

气候变化背景下鄱阳湖流域历史水旱灾害变化特征^{*1}

唐国华^{1, 2} 胡振鹏¹

(1. 南昌大学管理学院, 江西南昌 330029;

2. 华东交通大学人文学院, 江西南昌 330013)

【摘要】:收集了鄱阳湖流域公元 381~1949 年共 435a 水旱灾害历史记录。结合历史气候变化的现有研究成果, 划分了干旱、湿润历史周期及其起讫时间, 根据历史记录承载的信息对水旱灾情严重程度进行科学分级并赋予相应湿润指数值。通过改进水文统计中的 P—III 型频率曲线适线法, 分别率定了公元 960~1949 年期间各湿润、干旱时期湿润指数的均值、方差和离差系数, 研究了鄱阳湖流域历史水旱灾害的变化特征。结果表明: 公元 960~1698 年鄱阳湖流域经历了湿润—干旱相间的 3 个周期, 1699~1949 年遭遇长达 250a 以上的湿润多雨气候。湿润期遭受洪灾年份比旱灾年份多, 且大洪灾年数远多于大旱灾年数; 干旱期遭受旱灾年数略多于洪灾年数, 但大旱灾年数比大洪灾年数多一些。研究结果对探索鄱阳湖演变、湖区资源开发利用和湿地生态系统演进的历史过程可以提供比较可靠的气候变化依据。

【关键词】:气候变化; 水旱灾害; 历史记录; 演化特征; 鄱阳湖

【中图分类号】:K928 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1004-8227(2017)08-1274-10

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201708017

1 我国历史气候变化研究

气候是多年时期内大气的统计状态, 用气温、降水、风力、风向等气候要素表达, 用平均状态或统计状态描述。历史气候内涵中, 历史是指人类历史时期, 历史气候研究的资料载体以历史文献记录为主, 但不否定其他资料来源的参考和运用^[1]。历史气候研究具有代表性的成果是竺可桢^[2]先生 1972 年发表的《中国近五千年来气候变迁的初步研究》。在近二十多年来, 我国历史气候变化研究取得了重要进展, 张丕远、满志敏、葛全胜等分别在 1996、2009、2011 年出版了《中国历史气候变化》, 《中国历史时期气候变化研究》和《中国历朝气候变化》等学术专著。

竺可桢先生认为“气候因素的变迁极为复杂, 必须选定一个因素作为指标”, “温度的变迁微小, 虽摄氏一度之差, 亦可精密量出, 在冬春季节即能影响农作物的生长”^[2]。他将冬季温度的升降作为我国气候变动的重要指标, 且一直为后续研究沿

¹收稿日期:2016-10-25; 修回日期:2016-12-29

基金项目:国家自然科学基金(41261053) [National Natural Science Foundation of China(41261053)]; 江西省科技创新团队项目(20133BCB24015) [Science and Technology Innovation Team Project of Jiangxi Province(20133BCB24015)]; 南昌市软科学项目(2011RKX041) [Soft Science Project of Nanchang(2011RKX041)]

作者简介:唐国华(1974~), 男, 副教授, 博士生, 主要从事经济管理和资源环境管理应用研究. E-mail:58056873@qq.com

用。降水是气候中重要因素，是引起水旱涝灾害的主要因素，降水丰缺还对社会、经济和生态环境产生直接作用。与气温相比，地区差异更大。经过多年努力，在一定历史时期内相关区域旱涝序列的建立取得了较大进展。1981 年中央气象局气象科学研究所在全国各地支持下编辑了《近五百年我国旱涝分布图集》^[3]。1983 年张德二^[4]以《近五百年我国旱涝分布图集》为基础研究了全国 16 个区域的旱涝演变过程；李海萍等^[5]进行了黄淮海平原历史旱涝灾害的时间序列分析。满志敏^[6]重建了我国东部不同地区旱涝演变的序列；张建民等^[7]探讨了近万年特别是最近 2000a 来长江中游地区气候变化和水旱灾害的变化及其二者之间的关系。葛全胜等^[8]建立了 3000a 历史冷暖、旱涝情景序列级，探索了重要气候灾害对经济社会发展影响等问题。霍云霏^[9]采用公元 1470~2000 年旱涝史料，建立兰州地区旱涝等级序列，对旱涝灾害发生的规律性、周期性、阶段性和形成原因进行了分析。唐亦工等^[10]利用关中地区历史洪涝灾害资料建立时间序列，利用分形理论研究序列特征，认为洪涝、干旱灾害具有一定的自组织性，但自组织程度不高。还有一些学者采用类似方法研究了昆明、云南历史水旱灾害情况，得出基本类似结论。

干旱、洪水灾害是随机事件，上述大部分研究均假设干旱与洪水灾害服从正态分布。但是，朱业玉等^[11]根据河南 1949~2003 年逐年旱涝灾害成灾面积的统计数据分析后，认为河南干旱灾害发生的频率高于雨涝灾害；张建民等^[12]在分析长江流域 37 个站点历史水旱灾害记录时概括出下述特征：洪涝灾害普遍重于干旱灾害，水灾比旱灾高 4~12 个百分点；胡振鹏等^[13]在分析鄱阳湖流域历史水旱灾害记录时发现，在气候湿润期洪水灾害发生的频率远小于干旱灾害频率。水旱灾害正态分布的假设对于鄱阳湖这样的中等流域不一定合适。根据历史资料特点，进一步探索适应流域特点的历史水旱灾害变化特征的研究方法，尚有较大的发展空间，对于应对气候变化具有重要的理论价值和实践意义。

2 鄱阳湖流域历史水旱灾害记录分级及代表性分析

为了研究鄱阳湖流域历史水旱灾害变化特征，从有关档案^[14]和史志^[15]收集到自东晋以来(公元 381~1949 年)共 435a 鄱阳湖流域历史水旱灾害记录。首先对历史水旱灾害严重程度进行分级，导出年湿润指数，为历史干湿变化参数化和序列化做好资料规范化准备。

2.1 鄱阳湖流域历史水旱灾害记录

鄱阳湖流域历史水旱灾害记录主要摘自官方文献和地方志书，具有源远流长、内容丰富、较为连续、可靠性高等特点。鄱阳湖流域各朝代水旱灾害记录数量和朝代维持年数如图 1 所示。由图 1 可知，从晋朝以来开始记录水旱灾害情况，年代距今越久远，水旱灾害记录越少，由于战争与社会动荡、水土资源开发利用程度强度加大、文化的积累和发展、印刷出版技术进步等因素影响；越到后来越丰富、详细。南宋以前有关记录不连续、不详细；南宋时期中国政治、社会和经济重心南移，水旱灾害记录丰富起来；明朝太祖登位诏令天下编纂地方志；从 1400 年开始到民国结束水旱灾害的记录比较连续、完整。

