

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程

水信息技术

主 编 河海大学 谢悦波

主 审 四川大学 丁 晶 杨明江



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程

水信息技术

主 编 河海大学 谢悦波

主 审 四川大学 丁 晶 杨明江



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书除保持传统《水文测验学》的规范内容(水、流、沙、降雨及误差)以外,在测验新理论(如利用放射性同位素技术收集大洪水信息——古洪水研究)、新技术(如 ADCP 测流技术)、新要求(如水质信息采集)等方面进行了扩充,这也是书名从原来一直沿用的《水文测验学》→《水文信息采集与处理》→《水信息采集与处理》,更名为现在的《水信息技术》的主要原因。

本书采用了河海大学水文与水资源工程专业多年来讲课的体系进行了章节的安排。特别强调的是:本书是一本教材,而不是一本工具书;只起到将一个人领进水信息采集与处理之门的作用,而不能把所有方法尽数介绍完全。如要把其中的各种方法都弄清楚,还必须要结合各种规范,进行后期学习才行。

图书在版编目(CIP)数据

水信息技术/谢悦波主编. —北京:中国水利水电出版社, 2009

高等学校水利学科专业规范核心课程教材. 水文与水资源工程

ISBN 978 - 7 - 5084 - 6196 - 0

I. 水… II. 谢… III. 信息技术—应用—水文学—高等学校—教材 IV. P33 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 212198 号

书 名	高等学校水利学科专业规范核心课程教材·水文与水资源工程 水信息技术
作 者	主编 河海大学 谢悦波 主审 四川大学 丁晶 杨明江
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	175mm×245mm 16开本 18.75印张 433千字
版 次	2009年1月第1版 2009年1月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	30.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

编 审 委 员 会

主 任 姜弘道 (河海大学)

副主任 王国仪 (中国水利水电出版社) 谈广鸣 (武汉大学)
李玉柱 (清华大学) 吴胜兴 (河海大学)

委 员

周孝德 (西安理工大学)	李建林 (三峡大学)
刘 超 (扬州大学)	朝伦巴根 (内蒙古农业大学)
任立良 (河海大学)	余锡平 (清华大学)
杨金忠 (武汉大学)	袁 鹏 (四川大学)
梅亚东 (武汉大学)	胡 明 (河海大学)
姜 峰 (大连理工大学)	郑金海 (河海大学)
王元战 (天津大学)	康海贵 (大连理工大学)
张展羽 (河海大学)	黄介生 (武汉大学)
陈建康 (四川大学)	冯 平 (天津大学)
孙明权 (华北水利水电学院)	侍克斌 (新疆农业大学)
陈 楚 (水利部人才资源开发中心)	孙春亮 (中国水利水电出版社)

秘 书 周立新 (河海大学)

