

黑龙江省低温冷害发生规律及预测研究^{*}

李文亮, 张冬有, 张丽娟

(哈尔滨师范大学 地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150025)

摘要: 利用黑龙江省74个气象站35年(1971~2005年)夏季平均气温资料, 分析了黑龙江省低温冷害的发生规律, 并运用灰色分析模型对黑龙江省未来低温冷害的发生情况做了预测。研究结果表明: 黑龙江省低温冷害20世纪70年代最为严重, 80年代后呈下降趋势; 在空间分布上, 黑龙江省低温冷害的平均发生频率南部大于北部, 严重冷害表现为北部大于南部, 一般冷害则表现为西南部大于全省其它地方; 低温冷害的发生与厄尔尼诺现象有较好的相关性, 厄尔尼诺年及其前后年为低温冷害的多发年; 2009~2020年黑龙江省大部分地区会发生低温冷害, 2020~2030年发生区域和频率有所减少, 2030年后发生频率与地区明显减少。

关键词: 低温冷害; 规律; 灰色模型; 预测; 黑龙江

中图分类号: S426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2008)04-0030-06

低温冷害是指作物生长期出现一个或多个低温天气过程, 使作物生长发育和产量形成遭受不良影响, 导致严重减少或品质降低, 是我国农业生产上的主要气象灾害之一, 对工业生产和人民生活都有重大影响^[1]。国内对低温冷害的研究较多, 研究内容涉及评价指标、发生原因及分布规律、风险评估与区划、对策以及对农业的危害机制、影响规律等等^[2-9]。我国的低温冷害从地域上可以分为北方低温冷害和南方低温冷害, 黑龙江省属于北方低温冷害易发地区, 强度高于南方及北方其它省份, 严重冷害年可使农作物减产20%以上, 因此, 掌握黑龙江省低温冷害的发生规律并对其发生做出预测就显得尤为重要。本文对黑龙江省低温冷害的发生和分布规律做了一定的研究探讨, 并运用灰色分析模型对黑龙江省未来低温冷害的发生做出预测, 为黑龙江省防灾和减灾相关工作提供参考。

1 低温冷害评价指标的确定

(1) 资料来源和研究方法 采用黑龙江省74个气象站1971~2005年35年夏季平均气温资料, 资料来源于黑龙江省气象台。研究方法主要采用常规统计分析方法和灰色分析模型, 利用EXCEL、

DPS7.55软件进行计算, 并与GIS技术耦合进行空间表达。

(2) 低温冷害指标的确定 不同的学者提出了不同的评价指标^[10-15], 大量的科学研究表明^[13-15], 黑龙江省低温冷害的发生与6~8月平均气温有密切关系。因此我们选用6~8月的平均气温相对均方差的方法作为低温冷害的评价指标, 意义在于6~8月是黑龙江省农作物的主要生长季, 这一时期热量条件的好坏直接影响农业生产。指标如下:

$$I_{low} = \frac{\sum \Delta T_{6-8}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (\Delta T_{6-8})^2}}, \quad (1)$$

式中: T_{6-8} 为评估年6~8月平均气温距平, $n=3$ 。当 $I_{low} \leq -2$ 时, 为严重冷害年; 当 $-2 < I_{low} \leq -1$ 时, 为一般冷害年; 当 $I_{low} > -1$ 时, 为正常年。

2 黑龙江省低温冷害发生规律分析

2.1 黑龙江省低温冷害时间分布规律

2.1.1 黑龙江省低温冷害时间分布特征

将黑龙江省不同时期发生的低温冷害次数(单位为次数/站)及发生频率进行统计列入表1。并将不同时期的发生情况做了比较分析。

^{*} 收稿日期: 2008-04-09

基金项目: 黑龙江省科技攻关项目(GC06C10302 S8)

