

气候可行性论证

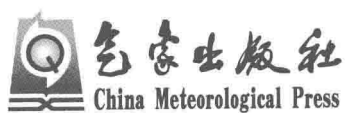
技术论文集

QIHOU
KEXINGXING LUNZHENG JISHU
LUNWENJI

顾建峰 主编

气候可行性论证技术论文集

主 编 顾建峰



内容简介

本书内容包括近几年在城乡规划、能源(风能太阳能、核电、火电、输变电路、输油管道)、交通(大型桥梁)、水利、市政(城市排水)等领域的气候可行性论证技术总结和最新研究成果。这些内容反映了气象部门气候可行性论证技术的最新进展和发展方向,对提高气候可行性论证业务的科技含量和技术水平有积极的意义。本书可供从事应用气象、气候服务和气候可行性论证业务、科研和管理的人员参考,对相关领域的业务、科研人员也是一本有价值的参考文献。

图书在版编目(CIP)数据

气候可行性论证技术论文集/顾建峰主编. —北京:
气象出版社, 2014. 10

ISBN 978-7-5029-6013-1

I. ①气… II. ①顾… III. ①气候-可行性研究-文集
IV. ①P46-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 228359 号

Qihou Kexingxing Lunzheng Jishu Lunwenji

气候可行性论证技术论文集

出版发行: 气象出版社

地 址: 北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室: 010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑: 齐 瞿

封面设计: 博雅思企划

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 460 千字

版 次: 2014 年 11 月第 1 版

定 价: 75.00 元

邮政编码: 100081

发 行 部: 010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审: 周诗健

责任技编: 吴庭芳

印 张: 18

印 次: 2014 年 11 月第 1 次印刷

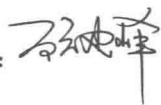
前 言

为了全面总结和交流近年来中国气象局气候可行性论证工作的技术和服务成果,推动气候可行性论证业务进展和技术水平提高,并加快科研新成果的转化应用,中国气象局预报与网络司和中国气象局公共气象服务中心于2013年11月组织召开了“2013年气候可行性论证技术交流会”。本次交流会共收到全国31个省级气象部门和2个局直属业务单位共80篇论文,经专家筛选后共有31篇论文作为会议交流。本论文集收录28篇论文及41篇摘要。

本次会议交流的主要内容包括气候可行性论证基础探测资料的分析订正处理、中小尺度数值模式在气候可行性论证方面的应用以及风能太阳能资源观测评估和预报、暴雨强度公式编制、生态环境、输电线路覆冰、大型水利工程和交通运输基础设施建设等各个气候可行性论证领域研究及技术进展,这些成果均为业务一线人员在实际工作中总结提炼形成,较为全面地反映了目前气候可行性论证业务技术水平,具有较好的应用价值。

本论文集的出版得到了中国气象局公共气象服务中心、各省(区、市)气象局和气象出版社的鼎力支持。在此,向编审专家组、各论文作者以及本书编辑表示衷心感谢!

由于论文集编印时间仓促,难以逐一与论文作者进行深入沟通,不妥之处,敬请谅解。

主编: 

2014年9月

目 录

前言

论文

三峡水利工程气候效应分析与评估	陈鲜艳 宋连春 张存杰(1)
大型工程气候可行性论证中的空间分析方法及其应用	黄世成 程婷 陈兵 等(9)
天津地区设计暴雨强度的推算和适用	任雨 李明财 郭军 等(18)
上海短历时设计暴雨强度的时空分布特征	徐卫忠 史军 徐家良(24)
兰州新区大气环境容量特征	黄涛 李晓霞 王让会(29)
贵州省冬季人体舒适度对温湿环境的响应	白慧 张东海 帅士章(37)
滑雪场建设项目的气候条件分析与讨论	许启慧 范引琪 于长文 等(44)
微气候旅游舒适度天气尺度分析方法	丁烨毅 黄鹤楼 胡波 等(57)
机场上空风切变特征研究分析	徐金霞 郭海燕 杨小波 等(63)
单体建筑气象抗风参数设计实例分析	何如 苏志 李强 等(71)
CFD在建筑物对气象台测风影响分析中的应用	游立军 张秀芝 张晓东 等(78)
海面动力学粗糙度对近海风速模拟的影响	周荣卫 何晓凤 宋丽莉(86)
基于 WAsP 的云南复杂地形风电场风能资源模拟	王学锋 杨鹏武 朱勇(93)
动力降尺度法对鄱阳湖区风能资源模拟效果分析	吴琼 贺志明 聂秋生 等(101)
测风塔选址对复杂地形风电场风资源评估的影响	雷杨娜 孙娴 姜创业(111)
山西省太阳能资源空间分布特征及资源评估	闫加海 张冬峰 安伟 等(121)
宁夏本地化 WRF 辐射预报订正及光伏发电功率预测方法初探	孙银川 白永清 左河疆(129)
基于卫星资料同化和 LAPS/WRF 模式系统的云天太阳辐射数值模拟改进方法	程兴宏 刘瑞霞 申彦波 等(136)
气候可行性论证中测风数据的可靠性研究	王丙兰 陈雯超 袁春红(150)
多种方法在年平均风速均一性检验中的效果对比分析	何冬燕 田红 邓伟涛(158)
新疆气象站年均风速均一化订正与基本风压估算初探	辛渝 陈洪武 李元鹏 等(168)
复杂山地下测风塔缺失测风数据插补订正方法的比较分析	张雪婷 陈正洪 许杨 等(182)
基于分段函数法计算湿球温度研究	朱业玉 陈 辉 姬兴杰 等(190)
内蒙古东部输电线路舞动区域分布图制作及分析研究	宋进华 于凤鸣 高春香(196)
辽宁省电线积冰特征与电网冰区划分研究	龚强 汪宏宇 蔺娜 等(204)
江苏省输电线路设计气象分区研究——江苏省最大风速分析	许遐祯 项瑛 王佳(214)