对于风调雨顺情况，官史和地方志书一般不予记录，仅记录水旱灾害发生时间、区域及灾情。对于缺乏灾害记录的年份究竟是没有灾害，还是发生了灾害由于种种原因漏报、漏载而缺失？中央气象局编辑《近五百年我国旱涝分布图集》和其他学者从统计角度分析，一定历史时期内，降水正常年份约占 40%左右；认为一般灾害资料缺失 3a 以内，基本属于降水正常年份而不记载。这些经验对于鄱阳湖流域水旱灾害变化特征研究具有重要的参考价值。

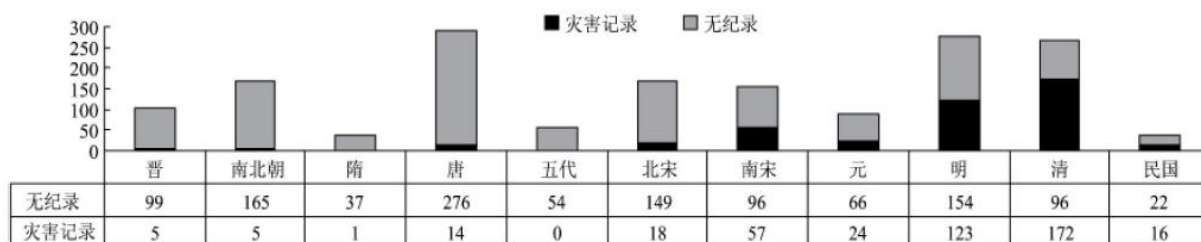


图 1 鄱阳湖流域各朝代水旱灾害记录数量和朝代维持的年数

Fig. 1 Historical Record of Flood and Drought in Poyang Lake Basin and Each Past Dynasties' Time Length

2.2 鄱阳湖流域历史旱涝灾害等级化

历史水旱灾害记录一般定性地记载了灾害范围、持续时间、灾情严重程度及损失等情况，定量数据甚少。采用定性加定量方法研究历史水旱灾害灾情或气候湿润情况的有关参数，首先需要根据历史记录反映的灾情信息对灾害严重情况划分等级。灾害划分的等级越多，分析结果就更为精细。但是，划分多少等级取决于历史记录所包含灾情信息量是否丰富、研究区域内不同地方的信息丰富程度是否均衡。如《近五百年我国旱涝分布图集》研究区域较大、边远地区比人口中心地区的历史灾害信息粗略，根据历史记载将旱涝等级分为大旱、旱、涝、大涝等 4 种状态，没有旱涝历史记载的年份假定为降水正常^[3]。陈家其在研究太湖流域历史气候信息时，区域较小且历史上经济文化较发达，历史灾害信息比较详细，将全流域旱涝等级划分为 9 个等级（旱、涝各 4 各等级及正常）^[16]。根据尽可能细致原则，基于鄱阳湖流域水旱灾害记录内容的详细程度，将水旱灾害严重程度各分为 3 个等级。具体标准为：

大洪水：全流域（包括长江江西段和鄱阳湖）大水，或者包括赣江、长江和鄱阳湖出现历时长、水位高的大洪水灾害。

一般洪水：长江江西段和鄱阳湖为主，加上抚、信、饶、修部分河流之一、历时较长、水位较高的洪水灾害。

小洪水：个别河流或府、县发生的洪水。

大旱灾：全流域历时长、灾情严重的旱灾。

一般旱灾：全流域范围内或流域大部分地区灾情较为严重的干旱灾害。

小旱灾：少数府、县单季、单月出现的干旱灾害。

鄱阳湖流域降水受季风气候影响，4~7 月是丰水期，8 月一般出现伏旱。如果同一年部分地区（河流）发生水灾，部分地区发生旱灾，则根据受灾原因、面积和灾情严重程度，确定这一年属于水灾年还是旱灾年；同时还考虑灾害发生时间，如果鄱阳湖或赣江较大洪灾延续到 8 月，个别州县发生旱灾，认为这年为洪灾年；如果鄱阳湖或赣江 6、7 月份发生较大旱灾，其他州县发生水灾，认为这一年为旱灾年。

2.3 历史干湿过程序列化

为了比较醒目地显示水旱灾害，用正负值区分洪灾和旱灾。根据历史水旱记录的描述，对前面定义的 6 个等级灾害分别赋予一个灾情指数：大洪灾为 40、一般洪灾为 30、小洪灾为 20、小旱灾为 -20、一般旱灾为 -30 和大旱灾为 -40。鄱阳湖流域 435 条历史水旱记录按时间顺序分布绘制成图 2~5。

参考我国气候变化现有研究成果, 根据水旱灾害记录初步划分干旱、湿润时期, 不受朝代更换起讫时间的限制。并从统计抽样角度, 考虑这些分期历史记录过程是否稳定、是否具有作为推求总体统计分布参数样本的代表性。少数历时较长(200a 以上)的干旱、湿润期在灾情发生较大变化时再进一步细分。

(1) 东晋至北宋初期

如图 2 所示, 干旱灾害记录第一条为东晋公元 381 年, 晋朝(公元 381~400 年)共有水灾记录 5 条, 全部是洪水年份, 基本属于湿润时期, 其中 383~392 年缺 9 年记录。东晋 401 年~南朝 453 年共 53a 没有记录。南朝 454 年~隋朝 618 年共 165a, 有 5 条水旱灾害记录(旱灾 3a、小水灾 2a), 初估属于干旱期, 其中 463~501 年共 40a、503~550 年共 48a、552~582 年共 31a、584~618 年共 35a 连续没有水旱灾害记录。唐、五代(619~959 年)共 340a, 水旱灾害记录仅有 16 条, 其中洪灾 10a、旱灾 6a, 初估属于湿润期; 619~649 年间共 31a、651~691 年间共 41a、693~784 年间共 92a、786~794 年间共 9a、796~806 年间共 11a、835~883 年间共 49a、885~985 年间共 101a 连续没有水旱灾害记录。总之, 公元 381~959 年(共 579a)水旱灾害记录是零碎的, 仅凭已有的 29 条记录做样本, 难以推求总体的理论频率分布。

