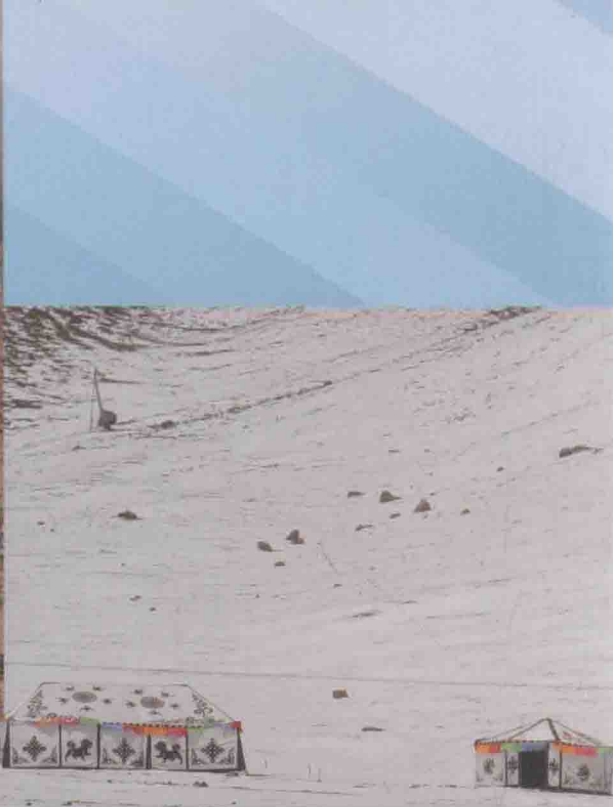




青海省干旱、雪灾监测诊断 和预测系统

李 林 时兴合 等 编著

Qinghaisheng
Ganhan Xuezai Jiance
Zhenduan he Yuce Xitong



气象出版社
China Meteorological Press



青海省干旱、 火灾监测预警 系统

火灾监测预警系统

青海省干旱、火灾监测预警系统
开发应用案例

中国科学院
地理科学与资源研究所
中国科学院地理研究所

中国科学院
地理科学与资源研究所

青海省干旱、雪灾监测 诊断和预测系统

李 林 时兴合 等 编著

内容简介

本书为国家科技支撑计划项目“我国主要极端天气气候事件及重大气象灾害的监测、检测和预测关键技术研究”(2007BAC29B04)之青海省专题“青海省干旱、雪灾监测、诊断和预测业务系统的建立”的主要研究成果之一。成果分三部分:第一部分为青海省干旱监测、诊断和预测技术开发,第二部分为青海省雪灾监测、诊断和预测技术开发,第三部分为青海省干旱、雪灾监测、诊断和预测系统建设。作为一本业务工具书,可以为青藏高原地区气候和气候变化业务、科研和决策服务提供科学依据。

本书作为研究青藏高原旱涝、低温冰雪气候灾害的基本资料,可供从事气候预测、气候变化、水利水文、环境保护和自然地理工作者参考,亦可供防灾减灾、民政、交通运输、电力和通讯等有关部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