- 覆冰舞动灾害的一种气象甄别方法及其变化规律研究 高正旭 周月华 肖莺 等(223)
- 设计冻土深度的工程现场观测与分析 宋煜 赵华睿 邬晓冬(231)

摘要

- 暴雨洪涝气象灾害风险评估的问题与思考 卢燕宇 田红(238)
- 广西北部湾沿海基本风压和阵风风压分析 苏志 张瑞波 周绍毅 等(239)
- 并网风光互补资源评价与系统容量优化配置 成驰 许杨 杨宏青(240)
- 长江山区航道剖面能见度分析及局地影响因素初探 白永清 陈正洪 陈鲜艳 等(241)
- 川气东送扬子站雷击风险评估方法综述 刘佼 徐彬彬 杨天琦(242)
- 风电场风能资源评估中若干问题探讨 刘春生 徐永清 张洪玲 等(243)
- 福建沿海大风状态下不同历时风速的关系 吴滨 游立军 白龙(244)
- 河北省输电线路舞动特点及气象因素分析 顾光芹 周须文 史印山(245)
- 河南大气稳定度的分布特征 朱业玉 潘攀 张方(246)
- 湖北省丘陵山区风资源特征分析 许杨 杨宏青 陈正洪 等(247)
- 湖南农业气候资源对全球气候变化的响应分析 廖玉芳 彭嘉栋 崔巍(248)
- 湖南省近 60 年雨淞的气候特征 廖玉芳 张剑明 李英(249)
- 基于 WRF 模式的山西省风电功率短期预报系统 王大勇 武永利 安炜 等(250)
- 基于数值模拟的城市街区详细规划通风评估研究 李磊 吴迪 张立杰 等(251)
- 吉林市雾凇景观与气象水文条件的关系 张丽 谢今范 李宇凡 等(252)
- 江苏省不同下垫面下的风资源特征 陈兵 许遐楨 王瑞(253)
- 江西省山地风场风能资源储量及特征分析 吴琼 聂秋生 周荣卫 等(254)
- WRF 在逐时地面太阳总辐射预报中的统计分析 程路 孙嫻 姜创业 等(255)
- 不同下垫面的热带气旋强风阵风系数研究 陈雯超 宋丽莉 植石群 等(256)
- 粤北地区导线覆冰气象特征与标准厚度推算 黄浩辉 宋丽莉 秦鹏 等(257)
- 基于 GIS 的山东省旅游气候舒适度精细化评估 邱粲 曹洁 林隆超 等(258)
- 山东省采暖与降温度日数时空分布规律研究 曹洁 邱粲 刘焕彬 等(259)
- 无组织排放环境影响评价常见问题与技术解决方案 王栋成 邱粲 曹洁 等(260)
- 内蒙古东部地区电线积冰特征分析与冰区划分 高春香 于凤鸣 马玉峰 等(261)
- 内蒙古东部电网最大风速及其重现期极值的分布特征 马玉峰 于凤鸣 宋进华 等(262)
- 南京青奥会期间天气影响风险评估 (263)
- 宁夏盐池通用机场预选场址气象条件可行性分析 崔洋 桑建人 常倬林 等(264)
- 鄱阳湖区近地层风能资源特征研究 贺志明 聂秋生 刘熙明 等(265)
- 气候可行性论证指标研究 鲁俊 陶寅 陈静 等(266)
- MM5 与 CALMET 对北京地区风能资源的初步模拟及评估研究 (267)
- 杜吴鹏 房小怡 轩春怡 等(267)
- 青藏高原微地形对极值风速的影响及其参数化模拟方法研究 (268)
- 李林 李卫林 王振宇 等(268)
- 全国极端最低气温分布在风电工程中的应用 朱玲 柳艳香 龚强 等(269)
- 人工观测和自动观测结果的原理与方法——以佳木斯气象站为例 (270)
- 郑红 刘春生 魏磊(270)

天津市滨海新区城市规划对局地气候的潜在影响	李明财 熊明明 黄鹤 等(271)
天津市设计暴雨的空间分布特征	李明财 任雨 熊明明 等(272)
西北通用机场选址气候论证关键评估指标初探	崔洋 常倬林 孙银川 等(273)
雅安市生态气候综合分析	邓国卫 郭海燕 彭贵康(274)
延吉机场初选地雾的气候特征及影响因素	刘玉英 李宇凡 张晨琛 等(275)
基于数值模拟的云南省风能资源分布研究	杨晓鹏 杨鹏武(276)
上海霾天气发生的影响因素分析	郑庆锋 史军(277)
微尺度气象模型在环境影响评价中应用初探	周宇 穆海振(278)