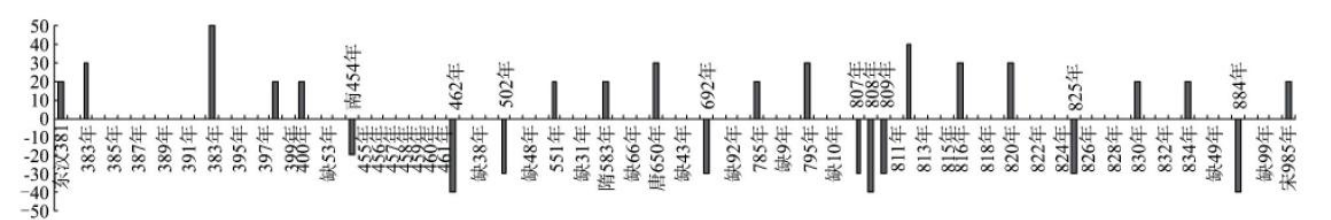


图 2 东晋至唐代水旱灾害序列

Fig. 2 Flood and Drought Sequence from Eastern Jin Dynasty to the Tang Dynasty

(2) 两宋时期

如图 3 所示, 北宋初 960~1016 年共 57a, 已有水旱灾害记录 18a, 有灾年数比例占 24.6%, 其中洪灾 9a、旱灾 5a, 属于较为湿润时期。南宋 1017~1190 年共 174a 中, 共有水旱灾害记录 28a, 约占 16.1%; 其中洪灾 13a、旱灾 15a, 初估属于干旱时期。南宋 1191~1284 年共 94a 中, 共有水旱灾害记录 31a, 约占 33%; 其中洪灾 16a、旱灾 15a, 估计属于平水偏干旱期。宋末元初(1285~1330 年)共 46a, 其中水旱灾害记录 25 条, 占 29.2%, 其中洪灾 20a、旱灾 5a, 属于湿润期, 1280~1289 年 10a 连续缺失。以这些记录作为样本推求总体的理论频率分布勉强可以做出无偏估计。

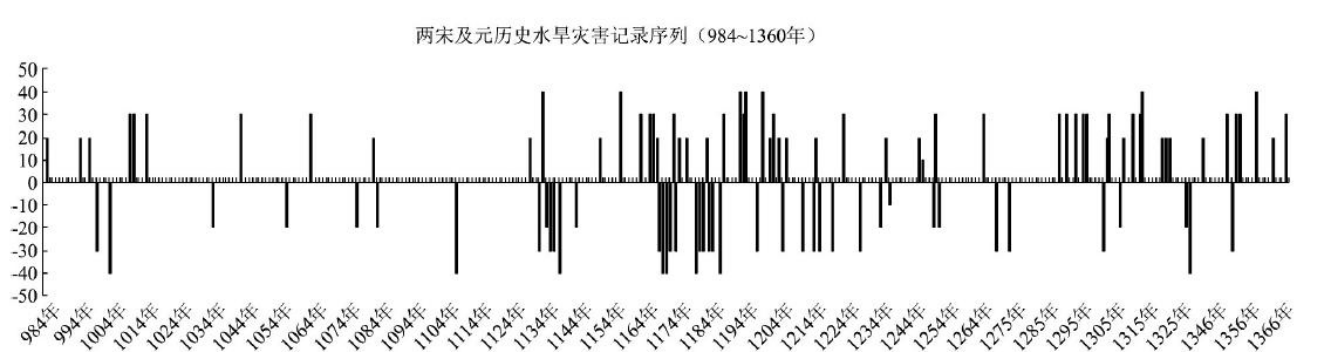


图 3 两宋至元代历史水旱灾害序列

Fig. 3 Flood and Drought Sequence from the Song Dynasty to Yuan Dynasty

(3) 明朝

如图 4 所示, 元朝后期和明初(1331~1423 年)93a 共有水旱灾害记录 33a(洪灾 18a、旱灾 15a), 占 35.5%, 属于偏湿润时期, 其中 1370~1397 年因改朝换代连续缺记录 28a、1417~1424 年连续缺记录 8a。明朝 1424~1514 年共 91a, 基本没有连续缺失水旱灾害记录。共有水旱灾害记录 46a, 占 75.4%, 其中洪灾 26a、旱灾 20a, 属于较为湿润时期。明朝后期至清初(1515~1623 年)共 109a, 共有水旱灾害记录 50a, 占 45.9%, 其中, 洪灾 35a、旱灾 15a, 属于湿润时期。1424 年以后两个时期以历史水旱灾害记录推求理论频率分布可以认为利用全部样本直接计算总体的理论频率分布。

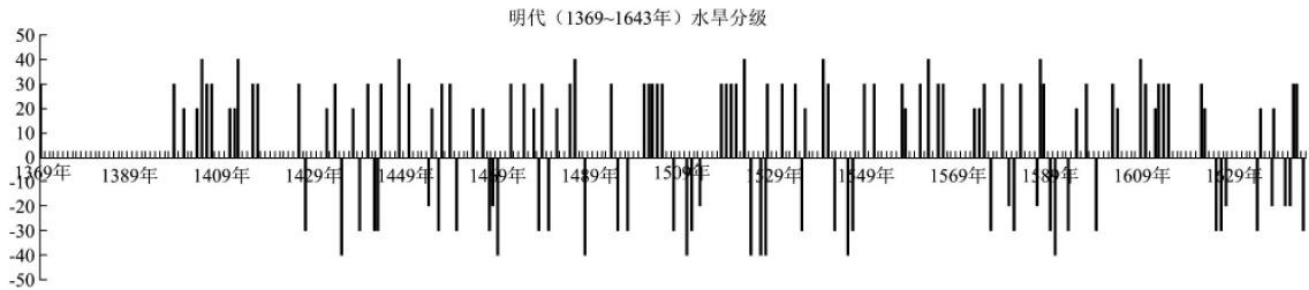


图 4 明代历史水旱灾害序列
Fig. 4 Flood and Drought Sequence in the Ming Dynasty

(4) 清朝与民国

清朝至民国与明朝后期类似(图 5), 水旱灾害记录没有连续缺失。1624~1698 年共 75a 中共有灾年 52a, 占 57.3%, 其中洪灾 22a、旱灾 30a, 属于干旱时期。1699~1822 年共 124a, 71a 水旱灾害记录, 占 61.6%, 其中洪灾 52a、旱灾 19a, 属于湿润时期。清末与民国(1823~1949 年)共 127a, 64a 水旱灾害记录, 占 50.4%, 其中洪灾 53a、旱灾 11a, 也属于湿润时期。以这些记录推求理论频率分布本质上是直接计算总体的理论频率分布。

