

内蒙古通辽市农业干旱风险图研究

张 皓¹ 孙凤军² 李红艳³ 贾桂华⁴

(1. 通辽市水务局 内蒙古通辽 028000; 2. 通辽市奈曼旗水务局 内蒙古奈曼旗 028300;
3. 通辽市水利勘察设计院 内蒙古通辽 028000;
4. 通辽市台河口水利枢纽管理处 内蒙古通辽 028000)

【摘 要】 干旱风险图是编制抗旱预案的一项重要内容,能直观反映不同干旱等级受旱范围、受旱面积、旱情发展态势以及干旱造成的损失,能为抗旱决策提供必要的依据,是指导抗旱工作的重要手段。本文通过对通辽市以玉米为代表的农作物的月腾发量、月需水量、降水量等参数进行分析,提出绘制农业干旱风险图的一种思路和方法。

【关键词】 内蒙古通辽市 农业 干旱风险图

【中图分类号】 X4 **【文献标识码】** C **【文章编号】** 1672-2469(2011)05-0059-04

【DOI 编码】 10.3969/j.issn.1672-2469.2011.06.017

1 参考作物腾发量计算

联合国粮农组织于 1971 年提出了计算作物需水量的指导性原则,该原则规定,计算作物需水量需要考虑以下三种因素。

- (1) 用参考作物腾发量来解决气候对作物需水量的影响。
- (2) 用作物系数来代表作物性状对作物需水量的影响。
- (3) 用当地田间资料来解决地区条件及农业措施对作物需水量的影响。

在此基础上,联合国粮农组织对计算参考作物腾发量的方法进行了推荐,主要有布莱尼-克雷多法、

辐射法、彭曼法以及蒸发气法。

同时建议对于具有实测温度、湿度、风速、日照(或辐射)资料的地区应用改进的彭曼法计算参考作物腾发量。与其他方法相比,彭曼法在大多数情况下能取得非常可靠的成果,同时根据本地区多年来的应用和实测资料的验证,用彭曼法计算的参考作物腾发量均较稳定可靠,因此本文采用彭曼法计算作物参考腾发量。

1.1 计算站

通辽市按照地形地貌可划分为南部山区、中部平原区和北部山区。其中中部平原区为通辽市粮食主产区,参考作物腾发量计算站的选择主要依据气象站的位置和资料情况进行,详见表 1。

表 1 计算站基本情况表

计算站	科尔沁区	开鲁	舍伯吐	保康	甘旗卡	金宝屯	额勒顺	大沁他拉	鲁北	库伦	青龙山
位置	平原区	平原区	平原区	平原区	平原区	平原区	平原区	平原区	北部山区	南部山区	南部山区

1.2 计算公式

彭曼法参考作物腾发量计算公式为:

$$ET_0 = \frac{\frac{P_0}{P} \cdot \frac{\Delta}{r} \cdot R_n + E_a}{\frac{P_0}{P} \cdot \frac{\Delta}{r} + 1}$$

式中: ET_0 —— 参考作物腾发量,mm;

P_0 —— 海平面平均气压,mb;

P —— 计算站的平均气压,mb;

Δ/r —— 温度函数;

R_n —— 辐射项,计算公式为:

$$R_n = 0.75R_A(a + b \frac{n}{N}) - \sigma T_k(0.56 - 0.79 \sqrt{ed})(0.10 + 0.9 \frac{n}{N})$$

其中: R_A —— 大气边缘的太阳辐射,mm;

a, b —— 用日照时间计算总辐射量的系数,在温带

作者简介:张皓(1977 年—),男,工程师,目前在通辽市水务局防汛抗旱指挥部办公室工作。

地区 $a = 0.18, b = 0.55$

n ——当地实际日照小时数;

N ——某纬度某月天文上可能出现的最大日平均日照时间, h.

σT_k ——黑体辐射量, 其中 T_k 以开氏温标记。

E_a ——空气动力项, 计算公式为:

$$E_a = 0.26(1.0 + BU_{2m})(e_a - e_d)$$

其中: B ——风速修正系数

; U_{2m} ——2m 高处的风速;

e_a ——饱和水气压, mb;

e_d ——当时当地实际水气压, 即绝对湿度。

1.3 代表作物及生育期

玉米是内蒙古自治区主要粮食作物之一, 通辽市位于全球黄金玉米种植带, 是自治区粮食主产区, 粮食产量占自治区粮食总产量的 1/3 以上, 素有内蒙古粮仓之称。2010 年通辽市玉米种植面积达 987 万亩, 占通辽市总播种面积的 60% 以上, 因此玉米是通辽地区最具代表性的农作物。本文即以玉米为代表作物计算作物参考腾发量和需水量。