三峡水利工程气候效应分析与评估

陈鲜艳 宋连春 张存杰

中国气象局国家气候中心 100081

摘 要:本文利用气象观测资料和区域气候模式研究了三峡库区气候变化特征及未来气候变化趋势,并对三峡水利工程的气候效应进行了评估。结果表明:近 50 年三峡库区气温和降水的演变特征与我国西南地区、长江上游乃至整个长江流域基本一致。未来 20 年,长江流域的气温仍将升高,降水量在上游呈上升趋势,降水量具有年代际变化特征,21 世纪三峡库区转为少雨期,这种变化趋势与西南地区增加、长江中下游减少完全相反。水库蓄水后对三峡库区附近气温产生调节作用,夏季降温和冬季增温效应明显,而库区年降水量没有明显变化。数值模拟显示三峡水库对气候的影响范围一般不超过 20 km。

关键词:三峡;气候变化;气候效应;数值模拟;评估

引言

2006 年重庆发生了百年一遇的干旱,2007 年重庆又遭创纪录的大暴雨袭击,2009 和 2010 年西南地区发生特大干旱,2011 年长江中下游在发生了近 60 年来最严重的冬春持续气象干旱后,6 月连续遭受 4 轮强降水,致使部分地区旱涝急转。面对长江流域发生的各类极端天气气候事件,关于三峡大坝诱发极端天气气候事件的说法争论不止,三峡工程的气候效应受到社会各界的广泛关注。有人认为三峡大坝的兴建,在长江上堵住了向四川盆地输送水汽的通道,从而引起了长江上游的降水减少;也有研究通过卫星资料分析发现三峡大坝建成后大坝附近的降水有所减少,而大坝和秦岭山脉之间区域的降水有所增加,从而认定三峡大坝气候效应可达上百千米^[1]。但是国家气候中心多年的监测发现,四川盆地形成降水的水汽主要来源于孟加拉湾、南海和青藏高原,而且水汽输送通道处于 1 000~5 000 m 的海拔高度,可以说三峡大坝对长江上游水汽输送的影响微乎其微,大坝的“木桶效应”没有科学依据。此外,三峡大坝建成期正好处于我国东部旱涝的年代际转变时期,2003 年后,不仅大坝和秦岭山脉之间降水增多,而且整个北方地区降水也是增多的。卫星资料的结果恰好反映了我国夏季雨带北抬的空间分布变化,并不能反映出三峡大坝的气候效应。

大型水利工程对周边气候的到底有没有影响?^[2-9]国内外相关研究成果一般认为水库的建成蓄水,对大范围气候的影响并不明显。位于巴西和巴拉圭两国交界的伊泰普大坝是特大型水利工程,伊泰普水文站在水库建成(1984 年)前后的监测数据分析表明,水库周围的年均温度和空气相对湿度都增加很少,兴建水库并未引起库区周边地区的气候发生任何趋势性的变化。位于埃及境内的阿斯旺水库(1967 年建成)是非洲最大的水库,在控制尼罗河洪水、解决干旱区灌溉问题、利用水力发电等方面都起到了巨大的作用,相关研究表明,阿斯旺水库未对

附近地区的气候和大气环流产生明显的影响。

为了系统分析三峡水利工程的气候效应,本文利用 1961—2010 年三峡库区(33 个站)、长江流域(163 个站)和西南地区(118 个站)的逐日气象站资料,揭示了库区近 50 年气候变化特征。在进行三峡库区气候效应分析时,分别在三峡水库外围(远库区)和三峡水库边(近库区)选择趋势变化接近的代表站,计算蓄水后(2004—2010 年)和蓄水前(1993—2004 年)两段时期近库区和远库区各气候要素的差值和比值,得到两者气温、降水等要素的相对变化和差异,进行库区局地气候效应分析。

高分辨率的区域气候模式是研究三峡水库蓄水对周边气候和环境的影响的有效工具,国内外已有的一些关于三峡工程对周边气候的数值模拟研究,大部分试验或多或少存在不够完善之处,如模式运行时没有考虑初始化过程、积分时间不够长、结果缺乏统计显著性检验等。为此,国家气候中心使用区域气候模式 RegCM3,通过双重嵌套和次网格陆面过程方法,通过系列数值模拟研究,系统分析了三峡水库对局地和区域气候的影响。对模拟结果的分析表明,RegCM3 模式能较好地模拟出中国和川渝地区的气候;有无三峡水库的对比试验表明,水库对周边区域气温、降水的影响很小,通过统计信度检验的格点基本集中于水库水体上方,表现为气温降低、降水减少,这一效应在夏季较冬季更明显,而邻近区域内气温和降水的变化随距库区的距离变远而迅速变小,到 20 km 距离时基本可以忽略不计。

1 三峡库区气候变化特征及未来变化趋势

三峡库区南依云贵高原,北有秦岭、大巴山阻挡,北方冷空气不易侵入,这种独特的地理条件形成了独特的气候环境,终年气候温暖湿润。库区年平均气温为 17.8°C ,气温自东向西递增;长江以北及重庆市区年平均气温基本上都在 18°C 左右,而长江以南大部地区年平均气温基本都在 17°C 以下。1 月平均气温为 6.7°C ,全年最低;8 月平均气温 28.2°C ,全年最高。

1961 年以来,三峡库区年平均气温整体呈升温趋势,平均每 10 年增加 0.08°C ,最近 10 年较 20 世纪 60 年代增加 0.4°C ,与西南地区、长江上游乃至整个长江流域的年平均气温的变化趋势基本一致,2004 年水库蓄水后这种趋势未有明显变化(图 1、2)。

