

文章编号: 1006-6616(2004)04-0289-10

中国大陆森林线空间分布特征及其 与多年冻土线、气候雪线的关系

蒋复初^{1,2}, 吴锡浩^{1,2}, 王书兵^{1,2}, 傅建利¹, 王燕¹, 赵志中¹

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075)

摘要: 在自然植被垂直带谱上一般以暗针叶林带的上限代表森林线, 它的海拔高度取决于温度及其年较差。本文主要根据我国一些地区现代暗针叶林带上限的海拔高程和 102 个气象站的气象资料, 计算出我国的森林线的理论海拔高度, 并编绘出我国的森林线高程等值线图以及多年冻土线与森林线高差等值线图和现代气候雪线与森林线高差等值线图。在此基础上研究了我国森林线的空间分布特征及其与多年冻土线、气候雪线的关系。

关键词: 森林线; 暗针叶林带; 分布特征; 多年冻土线; 气候雪线

中图分类号: X141, P534.63

文献标识码: A

自然带标志线森林线、多年冻土线和雪线这三条自然带标志线的空间分布与气候参数存在相关关系, 主要受气候因素的影响。在自然植被垂直带谱上森林的最高分布界线为森林线。森林线的存在条件主要是温度及其年分配。森林线空间分布特征及其与多年冻土线、气候雪线的空间结构关系, 综合体现了在现今中国大陆地势、地形、地貌背景上气候对自然生态环境的影响。本文主要依据现代森林线的高程及气候台站气温数据, 研究森林线的空间分布特征及其与多年冻土线、气候雪线的关系, 为定量理解过去全球或区域气候变化对不同地区乃至不同地点生态环境的影响提供依据。

1 基本数据与图件

在自然植被垂直带谱上, 一般以暗针叶林带的上限代表森林线。暗针叶林带的空间分布取决于温度及其年较差, 首先根据我国一些地区暗针叶林带上限的海拔高程^[1-8], 以高山气象站实测数据或按自由大气温度直减率, 计算出各自位置上的温度(表1)。

收稿日期: 2004-03-01

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(编号: G1999043401)和国土资源部基础研究项目(编号: 991005)成果。

作者简介: 蒋复初(1949-), 男, 研究员, 博士生导师, 从事第四纪地质与环境研究。通讯地址: 100081, 北京市海淀区民族大学南路11号, 中国地质科学院地质力学研究所; 电话: 010-68422376; E-mail: jiangfuchu@sina.com。

表1 我国一些山地暗针叶林带上限高程与温度

Table 1 Altitudes and temperatures of the upper limits of dark coniferous forest zones in some mountainous regions of China