丛书总策划 王国仪

水文与水资源工程专业教材编审分委员会

主 任 任立良（河海大学）

副主任 袁 鹏（四川大学）

梅亚东（武汉大学）

委 员

沈 冰（西安理工大学）

吴吉春（南京大学）

刘廷玺（内蒙古农业大学）

方红远（扬州大学）

姜卉芳（新疆农业大学）

靳孟贵（中国地质大学）

吴泽宁（郑州大学）

陈元芳（河海大学）

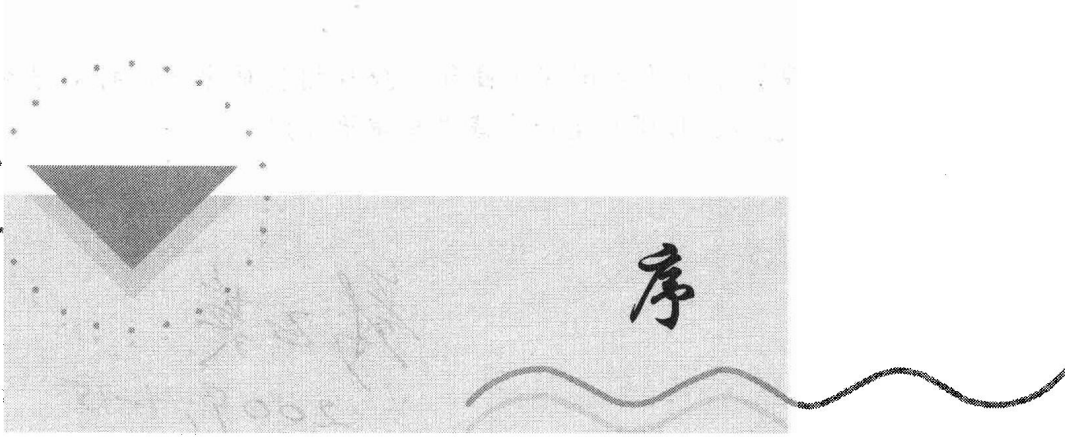
冯 平（天津大学）

纪昌明（华北电力大学）

刘俊民（西北农林科技大学）

金菊良（合肥工业大学）

郭纯青（桂林工学院）



序

水文是水利专业的基础，而水信息技术（水文测验学）又是水文学的基础。没有正确、及时的水信息基本数据，就不可能有正确的水情预报、水质预报、水资源评价以及涉水工程的规划、设计、施工、运行管理及防汛、抗旱的科学决策。

在水文学科分类中，《水信息技术》在 20 世纪 50 年代以前为《水文测验与查勘》；50 年代中期，采用苏联的名称，改为《水文测验学》；90 年代后期，改为《水文信息采集与处理》；21 世纪初，由于信息采集的内容已经扩展到了水质、水环境监测等更广泛的领域，故更改为《水信息采集与处理》；在教育部“十五”教材规划中，定名为《水信息技术》。

水信息是国家经济、社会、资源、环境领域不可缺少的基础信息。在水信息的技术应用过程中，首先要取得各种水要素的数据，然后通过分析、计算与综合，为有关方面的科学决策提供依据。基本的水信息项目主要有水位、流量、泥沙、降水、冰情、蒸发、水温、水质、土壤含水量、地下水等，根据某些特殊要求，还可增设新的项目。《水信息技术》既是水文与水资源工程专业的一门重要技术基础课，课程本身又具备专业课程的性质。

河海大学是中国以水利为特色的重点高等学校。50 多年来，河海大学的水文学及水资源学科培养了 7000 多名水文专业毕业生，其中大部分成为中国水信息采集与处理的骨干力量。

《水信息技术》一书是谢悦波教授 20 多年来在河海大学从事水文测验学课程教学的知识归纳和提炼，也是他长期从事水信息技术应用和研究的

学术总结。《水信息技术》作为国家级高等学校规划教材出版，将对推动我国水信息技术的教学、科研和生产实践发挥重要作用。

特为之序。

舒乙英
2009, 1-15



总 前 言

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入,水利高等教育也得到很大的发展与提高。与1999年相比,水利学科专业的办学点增加了将近一倍,每年的招生人数增加了将近两倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革,在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时,水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下,从2003年到2005年,各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下,水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年底完成了相关的研究工作,制定了水文与水资源工程,水利水电工程,港口、航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果,并能较好地适应不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各水利学科专业点参照专业规范组织教学,经水利学科教学指导委员会与中国水利水电出版社共同策划,决定组织编写出版“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点,是本专业的每个学生都必须学习、掌握的,或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的,因而,核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此,我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则,还通过专业教学组讨论、提出,专家咨询组审议、遴选,相关院、系认定等步骤,对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把

关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好，我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会，对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督。充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划 52 种，其中水文与水资源工程专业 17 种，水利水电工程专业 17 种，农业水利工程专业 18 种，计划在 2009 年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力，付出了许多心血，但是，由于专业规范还在修订完善之中，参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高，加之，在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验，因此，这套教材一定会有各种不足与缺点，恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材，以利于教、便于学，更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会