通辽市玉米生长期一般从 5 月 5 日~9 月 20 日, 全生育期为 140d 左右, 收割日期一般为每年的 10 月上旬, 见表 2。

表 2 通辽市玉米生育期情况表

阶段	播种~出苗	出苗~拔节	拔节~抽雄	抽雄~灌浆	灌浆~成熟	全生育期
日期	5.5~5.21	5.22~6.30	7.1~7.25	7.26~8.17	8.18~9.20	5.5~9.20

由表 2 可知, 通辽市玉米生育期为 5 月初至 9 月末, 因此本文只计算玉米生育期 5~9 月的参考作物腾发量。

1.4 参考作物腾发量

根据 1.2 节的公式即可计算出计算站某一时段的

参考作物腾发量。根据各计算站逐年逐月实测气象资料, 即可计算出各站逐年月的参考作物腾发量系列, 对系列进行频率计算, 即可得出各站不同频率的年、月参考作物腾发量, 各站不同频率玉米全生育期参考作物腾发量见表 3。

表 3 各站玉米参考作物腾发量计算成果表(全生育期值) 单位: mm

计算站	科尔沁区	开鲁	舍伯吐	保康	甘旗卡	金宝屯	额勒顺	大沁他拉	鲁北	库伦	青龙山
多年平均	578.5	684.9	610	612.2	515	533.6	579.1	532.4	597.6	549.3	543.2
25%	551.9	664.4	591.7	593.8	491.3	509.1	552.5	507.9	579.7	524	518.2
50%	578.5	684.9	610	612.2	515	533.6	579.1	532.4	597.6	549.3	543.2
75%	605.1	705.4	628.3	630.6	538.7	558.1	605.7	556.9	615.5	574.6	568.2
90%	630.6	728.7	649	651.4	561.4	581.6	631.2	580.3	635.8	598.7	592.1
95%	645.6	739.7	658.8	661.2	574.7	595.5	646.3	594.2	645.4	613	606.2
97%	655.4	750	668	670.4	583.5	604.6	656.1	603.2	654.4	622.4	615.4

2 作物需水量计算

2.1 作物系数

作物系数 K_c 是作物需水量与作物参考腾发量的比值, 反映了作物性状对作物需水量的影响。作物系数与作物种类、播种时间、作物生育阶段以及常遇的气候条件有关。不同的作物蒸腾阻力不同, 同时由于作物的高度、作物顶面的毛糙与整齐程度、反射条件和地表覆盖条件不同, 使各种作物的 K_c 值由明显的变化。

根据通辽市二十世纪 50 年代设立的余粮堡灌溉试验站、农研所灌溉试验站以及二十世纪 80 年代初期设立的丰田灌溉试验站共 100 多站年的作物需水量与参考作物腾发量实际观测资料, 计算通辽地区各计算站玉米的作物系数为 0.884。

2.2 作物需水量

利用求得的作物系数乘以不同频率的参考作物腾发量, 即可得出不同频率的作物需水量, 见表 4。

表 4 各站玉米需水量计算成果表(全生育期值) 单位: mm

计算站	科尔沁区	开鲁	舍伯吐	保康	甘旗卡	金宝屯	额勒顺	大沁他拉	鲁北	库伦	青龙山
多年平均	511.4	605.5	539.2	541.2	455.3	471.7	511.9	470.6	528.3	485.6	480.2
25%	487.9	587.3	523.1	524.9	434.3	450.0	488.4	449.0	512.5	463.2	458.1
50%	511.4	605.5	539.2	541.2	455.3	471.7	511.9	470.6	528.3	485.6	480.2
75%	534.9	623.6	555.4	557.5	476.2	493.4	535.4	492.3	544.1	507.9	502.3
90%	557.5	644.2	573.7	575.8	496.3	514.1	558.0	513.0	562.0	529.3	523.4
95%	570.7	653.9	582.4	584.5	508.0	526.4	571.3	525.3	570.5	541.9	535.9
97%	579.4	663.0	590.5	592.6	515.8	534.5	580.0	533.2	578.5	550.2	544.0