青海省干旱、雪灾监测诊断和预测系统/李林编著.
北京:气象出版社,2012.6
ISBN 978-7-5029-5500-7

I. ①青… II. ①李… III. ①旱灾-监测系统-青海省
②雪害-监测系统-青海省 IV. ①P426.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 108967 号

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.cma.gov.cn>

责任编辑:陈悦丽 张 斌

封面设计:博雅思企划

责任校对:石 仁

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:134 千字

版 次:2012 年 6 月第 1 版

定 价:25.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68406961

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:5.25

印 次:2012 年 6 月第 1 次印刷

《青海省干旱、雪灾监测诊断和预测系统》 编写委员会

主 任：李 林

副主任：时兴合

成 员：王振宇 戴 升 马占良 杨延华

刘彩红 李红梅 申红艳 郭晓宁

何卓玛

前 言

青海省地处我国西北地区西部、青藏高原东北隅,气候严寒而干燥,干旱、雪灾是最主要的气象灾害,对于农牧业生产有十分不利的影响。据统计,尽管1961—2009年青海省干旱出现的站次呈减少趋势,减少率为1.63站次/10年,但干旱强度趋强,对农牧业生产危害的程度加重。如2009年全省旱象严重,部分地区出现了自上年秋季到当年夏季的四季连旱,全省631条河流有127条断流、干涸,受旱耕地面积500多万亩^①,占当年播种面积的60%,严重受旱面积150万亩,绝收面积近100万亩,粮油减产幅度为近50年来罕见,草原受灾面积8000万亩,30万人、40万头(只)牲畜饮水发生困难,受灾人口达126万。尤其值得关注的是,1961—2009年青海省主要牧业区雪灾出现站次呈显著增多趋势,增多率为0.81站次/10年。1961—1997年雪灾年平均出现频次为5.0站次,而1998—2009年平均为5.1站次。在1998年气候显著变暖以来,冬季降雪量增加,雪灾年平均出现的站次也较1961—1997年增加了0.1站次,雪灾频次的增多和程度的加重给我省农牧业生产造成了严重危害。如2008年1、2月青海省出现了大范围、长时间降雪降温的低温连阴雪天气,最高气温长时间维持在0.0℃以下,积雪难以融化,形成了历史上罕见的雪灾,全省70万人受灾,1800 hm²温室大棚受灾,近75万头(只)牲畜死亡,直接经济损失19亿元。因此,加强干旱、雪灾的监测、诊断和预测服务工作,一贯是青海省防灾减灾的重大任务。

多年来,青海省气象部门从青海农牧业生产的实际出发,针对干旱、雪灾发生的时空演变规律及其影响,积极开展雪灾监测、预测技术研究,致力于建立干旱、雪灾监测预测业务体系建设,努力为农牧业生产防灾减灾提供决策依据,取得了积极的进展和明显的社会、经济效益。然而,干旱、雪灾发生机理的复杂性和演变规律特别是气候变化背景下演变趋势的不确定性,使得干旱和雪灾的监测、诊断、预测能力始终与农牧业生产发展的需求不相适应。就目前而言,主要存在以下问题和矛盾:一是对于干旱和雪灾发生、发展演变机理的认识尚不清楚;二是对于干旱和雪灾的监测缺乏必要的技术手段;三是对于干旱和雪灾的预测缺乏定量化、客观化的技术方法。显然,这些问题无疑是当前青海省干旱和雪灾研究、业务和服务亟待攻关的技术难题。

^① 1亩=1/15 hm²,下同。

为此,青海省气象局气候中心依托国家科技支撑计划项目“我国主要极端天气气候事件及重大气象灾害的监测、检测和预测关键技术研究”(2007BAC29B04),设立了“青海省干旱、雪灾监测、诊断和预测业务系统的建立”专题,开展了为期三年的技术攻关,着力于可业务化的干旱和雪灾监测、诊断、预测技术开发,建立适合青海省实际的干旱和雪灾监测指标,探究干旱、雪灾机理诊断技术。在研发干旱、雪灾预测预警方法的基础上,建立了干旱和雪灾监测、诊断、预测业务系统,开发了相关业务服务产品,实现了业务化运行。参加本书编写的人员有李林、时兴合、王振宇、戴升、马占良、杨延华、刘彩红、李红梅、申红艳、郭晓宁和何卓玛共 11 人。其中,李林作为主编,负责把握本书编写的技术方向、解决技术难题和凝练研究成果;时兴合作为副主编,负责雪灾诊断和预警预测技术部分的编写任务;王振宇、马占良负责业务系统及其操作手册的编写任务,戴升、刘彩红负责干旱诊断和预警预测技术的编写任务;申红艳、李红梅、何卓玛负责干旱监测和时空特征分析编写工作,杨延华、郭晓宁承担雪灾监测、时空特征分析以及部分预警预测技术编写任务。全书由时兴合统稿,李林审定。

本书付梓仓促,虽经再三校核,错漏在所难免,敬请不吝指正,深表感谢。

编者

2011 年 10 月 26 日

目 录

前言

第 1 章	青海省干旱监测、诊断和预测技术开发	(1)
1.1	干旱的监测技术	(1)
1.2	干旱的诊断技术	(13)
1.3	干旱的预测技术	(24)
第 2 章	青海省雪灾监测、诊断和预测技术开发	(29)
2.1	雪灾的监测技术	(29)
2.2	雪灾的诊断技术	(39)
2.3	雪灾的预测技术	(51)
第 3 章	青海省干旱、雪灾监测、诊断和预测系统建设	(64)
3.1	系统简介	(64)
3.2	系统运行环境	(64)
3.3	安装与配置	(65)
3.4	使用	(65)
3.5	维护	(67)
附 录	青海省干旱、雪灾监测诊断和预测系统操作手册	(68)
参考文献		(73)

第 1 章 青海省干旱监测、诊断和预测技术开发

1.1 干旱的监测技术

1.1.1 干旱指标的定义

(1)降水距平百分率

降水距平百分率(P_a):是指某时段降水量与常年同期降水量相比的百分率。由于我国各地各季节的降水量变率差异较大,故利用降水量距平百分率划分干旱等级对不同地区 and 不同时间尺度也有较大差别,表 1.1 为适合我国半干旱、半湿润地区的干旱等级标准。

$$P_a = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\%$$
 (1)

