

黄河水利科技成果

与海之选集

(一)

水利部黄河水利委员会水文局 编

黄河水利出版社

黄河水文科技成果与论文选集

(一)

黄河水利出版社

(豫)新登字 010 号

黄河水文科技成果与论文选集

责任编辑:胡庆泉 陈昇辉 徐素霞

出版:黄河水利出版社

(地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层)

邮编:450003

印刷:黄河水利委员会印刷厂

发行:黄河水利出版社

开本:787mm×1092mm 1/16

版别:1996 年 10 月 第 1 版

印次:1996 年 10 月郑州第 1 次印刷

印张:61.875

印数:1—500

字数:1584 千字

ISBN 7-80621-101-2/TV·64

定价:156.00 元

编辑委员会

主 任 陈先德

副 主 任 张民琪

委 员 (以下按姓氏笔画为序)

马秀峰 吕光圻 任志远 任建华 陈先德

李良年 肖俊发 张民琪 张国泰 赵伯良

赵树廷 钊增平 曹寿林 蔺生睿

编辑工作组

主 编 张民琪

副 主 编 吕光圻 李良年

编辑人员 (以下按姓氏笔画为序)

王宝华 李竹金 罗 君 赵元春 谢 红

序

人民治黄事业已经胜利地走过了艰辛而又光辉的五十年。五十年来，黄河下游岁岁安澜；黄河流域和沿黄地区的灌溉面积增加了八倍；水力发电从无到有，装机容量已达380万千瓦；水资源利用率已超过50%；入黄泥沙减少了近20%。这些成就是治黄的任何历史时期所无法比拟的，也是举世瞩目的。在取得这些成就的过程中，黄河水文工作发挥了重要的“尖兵”作用；每一进展都凝结着广大黄河水文工作者的敬业精神、汗水和智慧，他们的功绩是永远不会磨灭的！

为了纪念和庆祝人民治黄50周年，黄河水利委员会水文局编辑出版这本《黄河水文科技成果与论文选集》，对水文事业的继往开来是非常有意义的。

“选集”反映了五十年来，特别是近二十年来，黄河水文科技工作者在各个领域所取得的主要科技成果和经验总结。每个项目都是紧密结合不同时期的工作需要而进行的，对各项治黄工作都作出了及时的贡献，同时推动了水文事业本身的发展。绝大多数成果获得了不同等级的奖励，一部分论文在国内外学术会议上进行了交流。可以说，“选集”记录了黄河水文工作者几十年来走过的探索道路和足迹，对今后水文事业的发展有着重大的指导和借鉴作用。

“选集”中的作者，既有年逾古稀的专家，又有如日中天的骨干，还有风华正茂的一代，展示着黄河水文队伍的蓬勃生机。尤其可喜的是一部分作者来自基层第一线。他们长年栉风沐雨奋战在大河上下，又潜心悉力进行理论探索，这样不仅大大提高了队伍的素质，也必将促进水文事业向更高层次发展。

衷心祝愿黄河水文事业在“科学兴水”的大道上开拓前进，取得更大成绩！

龚时旻

前 言

黄河水文工作是黄河水利事业的一项重要基础性工作，也是国民经济建设和社会发展的一项前期工作，是治黄事业的重要组成部分。

经过大河上下水文战线的广大职工长年累月艰苦工作，黄河水文工作为黄河防汛、防凌、抗旱、水资源调度等决策，提供了全方位的优质服务；为黄河流域的治理、水资源开发利用、流域综合规划等工作收集整理了丰富珍贵的长系列水文资料。

与此同时，黄河水文这一支多学科的技术队伍，紧密结合生产实际，开展科学研究，促进了事业的发展。据不完全统计，1980年以来先后完成科研课题400多项，在省级以上学术刊物上发表论文200多篇，在省级以上多种学术讨论会及科技经验交流会上交流论文190多篇，参加国际学术交流会和发表论文30多篇，在完成的成果和论文中，获国家级奖3项，部（委）、省级科技成果进步奖25项，黄委会（包括水文局）科技成果进步奖300项，涉及水文、气象、泥沙、测量、水文地质、土壤生物化学、无线电子、计算机应用、通信遥测、超声物理、测验仪器、遥感技术等多种学科和专业，为黄河治理开发、研究水文泥沙规律、加快实现水文工作现代化，积累了一批巨大的财富。

为了进一步深入开展水文基本情况、基本资料、基本规律的研究，促进水文科技成果的交流和推广，在纪念人民治黄五十周年之际，从黄委会水文局成立以来开展的科研项目和学术论文中筛选、压缩、选编出版《黄河水文科技成果与论文选集》，献给人民治黄五十周年，献给支持水文科技事业和在水文工作中做出贡献的同志们。