作者简介: 李文亮(1984-), 男, 新疆塔城人, 硕士研究生, 主要从事生态系统模拟研究. E-mail: liwenliang1984@sina.com

通讯作者: 张丽娟(1965-), 女, 河北唐山人, 教授, 博士, 主要从事气象生态模拟研究. E-mail: zlj19650205@163.com

表 1 黑龙江省不同时期低温冷害
的发生次数及频率

年代	一般冷害		严重冷害		合计	
	次数/站	频率	次数/站	频率	次数/站	频率
1970	2.60	0.299	2.41	0.277	5.01	0.576
1980	2.45	0.248	1.64	0.166	4.09	0.414
1990	0.93	0.094	1.50	0.152	2.43	0.246
2000	0.76	0.128	0.49	0.082	1.25	0.210

从表 1 中可以得出结论:

(1) 从全省情况来看, 黑龙江省低温冷害发生的年代间分布不均匀。1970 年代出现次数最多, 1980 年代略有减少, 1990 年代和 2000 年代初发生次数明显减少。1970 年代和 1980 年代低温冷害的

发生次数约是 1990 年代和 2000 年代初的 2~3 倍, 说明 20 世纪 70、80 年代是低温冷害的多发时期, 80 年代后呈下降趋势。

(2) 从低温冷害的发生强度来看, 1970 年代和 1980 年代一般冷害发生次数较多, 1990 年代后发生次数显著减少, 约减少了 62%, 到 21 世纪初发生频率略有增加, 但增幅较小; 1970 年代也是严重冷害的多发时期, 1980 年代后一直保持减少的趋势。

2.1.2 黑龙江省各地区低温冷害时间发生规律

将黑龙江省各地区不同时期低温冷害发生频率和各地区低温冷害发生年份进行统计列入表 2 和表 3。并对各地区不同时期低温冷害的发生情况做了对比分析。

表 2 黑龙江省各地区不同时期低温冷害的发生频率

地区	一般冷害				严重冷害			
	1970 年代	1980 年代	1990 年代	2000 年代初	1970 年代	1980 年代	1990 年代	2000 年代初
哈尔滨	0.357	0.371	0.059	0.169	0.254	0.071	0.177	0.096
齐齐哈尔	0.237	0.291	0.103	0.182	0.289	0.218	0.103	0
大庆	0.176	0.272	0.120	0.233	0.341	0.146	0.110	0.017
伊春	0.389	0.230	0.100	0.100	0.178	0.130	0.150	0.100
牡丹江	0.373	0.173	0.082	0.030	0.212	0.200	0.209	0.122
佳木斯	0.352	0.137	0.075	0.022	0.240	0.100	0.263	0.166
大兴安岭	0.172	0.160	0.140	0.067	0.402	0.330	0.100	0.133

表 3 黑龙江省各地区低温冷害发生年份

地区	一般冷害	严重冷害
哈尔滨	1974、1976、1977、1979、1981、1983、1986、1987、1989	1971、1972、1992、1993、2002
齐齐哈尔	1976、1977、1979、1981、1985、1987、1989、2002	1971、1972、1983、1984、1992、1993
大庆	1976、1977、1979、1981、1983、1984、1992、2002	1971、1972、1993
伊春	1971、1976、1977、1979、1981、1984、1985	1972、1984、1992、1993、2002
牡丹江	1972、1974、1976、1979、1981、1989	1971、1983、1986、1992、1993、2002
佳木斯	1974、1976、1977、1979、1983	1971、1972、1981、1992、1993、1996、2002
大兴安岭	1971、1977、1978、1985	1972、1979、1981、1983、1984、1992

由表 2 和表 3 分析可知:

(1) 各地区一般冷害都表现为 1970、1980 年代发生频率最大, 1980 年代到 1990 年代显著减少到一个较低的水平, 其后各地区变化趋势有所差异, 其中哈尔滨、齐齐哈尔、大庆地区在 2000 年代初又出现了大幅度增加的趋势, 伊春地区则从 1990 年代到 2000 年代初稳定的维持在一个较低水平上, 而牡丹江、佳木斯和大兴安岭地区则从 1990 年代到 2000 年代初持续保持减少的趋势;