中国水利水电出版社

2008 年 4 月



前 言



河海大学《水信息技术》课程建设始于1952年成立的水文勘测教研室。56年来,教研室成员(包括教师、专职科研人员、实验人员)在鼎盛时期(20世纪80年代中期至90年代初)达19人。

教研室一贯重视《水信息技术》课程的教学和科研工作,教学上从《水文测验学》课程的奠基者严义顺教授组织创建本课程、编写第一本教材(自编讲义)及第一次授课起,到继任的教研室主任林传真教授,始终把教学工作放在首位,教学认真负责,一丝不苟,有着很好的积淀,为后继者树立良好的教风。

编者于1987年研究生毕业后留校任教有幸走进这个大家庭中的。在这个群体里,为走上讲台讲授这门课程,作为一个新手,除了将这门课程的全部实验、习题、课设重做一遍,而且每个点都要弄通、弄懂之外,还要在听老教师的讲课之后,自己准备讲稿(那个年代没有计算机讲稿,全部要手写,至今还保留着三届当年的讲课手稿);自己对着镜子练习讲课,然后申请在教研室试讲(当时除了指导实验课的老教师和教电测基础的老师没有参加以外,其余的老师林传真、林季峰、张家琼、夏佩玉、胡凤彬、周忠远、李春尧、陆桂华全部参加了),一个下午,全部用来对我的讲课提出改进意见了;试讲通过之后,第一次上课堂是1990年上半年,给当时的水文87级讲授水文测验学的前半部分——信息采集,当时的林传真、夏佩玉等老师还随堂听课,给了我很好的建议。尤其是林传真老师,几乎我的每节课他都来听,课堂上还认真记录,下课后把他的记录给我,指出哪些地方肯定,这样讲好;哪些地方可以换个方式讲,效果可能会更好;哪些地方需要改进,建议怎样改进。例如从板书的问题,包括图放的位置都有讲究;哪些图是本次课程后面不再用到的,可以讲完就擦去

的；哪些是本次课程后面还要用到的，应该放在哪里比较合适，从中获益匪浅；还利用从上课教室回到教研室的途中，告诉我这些点点滴滴的教学技巧。因此，在我的水文测验学教学生涯中，教研室的同仁都给了我很好的帮助。2002年我尊敬的林传真老师去世时，当时我上午从外地赶回来，下午匆匆赶到林老师的家中，给老师致哀；当晚接待从长江水利委员会水文局来学校选择毕业生的一行同行后又直接赶去张家港，参加我的一个项目评审会，因为次日上午我要主答辩，实在不能请人代替，以至于没有能够参加林老师的追悼会。为此我心中一直埋藏着深深的歉疚。

这本教材是编者在河海大学长期教学工作、学习、进修及参加相关国际国内会议研讨之后对自己授课讲义的不断修改、同时参考了河海大学水文测验教研室已经出版的水文测验学教材等（参见参考文献）而成为现在的版本。其间于2001年10月申报“十五”国家级教材规划的立项、2002年获得批准；2003年在河海大学气象山上水资源开发利用国家专业实验室的会议室专门邀请了当时的成都科技大学林三益、丁晶，合肥工业大学的张元禧，河海大学的刘新仁等教授对本教材提交的编制目录、体系进行了认真讨论，给出了很好的建议；最后的主审也是四川大学的丁晶和杨明江两位教授。在2004年成都举行的水利教学指导委员会的年会上，当时的丁晶教授对水文测验学课程的重要性阐述得非常透彻。他发言说：虽然我是搞随机水文的，但籍我一生水文教学之经验来看，水文测验学学不好，对其后的水文预报、水文计算等影响很大。所以我最后一次参加水利教学指导委员会年会的告别演说就谈这个问题。

