

吉林电网的暴雨灾害风险等级区划与评估研究^{*}

谢今范¹, 石大明¹, 胡轶鑫¹, 李钦伟²

(1. 吉林省气候中心, 吉林 长春 130062; 2. 吉林省电力勘测设计院, 吉林 长春 130062)

摘 要: 开展暴雨灾害对电网安全的风险等级区划与评估, 可以指导电网的规划设计、建设、运行, 最大限度保证电网安全。从风险评估四要素出发, 充分考虑各要素的空间差异和权重差异, 构建了等级划分标准, 开展了风险区划和分区评价。结果表明: 暴雨洪涝对吉林电网危害最高的地区是长春部分地区、吉林市辖区和通化的集安地区; 其次是长春大部、四平大部、吉林部分地区和延边州的珲春部分地区; 风险最低的地区主要在白城部分地区、白山部分地区及延边大部。从风险区划各指标的分析来看, 通化地区南部的高风险性是由致灾因子的高危险性起主要作用, 而吉林省中部地区的高、中风险性是由其孕灾环境的高敏感性及承灾体的高易损性引起的。

关键词: 电网安全; 暴雨; 风险等级; 评估

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2013)03-0048-06

吉林省位于我国东北地区, 辖 19 市、51 县, 面积 18.74 万 km²。吉林省为温带季风气候, 四季分明, 降水较丰沛, 气象灾害频繁, 对电网危害较大的灾害主要为暴雨洪涝、大风、冰冻等, 严重时会造成断电、区域电网瘫痪以及修复工作难以开展等事故。其中暴雨是影响吉林电网安全的主要气象灾害, 其对电网安全的影响主要是电站进水引起跳闸, 冲毁电线路基甚至电站, 造成电杆倒伏等, 致使局部电网供电中断。如 1986 年 7 月 25 日洮南因暴雨损失输电线路 241 km, 变压器 258 台, 电杆 10 551 根; 1995 年 8 月 7 日白山出现暴雨, 供电线路中断 57 条, 输电线路倒杆 622 根 196 km, 小水电站 30 座, 受损 2.9 万 kW。社会经济的快速发展和人们生活水平的提高, 用电量大幅增加, 电网经常超负荷运行, 其对灾害的承载力也有显著下降。

关于气象灾害对电网的影响, 韩昌^[1]分析了影响电网的主要气象灾害是台风、暴雨、暴雨、雷暴、龙卷风、高温、大雾等, 提出了相应的应对策略和建议; 常海^[2]分析了内蒙古地区大风、沙尘、雷暴、暴雨、雪灾等气象灾害对电网的影响, 并提出了一些防御措施和合理性意见; 林建勤^[3]重点分析了台风、暴雨灾害对我国东南沿海地区电网的危害和可能引发的电网及设备事故, 提出应该高度重视电网的防灾工作。为了做好气

象灾害防御工作, 近年来人们开始关注气象灾害风险评估方面的研究。黄崇福、王博等^[4-5]对灾害区划分析方法进行了总结; 张丽娟^[6]等提出了基于信息扩散理论直接估计低温冷害、干旱和洪涝的风险评估方法; 张继权等^[7]提出了灾害风险指数法; 史培军等^[8-11]从灾害系统角度提出, 洪涝灾害风险是洪灾致灾因子危险度、承灾体脆弱性、孕灾环境稳定性三者的交集; 蒋新宇等^[12-14]在 GIS 空间分析基础上, 通过对暴雨洪涝灾害的危险性、承灾体的暴露性、脆弱性以及区域防灾减灾能力分析进行灾害风险评估。

本研究将根据风险评估方法, 对吉林省暴雨洪涝对电网安全的影响进行单项及综合风险评估, 以指导电网的规划设计和建设运行, 最大限度保证电网安全。

1 资料与方法

1.1 资料:

(1) 灾情资料: 根据《中国气象灾害大典: 吉林卷》^[15]收集到全省 1976-2002 年间 100 次电网气象灾害, 其中暴雨 59 条, 大风 18 条, 冰冻 23 条, 雷击 1 条。多灾并重时, 选取影响最大的灾害。并统计了以县(区)为单元的电力灾情频次。

(2) 暴雨资料: 根据吉林省 50 个气象站 1961

^{*} 收稿日期: 2012-11-26 修回日期: 2013-01-04

基金项目: 中国气象局气象新技术推广项目(CMATG2008M36)