(2) 严重冷害也都表现为 1970、1980 年代发生频率最大, 但从 1980 年代到 1990 年代各地区变化趋势有很大的差异, 其中哈尔滨、伊春、牡丹

江和佳木斯地区都有不同程度的增加, 其它地区持续保持减少趋势, 从 1990 年代到 2000 年代初除大兴安岭地区发生频率稍有增加外, 其它地区都显著减少;

(3) 1971、1972、1992、1993 年发生了全省范围的大面积低温冷害, 除个别地区为一般冷害外, 其它大部分地区均为严重冷害, 1976、1977、1979、1981 年全省范围内发生一般冷害, 个别地区为严重冷害;

(4) 2002 年为近 10 年来较为严重的一次低温冷害, 影响范围涉及全省各个地区, 且绝大多数地区为严重低温冷害。

2.2 黑龙江省低温冷害地域分布规律

利用黑龙江省 74 个站 1971 ~ 2005 年 35 年低温冷害发生情况资料, 计算出各站低温冷害、一般冷害和严重冷害的平均发生频率, 绘制了黑龙江省低温冷害、一般冷害和严重冷害发生地域分布图(图 1、图 2、图 3)。

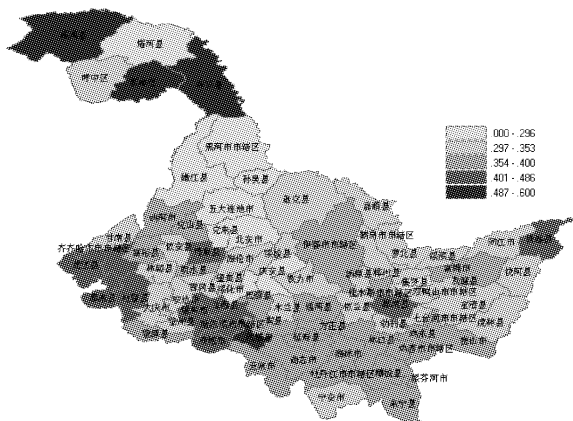


图 1 黑龙江省低温冷害平均发生频率分布图

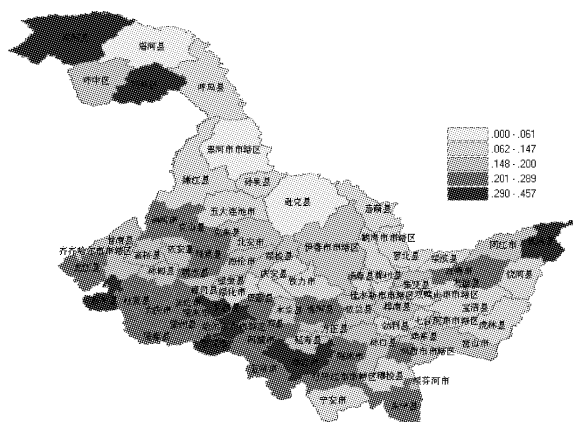


图 2 黑龙江省一般冷害平均发生频率分布图

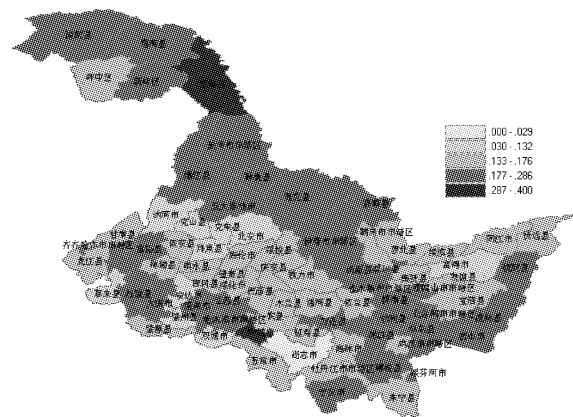


图 3 黑龙江省严重冷害平均发生频率分布图

从图中可以看出黑龙江省低温冷害发生的地域特征主要是:

(1) 范围广, 面积大, 全省各地区均有不同程度的低温冷害的发生, 从东南部的东宁到东北部的抚远, 再到最北部的漠河;

(2) 各地区出现低温冷害多为区域性低温冷害, 少局部低温冷害;

(3) 从全省情况来看, 低温冷害发生频率南部大于北部, 严重冷害的发生频率明显表现为北部大于南部, 而一般冷害的发生频率则是西南部大于全省其它地方;

(4) 黑龙江省北部大兴安岭地区, 齐齐哈尔和大庆西南部地区是黑龙江省低温冷害的一个高发区, 中部的伊春地区经哈尔滨地区到黑龙江省南部的牡丹江地区一线为黑龙江省的另一个低温冷害的多发区;

(5) 从黑龙江省西南部齐齐哈尔地区经中部哈尔滨地区到南部牡丹江地区构成了一个一般冷害多发带;

(6) 从黑龙江省北部大兴安岭地区经中部伊春地区再到南部牡丹江地区形成了一个严重冷害多发带。

2.3 黑龙江省低温冷害发生与厄尔尼诺现象的关系

厄尔尼诺现象是赤道中东部太平洋大面积海温异常增温现象, 是海洋和大气相互作用不稳定状态下出现的结果。很多研究报告已经证明在厄尔尼诺现象发生的年份, 易出现冷夏^[16]。

以哈尔滨市为例将其低温冷害年与厄尔尼诺年做了比较, 比较发现低温冷害与厄尔尼诺现象有较好的相关性: 1937 ~ 2005 年 69 年间共发生了 24 次厄尔尼诺现象, 其中哈尔滨市在厄尔尼诺年当年发生低温冷害共 13 次, 而在厄尔尼诺年前后年共发生低温冷害 9 次(表 4); 1937 ~ 2005 年 69 年间哈尔滨市共发生低温冷害 26 次, 其中除 1960、1974、1979、1989 年 4 个低温冷害年外其它共有 22 个即 84.6% 的低温冷害年与厄尔尼诺现象发生年或前后年相对应; 1990 年代以前的 23 个低温冷害年有 19 个与厄尔尼诺现象发生年或前后年相对应, 即 76% 的厄尔尼诺年或前后年出现低温冷害, 1990 年代以后低温冷害与厄尔尼诺的对应关系发生了变化, 1991 ~ 2005 年间共发生 8 次厄尔尼诺现象其中只有 3 次发生了低温冷害, 有 62.5% 的厄尔尼诺年没有出现低温冷害, 1990 年代后表现为厄尔尼诺现象有增加的趋势而低温冷害却没有随之变化, 即使是 1997 ~ 1998 年出现了最强的厄尔尼诺年也没有出现低温冷害。但从 1990 年代至今发生的 3 次低温冷害均出现在厄尔

诺年或前后年，因此可以得出结论，厄尔尼诺年 及其前后年是低温冷害的多发年。

表 4 哈尔滨市低温冷害年和厄尔尼诺现象的关系

厄尔尼诺年 (前年、后年)	低温冷害程度	厄尔尼诺年 (前年、后年)	低温冷害程度	厄尔尼诺年 (前年、后年)	低温冷害程度
1940	严重	(1966)	严重	(1985)	一般
1941	正常	1968	正常	1986	一般
1944	正常	1969	严重	1987	一般
(1956)	一般	(1971)	严重	1991	正常
1957	一般	1972	严重	1992	一般
1958	正常	1976	一般	(1993)	严重
(1959)	一般	1977	一般	1994	正常
(1962)	一般	(1981)	一般	1997	正常
1963	正常	1982	正常	1998	正常
1964	严重	1983	严重	2002	一般
1965	一般	(1984)	一般	2004	正常