2.3 有效降雨量

通辽市位于干旱半干旱地区,多年平均降雨量为383.8mm,降雨量较少,大量级的暴雨更少,因此绝大部分降雨量都是有效降雨。

根据通辽市丰田灌溉试验站实验结果,一次降雨小于60mm时均为有效降雨,降雨有效利用系数为1.0,一次降雨量为60~80mm时,有效利用系数为

0.9,一次降雨量在80mm以上,有效利用系数为0.8。根据通辽气象站1950~2009年实测旬降雨量资料,以10mm为一个等级进行降雨量频率分析,见表5。

经计算,通辽地区玉米生育期降雨量在300mm以上时,有效利用系数为0.94。当生育期降雨量在300mm以下时,有效利用系数为0.97。

表5 通辽气象站不同量级降雨量旬出现次数

降雨量级(mm)	5月			6月			7月			8月			9月		
	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬
0~10	29	24	21	13	12	12	11	10	5	14	16	13	17	28	29
10~20	7	11	8	10	9	8	7	4	5	5	5	7	8	6	5
20~30	1	1	4	6	8	7	5	8	9	8	9	6	7	2	2
30~40	2	2	3	7	4	7	4	3	5	3	1	4	1	4	3
40~50	1	1	4	1	2	1	4	3	2	3	2	6	5	0	1
50~60	0	1	0	3	1	2	6	3	1	0	2	2	1	0	0
60~70	0	0	0	0	2	2	1	1	5	2	1	0	1	0	0
70~80	0	0	0	0	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0
80~90	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0
90~100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
>100	0	0	0	0	0	0	1	4	6	2	3	2	0	0	0

表6 各计算站不同频率有效降雨量 单位:mm

计算站	不同频率有效降雨						
	多年平均	25	50	75	90	95	97
科尔沁区	300.2	351.9	292.4	240.8	198.8	176.5	163.0
开鲁	282.6	319.3	279.7	243.0	212.8	197.8	186.5
舍伯吐	283.3	320.1	280.5	243.7	213.3	198.3	187.0
保康	332.8	376.0	329.4	286.2	250.6	232.9	219.6
甘旗卡	344.8	404.1	335.8	276.5	228.3	202.7	187.2
金宝屯	360.1	422.1	350.8	288.8	238.4	211.7	195.5
额勒顺	288.3	337.9	280.8	231.2	190.9	169.5	156.5
大沁他拉	288.0	337.5	280.5	231.0	190.7	169.3	156.4
鲁北	323.2	365.2	319.9	277.9	243.3	226.2	213.3
库伦	347.3	407.1	338.3	278.6	229.9	204.2	188.6
青龙山	338.4	396.6	329.6	271.4	224.0	199.0	183.8

表7 不同频率(干旱程度)玉米全生育期缺水水量

计算站	不同频率缺水水量(mm)						
	多年平均	25	50	75	90	95	97
科尔沁区	211.2	136.0	219.0	294.1	358.7	394.2	416.4
开鲁	322.9	268.0	325.7	380.6	431.4	456.1	476.5
舍伯吐	255.9	202.9	258.8	311.8	360.4	384.1	403.5
保康	208.4	148.9	211.8	271.2	325.3	351.5	373.0
甘旗卡	110.5	30.2	119.4	199.7	268.0	305.3	328.6
金宝屯	111.6	28.0	121.0	204.6	275.8	314.7	338.9
额勒顺	223.6	150.5	231.1	304.3	367.1	401.8	423.5
大沁他拉	182.6	111.5	190.1	261.3	322.3	355.9	376.9
鲁北	205.1	147.2	208.3	266.2	318.7	344.3	365.2
库伦	138.3	56.2	147.3	229.4	299.4	337.7	361.6
青龙山	141.8	61.5	150.6	230.9	299.4	336.9	360.3

根据各计算站实测月降雨量资料系列进行频率计

算,求得不同频率(干旱程度)时的降雨量,根据上述确定的降雨量有效利用系数,乘以不同频率时的降雨量,即为有效降雨量,各计算站玉米全生育期(5~9月)有效降雨量见表6。

表8 科尔沁区计算站玉米生育期

各月份需水量及缺水水量 单位:mm

月份	项目	保证率				
		25%	50%	75%	95%	97%
5月份	参考腾发量	129.6	135.9	142.2	151.7	154.0
	需水量	114.6	120.1	125.7	134.1	136.1
	有效降雨	36.0	29.9	24.7	18.1	16.7
	缺水水量	78.6	90.2	101.0	116.0	119.4
6月份	参考腾发量	130.7	137.0	143.3	152.9	155.2
	需水量	115.5	121.1	126.7	135.2	137.2
	有效降雨	71.9	59.8	49.2	36.1	33.3
	缺水水量	43.6	61.3	77.5	99.1	103.9
7月份	参考腾发量	128.0	134.2	140.4	149.8	152.0
	需水量	113.2	118.6	124.1	132.4	134.4
	有效降雨	123.1	102.3	84.2	61.7	57.0
	缺水水量	-9.9	16.4	39.9	70.7	77.4
8月份	参考腾发量	108.7	113.9	119.1	127.1	129.0
	需水量	96.1	100.7	105.3	112.4	114.1
	有效降雨	86.9	72.2	59.5	43.6	40.3
	缺水水量	9.1	28.4	45.8	68.8	73.8
9月份	参考腾发量	54.9	57.5	60.1	64.2	65.1
	需水量	48.5	50.8	53.2	56.7	57.6
	有效降雨	34.0	28.3	23.3	17.1	15.8
	缺水水量	14.4	22.5	29.9	39.6	41.8