三峡库区各地降水丰富,年降水量大多超过 1 000 mm,沿江河谷降水略少,外围山地降水多;库区降水主要集中在夏季,占全年降水的 43%,冬季降水仅占 5%,5—9 月常有暴雨出现。

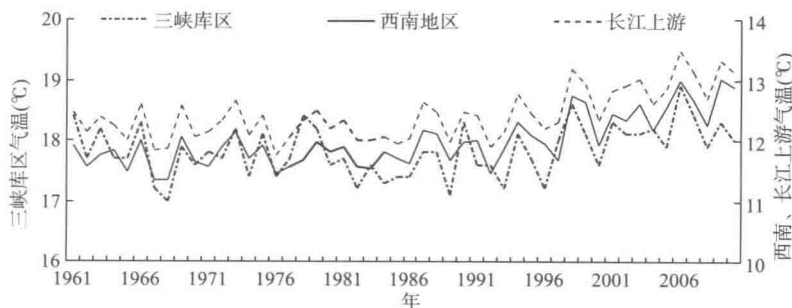


图 1 三峡库区、西南地区和长江上游平均气温历年变化(1961—2010 年)

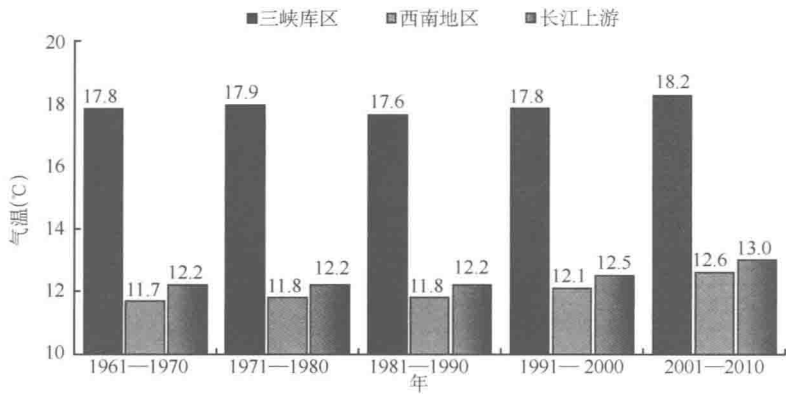


图2 三峡库区、西南地区和长江上游平均气温年代际变化(1961—2010年)

1961 以来,三峡库区年降水量呈现出年代际变化特征。20 世纪 70—80 年代降水略偏多;20 世纪 60 年代和 90 年代降水略偏少;21 世纪以来(2001—2010 年)降水是近 50 年来最少的 10 年,年降水量由原来的 1 100 多毫米减少到 1 000 多毫米,减少了 10% 左右。对比分析表明,三峡工程建成前后三峡库区降水的变化与西南地区、长江上游乃至整个长江流域的变化趋势是一致的(图 3、4)。

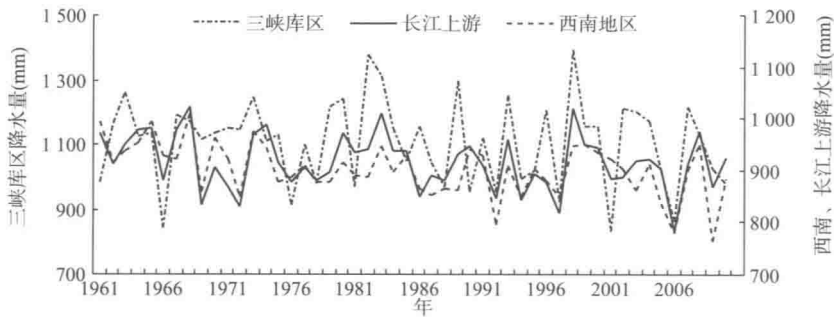


图3 三峡库区、西南地区和长江上游历年平均降水变化(1961—2010年)

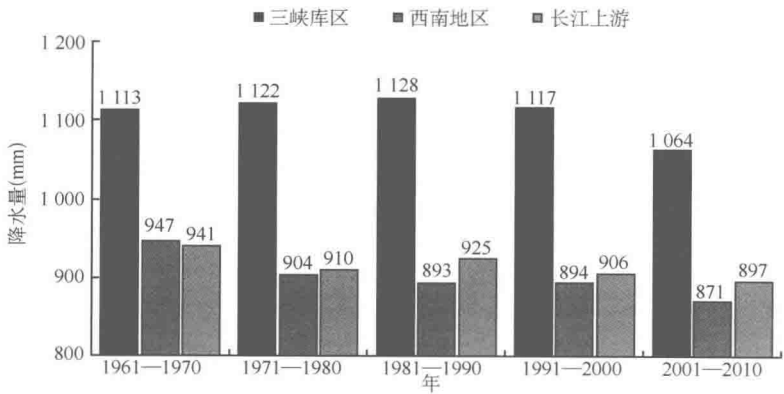


图4 三峡库区、西南地区和长江上游历年平均降水变化和各年代变化(1961—2010年)

三峡库区降水日数较多,各地全年降水日数约 130~170 天,几乎是 2~3 天一场雨。1961 年以来,三峡库区降水日数呈下降趋势,每 10 年减少 4.6 天,与长江上游和西南地区降水日数