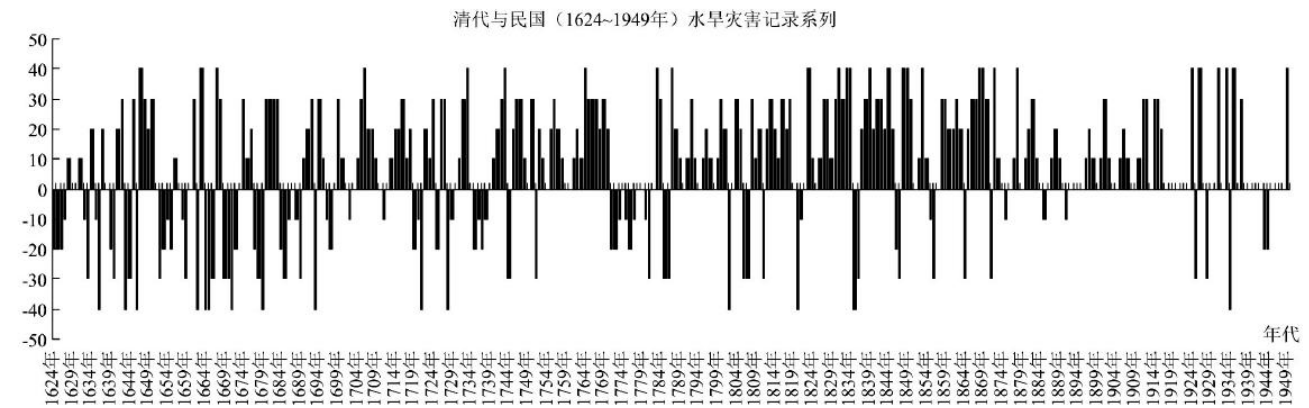


图 5 清历史水旱灾害序列
Fig. 5 Flood and Drought Sequence in the Qing Dynasty

3 准 P-III 型频率曲线适线法推求历史阶段干湿统计参数

3.1 湿润指数

为了便于数学处理,避免正负加减相互抵消,在灾情指数的基础上加 50,作为反映气候干湿情况的湿润指数。对于缺乏记录的年份,定义为 3 种情况:平水偏丰年湿润指数为 60,平水年为 50,平水偏枯年为 40。英国水文学家 Hurst 认为水文长序列具有“一丰连丰,一枯连枯”的相关性^[17, 18],大学通用的教科书《工程水文学》指出:“年径流的年际变化还存在连续枯水和连续丰水现象”^[19]。为了更多地提取平水年信息,根据这一特征,如果水旱灾害记录中间隔 1a 或 2a 无纪录,认为缺失年份为平水年,紧接旱灾年的前一年或后一年湿润指数赋值 40,平水偏枯年份;紧接洪灾的前一年或后一年湿润指数赋值 60,平水偏丰;前面一年为洪(旱)灾、后面一年为旱(洪)灾,中间一年缺失,这年湿润指数赋值 50,平水年。根据现有研究结果,一定历史阶段约有 40%左右的平水年。如果连续的水旱记录缺失 3a 及 3a 以上,仅给紧接灾害记录后一年和下一个灾害记录前一年赋值,其余均作为无资料处理。作为一个示例,根据 2.2 的拟定的标准,在表 1 中列出南宋 1202~1212 年水旱灾害分级及气候湿润指数赋值,其中 1202 年既有旱灾又有水灾,因水灾发生在丰水期的局部地区,认定这年为小旱灾。

表 1 南宋(1202~1212 年)水旱灾害分级及气候湿润指数

Tab. 1 Grading of Flood and Drought Disaster and the Climate Humidex in Song Dynasty (1202-1212 A.D.)

年份	水旱灾害记载	等级	湿润指数
1202 年(嘉泰二年)	江西旱,建昌为甚。抚州、乐平、金溪五月水,伤稼	小旱灾	30
1203 年(嘉泰三年)	全省秋七月水,害苗稼。高安、荷山顶上水泉沸涌,下流如溪	中等洪灾	80
1204 年		平水年	50
1205 年(开禧元年)	南康军大旱	小旱灾	30
1206 年(开禧二年)	江西旱,建昌为甚	中等旱灾	20
1207 年(开禧三年)	饶州、浮梁五月大水	小洪灾	70
1208 年		平水偏丰	60
	无资料 2 a		
1211 年		平水偏枯	40
1212 年(嘉定五年)	南康军大旱,八月乃雨。婺源旱	中等旱灾	20

3.2 准 P-III 型频率曲线适线法

(1) 水文统计的 P-III 型频率曲线适线法

水旱灾害是一种随机现象。“英国生物学家皮尔逊通过许多资料的分析研究,提出一种概括性的曲线族,包括 13 种分布曲线,其中第 III 型被引入水文分析计算中,成为当前水文计算中常用的频率曲线”^[19],水利水电工程、交通的桥梁涵洞、给排水等领域的设计规范明确规定,在对于流域(区域)不同时段(年、丰枯季、月、旬、日等)的降水量和流量等、一次洪水过程(包括历史洪水)的洪峰流量和水量等水文要素的统计参数推求可以使用皮尔逊 III 型分布曲线。皮尔逊 III 型曲线是一条一端有限、一端无限的不对称单峰曲线,数学上称为卡吗伽马分布,其概率密度函数为:

$$f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} (x - a_0)^{\alpha-1} e^{-\beta(x-a_0)}$$

确定 α 、 β 和 a_0 以后,密度函数也能确定。虽然 α 、 β 和 a_0 3 个参数和样本统计参数均值 $\bar{X}$ 、离差系数 $c_v = \sigma/\bar{X}$ 和偏差系数 c_s 具有函数关系,但样本数量较少(小于 100)时,按照距法计算的 $\tilde{c}_s$ 和总体 c_s 偏差较大,工程实践中不直接用距法计算 c_s 值,而是将样本数值和经验频率绘在对数格纸上,通过调整 c_v 、 c_s 值,使理论概率曲线尽可能接近样本经验点据,反复试错,求得理论概率曲线,称为 P-III 型曲线适线法。这一方法属于半理论、半经验方法,主要凭绘制人的经验,通过调整 c_v 、 c_s 值,使理论(累积)频率曲线尽可能接近样本经验点据;缺陷是没有参数检验方法对求得的理论频率曲线进行可靠性检验^[19]。

(2) 基于历史湿润指数推求统计参数的准 P-III 型频率曲线适线法

现有气候变化研究成果表明, 在较长历史过程水旱灾害时间序列不一定是平稳随机过程, 冷暖干湿周期转换产生不平稳效应比较明显; 在较长历史过程中一个湿润或者干旱时期, 可以近似看做平稳随机过程^[5, 7]。为了保证过程的平稳性, 一个历时较长(200a 以上)的干旱、湿润期在灾情发生变化的年份进一步分为两期(如宋 1017~1284 年的干旱期、清至民国 1699~1949 年的湿润期)因此, 在一个干旱或者湿润时期内可以用皮尔逊 III 型曲线适线法。