在本书的编写过程中，研究生廖杰、余亮亮做了大量的资料查询、文字排版、校对，图幅制作、编排，表格数据查找、核实等工作；在这门课程的教辅材料中，使用了水文与水资源工程专业2000级学生周波、2002级学生张永兵上交的部分习题成果，水文与水资源工程专业2002级四班学生的课设及实习成果。

限于编者的水平有限，书中难免会有不当之处。恳请读者不吝指出，以便于再版时修改。

同时，借此机会，向所有为本书的出版提供关心、支持和帮助的同仁一并表示诚挚的感谢！

编者

2008年12月15日



目 录

序

总前言

前言

绪论	1
0.1 水资源现状	1
0.2 全球水资源量短缺的原因	5
0.3 解决办法（水文与水资源工程专业的任务）	6
0.4 本课程研究内容	8
0.5 中国水信息技术的发展	9
0.6 课程内容的安排及特点	10
第1章 测站与站网	11
1.1 测站	11
1.2 站网	12
1.3 水文测站的设立	16
1.4 水质监测站的设立	20
1.5 收集水信息的基本途径	22
复习题	23
第2章 降水观测	24
2.1 概述	24
2.2 雨量站布设及降水量观测场地	24
2.3 仪器及观测	26
2.4 降水量资料整理	32
2.5 降水量观测误差	36
2.6 大气降水监测	38
复习题	40

第3章 水位观测	41
3.1 水位概述	41
3.2 水位观测成果的计算	45
3.3 水位数据处理(水位资料整编)	47
复习题	50
第4章 流量测验	51
4.1 概述	51
4.2 断面测量	54
4.3 流速脉动与流速分布	62
4.4 流速仪	66
4.5 流速仪法测流	67
4.6 介绍几种测流方法	71
4.7 ADCP 河流流量测验原理和方法	80
复习题	91
第5章 泥沙测验	93
5.1 概述	93
5.2 悬移质输沙率的测验	95
5.3 泥沙颗粒分析	100
复习题	102
第6章 地下水监测	104
6.1 地下水资源开发利用现状与问题	104
6.2 地下水监测工作的进展	106
6.3 地下水监测	110
第7章 水质信息采集	114
7.1 地表水采样	114
7.2 地下水采样	116
7.3 水体污染源调查	118
7.4 水质数据处理及整编、汇编	121
复习题	123
第8章 实测期以前水文信息的采集	124
8.1 水文调查	124
8.2 历史洪水调查	128
8.3 古洪水研究	131
复习题	141
第9章 流量数据处理	142
9.1 概述	142

9.2	稳定的 $Z-Q$ 关系及处理方法	143
9.3	不稳定水位流量关系的分析	152
9.4	受人工控制河道的 $Z-Q$ 关系曲线	176
9.5	$Z-Q$ 关系曲线的移用及合理性检查	184
9.6	地下水数据处理	185
9.7	水文数据处理成果的刊布	187
	复习题	187
第 10 章	泥沙数据处理	189
10.1	悬移质输沙率数据处理	189
10.2	推移质输沙率数据处理	201
10.3	泥沙颗粒级配数据处理	203
10.4	泥沙数据的合理性检查	206
	复习题	208
第 11 章	误差	209
11.1	误差的有关基本概念	209
11.2	误差的传播与综合	212
11.3	流速面积法测流的误差估算	216
11.4	流速仪测流方法的精简分析	219
	复习题	222
第 12 章	潮水河水文测验	223
12.1	概述	223
12.2	潮水位观测及数据整理	227
12.3	潮流量测验	229
12.4	潮流量数据处理	238
12.5	潮水河悬移质泥沙测验及数据整理	244
	复习题	247
第 13 章	水信息系统简述	248
13.1	概述	248
13.2	水信息的收集与传输	248
13.3	水文信息的处理	251
13.4	水文信息的存储和检索	267
13.5	水文自动测报系统	271
13.6	水质自动监测系统	278
	复习题	280
	参考文献	282