式中 P_a 为某时段的降水距平百分率, P 为某时段的降水量, $\bar{P}$ 为多年平均同期降水量。

表 1.1 利用单站降水量距平百分率划分的干旱等级

等级	类型	降水量距平百分率		
		月尺度	季尺度	年尺度
1	无旱	$-50 < P_a$	$-25 < P_a$	$-15 < P_a$
2	轻旱	$-70 < P_a \leq -50$	$-50 < P_a \leq -25$	$-30 < P_a \leq -15$
3	中旱	$-85 < P_a \leq -70$	$-70 < P_a \leq -50$	$-40 < P_a \leq -30$
4	重旱	$-95 < P_a \leq -85$	$-80 < P_a \leq -70$	$-45 < P_a \leq -40$
5	特旱	$P_a \leq -95$	$P_a \leq -80$	$P_a \leq -45$

(2)标准化降水指数(SPI)

SPI 指数:由于不同时间、不同地区降水量变化幅度很大,直接用降水量很难在不同时空尺度上相互比较,而且降水分布是一种偏态分布,不是正态分布,所以在降水分析中,采用 Γ 分布概率来描述降水量的变化,然后再经正态标准化求得 SPI 值。标准化降水指数是根据降水累计频率来划分干旱等级,它反映了不同时间和地区的降水气候特点,其干旱等级划分标准具有气候意义,不同时段不同地区都适宜。

表 1.2 利用标准化降水指数 SPI 划分的干旱等级

等级	类型	SPI 值	出现频率
1	无旱	$-0.5 < SPI$	68%
2	轻旱	$-1.0 < SPI \leq -0.5$	15%
3	中旱	$-1.5 < SPI \leq -1.0$	10%
4	重旱	$-2.0 < SPI \leq -1.5$	5%
5	特旱	$SPI \leq -2.0$	2%

(3)Z 指数

Z 指数:Z 指数是假设某时段的降水量服从 Pearson III 型分布,然后对降水量进行正态化处理,这样可将概率密度函数 Pearson III 型分布转换为以 Z 为变量的标准正态分布,其计算原理基本和 SPI 指数相同。

$$Z_i = (6/C_s)[(C_s/2)\varphi_i + 1]^{1/3} - (6/C_s) + (C_s/6)$$
 (2)

式中 C_s 为偏态系数, φ_i 为标准变量。根据 Z 变量的正态分布曲线,划分不同干旱等级。

表 1.3 Z 指数的干旱等级

等级	类型	Z 值
1	无旱	$-0.42 < Z$
2	轻旱	$-0.84 < Z \leq -0.42$
3	中旱	$-1.44 < Z \leq -0.84$
4	重旱	$-1.96 < Z \leq -1.44$
5	特旱	$Z \leq -1.96$

(4)K 指数

K 指数:是指某一时段降水相对变率与该时段蒸发相对变率的比值,这样相当于对指数进行了标准化,消除了由于各地降水、蒸发量级不同而产生的影响,使得干旱标准便于统一。

$$K_{ij} = R_{ij}' / E_{ij}'$$
 (3)

式中 K_{ij} 为某一时段的干旱指数, R_{ij}' 为该时段降水的相对变率, E_{ij}' 为该时段蒸发的相对变率。

表 1.4 K 指数的干旱等级

类型	K 值
湿润	$2.0 < K$
适宜	$1.5 < K \leq 2.0$
轻旱	$1.0 < K \leq 1.5$
中旱	$0.5 < K \leq 1.0$
重旱	$K \leq 0.5$

(5) C_i 指数

C_i 指数: C_i 指数是以标准化降水指数、相对湿润指数和降水量为基础建立的一种气象干旱综合指数,主要用于实时干旱监测、评估,它能较好地反映短时间尺度的农业干旱情况。

$$C_i = \alpha Z_3 + \gamma M_3 + \beta Z_9$$
 (4)

式中 Z_3 、 Z_9 分别为近 30 d、90 d 标准化降水指数 SPI, M_3 为近 30 d 相对湿度指数,它们的系数分别取 α 、 γ 、 β 为权重系数,分别取 0.4、0.8 和 0.4。

表 1.5 C_i 指数的干旱等级

等级	类型	Z 值
1	无旱	$-0.6 < C_i$
2	轻旱	$-1.2 < C_i \leq -0.6$
3	中旱	$-1.8 < C_i \leq -1.2$
4	重旱	$-2.4 < C_i \leq -1.8$
5	特旱	$C_i \leq -2.4$

(6)干旱受灾指数

干旱受灾指数:实际受旱面积与实际播种面积的比值称为干旱受灾指数。

干旱受灾指数(%)=100×实际受旱面积/播种面积 (5)