的变化趋势基本一致。

由于三峡特殊的地理位置,库区年平均相对湿度较大,在 70%~80% 左右。近 50 年来,西南地区、长江上游地区的年平均相对湿度均呈现出弱的下降趋势,但三峡库区相对湿度变化趋势不明显,21 世纪以来有所降低,比西南地区、长江上游的变化幅度小(图 5)。

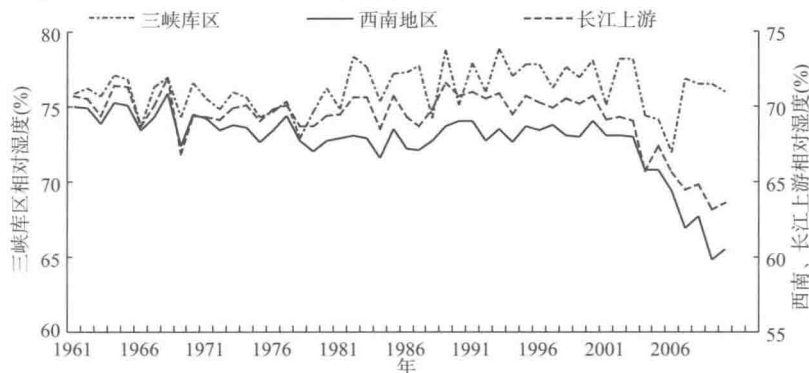


图 5 三峡库区、西南地区和长江上游年平均相对湿度变化(1961—2010 年)

三峡库区是我国多雾地区,1 月和 10—12 月雾日较多,7 月和 8 月较少。1976 年以来,三峡库区雾日数呈下降趋势,每 10 年减少 2.5 天,但与西南地区(每 10 年减少 5.3 天)、长江上游(每 10 年减少 5.0 天)变化趋势相比,下降趋势缓慢(图 6)。

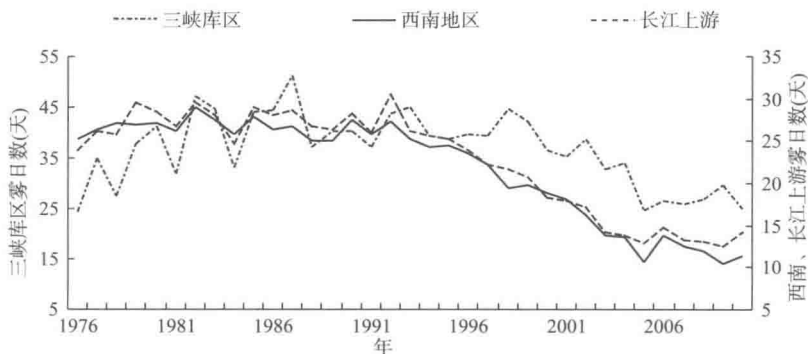


图 6 三峡库区、西南地区和长江上游年平均雾日数变化(1976—2010 年)

利用区域气候模式对未来的气候变化预估表明,未来 20 年长江流域的气温将有明显升高,幅度一般在 0.5~0.8℃ 间,以上游和下游的升温幅度更大。长江上游降水量将可能增加,上游和中游南部地区强降水极端事件的发生频率会有较大增加,增加幅度可以达到 10% 以上,而长江中下游降水将减少,幅度可能达到 5%~10%,下游干旱将呈增加趋势。

2 水库的气候效应

三峡库区位于长江上游下段,东起湖北省宜昌,西迄重庆江津区。水库蓄水至 175 m 时,回水长度 663 km,水库平均水深约 70 m,坝前最大水深 170 m 左右,干流平均宽度约 1.5 km,断面窄深,仍然保持狭长的条带河道形状,属典型的峡谷河道型水库。

三峡水库属季节性调控水库,秋冬季蓄水,汛期放水,年水位在 145~175 m 调整。2010

年 10 月 22 日水位 174.37 m,接近水库设计的最高水位,2011 年 7 月 8 日水位 145.7 m,接近汛期防洪限制水位,为年内水位最低时期。根据这两个时段卫星遥感监测显示,库区水体面积差异最大的地方为坝区,受水位降低影响,坝区水体面积由 253 km² 减少至 179 km²,减少约 29%,2011 年 7 月水库干流较 2010 年 10 月有所变窄,同时部分支流入河口变窄、长度退缩,库区其余地方水体面积差异不大(图 7)。由此表明,库区不同蓄水时期河道宽度变化不大,其气候效应主要反映在南北两岸范围,一般不超过几十千米。

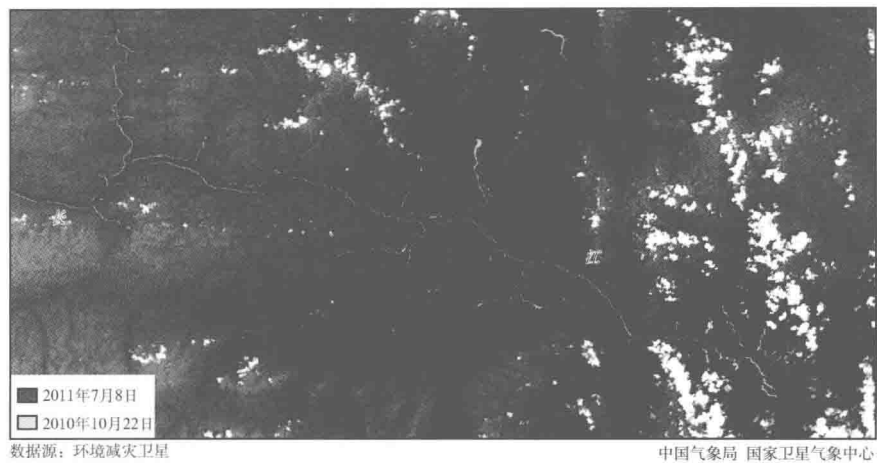


图 7 三峡地区水体变化卫星监测图(浅色为 2011 年 7 月 8 日与 2010 年 10 月 22 日相比消失的水体)