0.1 水资源现状

0.1.1 全球水资源量

全球水资源量及其分配见图 0-1。

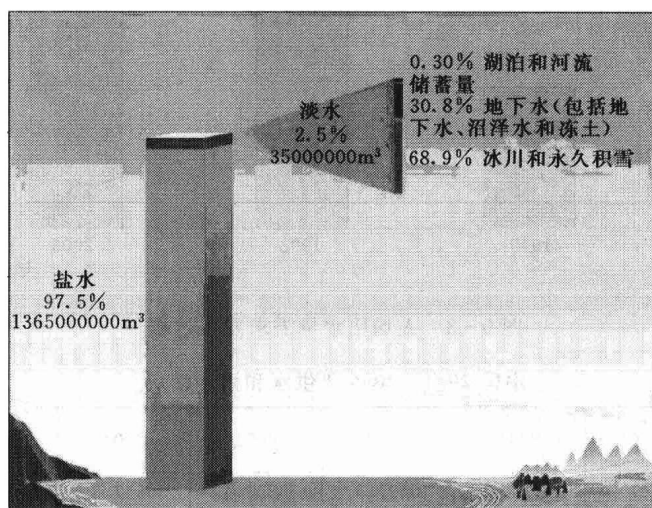


图 0-1 全球水资源量及其分配

0.1.2 中国水资源量的需求

中国水资源用水量的需求发展过程见图 0-2，人均用水量需求发展过程见图 0-3，中国 2001~2006 年供水和用水情况见表 0-1。

0.1.3 中国水资源量短缺情况

中国水资源量短缺情况见表 0-2。

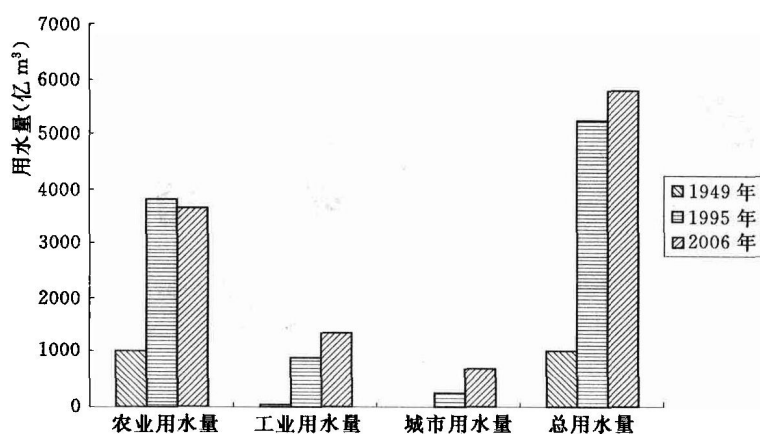


图 0-2 中国水资源用水量的需求发展过程

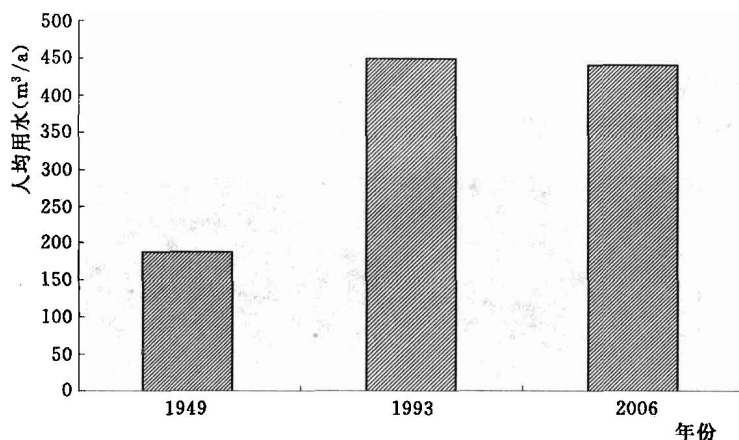


图 0-3 人均用水量需求发展过程

表 0-1

中国 2001~2006 年供水和用水情况

指标 \ 年份		2001	2002	2003	2004	2005	2006
供水	总量 (亿 m³)	5567.4	5497.3	5320.4	5547.8	5633	5795
	地表水水源 (亿 m³)	4450.7	4404.4	4286	4504.2	4572.2	4706.7
	所占比重 (%)	79.9	80.1	80.6	81.2	81.2	81.2
	地下水水源 (亿 m³)	1094.9	1072.4	1018.1	1026.4	1038.8	1065.5
	所占比重 (%)	19.7	19.5	19.1	18.5	18.4	18.4
	其他水源 (亿 m³)	21.9	20.5	16.3	17.2	22.0	22.7
	所占比重 (%)	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4
用水	总量 (亿 m³)	5567.4	5497.3	5320.4	5547.8	5633.0	5795.0
	农业 (亿 m³)	3825.7	3736.2	3432.8	3585.7	3580	3664.4

续表

指标 \ 年份		2001	2002	2003	2004	2005	2006
用水	所占比重 (%)	68.7	68	64.5	64.6	63.6	63.2
	工业 (亿 m ³)	1141.8	1142.4	1177.2	1228.9	1285.2	1343.8
	所占比重 (%)	20.5	20.8	22.1	22.2	22.8	23.2