湿润指数的样本数据不是从大到小排列的, 而是分布为 9 个等级水平分布。利用 P-III 型曲线适线法来推求整体的统计参数, 需要经过一定的改进。与 P-III 型曲线适线法一样, 计算样本的经验频率, 根据样本数据计算 $\bar{X}$ 、 c_v 值, 然后将样本数据和经验频率点绘在 P-III 型曲线对数网格上, 如图 6 所示, 经验频率点据在 9 段水平线上; 然后, 与 P-III 型曲线适线法类似, 通过调整 $\bar{X}$ 、 c_v 、 c_s 值, 使理论频率曲线尽可能通过 9 段水平线的中点。其依据是, 如果每组湿润指数可以进一步具体量化, 这些数据可以较为紧密地靠近理论频率曲线, 水平线上的点据不会重叠在一起(一定频率不会存在两个湿润指数)。将这样的适线方法称为准 P-III 型曲线适线法。由于 P-III 型曲线适线法本身属于半理论、半经验方法, 准 P-III 型曲线适线法所用数据只有等级值, 理论频率曲线尽可能通过 9 段水平线的中点带有一定的经验性, 同样没有参数检验方法对求得的理论频率曲线进行可靠性检验。

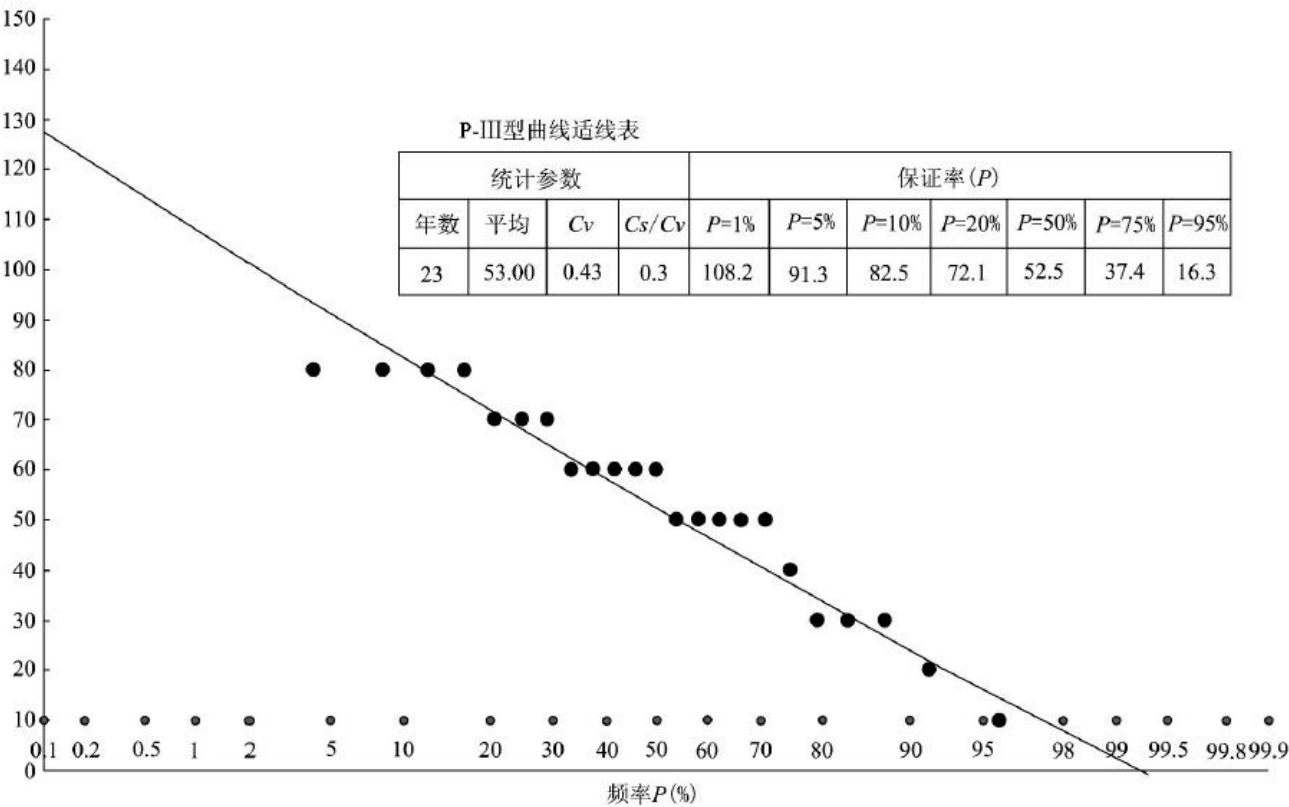


图 6 北宋初 960~1016 年湿润指数理论频率曲线
Fig. 6 Theoretical Frequency Curve of Moisture Index in 960-1016 A. D