作者简介: 谢今范(1959-), 男, 山东掖县人, 高级工程师, 主要从事应用气候研究. E-mail: xiejinfan0704@126.com

-2008 年逐日降水量统计。

(3)社会经济资料: 2008 年出版的《吉林统计年鉴》^[16]中以县(区)为单元的行政区土地面积、地区发电量、地区耗电量、国民生产总值(GDP)等数据。

(4)基础地理信息: 吉林省 1: 5 万 GIS 数据中的 DEM 和水系数据。

(5)电网分布情况(图 1)。

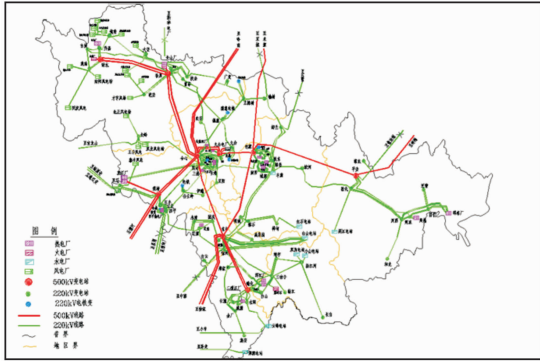


图 1 2011 年吉林省 220 kV 及以上电网分布图

1.2 方法

(1)风险评估方法: 从风险评估四要素出发, 充分考虑致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性和防灾减灾能力(即暴雨频率、相对高差和水网密度、电网密度、国民生产总值)的空间差异和权重差异(图 2), 进行了暴雨对电网安全影响的等级划分、区划和分区评价。

(2)致灾因子程度算法: 先统计吉林省各站每年 1、2、3、……7 d(含 7 d 以上)的暴雨过程降水量(至少有一天降水量 ≥ 50 mm), 分别建立降水过程序列, 计算不同序列的第 60、80、90、95、98 百分位数的降水量值, 即划分为 1~5 个等级(表 1)。根据暴雨强度等级越高, 对洪涝形成所起的作用越大的原则, 确定降水致灾因子权重, 将暴雨强度 5、4、3、2、1 级分别取作权重, 并进行

5 级划分。

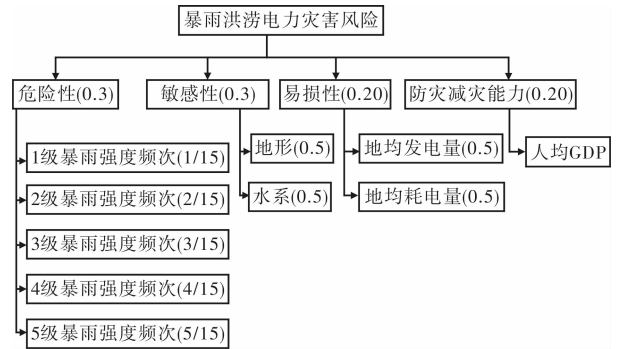


图 2 吉林省暴雨洪涝电力灾害风险区划权重

(3)孕灾环境算法

高程: 从吉林省 1: 5 万 GIS 数据中提取高程数据, 划分 100 m \times 100 m 的网格, 采用周围 8 个格点高程标准差表示地形起伏变化, 作为地形影响指数。高程越低、标准差越小, 表示越有利于形成涝灾, 影响值就越大(表 2)。

水系: 主要包括河网密度和距离水体的远近。在 1: 5 万 GIS 中采用 100 m \times 100 m 的网格计算河网密度。距离水体远近的影响则用 GIS 中的计算缓冲区功能实现, 其中河流应按照一级河流和二级河流、湖泊水库按照水域面积来分别考虑, 分为一级缓冲区和二级缓冲区, 给予 0~1 之间适当的影响因子值, 原则是一级河流和大型水体的一级缓冲区内赋值最大, 二级河流和小型水体的二级缓冲区赋值最小, 表 3 和表 4 给出了参考值。河网密度和缓冲区影响经规范化处理后, 各取权重 0.5, 采用加权综合评价法求得水系影响指数。

考虑到孕灾环境中地形与水系对暴雨洪涝的影响程度相近, 赋权重值相同, 由此可以得到吉林省暴雨洪涝灾害孕灾环境敏感性指数, 采用自然断点法, 将吉林省暴雨洪涝灾害敏感性划分为 5 个等级。