选取靠近水库的气象测站(巫山、巴东)与远离库区的气象测站(巫溪、兴山)的监测数据,分析库区蓄水前后距离水库不同远近的气温的变化。结果显示,近库区、远库区年平均气温变化趋势一致,但在 2003 年以后两地气温差值增大,比 2003 年前的差值增大了 0.3℃,并在 2009 年后两者差值始终维持。进一步分析发现,蓄水后夏季近库区升温小于远库区,导致两者夏季平均气温差值减小 0.1℃左右。冬季近库区增温幅度略大于远库区,两者平均气温差增大 0.4℃左右(表 1)。由于气温差值已经排除了大气候背景对整个库区的影响,可以近似认为这种近、远库区平均气温差值变化是由水库局地气候效应造成,冬季增温,夏季降温。

表 1 近库区与远库区气温差值比较

时段	冬季温差(℃)	夏季温差(℃)
蓄水后	0.9	0.4
蓄水前	0.5	0.5
变化	+0.4	-0.1

选取同样近库区和远库区气象代表站,将两个区域的年降水量相除,去除大尺度变化的影响并得到一个相对稳定的比值变化趋势。近 50 年来,两地降水比值没有呈现明显增加或减少的变化趋势,蓄水后降水比值的波动仍处于正常的变化范围内,表明三峡水库蓄水后附近地区降水没有明显变化。

利用 RegCM3 区域气候模式^[10,11]对三峡库区气候特征进行模拟,结果显示三峡水库对周

边地区气温和降水的影响非常小,除引起库区水体上方气温有所降低外,在其他地方均看不出系统性的变化。大范围的陆地覆盖状况的改变,会对局地 and 区域气候产生明显影响,而作为典型的非常狭窄的河道型水库,三峡水库对区域气候的影响非常小。

图 8 给出沿三峡水库在距水体不同距离下,冬、夏季气温和降水的变化图。可以看出水库仅对水面上方的气温有明显降低作用,冬、夏季分别为 1℃和 1.5℃左右,而紧邻水面的陆地降温仅有 0.1℃,并迅速衰减至 0.01℃以下。这主要是水体引起的蒸发冷却导致的,这个冷却同时会引起空气下沉,减少降水,其中冬季降水的减少值很小,在距水面 10 km 以内的减少程度仅在 1%~2%之间;夏季稍大一些,在水面上为 10%左右,而到 10 km 的地方已衰减至 5%以下。

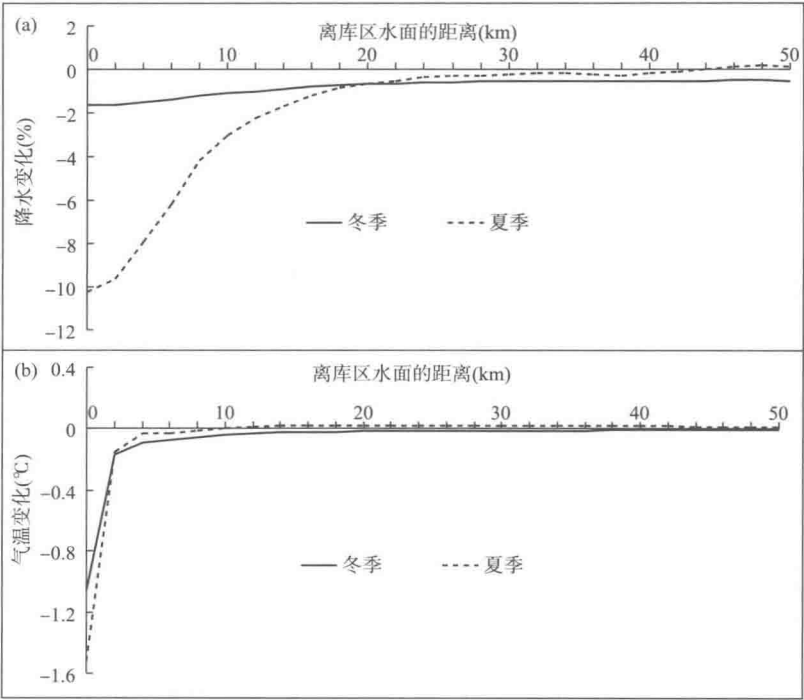


图 8 距三峡库区不同距离上冬、夏季降水(a)和气温(b)的变化

3 长江流域旱涝灾害的成因

近年来,西南地区 and 长江中下游流域先后发生严重干旱,其中包括 2006 年川渝大旱、2009—2010 年西南地区干旱以及今年长江中下游冬春严重干旱等。这些旱灾的发生与我国大尺度的旱涝转换规律和降水演变特征有关。据统计,20 世纪 80 年代前后长江流域经历了一个多雨的时期,从 1999 年开始转为少雨期,近十几年来,长江流域年降水量减少了 10%~12%,长江流域的干旱是正在这种大的少雨气候背景下发生的。