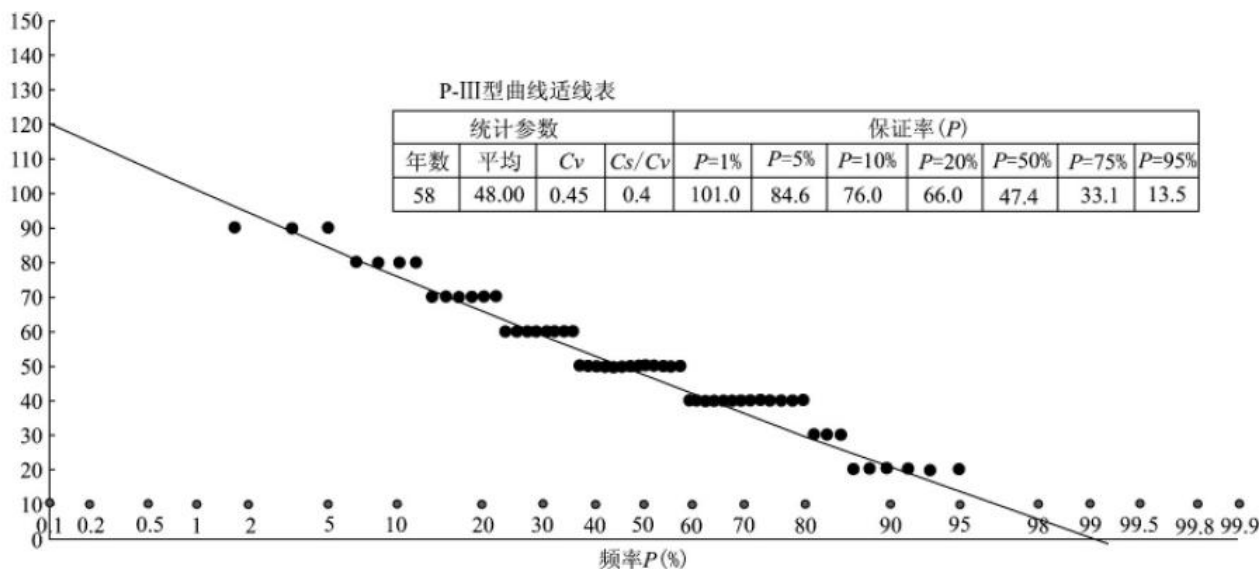


图 7 南宋 1191~1284 年气候湿润指数理论频率

Fig. 7 Theoretical Frequency Curve of Moisture Index in 1191-1284 A. D

图 6 是北宋初 960~1016 年的湿润指数频率曲线，湿润指数均值 $\bar{X}=52$ ， $C_v=0.44$ ， $C_s=0.5C_v$ ，降水情况偏湿润。20a 一遇洪灾($P=5\%$)湿润指数为 91，20a 一遇旱灾($P=95\%$)为 15.8。由于北宋初样本数量不够充分，准 P-III 型曲线适线法求出的理论频率曲线与经验点据配合不够完美。南宋 1191~1284 年历史旱涝灾害记录可以达到用样本推求总体理论频率曲线的要求，用准 P-III 型曲线适线法求出的湿润指数理论频率曲线如图 7 所示，理论频率曲线与经验点据的配合较好。1191~1284 年气候湿润指数的均值 $\bar{X}$ 为 48，平水偏枯；离差系数 $c_v=0.45$ ，偏差系数 $c_s=0.4c_v$ 。20 年一遇(5%频率)湿润指数为 84.6，20 年一遇干旱年(累积频率 95%)湿润指数为 13.5。

作为举例，清末与民国(1823~1949 年)旱涝灾害记录几乎没有缺失，从统计学角度讲，是用全体样本推算总体的理论频率曲线，湿润指数频率曲线如图 8 所示，湿润指数的均值 $\bar{X}$ 为 63，湿润期；离差系数 $c_v=0.36$ ，偏差系数 $c_s=0.1c_v$ ，理论频率曲线与经验点据上下两端配合稍有欠缺。

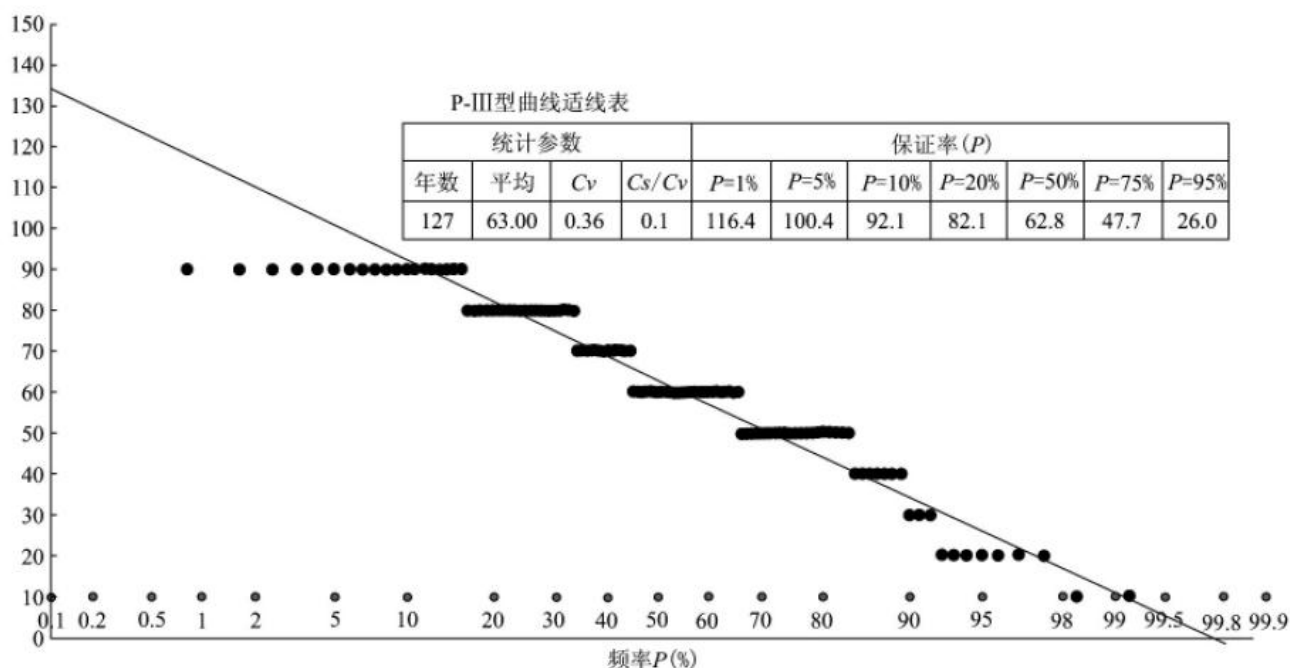


图 8 清末与民国 1823~1949 年湿润指数频率曲线(全样本)

Fig. 8 Theoretical Frequency Curve of Moisture Index in 1823-1949 A. D

4 鄱阳湖流域水旱灾害变化特征分析

4.1 鄱阳湖流域气候水文特征

鄱阳湖是中国最大的淡水湖，流域总面积 $16.22 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。流域地处属中亚热带湿润季风气候区，降水丰富，但时空分布不均，具有明显的季节性和地域性。4、5、6 月份降水量集中，约占年降水量的 46%；但 7、8 月份经常发生伏旱，水旱灾害频繁。鄱阳湖流域中间是平原，三面环山，山体高度均在 1000m 以上，形成向北开口地形，对北方南下冷空气敞开大门，迎风面有抬升气流的作用，促使降水形成。即使气候系统变冷，季风雨带南退，流域降水减少不明显。历史上，不管是干旱时期还是湿润时期，洪水灾害发生概率差别不明显。7、8 月份盛夏期间，流域位于西太平洋副热带高压的脊线附近，气候湿润时期西北利亚冷高压与暖湿气流的锋面北移，流域降水面积及概率增大，发生干旱灾害概率减少；干旱时期锋面南移，容易受西太平洋副热带高压控制，降水减少、蒸发增大、酷暑干热，发生干旱灾害的概率增大。

4.2 鄱阳湖流域一千年来水旱灾害变化特征

根据鄱阳湖流域水旱灾害记录代表性及干旱、湿润分期结果，采用准 P-III 型理论频率曲线方法，对第 2 节论述的 10 个干湿

期分别求出各期的湿润指数频率曲线及其相应参数，包括均值 $\bar{X}$ 、离差系数 $c_v = \sigma/\bar{X}$ ，偏差系数 c_s 及其典型频率下的湿润指数数值，一并列在表 2 中。从表 2 可以看到，自公元 960 年以来的 1000a 间，鄱阳湖流域经历了湿润—干旱—湿润—偏干旱—湿润—干旱—湿润 7 个阶段。

表 2 北宋以来各个干湿周期湿润指数频率曲线主要参数

Tab. 2 Main Parameters of Frequency Curve of Moisture Index in Each Dry-wet Cycle in 960–1949 A.D.