表 1

不同等级暴雨强度雨量范围

mm

天数	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	样本长 /d
1	$65.0 \leq R < 77.4$	$77.4 \leq R < 92.7$	$92.7 \leq R < 116.3$	$116.3 \leq R < 129.3$	$R \geq 129.3$	84
2	$76.5 \leq R < 94.0$	$94.0 \leq R < 112.9$	$112.9 \leq R < 126.5$	$126.5 \leq R < 137.4$	$R \geq 137.4$	186
3	$89.2 \leq R < 107.8$	$107.8 \leq R < 129.2$	$129.2 \leq R < 160.1$	$160.1 \leq R < 191.2$	$R \geq 191.2$	154
4	$102.3 \leq R < 125.1$	$125.1 \leq R < 155.8$	$155.8 \leq R < 176.0$	$176.0 \leq R < 213.9$	$R \geq 213.9$	122
5	$113.3 \leq R < 135.2$	$135.2 \leq R < 157.2$	$157.2 \leq R < 175.3$	$175.3 \leq R < 221.1$	$R \geq 221.1$	78
6	$122.0 \leq R < 156.7$	$156.7 \leq R < 185.1$	$185.1 \leq R < 209.4$	$209.4 \leq R < 255.2$	$R \geq 255.2$	48
≥ 7	$119.9 \leq R < 161.8$	$161.8 \leq R < 174.7$	$174.7 \leq R < 215.8$	$215.8 \leq R < 277.6$	$R \geq 277.6$	187

表 2 地形高程及高程标准差的组合赋值

地形高程/m	地形标准差/m		
	一级(≤1)	二级(1~10)	三级(≥10)
一级(≤100)	0.9	0.8	0.7
二级(100~300)	0.8	0.7	0.6
三级(300~700)	0.7	0.6	0.5
四级(≥700)	0.6	0.5	0.4

表 3 湖泊和水库缓冲区等级和宽度的划分标准

水域面积/ 万 km ²	缓冲区宽度/km	
	一级缓冲区	二级缓冲区
0.1~1	0.5	1
1~10	2	4
10~20	3	6
>20	4	8

表 4 河流缓冲区等级和宽度的划分标准

缓冲区宽度/km			
一级河流		二级河流	
一级缓冲区	二级缓冲区	一级缓冲区	二级缓冲区
8	12	6	10

(4)承灾体易损性：从发电量和耗电量两方面分析，考虑二者重要程度基本相同，因此在计算综合承灾体的易损性时考虑两个评价指标的权重相同。利用 GIS 中自然断点分级法将综合承灾体易损性指数按 5 个等级分区划分，并基于 GIS 绘制综合承灾体易损性指数区划图。

(5)防灾抗灾能力：防灾抗灾能力是受灾区对气象灾害的抵御和恢复程度，是为应对暴雨洪涝灾害所造成的损害而进行的工程和非工程措施，主要考虑人均 GDP。对吉林省人均 GDP 规范化后，利用自然断点分级法，并基于 GIS 绘制吉林省暴雨洪涝灾害防灾抗灾能力区划图。

(6)暴雨洪涝电力灾害风险区划：在以上因子定量分析评价基础上，暴雨洪涝灾害风险指数计算公式如下：

$$bynl = (by^{we})(yz^{wh})(czt^{ws})(10 - fzn)^{wr}。$$
(1)

式中：byhl 为暴雨洪涝灾害风险指数，用于表示风险程度，其值越大，则灾害风险程度越大，by、yz、czt、fzn 的值分别表示风险评价模型中的致灾因子的危险性、孕灾环境的敏感性、承灾体的易损性和防灾减灾能力各评价因子指数；we、wh、ws、wr 是各评价因子的权重，系通过专家评分确定。

最后利用 GIS 中自然断点分级法将暴雨洪涝电

力灾害风险指数按 5 个等级分区划分(高、次高、中等、次低和低风险区)，并基于 GIS 绘制区划图。

2 结果分析

2.1 暴雨洪涝致灾因子危险性分析

先计算各台站在不同暴雨等级中的暴雨过程频次，得到吉林省 1~5 级(图略)及综合的暴雨强度频次分布图(图 2)。可见：各级暴雨频次最大的地区在通化地区南部；通化地区北部、长春地区南部、辽源、吉林地区南部、延边的珲春地区频次较大；延边大部分地区频次最小。综合的暴雨洪涝致灾因子危险性较强的地区分布在长春部分地区、通化地区和延边的珲春；其他大部暴雨洪涝致灾因子危险性弱，其中延边地区大部最弱。