3 黑龙江省低温冷害趋势预测

灰色预测是建立(行为)时轴上现在与未来的定量关系，预测事物的发展^[17]。是根据过去的及现在已知的或不确定信息，建立一个从过去延伸到将来的灰色模型，从而确定系统未来发展变化的趋势。灰色 GM(1, 1)模型在灰色预测模型中最常用。灰色 GM(1, 1)模型是指含有一个变量、一阶导数的灰色微分方程，是基于累加形成的数列模型，为单变量模型，一般用于时间序列数量大

小的预测^[17,18]。灰色 GM(1, 1)模型对灾变预测的模拟精度高，效果好。

本文选择了黑龙江省东部(佳木斯、宝清、同江、双鸭山、虎林)、西部(齐齐哈尔、克山、泰来、肇源、铁力)、南部(东宁、牡丹江、林口、双城、五常)、北部(漠河、呼玛、加格达奇、呼中、嘉荫)、中部(伊春、哈尔滨、延寿、绥化、木兰)共 25 个代表站运用灰色 GM(1, 1)模型对黑龙江省未来 50 年低温冷害的发生情况进行了预测，预测结果列入表 5，各站点低温冷害预测模型及精度见表 6。

表 5 黑龙江省低温冷害发生预测结果

方位	严重冷害预测年份	一般冷害预测年份
东部	2009、2016、2018、2024、2028、2029、2033、2035、2046	2010、2013、2034、2040、2042
西部	2012、2014、2016、2018、2021、2023、2033、2036、2038	2011、2017、2019、2020、2028、2029、2031、2034、2042、2045
南部	2012、2015、2016、2018、2023、2030、2034、2038、2049	2009、2017、2019、2021、2024、2026、2033、2036、2044
北部	2009、2011、2012、2013、2017、2020、2025、2027、2031、2041、2050	2010、2014、2015、2018、2019、2028、2029、2034、2035、2038
中部	2009、2017、2022、2027、2045、2048	2011、2014、2015、2016、2019、2021、2028、2029、2034、2036