本文集采用专业分类，收集了科技成果、论文218篇，约160万字，共分五类三册，第一册的主要内容为水文测验与资料整编，第二册为水文气象情报预报，第三册为水资源河流泥沙、水文仪器设备研制与应用及其他三个部分。为控制篇幅，在编辑中对原文引用的参考文献一律省略，个别插图作了删节。

限于编者水平，疏谬之处难免，恳请读者批评指正。

编 者

1996年6月6日

总 目 录

序
前言

(一)

水文测验与资料整编篇

干旱地区中小河流水文站网布设原则综述	马秀峰 任春香 (1)
布设流量站网的直线原则与区域原则的研究	马秀峰 任春香 (12)
雨量场的统计特性和雨量站网密度的估算	马秀峰 任春香 (25)
悬移质泥沙测验方法的实验研究	赵伯良 张海敏等 (34)
积深法泥沙测验精度	赵伯良 牛 占 (40)
自记水位计在多沙河流中的误差问题及其在黄河上的应用	王 然 游立潜 (44)
多沙河流浮标系数问题	赵伯良 (48)
黄河中下游流量测验总误差的实验研究	张海敏 李兆南等 (52)
流量测验中常见的系统误差	李兆南 (62)
黄河山东河段流量测验精度实验	程进豪 李祖正 (65)
高含沙水流泥沙分布特性与测验方法研究	赵伯良 牛 占 (67)
测船阻水对流速的影响试验及分析	李文蔚 (72)
龙门断面洪水期冲淤特性及水位与流量关系延长	程龙渊 (74)
山东黄河泥沙测验精度试验分析	李祖正 程进豪 (77)
山东黄河泥沙颗粒级配测验误差实验分析	李祖正 杨凤翔等 (87)
黄河三门峡水库水沙观测回顾与评价	程龙渊 张镇宇等 (91)
泥沙巡测试验一例	荣彦修 (95)
泥沙颗粒级配资料的电算整编方法	张国泰 (96)
水位流量关系曲线的延长方法和对若干水力因素的讨论	熊贵枢 王 兴 (101)
垂线平均流速计算公式的误差及修正方法	张海敏 王 玲 (104)
花园口至利津历年水量平衡情况分析	游立潜 程进豪 (106)
泥沙颗粒分析称量方法的比较试验	刘明月 刘木林 (111)
河流泥沙粒径计法分析成果改正方法的实验研究	赵伯良 王雄世等 (113)
粒径计资料改正方法的试验	刘木林 刘明月 (120)
输沙率测验误差的初步分析	龙毓鸞 林斌文等 (125)
黄河下游输沙量及冲淤量测验资料的误差分析	熊贵枢 孙桐光等 (130)
黄河中游支流悬沙粒度分布与测验布置的探讨	刘木林 刘明月 (137)
对于洲径流实验站实验研究的回顾和评述	马秀峰 (142)

水文站设站年限的探讨	马秀峰	(150)
VAX-11 机整编降水量资料全国通用程序简介	张国泰 彭子芳	(156)
黄河水文数据库简介	张国泰 张 诚	(159)
水质数据计算机管理系统简介	张国泰 王 玲	(160)
应用陆地卫星图像作潮汐改正试确定黄河三角洲岸线	赵树廷 王 勇	(161)
用简化法推求断面平均流向	高天昌	(162)
条件组合法简化冰(枯)期流量测验方法简介	巢孝松	(164)
缆道吊船积宽测流试验	李士灿	(166)
用分析法推求冰期浮标系数	杨传进	(171)
利用最小瓶加浑水重判定最小沙重	韦中兴	(174)
减少流速仪取草次数的一种途径	韦中兴 伏元洲	(176)
四种参数假设检验方法的应用与评价	张法中 王庆中等	(178)
黄河流域的径流泥沙变化	熊贵枢 徐建华等	(182)
《河流悬移质泥沙测验规范》简介	赵伯良 李兆南	(188)
河南省水面和陆面蒸发量计算	陈志凌 张志明	(190)
黄河下游冰期水位、流量演算研究	陈贇廷 可素娟	(192)
黄河流域水面蒸发观测及其规律	王德芳 柴平山等	(199)
黄河下游断流情况的回顾与思考	王文玲 张 玮	(202)
三门峡枢纽建筑物泄流的验证及应用	罗荣华 王国士	(205)
1976年8月2日黄河府谷至龙门区间特殊洪水现象的初步分析	李红良	(211)
铅鱼拉偏缆道测水深不改正措施探讨	怀新民 牛 占	(215)
蒸发场障碍物遮挡率计算方法中的几个问题	马庆云	(219)
水文站网投入与产出分析	任春香 杨汉颖	(221)
论设计暴雨普适公式及其应用	刘九玉 任春香	(227)
花园口河段断面横比降对水位代表性的影响	牛玉国 赵新生等	(233)
冰情的分类应着眼于目测的现实和便于观测	张云霖	(235)
黄河天桥水电站坝下河床演变分析	张云霖 席锡纯	(238)
山东黄河宽滩断面洪水的测报	程进豪 赵树武	(244)
泥沙站网布设原则和资料内插方法	马秀峰 支俊峰	(246)
粒径计法颗粒分析历史资料改正方法实验研究	赵伯良 王雄世等	(252)
洪水过程借用断面方法初探	马文进 李 鹏	(257)
泾河流域水文特性分析	韦中兴 简生睿	(260)

