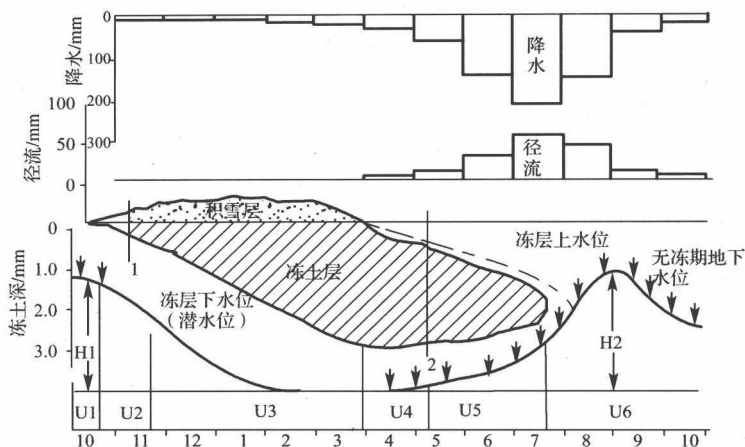


图 2 冻土过程示意图

注:U1 为无冻期;U2 为不稳定封冻期;U3 为冻结期;U4 为不稳定融冻期;U5 为稳定融冻期;U6 为无冻期。

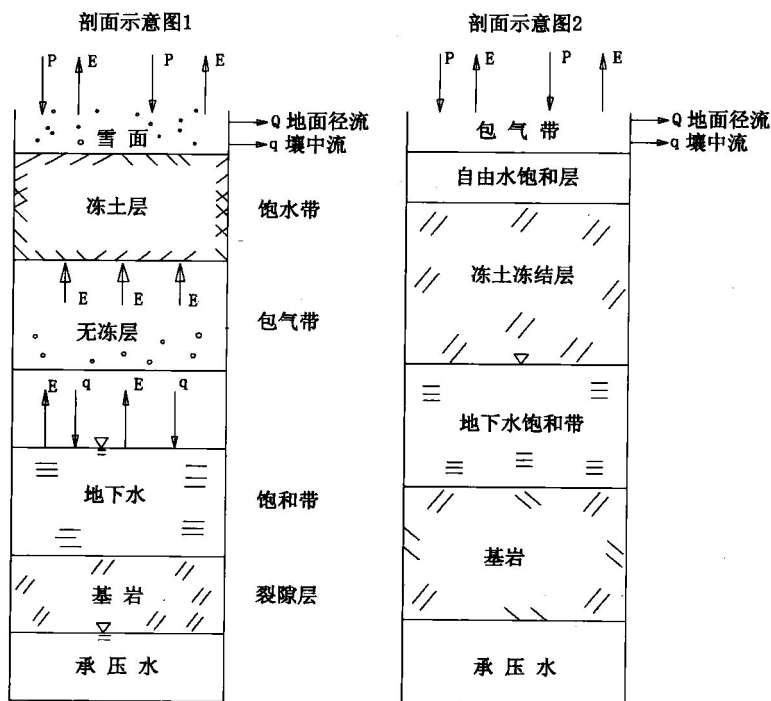


图3 冻结期和融冻期冻土层剖面图

3 冻土主要水文特性和作用

冻土过程如图2所示。冻土是指土壤基质及水分形成的冻结体,或称不透水层。冻土存在时,冻土层温度处于冰点以下,致使垂直水分运动失去了直接通道,水分循环受到冻土层制约而具有独特的规律和特点。冻土具有不透水作用、蓄水调节作用和抑制蒸发作用(效应),加之冻土期间土壤水分随之发生相变,水循环滞后,使冻土条件下水循环动态规律、三水转换关系和地下水补排关系具有不同于无冻地区和无冻期的特点。这些特点会影响到水文