1.1.2 青海省干旱监测指标的确定

(1)各干旱指标与实际干旱情况拟合

通过广泛调查,选定干旱灾情资料较为完整的循化、互助、民和、乐都和化隆 5 站位代表进行干旱监测指标与实际旱情的拟合检验。根据循化、互助、民和、乐都和化隆 1961—2005 年的气象资料,计算出各地区气象干旱等级,将计算结果划分为无旱和有旱(不考虑等级,只要有干旱出现就定为有旱)。根据各地区实际干旱受灾面积和播种面积计算出干旱受灾指数,同样将计算结果划分为有旱和无旱,将各县各干旱指标与实际干旱受灾指数进行有无旱灾发生进行拟合,拟合结果如表 1.6 所示。

表 1.6 各县各指标与干旱受灾指数拟合率(%)

地区	<i>SPI</i>	<i>P_a</i>	<i>Z</i>	<i>K</i>
循化	56	62	58	36
互助	73	69	73	33
民和	58	71	60	29
乐都	56	53	58	56
化隆	58	71	58	33
平均	60	65	61	37

从上表可以看出,*K* 指标与实际干旱发生情况具有较大的差异,其拟合率仅为 37%,因此不适宜作为判断上述地区干旱发生情况的指标(陈仲全等,1991;符淙斌等,2002),以下不再进行分析,其余 3 个指标的拟合率基本相同,都在 60%以上。

(2)各干旱等级平均出现频率

根据 1961—2005 年循化、互助、民和、乐都和化隆降水资料,计算出各地区每年的干旱等级,统计各指标各等级平均出现频率,如表 1.7 所示。

表 1.7 五个地区各干旱等级平均出现频率(%)

等级	1	2	3	4	5
<i>SPI</i>	66	17	10	5	1
<i>P_a</i>	78	17	3	0	0
<i>Z</i>	66	15	11	5	2

从表 1.7 各干旱指标出现频率可以看出,*SPI* 指数和 *Z* 指数各等级出现频率比较符合实际(主要是因为这两个指数是先求出降水量的分布概率,然后进行正态标准化而得),而 *P_a* 指标没有重旱和特旱这两个等级。

(3)利用干旱指标判断干旱等级及频率

①乐都

计算乐都地区 *SPI*、*P_a* 和 *Z* 指数的大小,确定出各干旱指标各等级出现的频率(表 1.8)。从各干旱指标各等级出现的频率来看,在乐都地区 3 种指标对无旱年的判断均偏多,对特旱年份的

判断 3 种指标一致性较好; SPI 和 Z 指标对重早年的判定一致, P_a 指数判断结果较轻;3 种指标对中早年的判定结果 $Z>SPI>P_a$;对轻早年的判定 SPI 与 P_a 一致性较好, Z 指数偏轻。综上所述,进行乐都地区干旱等级判断时,使用 SPI 指数进行判定干旱情况较其他两个指标准确。

表 1.8 乐都地区各干旱指标各级干旱出现频率(%)

干旱等级	1	2	3	4	5
SPI	69	18	6	4	2
P_a	76	18	4	0	1
Z	67	13	13	4	2
实际受灾指数	42		58		

②循化

计算循化地区 SPI 、 P_a 、 Z 值的大小,确定出各指标各等级出现的频率(表 1.9)。在循化地区 3 种指标对无早年判断与实际情况吻合都较好,但 3 种指标所计算出来的干旱等级均没有达到特旱标准。 P_a 判定重早年份的出现频率为 0,这显然与实际情况不符,降低了循化地区的干旱等级, SPI 与 Z 判断结果有 3 年相似,2 年判定结果 $Z>SPI$ 。3 种指标对中旱级别的判定结果为 $Z>SPI>P_a$,其中 P_a 所计算出来的中旱出现频率仅为 4%,因此不符合实际情况。总体来看,3 种指标对于旱级别的判定为 $Z>SPI>P_a$,结合实际情况(如 1966 年实际干旱指数为 76%, Z 指数判定为重旱,而 SPI 判定为中旱)和各干旱等级分布概率分析,在循化地区 Z 指数比较实用。

表 1.9 循化地区各干旱指标各级干旱出现频率(%)

干旱等级	1	2	3	4	5
SPI	64	16	13	7	0
P_a	69	24	4	0	0
Z	62	13	16	9	0
实际受灾指数	64		36		

③互助

计算互助地区 SPI 、 P_a 、 Z 值的大小,确定出各指标各等级出现的频率(表 1.10)。从 3 种指标所计算出来的干旱出现频率来看, P_a 指数所判断的结果只有无旱和轻旱,与实际情况不符,因此不再进行讨论。 SPI 与 Z 值所判定的无早年与实际情况相接近。 Z 指数计算出 1991 年为特旱年, SPI 指数判定 1991 年为重旱年。 Z 指数和 SPI 指数判定 1980 年为重旱年, Z 指数判定 1987 年为重旱年,而 SPI 判定 1987 年为中旱年,因此 SPI 指数所判定的干旱等级小于 Z 指数。对中旱和轻旱的判定 SPI 和 Z 指数基本相似。结合实际所发生的干旱程度和各指标所计算出的干旱等级,可以看出在互助地区 SPI 指数比较适用。