(二)

水文气象情报预报篇

黄河流域水文预报方案	陈贇廷 李若宏等	(3)
黄河下游洪水特性及防洪措施	陈贇廷 罗庆君	(9)

黄河下游漫滩洪水预报方法	李若宏 赵卫民等	(15)
黄河下游变动河床洪水位预报方法研究	胡汝南 张优礼等	(18)
黄河下游洪水漫滩分析计算	李若宏 王怀柏等	(20)
黄河中下游 1761 年洪水考证简介	胡汝南 高秀山	(23)
黄河三花间实时洪水联机预报系统	吕光圻 朱辰华等	(24)
黄河三花间受中小水库群影响的洪水预报方法	唐君璧 冯相明等	(28)
黄河三花区间水文概况	吴学勤 吕光圻等	(31)
陆浑水库降雨径流流域模型	吕光圻 唐君璧	(35)
黄河水量周期分析及其预测	霍世青 温丽叶	(40)
黄河上游“81.9”洪水分析	孔祥钧 曹寿林	(44)
黄河冰凌问题	陈赞廷 孙肇初等	(48)
黄河下游冰情预报	李振喜	(53)
黄河下游凌汛成因分析及防凌措施	王文才	(58)
论三门峡水库的调节在黄河下游防凌中的作用	陈赞廷 孙肇初等	(60)
龙羊峡、刘家峡水库运用对黄河下游凌汛影响初步分析	李良年 李振喜	(67)
刘家峡水库调蓄对宁蒙河段开河形势影响的探讨	巢孝松	(74)
黄河洪水的天气成因	李一寰	(78)
黄河流域旱涝和汛期降水长期预报方法的研究	王云璋	(81)
1982 年 8 月黄河洪水的暴雨天气形势和主要天气系统特征	李一寰	(83)
黄河下游凌汛期中长期气温预报方法的研究	朱学良 彭梅香等	(87)
气候变化对黄河中上游水沙的影响	王云璋	(88)
暴雨低层扰动能量诊断分析	任 齐	(96)
中国-芬兰科技合作项目“黄河下游冰凌预报数学模型和防凌措施 的研究与开发”简介	曹寿林	(97)
在变动河床上以水位最大涨差推求历史洪水	胡汝南	(99)
黄河流域的气温和降水特征与变化	吴燮中 董雪娜	(103)
黄河下游冰情发展的气象成因	朱学良	(108)
有预见期的洪水演算方法	马秀峰 任春香	(112)
黄河“92.8”洪水来源及特性分析	吕光圻 刘龙庆	(119)
黄河花园口年最大流量长期预报方法研究及其应用	霍世青 饶素秋	(124)
从徐淮故道看现黄河三角洲的行河潜力	庞家珍 余立民	(130)
黄河内蒙古河段凌汛期河槽水量变化规律分析	顾明林	(132)
黄河宁蒙段凌汛与上游水库调度	巢孝松 马全杰	(135)
黄河刘家峡盐锅峡河段冰塞分析	巢孝松	(140)
分阶段周期法及其在唐乃亥年平均流量预报中的应用	顾明林 任立新等	(145)
黄河兰州站水量的年际变化与气候的关系	巢孝松	(148)
黄河桃汛洪水预报模型	李振喜 霍世青等	(150)
黄河宁蒙河段冰情预报统计模型及其应用	李振喜 陶 新	(153)