水利计算、水文预报和水资源评价、农田水利等基础理论和方法。

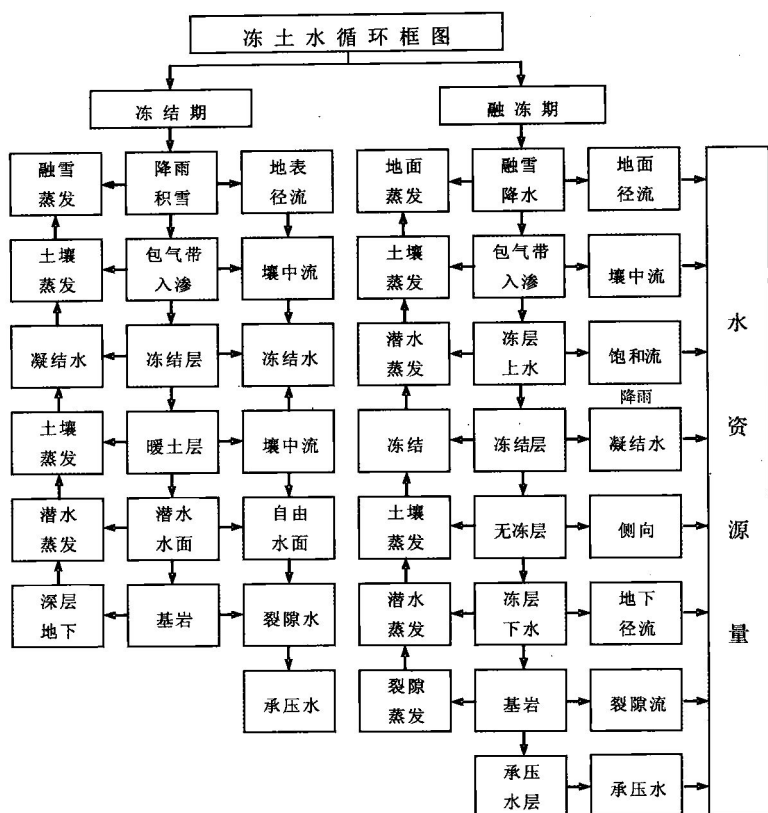


图4 冻土条件下水分动态框图

冻土的主要作用包括:(1)增加了土壤蓄水量;(2)改变了土壤含水量垂线分布,对农作物有调节作用;(3)土壤蒸发受到抑制,降低了土壤水分消退速度;(4)土壤中的水分经过结冻和融冻过程,水循环明显滞后;(5)冻土不透水层减少了地下水的补给量;(6)影响农田灌溉定额;(7)改变了旱涝指标;(8)冻土影响产流机制和计

算方法;(9)降雨径流模型参数和产流方式随冻土季节特性而变化;(10)冻土不透水作用使水分下渗不易,停留于表层,消耗于蒸发,在低洼沼泽地易致使盐碱化。

4 冻土条件下主要水文特性曲线

4.1 土壤饱和后的含水量衰变过程

冻土存在时,温度低于冰点,冻土减弱了入渗能力,因此土壤含水量消退速度明显减缓,其变化范围限于近地表的冻土层或冻土上水层以上,如图5所示。

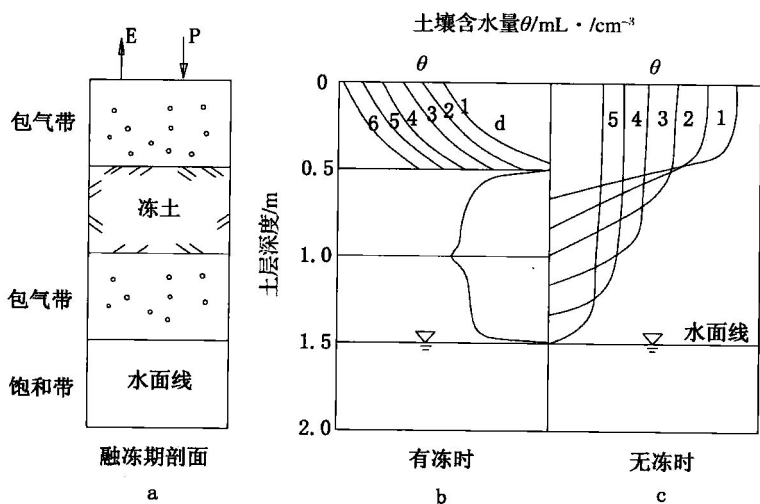


图5 土壤饱和后的含水量衰变过程图

4.2 冻土上水、潜水过程

冻土层有上水、下水(潜水)两个自由水位线,上层(饱和层)水位随融雪、降雨入渗而变化,至冻土化通,进入主汛期,地下水入渗量增加,两水位合并并上升,如图6所示。

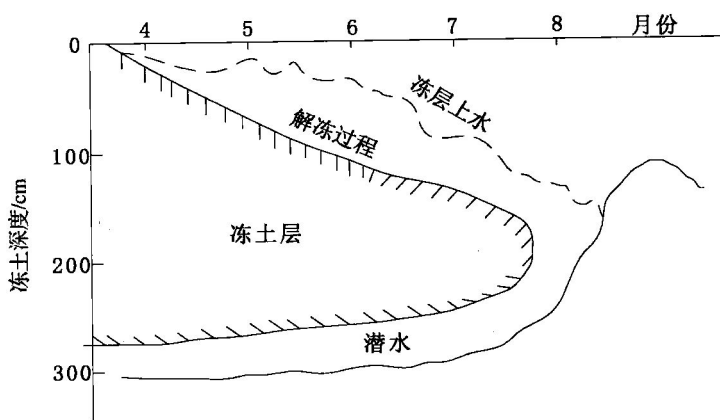


图6 1960年依安县富强公社冻层上水、潜水过程图

4.3 冻土水文特性曲线变化

图7为实际试验和水文计算概化的过程,反映了冻土水文特性随冻土冻融的变化过程,是冻土作用(效应)的结果。

图中, W_0 是流域或土壤蓄水量,单位量 mm; a 为径流系数; k 为土壤含水量消退系数,单位量 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$; E_p 为蒸发量,单位量 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$; q 为农田渗透量,单位量 $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由图可见,各要素的变化过程均受冻土的制约,具有与无冻土地区相反的变化趋势。