大气中的水分循环包括外循环 and 内循环,外循环即按地球自转规律水汽随大气环流进行输送的循环,内循环即局部区域内大气局地环流中的水分循环。就自然降雨而言,外循环的水

汽对各地降雨的影响占 95%,内循环水汽对各地降雨的影响占 5%左右。

三峡库区水汽主要来自孟加拉湾、索马里和中国南海及青藏高原的输送,库区水汽内循环不足 5%。水库蓄水虽使附近水汽的内循环发生一定变化,但这种水汽内循环相对于外循环是微不足道的,不能导致比它面积大很多倍的区域性旱涝灾害的发生。研究表明,一个地区的暴雨发生需要比它大十几倍以上面积的地区收集或获得水汽。三峡水库不能左右比它面积大很多倍的区域性旱涝过程。实际上,长江流域近几年发生的干旱和洪涝等气象灾害主要是由海洋温度和青藏高原积雪的变化造成大范围大气环流和大气下垫面热力异常所引发^[11-14],与三峡水库没有直接关系。

4 结论与讨论

近 50 年来三峡库区气温和降水的演变特征与我国西南地区、长江上游乃至整个长江流域的变化趋势基本一致,这说明了三峡水利工程建设并未导致气候发生趋势性变化。近几年长江流域发生的大范围旱涝灾害主要是由大尺度的大气环流和大范围地表热力异常造成的,认为与三峡水利工程建设相关联是缺乏科学依据的。

库区气候变化趋势可能在某些方面会影响三峡水利工程的运行。一方面,气候均值的变化引起入库水量增加,超出原库容设计标准及相应的正常蓄水位而带来的水库运行风险。另一方面,未来长江上游强降水可能增加,极端气候事件出现的概率将加大,引起的滑坡、泥石流等地质灾害可能对三峡水库形成冲击,危害大坝的安全,对水库调度运用和蓄水发电也将产生不利影响。因此,在全球气候变暖背景下,要做好应对三峡大坝上游和山区强降水引发的暴雨洪涝以及其他极端天气气候事件的工作。

由于气候系统复杂性,加上三峡水库蓄水时间还不长,气候观测网积累的资料较短,水库的气候效应有一定的不确定性,需要继续加强三峡库区及周边的气候监测、影响评估和科学研究。

参考文献

- [1] Wu L G, Zhang Q, Jiang Z H. Three Gorges Dam affects regional precipitation. *Geophysical Research Letters*, 2006, **33**: L13806.
- [2] 陈鲜艳,张强,叶殿秀,等.三峡库区局地气候变化.长江流域资源与环境,2009,**18**(1):47-51.
- [3] 陈鲜艳,张强.长江三峡局地气候监测(1961—2007年).北京:气象出版社,2009.
- [4] 陈鲜艳,廖要明,张强.长江三峡工程生态与环境监测系统——三峡气候及影响因子研究.北京:气象出版社,2011.
- [5] 蔡庆华,长江三峡库区气候变化影响评估报告.北京:气象出版社,2010.
- [6] 李黄,张强.长江三峡工程生态与环境监测系统局地气候监测评价.北京:气象出版社,2003:191.
- [7] 吴佳,高学杰,张冬峰,等.三峡水库气候效应及 2006 年夏季川渝高温干旱事件的区域气候模拟.热带气象学报,2011,**27**(1):44-52.
- [8] 张洪涛,祝昌汉,张强.长江三峡水库气候效应数值模拟.长江流域资源与环境,2004,**13**(3):133-137.
- [9] 高学杰,石英,Giorgi F. 中国区域气候变化的一个高分辨率数值模拟.中国科学,2010,**40**(7):911-922.
- [10] 张冬峰,高学杰,赵宗慈,等.RegCM3 对东亚环流和中国气候模拟能力的检验.热带气象学报,2007,**23**

(5):444-452.

- [11] Giorgi F, Francisco R, Pal J. Effects of a subgrid-scale topography and land use scheme on the simulation of surface climate and hydrology. part 1: Effects of temperature and water vapor disaggregation. *Journal of Hydrometeorology*, 2003, **4**(2): 317-333.
- [12] 张强,罗勇等. '06 三峡库区夏季高温干旱及成因分析. 中国三峡建设, 2007, **2**:89-91.
- [13] 邹旭恺,高辉. 2006 年夏季川渝高温干旱分析. 气候变化研究进展, 2007, **3**(3):149-153.
- [14] 刘晓冉,程炳岩,杨茜,等. 川渝地区夏季高温干旱变化特征及其异常年环流形势分析. 高原气象, 2009, **28**(2):306-313.