黄河半干旱区突发性暴雨、洪水成因研究	李一寰 吕光圻 (158)
黄河“三花间”暴雨预报专家系统简介	李一寰 任 齐等 (164)
强降雨、暴雨云团的天气分析和预报	李一寰 (167)
对称不稳定性分析与黄河北干流突发性洪水暴雨	张克家 温丽叶等 (171)
非气态水输送对黄河中游“82. 8”大暴雨水量平衡的贡献分析	杨特群 (175)
黄河“三花”区间天然水量序列的延长及其变化分析	王云璋 彭梅香 (177)
黄河径流量变化与太阳活动关系初探	王云璋 彭梅香 (184)
1990 年汛期黄河下游雨洪概况与环流背景分析	彭梅香 刘 萍 (188)
80 年代黄河中游降雨特点及其对入黄沙量的影响	王云璋 彭梅香等 (193)
黄土高原地区中等流域产流模型	唐君璧 冯相明 (199)
黄河三花区间水利工程对洪水、径流的影响	冯相明 (204)
伊洛河夹滩地区决溢洪水的模拟方法	冯相明 (209)
黄河三门峡入库桃峰水量预报方法及其应用	霍世青 王云璋 (214)
黄河洪水丰枯变化规律及其与太阳活动的关系	霍世青 (218)
1981 年 8~9 月黄河上游强连阴雨期水汽输送分析	饶素秋 杨特群 (222)
黄河下游洪水预报方法	刘晓伟 (225)
实时水情信息接收处理系统在黄河防汛中的应用	杜学胜 (231)
黄河干流水库修建后冰情变化的分析	可素娟 陈赞廷 (234)
黄河下游冰情数学模型及优化三门峡水库防凌调度的研究	陈赞廷 可素娟 (239)
天桥电站坝上游河段蓄水运用前后冰情变化	张云霖 (243)
黄河天桥水库的冰塞与冰坝	张云霖 (246)
黄河洪水对渭河的影响及潼关洪峰流量预报	程龙渊 席占平 (250)

(三)

水资源河流泥沙篇

应用主成分聚类进行黄河流域水文分区	任春香 马秀峰 (3)
黄河泥沙的来源和输移	龚时暘 熊贵枢等 (9)
黄河中上游水利、水上保持措施对减少入黄泥沙的作用	熊贵枢 (15)
黄河流域泥沙来源分布	支俊峰 (18)
黄河流域的风沙活动	牛 占 (20)
黄河中游粗泥沙来源区对黄河下游冲淤的影响	黄委会水利科学研究院等 (22)
论水文变量的随机性	戴申生 (27)
水流连续方程与洪水演算	马秀峰 (30)
黄河河口近代历史变迁	庞家珍 司书亨 (34)
黄河河口水文特征及泥沙淤积分布	庞家珍 司书亨 (38)
黄河河口演变对黄河下游的影响	庞家珍 司书亨 (45)
黄河口清水沟行水年限及近期流路安排	庞家珍 余力民等 (49)

大理河减水减沙效益初步分析·····	熊贵枢 张胜利 (55)
三门峡水库潼关高程变化分析·····	王国士等 (56)
巴家咀水库高含沙异重流的初步分析·····	廖威祖等 (59)
三门峡水库(潼—三段)塌岸调查与分析·····	孙绵惠 吴茂森等 (64)
黄河流域水资源调查和评价初步成果·····	吴燮中 邱宝冲等 (67)
水资源总量估算及水量平衡分析·····	吴燮中 (68)
黄土高原地下水资源评价及开发利用·····	任建华 (71)
黄河流域平原灌区地下水灾害成因及防治措施刍议·····	任建华 (73)
应用陆地卫星象片编绘黄河流域自然地理分区图及分析河口三角洲演变 ·····	赵树廷 牛 占 (74)
黄河三角洲海区的水深变化及深水港址选位的设想·····	司书亨 张广泉 (78)
废黄河考察及现黄河三角洲治理的若干问题·····	庞家珍 余力民 (82)
计算水文频率参数的权函数法·····	马秀峰 (89)
回归分析中的伪相关与辗转相关·····	马秀峰 (96)
黄土地区流域产沙的数学模型 ·····	王星宇 (110)
黄河泥沙测验 ·····	龙毓骞 熊贵枢 (115)
近 70 年来黄河中上游径流与输沙量变化·····	徐建华 李世明 (119)
黄河洪水对下游河道冲淤影响的统计分析 ·····	王 玲 董雪娜 (124)
河龙区间水利水电工程减沙效益水保法研究成果汇总浅析 ·····	徐建华 李雪梅等 (128)
黄河下游窄河道的演变规律及治理意见 ·····	董占元 (134)
关于黄河入海流路及三角洲土地整治问题 ·····	庞家珍 (141)
黄河下游河道冲淤演变 ·····	庞家珍 张广泉等 (143)
黄河口清水沟流路现状及其演变 ·····	高文永 张广泉等 (154)
黄河三角洲流路演变及对黄河下游的影响 ·····	庞家珍等 (159)
黄河兰州段河道整治动床模型试验及冲淤计算 ·····	赵昌瑞 刘有录等 (166)
黄河兰州段河道整治定床模型试验及水流计算 ·····	赵昌瑞 李志恒等 (172)
潼关到三门峡库段沙量平衡问题的初步探讨 ·····	吴茂森 程龙渊等 (177)
三门峡水库水、沙观测的回顾与评价 ·····	程龙渊 张振宇等 (182)
浑水调洪图解法的实验分析 ·····	廖威祖 (185)
刘、龙水库运用对三门峡库区冲淤影响的初步分析 ·····	程龙渊 席占平等 (191)
“92.8”高含沙洪水在三门峡库区冲淤特性分析 ·····	缪凤举 吕光圻等 (205)
三门峡水库淤积测量方法初步分析 ·····	程龙渊 席占平等 (210)
三门峡水库淤积物干容重的研究与应用 ·····	程龙渊 席占平等 (215)
1993 年汛期潼关高程升高原因的调查分析 ·····	孙绵惠 (218)
潼关河床冲淤分析 ·····	孙绵惠 付卫山 (221)
三门峡水库 1994 年汛期运用情况及冲淤特点·····	孙绵惠 (226)
黄河“揭底”现象与机理分析 ·····	孙绵惠 (230)
闸门淤沙摩阻力试验 ·····	牛 占 白东义等 (235)