| 序号 | 地 点 | 纬度 (N) | 经度 (E) | 山顶高程 (m) | 现代森林线上限高程 (m) 和平均温度 (°C) | | | | |
|----|------------|-----------|-----------|-------------|--------------------------|-------|------|------|------|
| | | | | | 高程 | 1月 | 7月 | 年均温 | 年较差 |
| 1 | 白卡鲁山 | 52°22' | 123°20' | 1397 | 1100 | -23.5 | 16.3 | -4.3 | 40.2 |
| 2 | 奥科里维山 | 51°50' | 122°02' | 1520 | 1200 | -23.0 | 16.1 | -4.2 | 39.4 |
| 3 | 英吉列山 | 51°06' | 122°06' | 1451 | 1300 | -22.2 | 15.8 | -3.8 | 38.2 |
| 4 | 青年岭 | 51°04' | 121°20' | 1350 | 1320 | -22.1 | 16.0 | -3.9 | 38.3 |
| 5 | 小尼里古鲁山 | 50°05' | 121°55' | 1396 | 1380 | -21.3 | 15.6 | -3.3 | 36.9 |
| 6 | 阿尔泰山 | 48°05' | 88°10' | 3351 | 2300 | -13.8 | 12.2 | -0.9 | 26.0 |
| 7 | 小兴安岭平顶山 | 46°38' | 128°28' | 1429 | 1100 | -19.2 | 16.7 | -0.8 | 35.9 |
| 8 | 张广才岭老秃顶 | 44°23' | 128°15' | 1687 | 1500 | -18.9 | 15.0 | -1.5 | 33.9 |
| 9 | 天山博格达山 | 43°48' | 88°20' | 5445 | 2700 | -11.1 | 10.8 | -0.4 | 21.9 |
| 10 | 伊宁乌孙山 | 43°23' | 81°21' | 3633 | 2500 | -9.0 | 11.8 | 1.4 | 20.8 |
| 11 | 天山大西沟 | 43°22' | 87°15' | 3465 | 2800 | -11.2 | 10.5 | -0.4 | 21.7 |
| 12 | 哈尔里克山 | 43°04' | 94°20' | 4886 | 2500 | -12.3 | 13.6 | 0.8 | 25.9 |
| 13 | 长白山白云峰 | 42°02' | 128°02' | 2691 | 1800 | -19.1 | 14.1 | -1.6 | 33.2 |
| 14 | 小五台山 | 39°56' | 115°03' | 2870 | 2400 | -14.2 | 13.3 | -0.5 | 27.5 |
| 15 | 五台山 | 39°05' | 113°34' | 3058 | 2700 | -14.1 | 12.1 | -0.8 | 26.2 |
| 16 | 贺兰山 | 38°50' | 105°57' | 3554 | 3000 | -12.9 | 12.0 | -0.2 | 24.9 |
| 17 | 祁连山中段北坡 | 38°46' | 99°50' | 3238 | 3300 | -12.0 | 11.0 | -0.5 | 23.0 |
| 18 | 关帝山(吕梁山) | 37°54' | 113°30' | 2831 | 2600 | -11.8 | 13.4 | 1.0 | 25.2 |
| 19 | 西昆仑山 | 37°36' | 76°27' | 3737 | 3600 | -10.0 | 10.3 | 0.2 | 20.3 |
| 20 | 祁连山东北段 | 36°50' | 102°40' | 4143 | 3200 | -10.6 | 11.5 | 0.9 | 22.1 |
| 21 | 甘肃马衔山 | 35°42' | 104°02' | 3616 | 3100 | -9.6 | 12.3 | 1.6 | 21.9 |
| 22 | 青海阿尼玛卿山 | 34°54' | 100°28' | 4446 | 3800 | -10.7 | 9.7 | -0.2 | 20.4 |
| 23 | 西秦岭(舟曲) | 34°07' | 104°50' | 3312 | 3000 | -8.3 | 12.5 | 2.4 | 20.8 |
| 24 | 秦岭太白山北坡 | 33°57' | 107°46' | 3767 | 3400 | -9.9 | 10.1 | 0.2 | 20.0 |
| 25 | 秦岭太白山南坡 | 33°57' | 107°46' | 3767 | 3400 | -9.7 | 10.2 | 0.3 | 19.9 |
| 26 | 四川雀儿山 | 31°58' | 98°57' | 5654 | 4100 | -8.9 | 9.1 | 0.3 | 18.0 |
| 27 | 四川邛崃山(理县) | 31°27' | 103°10' | 5714 | 4000 | -7.9 | 7.6 | -0.1 | 15.5 |
| 28 | 湖北神农架 | 31°26' | 110°18' | 3150 | 3150 | -6.3 | 11.5 | 2.6 | 17.8 |
| 29 | 西藏昌都达马拉 | 31°09' | 97°17' | 5208 | 4700 | -10.8 | 5.9 | -2.1 | 16.7 |
| 30 | 四川义敦海子山 | 30°17' | 99°34' | 5833 | 4200 | -6.9 | 8.5 | 1.1 | 15.4 |
| 31 | 四川折多山西坡 | 30°04' | 101°48' | 4962 | 4000 | -5.9 | 9.0 | 2.0 | 14.9 |
| 32 | 西藏波密帕隆藏布谷地 | 29°52' | 95°45' | 6250 | 4100 | -7.5 | 9.3 | 1.0 | 16.8 |
| 33 | 四川二郎山东坡 | 29°52' | 102°16' | 3782 | 3200 | -5.4 | 11.5 | 3.3 | 17.1 |
| 34 | 西藏左贡东达拉 | 29°43' | 98°00' | 5376 | 4300 | -7.3 | 7.7 | 0.7 | 15.0 |
| 35 | 西藏林芝色齐拉 | 29°38' | 94°37' | 5250 | 4300 | -7.6 | 8.6 | 0.5 | 16.2 |