朝代	北宋	北宋	南宋	宋元	元明	明	明	清	清	清民国	
起止年	960~1016	1017~1190	1191~1284	1285~1330	1331~1423	1424~1514	1515~1623	1624~1698	1699~1822	1823~1949	
年数	57	174	94	46	93	91	109	75	124	127	
洪灾	大	2	3	3	1	3	2	2	3	6	19
	一般	3	4	4	8	9	17	25	13	24	21
	小	4	6	6	4	6	7	8	6	22	13
旱灾	小	2	2	2	2	10	3	2	10	7	3
	一般	2	8	8	1	2	13	8	11	8	6
	大	1	5	5	1	1	4	5	9	4	2
样本数量	23	76	58	38	46	91	109	75	124	127	
均值	53	46	48	54	60	47	53	44	54	63	
C_v	0.43	0.46	0.45	0.38	0.38	0.43	0.38	0.50	0.36	0.36	
C_s/C_v	0.3	0.6	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	
5%	91.3	82.5	84.6	87.9	92.9	80.4	86.3	81.4	86.1	100.4	
95%	16.3	13	12	20.5	27.8	14.0	20.1	9.0	22.3	26.0	
湿润程度	湿润	干旱	偏干旱	湿润	湿润	干旱	湿润	干旱	湿润	湿润	

北宋初期(960~1016 年)是一个湿润时期,平水偏丰,湿润指数均值 $\bar{X}=53$,遭受洪灾年数(9a)多于旱灾年数(5a)。接下来 268a(1017~1284 年)属于干旱时期,湿润指数均值 $\bar{X}$ 为 46~48,偏枯时期,旱灾年数(30a)略多于洪灾年数(29a),但大旱灾和一半旱灾年数(26a)比大洪灾和一般洪灾年数(14a)多许多。南宋末至明初的 139a 是一个湿润期,前 38a(1285~1330 年)湿润指数均值 $\bar{X}=54$,平水偏丰;后 46a(1331~1423 年) $\bar{X}=60$,属丰水时期;洪灾年份(31a)比旱灾年份(19a)多,大洪灾和一般洪灾(21a)比大旱灾和一般旱灾(5a)多很多。此后 91a(1424~1514 年)是干旱时期,湿润指数均值为 47,与 1017~1284 年干旱期大致相当。明朝后期 1515~1623 年属于平水偏丰时期,湿润指数均值为 53,遭受洪灾年份(35a)比旱灾年份(15a)多;明末清初(1624~1698 年)的 75a 属于干旱时期,湿润指数均值为 44,是千年来最干旱的时期。此后 251a(1699~1949 年)属于葛全胜^[7]先生所说的“寒冷且湿润”时期,前 124a 湿润指数均值为 54,后 127a 湿润指数均值为 63,达到千年来的峰值,新中国建立后的监测资料表明,这一丰水期一直延续到 20 世纪 50 年代。

图 9 显示鄱阳湖流域千年以来湿润指数均值 $\bar{X}$ 变化情况以及方差 $\bar{X} + \sigma$ 、 $\bar{X} - \sigma$ 变化区间,干旱和湿润变化过程明晰。鄱阳湖流域近千年的丰水期和干旱期的节律与我国江南地区、长江中下游大致同步,但起止年份和持续时间却有较大差别,湿润期年数持续较长,干旱期年持续较短。鄱阳湖流域历史水旱灾害变化的一个显著特点是,湿润时期遭受洪灾年份比旱灾年份多,且大洪灾、一般洪灾年份远远多于大旱灾、一般旱灾年份;干旱期遭受旱灾年数略多于洪灾年数,但大旱灾、一般旱灾年数比大洪灾、一般洪灾年数多。这一特点可能与鄱阳湖流域地形地貌有关,也与赣江等 5 河中下游和鄱阳湖周边土地资源开发比较充分有关。

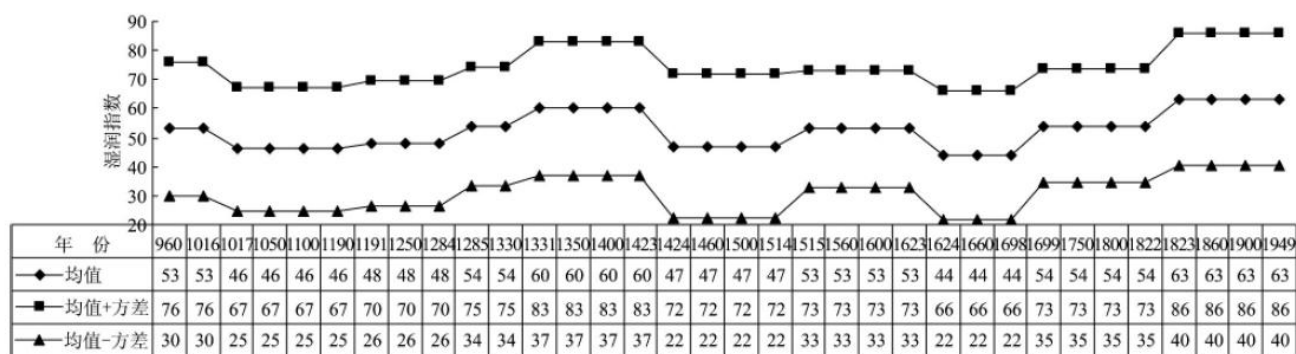


图 9 宋朝以来鄱阳湖流域千年湿润指数特征值序列

Fig. 9 Sequence of Eigenvalues of the Wettability Index in Watershed of Poyang Lake Since the Song Dynasty