用表4中不同频率的玉米生育期需水量减去表6

中的玉米生育期有效降雨量,即可得出不同频率(干旱程度)时通辽地区各计算站的玉米全生育期缺水,见表 7。

3 绘制干旱风险图的思路和方法

由分析计算可知,随着干旱程度加剧(频率 75%年份为中等干旱年,90%~95%为严重干旱年,97%的年份为特大干旱年),作物的需水量愈大,而相应的有效降雨减少,作物的缺水也就越大。

因此根据气象资料确定作物的参考腾发量和需水量后,即可根据实时降雨情况定量的确定作物的干旱情况以及需要灌溉的水量。

以科尔沁区计算站为例,玉米生育期各月不同频

率(干旱程度)的腾发量、需水量、有效降雨以及缺水水量见表 8。

由表 8 可知,根据各月的腾发量、需水量以及有效降雨量可以准确的确定当月的作物受旱情况,即为月尺度的农业干旱风险图,同时亦可确定作物所需的灌溉水量。如果进一步收集到各计算站旬气象资料,就可以绘制旬尺度的干旱风险图,可以直接用于指导农业生产。

参考文献

- 1 《通辽市丰田灌溉试验站资料汇编》. 内蒙古自治区水利科学研究所
- 2 《通辽市气象服务资料手册》 通辽市气象局

(上接第 58 页)函数进行拟合检验,判断其正误。该碾压混凝土坝沿层面切向渗透系数的样本大小为 24 个,在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 下计算统计量 $D_{n,\alpha} = 0.2693$,渗透系数的 $K-S$ 检验统计量 $D_n = 0.1571$,则有 $D_n < D_{n,\alpha}$,故接受原假设,即碾压混凝土坝沿层面切向渗透系数服从自然对数正态分布。

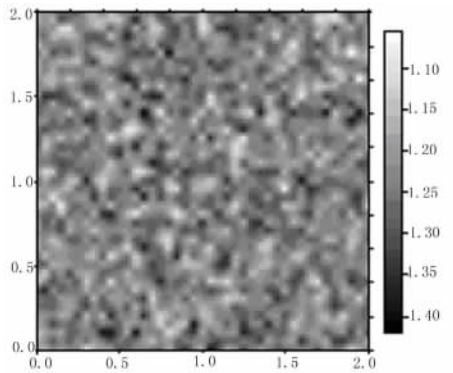


图 9 层面渗透模型随机统计样本

龙滩碾压混凝土坝现场压水试验主要是针对层面进行,因此本文将沿层面切向的渗透系数视为层面的渗透系数,则碾压混凝土坝层面渗透系数服从对数正态分布。

对龙滩碾压混凝土坝层面渗透系数进行模拟,建立随机样本。该碾压混凝土坝层面渗透系数自然对数值服从均值为 -12.340,均方差为 0.622 的正态分布。样本的选取与上一小节对层面不平度几何形态模拟相似,产生一组 1685 个以 -12.340 为均值、以 0.622 为均方差的正态分布随机数,并将随机数与节点相对应。采用克里格(Kriging)方法对该矩形区域内的层面渗透系数对数值随机数进行网格化,得到层

面渗透系数对数值的随机统计样本,如图 9 所示。

4 结语

施工过程中的各种不确定因素,使得碾压混凝土坝层面胶结存在不均匀性,进而造成层面内渗透性能的变异性。从对碾压混凝土坝层面不平度的统计分析入手,模拟了层面的几何形态,在此基础上对层面的渗流变异特性进行详细的研究,提出碾压混凝土坝层面渗透系数符合对数正态分布,为碾压混凝土坝随机渗流场数值模拟提供了基础,并为碾压混凝土坝防渗设计提供参考。

参考文献

- 1 姜福田. 碾压混凝土[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1991, 3
- 2 速宝玉, 胡云进, 刘俊勇等. 江垭碾压混凝土坝芯样渗透系数统计特性研究[J]. 河海大学学报, 2002, 30(2): 1-5
- 3 沈洪俊. 碾压混凝土层面渗流特性的试验研究[J]. 河海大学学报, 1996, 24(5): 53-59
- 4 方坤河. 碾压混凝土材料、结构与性能[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004
- 5 任旭华. 碾压混凝土坝的渗流与渗控、应力与稳定[D]. 河海大学博士学位论文, 1997, 12
- 6 GB 7031-86, 车辆振动输入——路面不平度表示方法[S].
- 7 赵济海, 王哲人, 关朝露. 路面不平度的测量 分析与应用[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2000, 10
- 8 何小新, 吴庆鸣. 碾压混凝土坝层面不平度的统计分析[J]. 建筑机械化, 2001(4): 26-28
- 9 姜一青. 碾压混凝土坝渗流演变特性及安全监控方法研究[D]. 河海大学博士学位论文, 2009, 10