续表 1

| 序号 | 地 点 | 纬度 (N) | 经度 (E) | 山顶高程 (m) | 现代森林线上限高程 (m) 和平均温度 (°C) | | | | |
|----|-----------|-----------|-----------|-------------|--------------------------|------|------|-----|------|
| | | | | | 高程 | 1 月 | 7 月 | 年均温 | 年较差 |
| 36 | 四川贡嘎山东坡 | 29°35' | 101°53' | 7556 | 3800 | -6.6 | 8.7 | 1.2 | 16.3 |
| 37 | 西藏墨脱多雄拉 | 29°29' | 95°00' | 5250 | 3800 | -4.6 | 11.0 | 3.4 | 15.7 |
| 38 | 西藏米林 | 29°13' | 94°12' | 4984 | 4000 | -5.7 | 10.3 | 2.5 | 16.0 |
| 39 | 西藏察隅 | 28°40' | 97°28' | 6005 | 4400 | -5.6 | 9.4 | 1.9 | 15.0 |
| 40 | 四川稻城贡岭 | 28°38' | 100°17' | 5044 | 4300 | -6.3 | 7.1 | 0.6 | 13.4 |
| 41 | 西藏吉隆河谷 | 28°24' | 85°20' | 5680 | 4000 | -5.6 | 9.5 | 2.1 | 15.1 |
| 42 | 西藏聂拉木(樟木) | 28°00' | 85°59' | 5324 | 4100 | -5.9 | 9.0 | 1.6 | 14.9 |
| 43 | 云南高黎贡山 | 28°00' | 98°25' | 4586 | 3500 | -2.3 | 11.3 | 4.8 | 13.7 |
| 44 | 四川金阳狮子山 | 27°54' | 103°15' | 4076 | 3700 | -4.6 | 8.6 | 2.4 | 13.6 |
| 45 | 西藏陈塘 | 27°50' | 87°24' | 5346 | 4000 | -5.2 | 9.5 | 2.2 | 14.7 |
| 46 | 西藏错那 | 27°40' | 91°45' | 4621 | 4100 | -5.3 | 8.8 | 1.8 | 14.1 |
| 47 | 云南碧罗雪山 | 27°36' | 98°53' | 4187 | 3700 | -2.7 | 10.3 | 3.9 | 13.0 |
| 48 | 四川西昌螺髻山 | 27°33' | 102°21' | 4358 | 3800 | -2.6 | 9.8 | 4.1 | 12.4 |
| 49 | 西藏亚东 | 27°29' | 88°54' | 5708 | 4000 | -4.9 | 9.4 | 2.4 | 14.3 |
| 50 | 云南巧家药王山 | 27°13' | 103°05' | 4040 | 3700 | -2.1 | 9.6 | 3.9 | 11.9 |
| 51 | 云南丽江玉龙山 | 27°06' | 100°10' | 5596 | 4200 | -4.9 | 6.9 | 1.4 | 11.8 |
| 52 | 台湾玉山 | 23°28' | 122°57' | 3950 | 3600 | -0.1 | 8.1 | 4.6 | 8.2 |

再以这些山地暗针叶林带上限高程为基础,用相邻数个山地暗针叶林带上限高程内插或外延,计算出我国 102 个气象台站的森林线理论海拔高度(表 2),并按自由大气温度直减率,推算出各点上空森林线位置的温度。依据 52 个山地和 102 个气象台站的森林线实际高程和理论高程,编绘出我国的森林线高程等值线图(图 1)。由于森林线与雪线、多年冻土线等自然带标志线的空间分布受不同的气候所控制,因而它们在不同地点的海拔高程或高差数值差别颇大。为研究它们之间的相互关系,又进而计算出森林线与多年冻土线^[9]、雪线^[10]之间的高差(表 2),编制出我国多年冻土线与森林线高差等值线图(图 2)和雪线与森林线高差等值线图(图 3)。

2 森林线空间分布基本特征

由于我国境内南、北之间的气温年较差存在高达 35°C 或更大的差值,因此森林线年均温大致变化于 -5~+5°C 之间。在我国东部,由于华北和东北地区的年较差较西部偏大,使森林线年均温偏低,森林线海拔高程亦相应较西部同纬度地区偏低。从图 1 和表 1,表 2 可以看出,我国森林线海拔高程自东北向西南逐步增高,从黑龙江北部白卡鲁山的林线海拔高度 1100 m 左右,至岭南地区增至 4000~4100 m。青藏高原多数地区的森林线在 4000 m 左右,低于高原面 4500 m 左右的平均海拔高度而位于深切峡谷内,但藏东南川西一带森林线高度相对稍高,可到 4300~4400 m。森林线空间分布基本的特征显示出受到纬度地带性和大陆度的共同控制,综合体现了在现今中国大陆地势、地形、地貌背景上非季风区、南亚季风区和