表 1.10 互助地区各干旱指标各级干旱出现频率(%)

干旱等级	1	2	3	4	5
SPI	71	13	11	4	0
P_a	84	16	0	0	0
Z	71	11	11	4	2
实际受灾指数	67		33		

④民和

分别计算民和地区 SPI 、 P_a 、 Z 值的大小,确定出各指标各等级出现的频率(表 1.11)。从各干旱等级出现的频率来看, SPI 和 Z 指数所计算出的无旱年与实际情况相近,而 P_a 所计算的无旱年偏多,与实际情况不大不符。对各年份所出现的干旱等级判定结果大致是 $Z>SPI>P_a$,经与实际情况相比,并考虑各干旱等级出现频率来看,在民和地区 Z 指数相对其他两指数来说代表性较好。

表 1.11 民和地区各干旱指标各级干旱出现频率(%)

干旱等级	1	2	3	4	5
SPI	64	16	11	4	4
P_a	80	11	7	1	0
Z	64	22	4	4	4
实际受灾指数	69	31			

⑤化隆

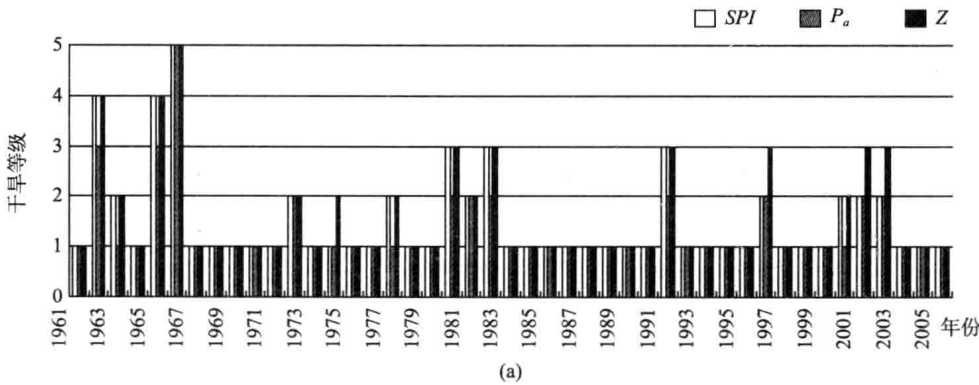
分别计算化隆地区 SPI 、 P_a 、 Z 值的大小,确定出各指标各等级出现的频率(表 1.12)。从各指标所计算的干旱等级出现频率来看, P_a 只有无旱和轻旱两个级别,显然与实际情况不符,缺乏适用性。 SPI 值所计算出来的中旱和重旱出现频率相同,且没有特旱发生,与实际发生面积相比(例如 2000 年化隆地区受灾指数为 77%)可以看出在化隆 Z 指数所计算出的干旱等级比较接近实际。

表 1.12 化隆地区各干旱指标各级干旱出现频率(%)

干旱等级	1	2	3	4	5
SPI	64	22	7	7	0
P_a	82	18	0	0	0
Z	64	16	13	2	4
实际受灾指数	71	29			

(4)干旱指数检验对比结论

干旱指标检验的具体结论是:进行乐都地区干旱级别判断时,使用 SPI 指数进行判定较其他两个准确。互助地区 SPI 指数比较适用,民和地区 Z 指数相对其他两指数来说代表性较好,化隆 Z 指数所计算出的干旱等级比较接近实际,循化地区 Z 指数比较实用,检验效果见图 1.1。