时段平均输沙率计算方法探讨	牛 占 马庆云 (242)
河流悬沙垂线平均含沙量的研究	牛 占 (247)
黄河高含沙水流流变试验简介	罗荣华 (250)
河流悬沙垂线积深采样的试验研究	牛 占 赵伯良 (254)
《河流泥沙颗粒分析规程》简介	赵伯良 汪福盛等 (263)
黄河流域晋陕区间泥沙密度值试验	慕明清 (264)
贫巴沟流域水沙变化分析	齐 斌 李 鹏 (265)
神府东胜矿区开发对乌兰木伦河水沙的影响	齐 斌 李 鹏 (271)
黄河流域水土保持现状与未来减沙评估	徐建华 (276)
黄河中游坝库拦沙量估算问题	李世明 杨汉颖 (280)
偏关河流域产沙模型研究	徐建华 李雪梅等 (284)
黄河中游黄土区基岩及产沙估算	李世明 支俊峰等 (289)

水文仪器设备研制与应用篇

HS-1 型浑水测深仪	白东义 方新民等 (297)
黄委会水文局流速仪检定水槽简介	任小龙 傅瑾瑜等 (300)
PH-422 型同位素含沙量计	周延年 张石娃 (301)
浑水实验装置的设计与应用	白东义 赵志普 (303)
GDY-1 型光电颗粒仪测定粗泥沙的试验	刘明月 刘木林 (305)
ATM-1 型痕量汞自动测定仪	李树峰 刘玉林等 (307)
软基河滩水文缆道桩基设计	游立潜 程进豪 (308)
皮囊调压积时式悬移质采样器的研制和实验	胡金星 (315)
两种毛细管粘度仪的对比试验	熊贵枢 张隆荣 (319)
DSJ-4 型翻斗式长期自记雨量计简介	王智进 赵宝德 (323)
单片机在 DJQY-50 型金刚石抗压强度仪上的应用	吴建华 杜 军等 (324)
YD100-4 型灌注桩孔质量检测仪简介	吴建华 (328)
HW-1000 型非接触式超声波水位计测量误差分析与检验	赵安林 白东义 (330)
HSW-1000 型超声波测控仪简介	赵安林 白东义 (333)
无线电定位仪在滨海水文测验中的应用	张广泉 (334)
桥用采样器的改制与使用	韦中兴 蔺生睿 (338)
Argos 系统在降水量数据自动采集传输中的试验运行	牛 占 (340)
振管传感器测量水流悬浮含沙量实验研究	牛 占 (345)
遥感技术及其在黄河水文上的应用	赵树廷 (348)

其 他

水文数据资料成本分析	李士灿 (355)
随机序列轮长与轮次的统计规律	马秀峰 (359)
随机序列的持续性与黄河流域持续干旱初探	马秀峰 (366)