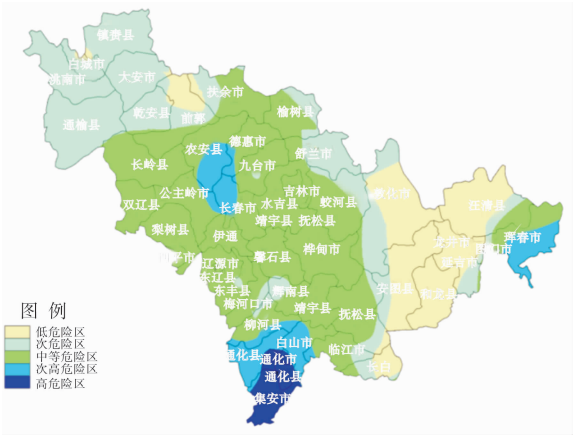


图 2 吉林省暴雨洪涝灾害致灾因子危险性区划图

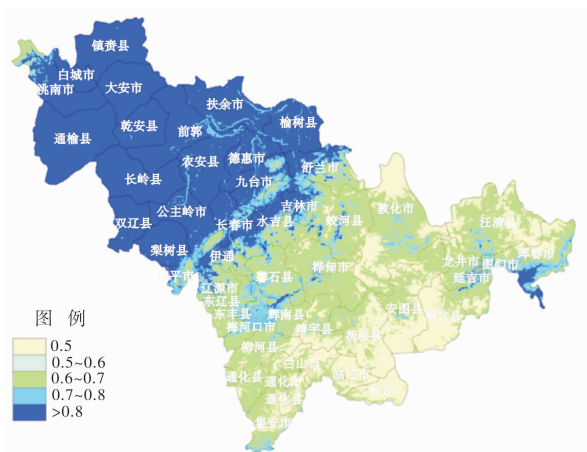
2.2 暴雨洪涝孕灾环境敏感性分析

图 3 所示为吉林省地形影响指数、水系影响指数，图 4 为综合影响指数分布图。可见：地形影响指数以中西部地区较大，在 0.8 以上，洪水危险程度较高；东南部山区的通化部分地区、白山地区、延边大部分地区综合地形影响度相对较小，一般在 0.6 以下，洪水发生时危险程度也相对较低。水系影响指数以松花江、鸭绿江等主要流域地区为大，而在西部的白城、松原一带，河网密度相对较小，遭遇到洪水的可能性相对也较小。综合二者，对暴雨洪涝灾害最敏感的地区分布在吉林的中西部地区即白城、松原、长春、吉林等地区的松花江流域附近，而吉林省东南部山区敏感性普遍较低。

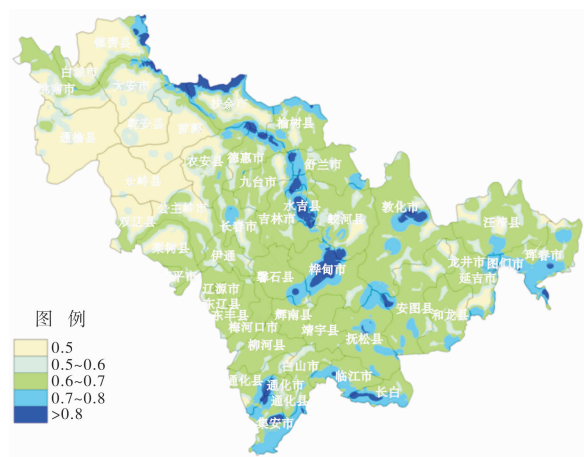
2.3 承灾体易损性分析

图 5 为 2007 年吉林省发电量、耗电量分布图，

可见吉林省发电量较多的地区分布在中部和东部半山区,年发电量在 14 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 以上;白城地区发电量最小,在 4.4 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 以下,其他地方发电量在 4.4~14 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 之间。吉林省耗电量比较集中,主要分布在经济发达的大城市群附近,即长春市辖区、四平市辖区和吉林市辖区;其它大部耗电量较小。