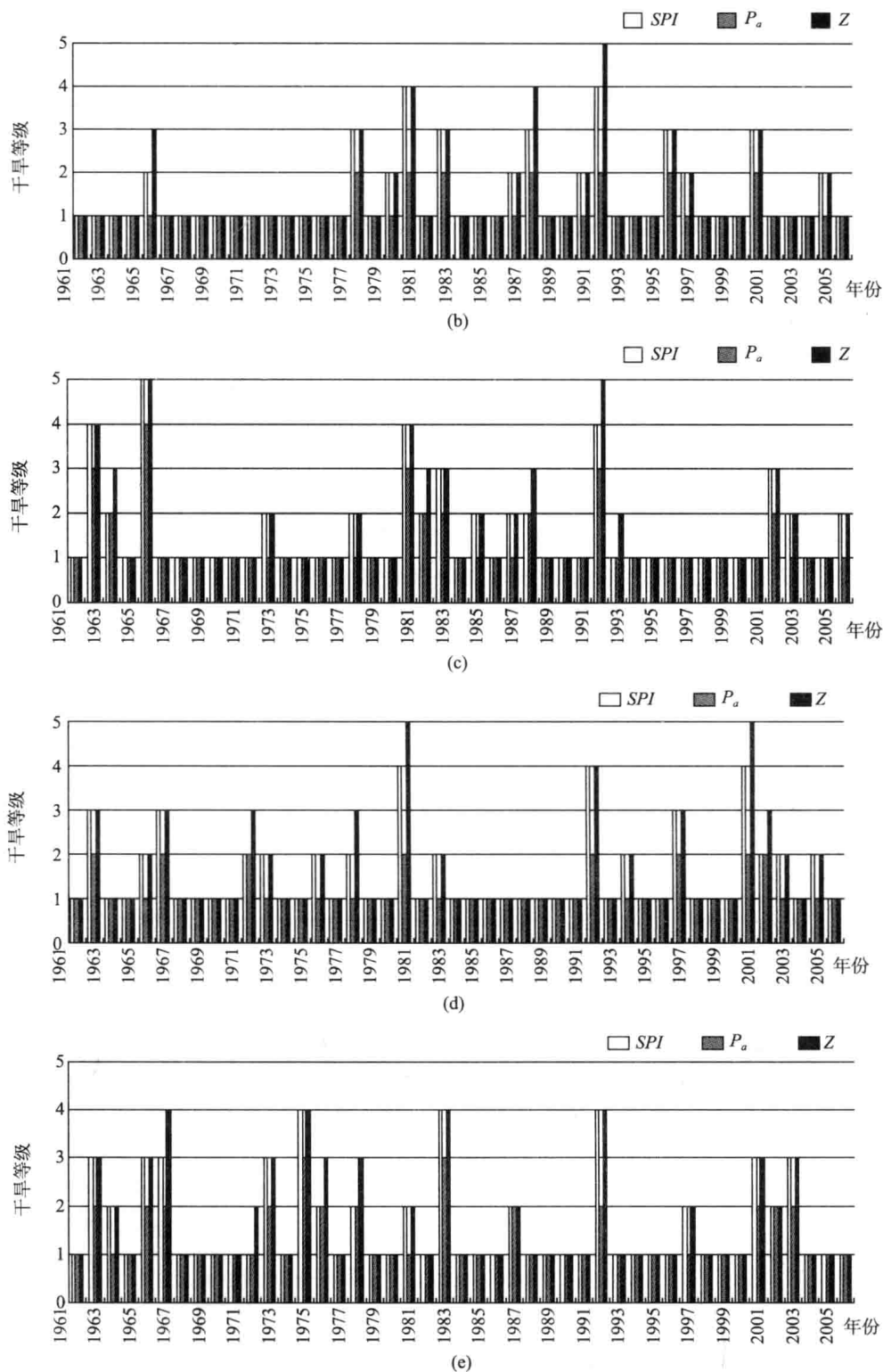


图 1.1 乐都(a)、互助(b)、民和(c)、化隆(d)、循化(e)地区干旱指标检验对比

由于 *SPI* 指数是采用 Γ 分布概率来描述降水量的变化,不受其他因子的影响,并且易于计算,优于在我省广泛采用的其他干旱监测方法(王密侠等,1998;张强等,1998,2000;钱正安等,2001;卫捷等,2003;袁文平等,2004;陈雷等,2005;何艳芬等,2008),并且对气候干旱变化敏感,它是根据降水累积频率分布来划分干旱等级(表 1.13),反映了不同时间和地区的降水特点。

表 1.13 标准化降水指数 *SPI* 的干旱等级

等级	类型	<i>SPI</i> 值	出现频率
1	无旱	$-0.5 < SPI$	68%
2	轻旱	$-1.0 < SPI \leq -0.5$	15%
3	中旱	$-1.5 < SPI \leq -1.0$	10%
4	重旱	$-2.0 < SPI \leq -1.5$	5%
5	特旱	$SPI \leq -2.0$	2%

(5)受灾面积指数与 *SPI* 指数拟合

根据地方公布的实际旱情、时间、范围、面积、损失等资料,计算了青海省东部干旱受灾面积指数。通过对民和等 5 个代表站点 45 年 *SPI* 指数分布图与受灾面积指数分布图中两指数的线性趋势线的对比分析得出,*SPI* 指数所反映的干旱趋势与受灾面积指数所反映的干旱趋势一致性较好,达 80%(表 1.14)。因此,最终确定用 *SPI* 指数来监测青海省东部农业区的干旱。