黄河流域历史特大干旱重演对国民经济的影响	马秀峰 (372)
《中国江河冰图》简介	陈赞廷 (382)
黄河上游大中型水电工程对水质的影响	白玲绪 (383)
黄河多沙水体测定总铁样品的保存问题研究	霍庭秀 (386)
黄河流域中上游近 40 年洪水灾害特点分析	支俊峰 陈 静 (389)
黄河流域片生活与工业用水调查研究	支俊峰 潘启民等 (393)
黄河河口海岸带的地物光谱特性	赵树廷 (398)
黄河口淤进及滩涂植被的卫片解译分析	赵树廷 王 勇等 (402)
应用干旱指标法研究黄河流域干旱特征	钱云平 张美丽等 (405)
黄河山东河段水质状况分析与评价	程进豪 (410)
黄河山东段水土资源的利用与实践	司书亨 王鸿祥 (414)
水质研究中的紧迫问题	戴申生 (416)
黄河口地区应用遥感技术的现状与前景	赵树廷 (420)
关于黄河水文经济体制改革的思考	司毅铭 (423)

干旱地区中小河流水文站网布设原则综述^{*}

马秀峰 任春香

一、前言

国家基本水文站网,经统一规划而设立,执行国家审定的测验规范,其收集的资料,均列入国家水文年鉴。基本水文站已成为水资源的评价与开发利用,水文分析与计算,科学研究,重要水利枢纽与较大区域的水文情报预报以及其他国民经济部门的公共需要。设立在河道上的基本水文站网可分为控制站、区域代表站和小河站。为收集水利工程影响资料而设立的辅助站,是基本水文站网的补充或组成部分。

水文站网是依靠网内测站的整体功能发挥作用的。从某种意义上说,水文站网是以有限站点的观测,满足无限地点的需求。因此,站网规划的目标应该是以最小的代价,最高的效率,使水文站网具有最佳的整体功能。

水文站网的整体功能,表现在对水文资料的时空内插外延和移用上。前者应用于实时的情报预报和短期的、不连续系列的插补延长;后者应用于解决无资料支流的水文计算问题。水文站网的整体功能主要由不同观测项目、不同观测年限、不同设站位置和不同观测精度的水文测站,通过适当的排列组合而构成。按照系统工程的观点,一个结构合理、局部环节之间能协同配套的水文站网,其整体功能必定超过局部功能的总和;同时,保证内插精度、节约站网投资、优化站网结构还要依靠资料移用技术的提高来实现。水文业务部门,只要通过实践,定期检验和纠正站网的缺陷,改善站网的结构,就可以逐步提高水文站网的整体功能。可见,水文站网结构的优化,是一个不断反馈和逐步调整的动态过程。

水文站网的分析研究和建设,必须与社会经济发展现状和水资源的开发水平相适应。在水资源开发程度很高的地区,为了合理分配水资源,提高水资源的经济效益,必须设立更多的专用站,充当“水会计”的角色,补充基本水文站网之不足。

水文站网必须与收集资料的手段相适应。雷达、遥测、卫星通讯、无人值守等自动测报系统的发展,计算机信息处理功能的提高,必将对水文站网的结构与布局,产生巨大的影响。

为使站网结构更趋于合理,更好地满足各方面的要求,应根据观测年限,对站网进行分类。为了监视长周期气候变化引起的水文效应,通过对比,澄清入类活动对水文情势的影响,在每一个水文分区或自然分区,都应当从自然环境相对不变的支流代表站中,选择一个测验条件较好、测验精度较高、现有系列较长的测站,作为基准站。坚持长期甚至是无限期的观测,正如要监视地面高程的变化,需要设置永久性的水准点一样。

用于插补或延长其他水文系列的一部分基本水文站,和基准站一起,通过长期或无限期的持续观测,提供流域内在时间上有足够代表性的样本。其余的基本站仅进行较少年份的观测,一旦与附近的一个或若干个长期站建立起满足精度要求的相关关系,即可停测或转移到

^{*} 本文原载《干旱地区水文站网规划论文选集》,郑州:河南科学技术出版社,1988年。

其他无资料的支流上设站观测,以便形成一个稠密的空间样本,用来反映水文特征值的空间变化规律。对于停测的那些站,视流域情况的变异,可作定期或非定期校测。

基本水文站网依靠长期站和短期站的观测提供两种样本,实现对水文情势在时间上和空间上的全面控制,满足国民经济建设对水文资料的需求。

作长期观测的基本水文站的选定条件是:

- (1) 实测资料系列长,与周围相邻站相关关系好。
- (2) 断面控制好,测验精度高。
- (3) 人类活动影响程度小。
- (4) 能结合水资源管理与防汛需要。
- (5) 面上分布均匀,每个分区有适当的密度。