5 结语

本文收集了东晋至民国时期一千多年鄱阳湖流域 435a 年水旱灾害历史记录, 讨论了这些水旱灾害历史记录所代表各历史阶段干旱、湿润状况的可靠性。结合我国历史气候变化的现有研究成果对鄱阳湖流域的干旱、湿润历史阶段进行分期。针对宋代一千年共 410a 水旱灾害记录的历史描述将洪水、干旱灾害各自划分为 3 个等级, 并赋予相应湿润指数。通过改进水文统计常用的 P-III 型频率曲线适线法, 分别率定了两宋至民国各个湿润、干旱历史阶段的湿润指数均值、方差和离差系数, 分析了千年来鄱阳湖流域干旱灾害变化特征。结果表明, 千年来鄱阳湖流域经历了湿润—干旱相间的 3 个干旱周期、4 个湿润周期; 湿润时期遭受洪灾年份比旱灾年份多, 且大洪灾和一般洪灾年份远远多于大旱灾和一般旱灾年份; 干旱期遭受旱灾年数略多于洪灾年数, 但大旱灾和一般旱灾年数多于大洪灾和一般洪灾年数。研究结果表明, 本文提出的方法对于具有相似历史水旱灾害记录的地区(如江南地区等)具有一定借鉴作用; 对探索鄱阳湖演变、资源开发利用和鄱阳湖湿地生态系统演进的历史过程可以提供比较可靠的气候变化依据。

参考文献:

- [1] 张家诚, 林之光. 中国气候 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985, 18.
- 【ZHANG J C, LIN Z G. China' s Climate [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press. 1985, 18. 】
- [2] 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究 [J]. 中国科学, 1973, 16(2) : 475—497.
- 【ZHU K Z. A Preliminary Study on the Climate Change in China in the Past Five Thousand Years [J]. Chinese Science, 1972, 16(2) : 475—497. 】
- [3] 张德二. 我国近五百年各区域旱涝变化及其与冬季冷暖的关系, 气象科技集刊(4) [M]. 北京: 气象出版社, 1983.
- 【ZhANG D E. Regional Variations of Flood and Drought in recent 500-year China and its Relationship with Temperature Change in Winters, Collected Papers on Meteorological Science and Technology(4) [M]. Beijing: China Meteorological Press. 1983. 】
- [4] 中央气象局气象科学研究院. 五百年我国旱涝分布图集 [M]. 北京: 地图出版社, 1981.

【Meteorological Science Research Institute of the Central Meteorological Bureau. Drought and Flood Atlas in 500-year China [M]. Beijing: Map Publishing House. 1981.】

[5] 李海萍, 彭望录, 赵济. 黄淮海平原历史旱涝灾害的时间序列分析 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 1995, 3(4): 549—552.

【LI H P, PENG W L, ZHAO J. Time Series Analysis of Historical Drought and Flood Disasters in Huang-Huai-Hai Plain [J]. Journal of Beijing Normal University(Natural Science Edition), 1995, 3(4): 549—552.】

[6] 满志敏. 中国历史时期气候变化研究 [M]. 济南: 山东教育出版社, 2009: 1—504.

【MAN Z M. Research on Climate Change in China ' s History [M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 2009:1—504.】

[7] 张建民, 鲁西奇. 历史时期长江中游地区人类活动与环境变迁专题研究 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2011, 1—599: 190—193.

【ZHANG J M, LU X Q. Special Research on Historical Human Activities and Environmental Changes in the Changjiang River's Middle and Lower Reaches [M]. Wuhan: Wuhan University Press. 2011: 1—599, 190—193.】

[8] 葛全胜著. 中国历朝气候变化 [M]. 北京: 科学出版社, 2011: 1—709.

【GE Q S. Climate Change in China [M]. Beijing: Science Press. 2011: 1—709.】

[9] 霍云霄. 兰州地区近 540 年旱涝灾害研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(5): 1—5.

【HUO Y P. Study on Drought and Flood Disaster in Lanzhou Area in Recent 540 Years [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2012, 26(5): 1—5.】

[10] 唐亦工, 郝松枝. 关中地区旱涝灾害演变的时间序列分形研究[J], 西北大学学报(自然科学版), 2001, 31(3): 259—262.

【TANG Y G, HAO S Z. A fractal study on the drought and waterlogged system in the region of Guanzhong in Shaanxi province since theMingdynasty [J], Journal of Northwest University(Natural Science Edition), 2011, 31(3): 259—262.】

[11] 朱业玉, 程炳岩, 王记芳. 河南旱涝灾害的演变特征分析 [J]. 灾害学, 2006, 21(3): 93—97.

【ZHU Y Y, CHENG B Y, WANG J F. Analysis on Evolution Characteristics of Drought and Flood Disasters in Henan Province [J]. Disaster science, 2006, 21(3): 93—97.】

[12] 张建民, 鲁西奇. 历史时期长江中游地区人类活动与环境变迁专题研究 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2011: 190—193.

【ZHANG J M, LU X Q. Special Research on Historical Human Activities and Environmental Changes in the Changjiang River`s Middle and Lower Reaches [M] . Wuhan: Wuhan University Press, 2011: 190—193. 】

[13] 胡振鹏, 林玉茹. 气候变化对鄱阳湖流域干旱灾害影响及其对策 [J] . 长江流域资源与环境, 2012, 21 (7) : 898—904.

【HU Z P, LIN Y R. Analysis of Relationship between Climate Change and Drought Disasters in the Poyang Lake Basin and Study of the Drought—relief Measures [J] . Resources and Environment in the Yangtze Basin. 2012, 21(7) : 898—904. 】

[14] 江西省档案局编. 鄱阳湖开发历史进程及生态建设 [M] . 北京: 中国档案出版社, 2010: 18—46.

【JIANGXI A RCHIVES BUREAU. The Development History and Ecological Construction in Poyang Lake Area [M] . Beijing:China Archives Press. 2010: 18—46. 】

[15] 江西省水利志编纂委员会. 江西省水利志 [M] . 南昌: 江西科学技术出版社, 1995: 181—193.

【Compilation committee on “History of Water Resources Utilization in Jiangxi Province” , History of Water Resources Utilization in Jiangxi Province [M] . Nanchang: Jiangxi Science and Technology Press, 1995: 181—193.】

[16] 陈家其. 从太湖流域旱涝史料看历史气候信息处理 [J] , 地理学报, 1987, 42(3) : 231—246.

【CHEN J Q. An Approach to the Data Processing of Historical Climate Materials on the Basis of Flood and Droughts of Taihu Basin [J] . Journal of Geography. 1987, 42(3) : 231—246. 】

[17] HURST H E. 1951, Long-term storage capacity of reservoirs [J] . Trans ASCE, 116: 770—808.

[18] GAUDENTA SAKALAUSKIENE. 2003, The Hurst Phenomenon in Hydrology [J]. Environmental research, Engineering and Management, 25(3) : 16—20.

[19] 詹道江, 徐向阳, 陈元芳. 程水文学(第4版) [M] , 北京: 中国水利水电出版社 2013: 131—164.

【ZHAN D J, XU X Y, CHEN Y F. Engineering Hydrology(4th edition) [M] . Beijing: China Water and Power Press., 2013:131—164. 】