(a) 地形



(b) 水系

图3 吉林省暴雨洪涝灾害地形和水系影响指数分布图

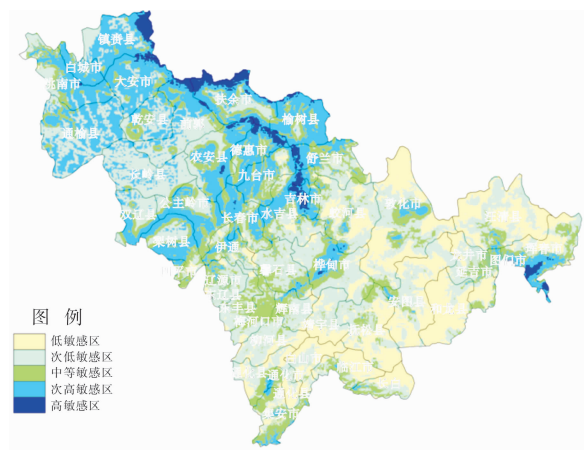
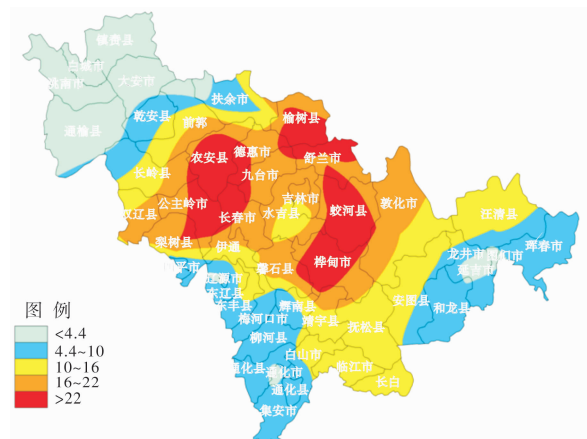
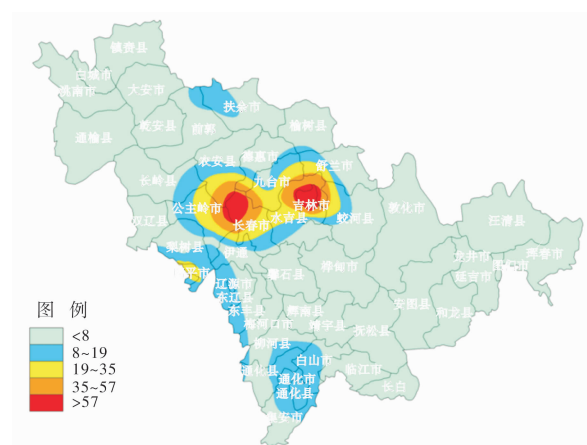


图4 吉林省暴雨洪涝灾害孕灾环境敏感性区划图



(a) 发电量



(b) 耗电量

图5 2007年吉林省发电量和耗电量分布图(亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$)

吉林省承灾体综合易损性区划图(图6),可见长春大部分地区、四平部分地区和吉林大部分地区发电量和耗电量均较大,承载体易损性也最高;通化、白山和延边大部分地区较低,白城地区由于发电量和耗电量均很小,易损性也最低。

2.4 防灾抗灾能力

由吉林省人均 GDP 分布图(图7)、防灾抗灾分布图(图8)可见,松原市辖区、长春市辖区、四平市辖区、吉林市辖区和通化市辖区人均 GDP 较高,其防灾抗灾能力较强;其它地区人均 GDP 较低,抗灾能力相对较低。

2.5 暴雨洪涝电力灾害风险评估及区划

由图9可见,吉林省暴雨洪涝电力灾害风险最高的地区分布在吉林省的长春部分地区、吉林市辖区和通化的集安地区;其次是长春大部分地区、四平大部分地区、吉林部分地区和延边州的珲春部分地区;风险最低的地区主要在白城部分地区、白山部分地区及延边大部分地区。2010 年吉林省电网计划新建 500 kV 线路 640 km、220 kV 线路