二、水文分区

水文分区,不仅是布设水文站网的基础,也是认识水文规律,解决水文资料移用问题,为水资源合理开发提供依据的重要手段。

河流是气候与下垫面长期作用的产物,河流的水文特性必然要打上气候与下垫面影响的双重标记。气候具有明显的地带性分布,而下垫面不但具有地带性分布,也具有明显的非地带性变化,因此,往往需要进行水文分区。

水文分区的基本思想是:从空间上揭示水文特性的差异与相似,个性与共性。要求在不同分区之间,水文特性应有显著的差异,即每个分区都应有不同于其他分区的“个性”;而在同一个分区内的河流,其水文特性则要求相似,即有大同而小异的“共性”。

我国在发展站网的初期阶段,由于资料短缺,曾用气温作为太阳辐射的能量条件,划分气候带;用水分条件,划分大区;进一步参照影响水文现象空间变化的下垫面的因素,划分子区。高大的山脊,从山地到平原的转折,湖泊、荒漠的边缘以及地质、土壤、植被发生显著改变的地方,常作为分区的边界。这种分区方法,思路直观,在建设站网的初期阶段,曾发挥很大的作用。但由于确定分区指标范围时,依靠分区工作者个人的判断,分区结果往往因人而异,带有一定的任意性。

60年代初期,随着资料的积累,曾采用年降水和径流的关系,以及暴雨径流的产汇流参数等单项因素,进行分区。

经验证明,凡不受流域几何特征影响且相对稳定的水文特征值,和具有明确物理意义的水文模型参数,都可以从地图上作出各种各样的单因素分区,这对于水文资料的移用,进行水文模型的演算,都是可行的。

但是不同的水文因子间,往往存在着相关关系,反映着一部分相互重叠的信息。把各种单因子分区图放在一起比较,将似同而非同。从水文站网规划来看,面对如此众多的单因子分区,则较难综合考虑。

内蒙古杨振业同志提出:根据全部水文因子表现的“集体效应”,按照“从主、从众、从源”的原则,以能够集中反映能量、水分的分配与组合并相互转化的干旱指数为主要指标,划分大区;按地形、地貌、土壤、植被等下垫面的因素的相似与相异的程度,划分子区。作出的成果较之用单项指标进行分区,有了明显的进步。

为把诸多水文因子所表现的“集体效应”,用计量手段,有效地提取出来,黄河水利委员会水文局研制了“水文分区的主成分分析法”。

用主成分分析法划分水文分区的基本思路是：在地图上，均匀适量地选择一批地理坐标点作为样点，选择与分区目标有成因联系的各水文特征值等值线图，内插出每个样点相应的水文特征值，组成原始因子矩阵，经过线性变换与组合，提取相互独立、不再有重叠信息的新变量——前位主成分，绘制主成分映像聚类图，根据前位主成分的聚类特性，把同类样点及其代表的空间范围，在地图上——标示出来，就构成水文分区。

主成分分析法能够比较客观地作出体现诸多水文因子之“集体效应”的水文分区。甘肃、陕西、新疆等水文总站，把单因子分区与主成分分区的结果进行了对比，基本上证实了这个论点的正确性。

大家得到的共同经验是：

(1) 在干旱半干旱地区，应选择多年平均的年降水量、水面蒸发量 (E_{60} 观测值)、径流深、输沙模数 (新疆水文总站用干燥指数) 和年平均气温，作为主成分分析的原始因子。

(2) 在每个样点上内插的各种水文特征值，是分析计算的依据，应力求准确，符合实际。如果某种水文因子已受到水利工程影响，并严重失真，则应作还原计算。

(3) 聚类图与水文分区图要一一对应地进行合理性论证，逐步剔除无效因子，引进有效因子，使分区结果与客观实际达到统一。因此，要求分区工作者能尽量熟悉流域自然情况与水文特性，以提高分区的客观性。

用主成分聚类作水文分区，有助于揭示各种水文现象之间稳定的、必然性的依存规律。例如，在黄河流域的聚类图上，凡侵蚀强度在中度以上的像点，既不出现在湿润和亚湿润部位，也不出现在干旱部位，而是集中出现在亚干旱部位。这决不是偶然的巧合，而有其深刻的物理成因。水分条件丰沛的湿润和半湿润地区，易于形成良好的森林植被，水分条件最差的干旱地区，不能提供强大的水蚀动能，因此，强侵蚀区都发生在亚干旱地区。在亚干旱的阶地平原地区，坡度平缓；亚干旱的石山区，地表不易冲刷；亚干旱的黄土丘陵区，有了良好的森林覆盖，也不能形成强烈的侵蚀。因此，通过主成分聚类作水文分区，就得到一个重要的概念：亚干旱的水分特征，裸露的地表、疏松的土质、破碎的地形，同时遭遇在一起，是形成强烈侵蚀的必要而充分的条件。