大型工程气候可行性论证中的空间分析方法及其应用

黄世成¹ 程婷² 陈兵² 周嘉陵³

1. 江苏省气象科学研究所, 南京 210008

2. 江苏省气候中心, 南京 210008

3. 江苏省气象台, 南京 210008

摘 要:当前大型工程项目的气候可行性论证工作需要更加精细的评估结论,以满足工程规划、设计、运营等各阶段的气象防灾减灾的需要。利用 1:25 万基础地理信息资料和气象部门在沿湖、沿江、沿海和内陆地区多个大型桥梁工程、核电工程、风电工程等大型工程项目气候可行性论证工作中积累的工程短期气象观测资料及邻近气象站同期同步观测资料、历史气候资料,探讨大型工程气候可行性论证的工程区气候要素极值计算方法和有效的空间插值计算方案,初步建立了基于空间信息分析方法的工程气候可行性论证方法和系统流程。实际应用表明,采用空间趋势面分析和空间相关分析、空间回归等分析手段的工程气候论证,考虑了项目周边地区的气象要素的空间相关性和地形下垫面状况等地理信息,并且具有比常规论证手段更高的计算分辨率,在结合广义极值分析方法后,可以满足大型工程对气象评价的精细化需求。

关键词:大型工程;气候可行性论证;空间分析方法;广义极值模型

引言

大型工程在规划、设计、施工和运营各阶段都受到天气气候影响,工程项目实施之前,需要根据项目建设对气象要素的敏感性,分析工程区的气候状况、气候灾害影响概率和气象风险水平。当前,基于防灾减灾目的的气候可行性论证技术方法取得了一些成果,如巢清尘^[1]分析了气候异常对交通运输系统的各阶段的影响,设计了一个气候灾害对交通系统影响的分析评估模型;苏志等^[2,3]对气候可行性论证的内容和一般方法做了研究,认为气候论证的方法可包括污染气象条件分析方法、小气候考察超短系列资料订正延长方法、不同重现期极值推断方法等;此外,对风、温度、暴雨、污染物等具体气象要素分析评价上也有不少成果发表^[4-9]。

但是,实践表明,大型工程建设在规划、设计阶段工程区无气候观测资料,仅仅依据其邻近气象站的常规气象要素和常规气候统计方法是不够的,仍存在评估结果分辨率较低、针对性稍差的问题。本文结合已经开展的苏通长江大桥、南京长江第四大桥等多个国家大型工程的气候可行性论证项目,探讨基于空间信息分析手段、使用气象站常规资料和工程区短期实测资料的大型工程气象环境评价技术方法,并设计适用的基于空间信息分析方法的大型工程气候可行性论证系统流程,以期获得不同空间分辨率气候要素分布状况,满足大型工程防灾减灾、规避风险的需要,为最终实现控制和降低气象条件对大型工程的风险影响提供有效支撑。

1 资料与方法

1.1 资料来源

根据《气象法》和《气候可行性论证管理办法》，满足大型工程的设计规划和营运需求是开展气候可行性论证的出发点，大型工程的规划、设计和营运阶段，均需要掌握周边的气候状况，更需要合理确定工程使用期内的气候极端值和相关的各类气象设计参数。基于此，立足于江苏省，本研究使用的资料包括：(1)已建、在建的大型工程项目所在地及其邻近气象台站的经度、纬度、海拔高度、气象台站变迁记录；(2)中国气象局下发的1:25万基础地理信息资料，(3)气象部门在大型工程气候可行性论证工作中积累的工程短期气象观测资料和同期邻近气象站同步观测资料，这些项目分布涉及沿湖(太湖、洪泽湖、高邮湖、骆马湖)、沿江(长江下游)、沿海(东海、黄海)、内陆等多种地貌条件大型桥梁工程、核电工程、风电工程等，同步观测资料主要包括风向风速、气温、气压、湿度、降水量等，不同项目同步观测时间从1年到10年不等；(4)具备完整序列的67个气象台站1970—2010的气候资料、包括各月、季、年气温、降水、温度、日照、蒸发量、风向风速、雨日、暴雨日数、大风日数等气候要素。

1.2 方法

本研究涉及的空间分析方法，主要包含空间统计分析和空间趋势分析，而气象要素的均一化订正、空间插值方法以及工程区历史气象序列的数理重构技术，在资料前期处理中得以运用。

1.2.1 气象要素预处理

大型工程气象评价中气候要素数据集，涉及最多、影响最广的是风速、其次是气温和降水。使用气候统计诊断分析方法，可以进行要素订正处理、平均状态与趋势(气候倾向率)分析、极端状况(重现期极值)计算等。气候要素的订正处理，主要包括时距订正、下垫面订正、高度订正和均一化订正^[10]，特别的，为满足工程实用性、准确性的需要，各类订正检验的显著性水平取1%，区别于气候统计学中常用的5%。对于气候要素的平均状况，通过计算几何平均值并进行分析即可获得，而对于短期资料，屠其璞等^[11]认为“相距不远的测站处于大致相同的环流背景下，它们的平均气温、年降水量等气象要素的年际变化，受到共同环流背景的制约”。傅抱璞等^[12]也指出，“从理论上讲，在同一时段，在相同天气型或其他相同条件下，不同地点之间局地气候的差异，应具备相对稳定性”，因此一旦获取工程区及其邻近区域的可靠的同步观测资料，根据邻近地区的长期气候资料，就可以重构工程区的历史气候资料。刘聪等^[13]根据大型桥梁工程气象的实际应用，提出了工程短期观测资料的数理重构方案，在此基础上，考虑具上限的极值计算，获得了较为合理的评估结果。

工程区历史气候资料的重构是气候可行性论证工作的基本工作，本文对其方法不再详述。

1.2.2 气象要素的空间统计分析

空间自相关分析是空间统计分析(spatial analysis)的重要组成部分，是认识空间分布特征、选择适宜的空间尺度来完成空间分析的最常用的方法。空间自相关分析(spatial