表 1.14 受灾面积指数与 *SPI* 指数拟合率(%)

地点	互助	乐都	民和	化隆	循化
无灾年拟合率	83.3	73.3	67.7	68.8	63.3
近 45 a 拟合率	73.3	62.2	60	60	53.3

1.1.2 干旱时空变化规律

(1)干旱的空间分布特征

从表 1.15 可知,对青海省 34 个代表站 1961—2008 年的年、季 *SPI* 指数序列进行 EOF 分解后的前 10 个主分量累积方差贡献均达 82.2%以上。前三个主分量累积方差贡献均在 52.85%以上。由此说明较少的特征向量场基本能表征青海干旱的空间分布特征。秋季第 1 特征向量的方差贡献最大,为 41.76%,收敛速度最快,夏季最小,为 28.76%,收敛速度最慢。这说明在选取同样多的主分量的前提下,能够提取年尺度及季尺度的春、秋、冬季干旱变化的信息比夏季干旱信息要多。这可能与春、秋、冬三季影响青海省降水量的系统比夏季的降水系统较简单,夏季受东亚夏季风及中小尺度系统影响明显,中小尺度系统容易形成局地的降水天气有关。

表 1.15 青海省年、季 SPI 指数前 10 个主分量累积方差贡献(%)

特征向量	年		春季		夏季		秋季		冬季	
	方差贡献	累计方差贡献	方差贡献	累计方差贡献	方差贡献	累计方差贡献	方差贡献	累计方差贡献	方差贡献	累计方差贡献
1	32.77	32.77	37.09	37.09	28.76	28.76	41.76	41.76	35.34	35.34
2	13.34	46.11	15.32	52.41	13.38	42.14	11.54	53.29	10.18	45.52
3	10.56	56.67	7.41	59.82	10.71	52.85	8.43	61.73	8.46	53.98
4	5.53	62.20	5.77	65.59	5.96	58.81	4.80	66.52	6.56	60.54
5	4.74	66.95	4.03	69.62	5.34	64.15	4.60	71.13	4.88	65.42
6	3.83	70.78	3.33	72.95	4.60	68.75	3.87	74.99	4.13	69.55
7	3.66	74.43	2.89	75.84	3.96	72.71	3.21	78.20	3.90	73.45
8	3.32	77.75	2.66	78.50	3.32	76.03	2.52	80.73	2.75	76.20
9	2.89	80.63	2.56	81.06	3.22	79.25	2.24	82.97	2.65	78.85
10	2.62	83.25	1.37	83.43	2.95	82.20	2.09	85.06	2.47	81.32

(2)年尺度干旱的空间变化特征

图 1.2 为年尺度的 SPI 指数序列经 EOF 分解后的前三个载荷向量的空间分布图。第一载荷向量场(VL1)上整个青海基本为一致的正值分布,且自东向西逐渐减小,载荷量大值在青海东部的西宁、乐都一带,表明了整个青海干旱一般受大尺度气候系统影响,表现为一致的干旱或湿润。该模态占总方差的 32.77%。第二载荷向量场(VL2)表现为青海自西向东,西、中部与东部偏东地区呈反向变化特征,具体来说,门源、海晏、共和、兴海、达日以西为正值区,以东为负值区,正值中心在玉树、清水河一带,负值中心有两个,分别在东部的贵德、同仁一带,这主要是由于青海东部偏东地区降水受东亚夏季风影响较大,而其余地区受西风带或西南季风影响较大,所以造成了其干旱的位相不一致(McKee 等,1993;Dai 等,2004;施雅风等,2003;王鹏祥等,2007;郭慕萍等,2009),该模态占总方差的 13.34%。第三载荷向量场(VL3)青海南部高原及祁连山东段与其余地区呈反向的变化特征,青海南部高原及祁连山东段为正值区,正值中心分别在杂多一带,其余地区为负值区,负值中心在德令哈一带。这种分布可能与影响青海南、北方降水系统的差异以及高原地形等因素有关,由于青藏高原南部有来自印度洋、南海等地异常显著的暖湿气流及其水汽输送,青海南部位于青藏高原南部南亚夏季风输送带的边缘,因此降水明显偏多(王宝鉴等,2001;张存杰等,2002;俞亚勋等,2003),另外,青海南部高原及祁连山东段海拔较高,气温低,蒸发小,干旱发生几率相对较小(Palmer,1965)。该模态占总方差的 10.56%。