上述用多因素集体效应的分区方法，比以往采用单因素划分大区 and 分区的方法，从理论上和实用上都有所提高。但是，按照什么原则确定样点个数；引用什么因子，来揭示暴雨洪水的分区规律等问题，还有待进一步分析研究。

三、流量站网

径流是水循环的重要形式，是水量平衡方程的重要项目，是河流搬运物质的载体。水文循环和水量平衡，是水文工作中一切定性分析和定量计算的基础，也是规划流量站网的基本准则。流量站网不仅为水资源的开发利用收集资料，而且，也是联结其他项目站网的纽带。

在我国干旱、半干旱地区，设在流域面积为 $3\,000\sim 5\,000\text{km}^2$ 以上河流的水文站称为大河控制站；设在 $300\sim 500\text{km}^2$ 以下河流的水文站称为小河流站；其余的为中等河流代表站。有些代表性较好，又系统地收集了资料的小河流站，也可以当作区域代表站使用。

1. 直线原则

在我国 50 年代引用直线原则规划大河干流测站，经数十年的实践检验，是成功的。但是，对布站数目的计算，一直没有较好的方法。黄河水利委员会水文局按照直线原则的基本概念和沿河长方向的内插精度要求，推导出布设大河干流控制站数的上、下限计算公式

$$n \leq 1 + \frac{\ln Q_* - \ln Q_1}{\ln(1 + \lambda)} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{\ln P_1}{\ln P_0} \cdot \eta \quad (2)$$

$$n \geq 1 + \frac{L}{L_0 \ln \left(\frac{C_v^2 + \varepsilon^2}{C_v^2 - \varepsilon} \right)} \quad (3)$$

$$L_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \Delta L_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \ln r_{ij}} \quad (4)$$

式中, n 为布站数目 (下同); Q_* 、 Q_1 分别为干流最下游和最上游测站的流量特征值; λ 为流量递变率 (下同); P_1 、 P_0 为概率, 通常取: $P_1=10\%$, $P_0=1/2$; η 为测验误差; L 为干流最上游和最下游测站之间的河道长度; L_0 为相关半径; C_v 为变差系数 (下同); ε 为允许的内插误差 (下同); ΔL_{ij} 为各站间的间距 (下同); r_{ij} 为各站间的相关系数。

上述公式理论基础比较扎实, 概念也较直观, 经各地试用, 效果较好。

布站数目确定之后, 可按流量递变率选定站址。在有较大支流汇入, 有大型湖泊水库调蓄, 有喀斯特漏水, 有重要防汛任务的河段, 以及大堤约束的起始和终止处, 不同水文分区的交界处等, 均应布站。

2. 区域原则

以往布设区域代表站的传统步骤是: 按水文特性分区, 把河流的面积分级, 在相同的面积级中, 选择有代表性的支流布站。如果在一个分区中, 同级河流的属性仍有差别, 则需要对河流分类, 把分级与分类数的乘积, 作为分区的布站数目。但是, 把中等河流的面积分成多少级比较恰当, 则是长期未解决的难题。

把上述直线原则加以引伸, 就可以来确定一个面积为 F 的水文分区上的布站数目 n 的上限

$$n \leq F/f \quad (5)$$

$$f = L^2 \cdot \frac{\ln(1 + \lambda)}{\ln(1 + \lambda) + \ln R_* - \ln R_1} \quad (6)$$

式中, R_* 、 R_1 为某水文分区内水文特性值等值线的最大、最小值; L 为 R_* 与 R_1 间的平均距离; f 为单站控制面积; 其余符号同前。

不等式 (5) 的意义是: 按单站控制面积 f 均匀布站, 则可保证在等值线的梯度方向上, 所有相邻测站间的水文特征值的正常变率不小于事先指定的递变率 λ ; 并能保证不同位置间的正常变率, 不被测验误差所淹没。同时, 也可以节约过多布站增加的投资, 体现经济上的合理性。

在水资源评价与水文计算中, 广泛使用等值线图进行地理内插作为移用资料的工具。因此, 对于区域代表站, 除按递变率要求布站以外, 仍需要考虑按照地理内插的要求, 确定每个分区的布站数量或布站密度。在等值线分析中, 流域被概化为集中在流域中心一点, 分区内任何一个概化点的地位是相同的, 所谓流量站网的密度, 就是这种概化点的密度。

把概化点按等边三角形网处理, 以满足地理内插精度要求, 就可导出与 (3) 式相仿的布站密度下限公式

$$n \geq F/f \quad (7)$$