	生活 (亿 m ³)	599.9	618.7	630.9	651.2	675.1	693.8
	所占比重 (%)	10.8	11.3	11.9	11.7	12	12
	生态 (亿 m ³)			79.5	82	92.7	93
	所占比重 (%)			1.5	1.5	1.6	1.6
全国人均 (m ³ /人)		437.7	429.3	412.9	426.8	432.1	442

表 0-2

“九五”目标下的缺水量

分 类		1995 年		2000 年	
		水量 (亿 m ³)	百分比 (%)	水量 (亿 m ³)	百分比 (%)
地区	黄淮海流域	147	41.06	100.26	24.0
	内陆地区	62	17.32	18.10	4.3
	华南地区	35	9.78	39.42	9.4
	东北地区	20	5.59	54.50	13.0
	长江流域	90	25.14	79.12	18.9
	其他地区	4	1.11	126.82	30.3
行业	农业	300	83.80	322.53	77.12
	工业及城市生活用水	58	16.20	95.69	22.88
总缺水量		358	100	418.22	100

根据 80 年代初水利部对全国水资源进行的评价：我国的多年平均降水总量为 6.2 万亿 m³，除通过土壤水直接利用于天然生态系统与人工生态系统外，还可通过水循环更新的地表水和地下水的多年平均水资源总量为 2.8 万亿 m³。按 1997 年人口统计，我国人均水资源量为 2220m³，预测到 2030 年我国人口增至 16 亿时，人均水资源量将降到 1760m³。按国际上一般承认的标准，人均水资源量少于 1700m³ 为用水紧张的国家，因此，我国未来水资源的形势是严峻的。

除了人均水资源量紧张外，我国水资源的时间分布很不均衡。由于季风气候影响，各地降水主要发生在夏季。雨热同期，是农业发展的一个有利条件，使我国在发展灌溉农业的同时，还有条件发展旱地农业。但由于降水季节过分集中，大部分地区每年汛期连续 4 个月的降水量占全年的 60%~80%，不但容易形成春旱夏涝，而且水资源量中大约有 2/3 左右是洪水径流量，形成江河的汛期洪水和非汛期的枯水。而降水量的年际剧烈变化，更造成江河的特大洪水和严重枯水，甚至发生连续大水年和连续枯水年。

我国的年降水量在东南沿海地区最高，逐渐向西北内陆地区递减。从黑龙江省的呼玛到西藏东南部边界，这条东北—西南走向的斜线，大体与年均降水 400mm 和年