(3)四季干旱的空间变化特征

春、夏、秋、冬季 SPI 指数序列经 EOF 分解后的第一载荷向量空间分布图上(图略),除春季外,其余季节整个青海基本为一致的正值分布,且自西向东载荷向量场逐渐增大,只是正值中心的大小和具体位置的区别,夏、秋、冬各季模态占总体方差的值分别为 28.76%、41.76%、35.34%。春季第一载荷向量空间分布图上青海南部偏南地区与其余地区呈反向分布。具体来说,自北向南载荷值逐渐减小,在沱沱河、清水河、达日、久治一线以北为正值区,以南为负值区,该模态贡献占总体方差的 37.09%。各季第二载荷向量空间分布图上,春、夏季的空间分布基本一致,青海西南、中部与东北部呈反向分布,具体来说,青海自西南向东北逐渐减小,西南、

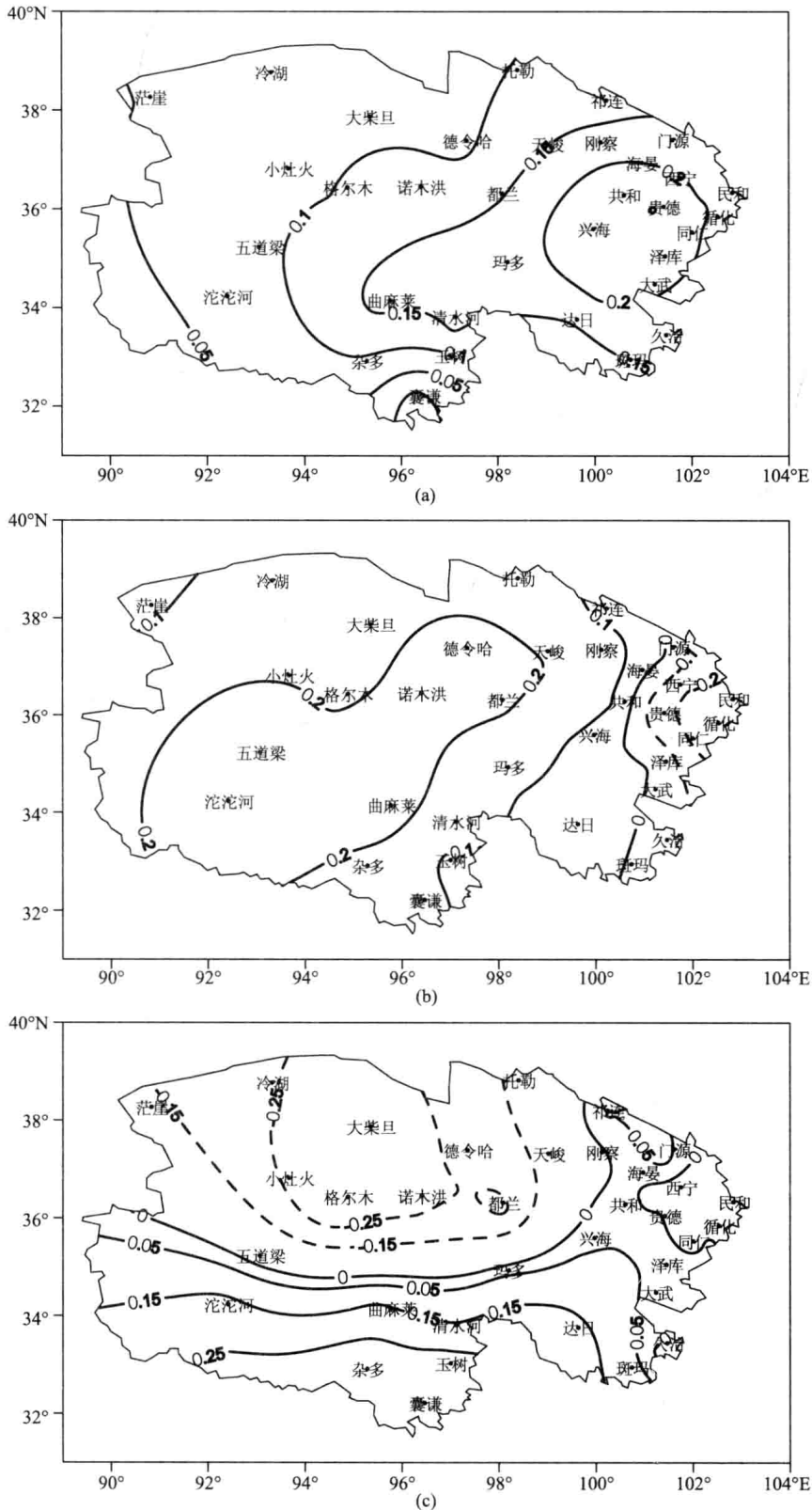


图 1.2 年尺度的 SPI 指数的前三个载荷向量场空间结构分布图

(a) VL1; (b) VL2; (c) VL3