980 km, 其设计标准应用了本研究成果, 结果比原设计方案节约了 1 094 万元。

3 结论及对策建议

分析表明, 高风险区和中风险区主要分布在长春市、四平市、吉林市、通化市南部和延边州

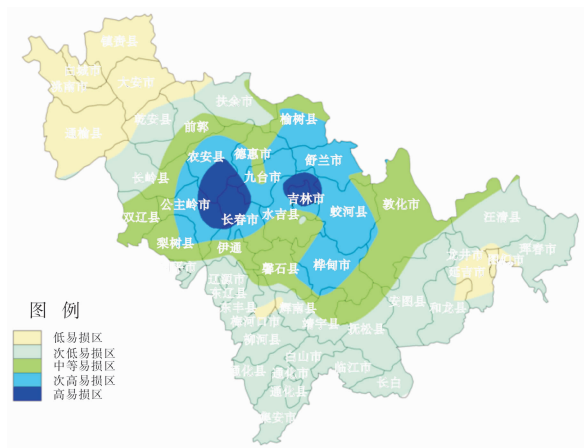


图6 吉林省承灾体综合易损性区划图

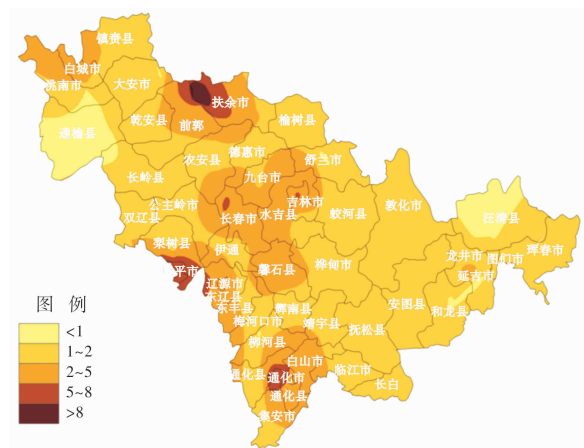


图7 吉林省人均 GDP 分布图(万元)

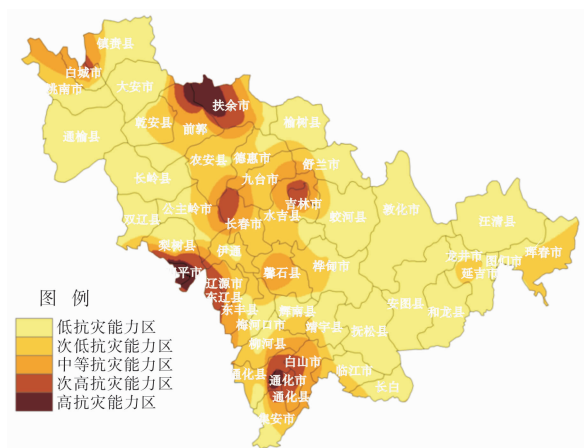


图8 吉林省抗灾能力区划图

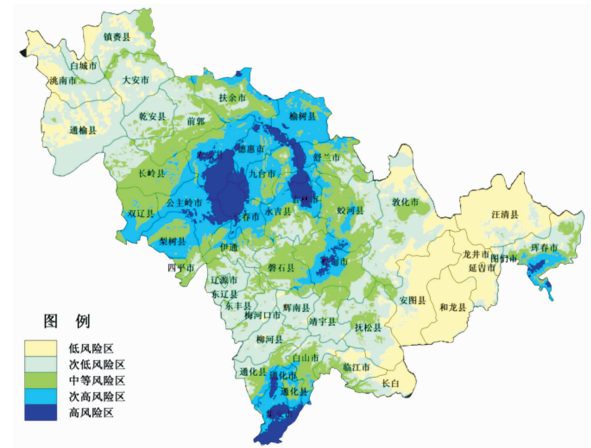


图9 吉林省暴雨洪涝电力灾害风险区划图

东部近海区, 从风险区划各指标的分析来看, 通化地区南部的高风险性是由致灾因子的高危险性起主要作用, 而吉林省中部地区的高、中风险性是由其孕灾环境的高敏感性及承灾体的高易损性引起的, 需重点防范, 并提出以下对策建议:

(1) 加强暴雨的监测和预警工作, 适当加密降水监测站点;

(2) 建立科学的暴雨应急机制, 减少暴雨洪涝对电网造成的灾害和损失;

(3) 在线路设计阶段, 适当选用高强度的导、地线等设备, 增强抵御暴雨洪涝灾害的能力, 这样既保证在最恶劣气象条件下不发生电网事故和大面积停电, 也不会因普遍加强设计导致建设和改造成本过高, 在技术经济上较为合理。