由表 5 分析比较可知：

(1) 2009 ~ 2020 年黑龙江省大部分地区会发生低温冷害，2020 ~ 2030 年发生区域和频率有所减少，2030 年后发生频率与地区明显减少；

(2) 黑龙江省未来低温冷害的发生多为大范围区域性低温冷害，少局部低温冷害；

(3) 2009 年及 2016 ~ 2019 年 5 年黑龙江省将发生全省范围内的低温冷害，而且大部分地区为严重冷害，个别地区为一般冷害；

(4) 佳木斯、宝清、同江、虎林、齐齐哈尔、泰来、肇源、铁力、东宁、林口、双城、漠河、加格达奇、嘉荫、伊春在短期内易发生低温冷害。

表 6

黑龙江省低温冷害预测模型及精度

站点	冷害等级	模型	精度
佳木斯	严重冷害	$X(t+1) = 2.566\ 549\ 3 \times 10^{1.262\ 558t} - 24.665\ 493$	$C = 0.319\ 3\ p = 1.000\ 0$
	一般冷害	$X(t+1) = 8.812\ 500 \times 10^{0.445\ 521t} - 4.812\ 500$	$C = 0.134\ 5\ p = 1.000\ 0$
齐齐哈尔	严重冷害	$X(t+1) = 3.565\ 106\ 4 \times 10^{1.182\ 344t} - 34.651\ 064$	$C = 0.313\ 9\ p = 0.875\ 0$
	一般冷害	$X(t+1) = 1.172\ 727\ 3 \times 10^{1.472\ 046t} - 5.727\ 273$	$C = 0.130\ 8\ p = 1.000\ 0$
牡丹江	严重冷害	$X(t+1) = 1.931\ 451\ 6 \times 10^{1.346\ 724t} - 18.314\ 516$	$C = 0.114\ 7\ p = 1.000\ 0$
	一般冷害	$X(t+1) = 1.902\ 777\ 8 \times 10^{1.250\ 220t} - 17.027\ 778$	$C = 0.206\ 2\ p = 1.000\ 0$
加格达奇	严重冷害	$X(t+1) = 3.127\ 070\ 1 \times 10^{1.183\ 490t} - 29.270\ 701$	$C = 0.168\ 4\ p = 1.000\ 0$
	一般冷害	$X(t+1) = 3.758\ 053\ 7 \times 10^{1.197\ 320t} - 36.580\ 537$	$C = 0.218\ 7\ p = 1.000\ 0$
哈尔滨	严重冷害	$X(t+1) = 4.357\ 143 \times 10^{0.774\ 381t} - 3.357\ 143$	$C = 0.231\ 0\ p = 1.000\ 0$
	一般冷害	$X(t+1) = 4.757\ 600\ 0 \times 10^{1.147\ 266t} - 43.576\ 000$	$C = 0.252\ 9\ p = 1.000\ 0$

4 结论与讨论

本文在 GIS 技术和灰色系统预测理论等方法和技术的支持下,研究了黑龙江省低温冷害的时空分布规律,预测了黑龙江省低温冷害的发展趋势,通过分析可以得到以下结论:

(1) 黑龙江省低温冷害发生频率以 1970 年代为最大,1980 年代略有减少,1990 年代和 2000 年代初明显减少;在空间分布上,黑龙江省低温冷害的平均发生频率南部高于北部,严重冷害的平均发生频率表现为北部高于南部,一般冷害则表现为西南部高于全省其它地方。从时空两方面揭示了黑龙江省低温冷害的发生规律,研究结果与有关学者^[1,13]对我国重庆和东北地区低温冷害的时空分布规律研究结果有较好的一致性,说明低温冷害的发生有很显著的规律性。

(2) 预测结果表明,2009~2020 年黑龙江省大部分地区会发生低温冷害,2020~2030 年发生区域和频率有所减少,2030 年后发生频率与地区明显减少。

(3) 黑龙江省低温冷害的发生与厄尔尼诺现象有较好的相关性,主要表现为厄尔尼诺现象出现的当年或前后年易发生低温冷害,这与张继权对吉林长春和日本札幌两地的研究所得出的结论相一致。

提出了对黑龙江省未来 50 年低温冷害发生情况的预测,以期通过预报和采取适当对策最大程度减少低温冷害对粮食作物生长的影响,由于这一预测是基于统计方法实现的,因此其可信程度和适用性还有待于进一步接受检验。文中只是通过对比分析对厄尔尼诺现象与低温冷害发生的关系做了研究,缺少对其影响机理的研究,因此,有必要在今后的研究中更进一步的探讨厄尔尼诺年及其前后年易出现低温冷害的原因及其关系。

参考文献:

- [1] 向波,高阳华.重庆市低温冷害的分类与指标及其时空分布规律研究[J].贵州气象,2003,27(2):12-16.
- [2] 张养才,何维勋,李世奎.中国农业气象灾害[M].北京:气象出版社,1991.
- [3] 北京农业大学农业气象专业.农业气象学[M].北京:科学出版社,1984.
- [4] 袭祝香,马树庆,王琪.东北区低温冷害风险评估及区划[J].自然灾害学报,2003,12(2):98-102.
- [5] 汪秀清,马树庆,袭祝香,等.东北区夏季低温冷害的长期预报方法研究[J].灾害学,2005,20(1):32-39.
- [6] 矫江,许显滨,孟英.黑龙江省水稻低温冷害及对策研究[J].中国农业气象,2004,25(2):26-28.
- [7] 马树庆,袭祝香,王琪.中国东北地区玉米低温冷害风险评估研究[J].自然灾害学报,2003,12(3):137-141.
- [8] 刘布春,王石立,庄立伟,等.基于东北玉米区域动力模型的低温冷害预报应用研究[J].应用气象学报,2003,14(5):616-625.
- [9] 李祎君,王春乙.基于多种预测模型的玉米低温冷害预测集成模型[J].灾害学,2006,21(4):1-7.
- [10] 丁士晟.东北地区低温冷害的气候分析[C]//东北夏季低温长期预报文集,北京:气象出版社,1981:10-16.
- [11] 刘育生,智景和,周珍华.东北夏季气温的周期变化规律及低温的群发性[C]//东北夏季低温长期预报文集.北京:气象出版社,1981.
- [12] 原北厚,刘桂芳,张璧月.辽宁省夏季冷暖与同期旬气温相关分析[C]//东北夏季低温长期预报文集.北京:气象出版社,1981.
- [13] 姚佩珍.近四十年东北地区低温冷害分析[J].灾害学,1995,10(1):51-56.
- [14] 刘传凤,高波.东北夏季低温冷害气候特征分析[J].吉林气象,1999,(1):1-5.
- [15] 姜丽霞.黑龙江省气候资源与灾害评价分析系统[J].南京气象学院报,2004,27(1):122-127.
- [16] 张继权,李宁.主要气象灾害风险评估与管理的数量化方法及其应用[M].北京:北京师范大学出版社,2007.
- [17] 杨萍.浅谈灰色预测方法及应用[J].内江科技,2006,21(3):116-124.
- [18] 邓聚龙.灰色理论基础[M].武汉:华中科技大学出版社,2002.

Study on Occurrence and Forecast of Low Temperature and Cold Damage in Heilongjiang Province

Li Wenliang, Zhang Dongyou and Zhang Lijuan

(College of Geographic Science, Harbin Normal University, Harbin 150025, China)

Abstract: According to 35 years' (1971 ~ 2005) summer average temperature data from 74 meteorological stations in Heilongjiang province, the regularity of low temperature and cold damage in Heilongjiang province is analyzed and low temperature and cold damage in the future are forecasted by using grey model. The results show that low temperature and cold damage in Heilongjiang were the most serious in the 1970s and decreased after the 1980s. The spatial distribution indicates that frequency of low temperature and cold damage in the south of Heilongjiang province is higher than that in the north and the frequency of serious low temperature and cold damage in the north is higher than that in the south. The frequency of general low temperature and cold damage in the southwest is higher than that in other areas of the province. The occurrence of low temperature and cold damage is correlated with El Nino. Low temperature and cold damage mainly occur in the El Nino year and the year before or after the El Nino year. Low temperature and cold damage will occur in most areas during 2009 ~ 2020. The occurrence areas and frequency will decrease during 2020 ~ 2030 and obviously decrease after 2030.

Key words: low temperature and cold damage; regularity; grey model; forecast; Heilongjiang

+++++
(上接第 29 页)

Study on Geological Hazard Meteorological Forecasting and Alarming in Anhui Province

Wu Yuedong^{1,2}, Xiang Fan² and Ma Ling²

(1. Sedimentary Geology Institute of Chengdu University of Science and Technology, Chengdu 610059, China; 2. Geological Survey of Anhui Province, Hefei 230001, China)

Abstract: Based on the characteristics of geological hazards and its relation with meteorological condition in Anhui province, the relation of precipitation and geological environment with geological hazards is studied in the light of meteorological factors and potential geological hazards. A tentative study is made on geological hazard meteorological forecasting and alarming in Anhui province. The geological hazard meteorological forecasting and alarming model and system of Anhui province are established and GIS-based geological hazard meteorological forecasting method is presented which lay a basis for improving geological hazard meteorological forecasting. The forecasting cases of geological hazards in the period from 2004 to 2007 verified the good efficiency of the system.

Key words: geological disaster; weather; warning forecasting; Anhui province