(4) 每年定期进行线路防灾检查, 发现问题, 及时维修解决。

(5) 及时收听收看天气预报信息, 根据预报情况及时采取防范措施。

(6) 加强建设高、中危险区电力设施的防洪排水工作, 加强雷电防护工作。

参考文献:

- [1] 韩昌. 上海常见气象灾害及电力系统安全应对策略[J]. 上海电力, 2008(5): 440-442.
- [2] 常海. 气象灾害对电网的危害及防御措施[J]. 科技与企业, 2012(14): 164.
- [3] 林建勤. 建立科学高效的电网防台风暴雨应急机制[J]. 供用电, 2007, 24(4): 9-14.
- [4] 黄崇福, 张俊香, 陈志芬, 等. 自然灾害风险区划图的一个潜在发展方向[J]. 自然灾害学报, 2004, 13(2): 9-15.
- [5] 王博, 崔春光, 彭涛, 等. 暴雨灾害风险评估与区划的研究现状与进展[J]. 暴雨灾害, 2007, 26(3): 281-286.
- [6] 张丽娟, 李文亮, 张冬有. 基于信息扩散理论的气象灾害风

- 险评估方法[J]. 地理科学, 2009, 29(2): 250-254.
- [7] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评价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.
- [8] 史培军. 灾害研究的理论与实践[J]. 南京大学学报: 自然科学版, 1991 (S1): 37-41.
- [9] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6-17.
- [10] 林纾, 徐启运. 近 13 a 影响甘肃省夏季旱涝因子的几点思考[J]. 干旱气象, 2005, 23(1): 84-89.
- [11] 吴红, 邵亮, 陆登荣. 兰州市区地质灾害与暴雨强度[J]. 干旱气象, 2005, 23(1): 63-67.
- [12] 蒋新宇, 范久波, 张继权, 等. 基于 GIS 的松花江干流暴雨洪涝灾害风险评估[J]. 灾害学, 2009, 24(3): 51-56.
- [13] 田玉刚, 覃东华, 杜渊会. 洞庭湖地区洪水灾害风险评估[J]. 灾害学, 2011, 26(1): 56-60.
- [14] 莫建飞, 陆甲, 李艳兰, 匡昭敏, 等. 基于 GIS 的广西农业暴雨洪涝灾害风险评估[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 38-43.
- [15] 秦元明. 中国气象灾害大典: 吉林卷[M]. 北京: 气象出版社, 2008.
- [16] 吉林省统计局. 2008 吉林统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2008.

Risk Zoning and Assessment on Torrential Rain Disasters of Jilin Power Grid

Xie Jinfan¹, Shi Daming¹, Hu Yixin¹, Li Qinwei²

(1. Climate Center of Jilin Province, Changchun 130062, China;

2. Power Survey and Design Institute of Jilin Province, Changchun 130062, China)

Abstract: Risk zoning and assessment on torrential rain disasters of power grid is instructional in grid planning, construction, and operation of a power grid and ensure power grid security in maximum. Based on the four elements of risk assessment and round consideration on the space and weight differences of each element, classification standards are constructed and risk zoning and zoning assessment are developed. It is shown that: torrential rain disaster risk of Jilin power grid is the highest in parts of Changchun city, Jilin city and Ji'an town in Tonghua city; the risk in most of Changchun city and Siping city, parts of Jilin city, parts of Hunchun town in Yanbian is higher; the risk in parts of Baicheng city and Baishan city and most of Yanbian is the lowest. From analysis on risk zoning index, the highest risk of south Tonghua city is caused by higher harmfulness of disaster inducing factors, highest or higher risk of middle Jilin province is caused by higher sensitivity of disaster inducing environment and higher vulnerability of disaster bearing body.

Key words: power grid security; torrential rain; risk grade; evaluation

(上接第 19 页)

Hazard Analysis on Vapor Cloud Explosion Based on Nature Gas Pipeline Leakage

Wang Xiaowan, Ma Ji, Luo Zhengshan

(Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Based on history data and experiments, a relevant mathematic model is established. Meanwhile, a calculation method, providing the decision support for natural gas pipeline risk assessment, risk management, pipeline maintenance, as well as the hazard consequence assessment after the vapor cloud explosion and toxic gas hazards occurred, is built up for quantitatively analyzing and researching the vapor cloud explosion and toxic gas hazards.

Key words: natural gas; long-distance pipelines; vapor cloud explosion; toxic gas hazard, consequences