表2 我国部分气象台站森林线高程和平均温度

Table 2 Altitudes and average temperatures of the forest line in a part of meteorological stations in China

| 序号 | 气象台站 | 纬度(N) | 经度(E) | 地面高程(m) | 气候森林线高程与温度 | | | | 多年冻土线与森林线 | | 雪线与森林线 | | |
|----|--------|--------|---------|---------|------------|----------|----------|---------|-----------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
| | | | | | 高程(m) | 1月均温(°C) | 7月均温(°C) | 年均温(°C) | 年较差(°C) | 冻土线高程 ⁹⁾ (m) | 两线高差(m) | 雪线高程 ¹⁰⁾ (m) | 两线高差(m) |
| 1 | 海拉尔 | 49°13' | 119°45' | 612.9 | 1500 | -21.0 | 15.2 | -3.1 | 36.2 | 600 | -900 | 2900 | 1400 |
| 2 | 嫩江 | 49°10' | 125°13' | 222.3 | 1400 | -21.2 | 15.1 | -3.1 | 36.3 | 1200 | -200 | 3000 | 1600 |
| 3 | 阿勒泰 | 47°44' | 88°05' | 735.1 | 2200 | -13.2 | 13.1 | -0.3 | 26.5 | 2600 | 400 | 3200 | 1000 |
| 4 | 塔城 | 46°44' | 83°00' | 548 | 2200 | -9.7 | 12.5 | 0.6 | 22.2 | 2800 | 600 | 3400 | 1200 |
| 5 | 哈尔滨 | 45°41' | 126°37' | 171.1 | 1600 | -20.0 | 14.6 | -2.6 | 34.6 | 1500 | -100 | 3200 | 1600 |
| 6 | 克拉玛依 | 45°36' | 81°51' | 427 | 2400 | -10.5 | 11.9 | 0.2 | 22.4 | 3000 | 600 | 3600 | 1200 |
| 7 | 北塔山 | 45°22' | 90°32' | 1650.1 | 2200 | -12.0 | 12.3 | 0.0 | 24.3 | 2800 | 600 | 3800 | 1600 |
| 8 | 伊宁 | 43°57' | 81°20' | 662.5 | 2600 | -9.5 | 11.1 | 0.7 | 20.6 | 3200 | 600 | 3600 | 1000 |
| 9 | 乌鲁木齐 | 43°36' | 122°16' | 178.5 | 2600 | -10.8 | 11.6 | 0.2 | 22.4 | 3200 | 600 | 3900 | 1300 |
| 10 | 长春 | 43°54' | 87°28' | 653.5 | 1800 | -19.2 | 14.2 | -2.0 | 33.6 | 1800 | 0 | 3400 | 1600 |
| 11 | 锡林浩特 | 43°54' | 125°13' | 236.8 | 2200 | -18.9 | 14.0 | -2.2 | 32.9 | 2200 | 0 | 3500 | 1300 |
| 12 | 二连浩特 | 43°51' | 116°05' | 989.5 | 2400 | -17.1 | 13.4 | -1.6 | 30.5 | 2500 | 100 | 3400 | 1000 |
| 13 | 通辽 | 43°39' | 112°00' | 964.8 | 2000 | -18.2 | 14.2 | -1.6 | 32.4 | 2100 | 100 | 3500 | 1500 |
| 14 | 延吉 | 42°53' | 129°28' | 176.8 | 1900 | -19.7 | 13.5 | -2.5 | 33.2 | 1800 | -100 | 3300 | 1400 |
| 15 | 哈密 | 42°49' | 93°31' | 737.9 | 2900 | -13.0 | 11.7 | -0.5 | 24.7 | 3300 | 400 | 4200 | 1300 |
| 16 | 赤峰 | 42°16' | 118°58' | 571.1 | 2200 | -16.0 | 13.9 | -1.2 | 29.9 | 2400 | 200 | 3600 | 1400 |
| 17 | 老东庙 | 42°13' | 101°22' | 935.5 | 2900 | -13.7 | 12.6 | -0.4 | 26.3 | 3300 | 400 | 4300 | 1400 |
| 18 | 沈阳 | 41°46' | 123°26' | 41.6 | 2100 | -18.0 | 13.3 | -1.7 | 31.3 | 2200 | 100 | 3600 | 1500 |
| 19 | 库尔勒 | 41°45' | 86°08' | 931.5 | 3100 | -10.7 | 10.9 | 0.8 | 21.3 | 3700 | 600 | 4400 | 1300 |
| 20 | 哈日奥日布格 | 41°43' | 82°57' | 1099 | 2900 | -14.0 | 12.5 | -0.8 | 26.5 | 3300 | 400 | 4400 | 1500 |
| 21 | 库车 | 41°43' | 126°55' | 332.5 | 3200 | -10.5 | 11.2 | 0.5 | 21.7 | 3700 | 500 | 4500 | 1300 |
| 22 | 临江 | 41°43' | 104°00' | 953.5 | 2000 | -19.6 | 13.2 | -2.4 | 32.8 | 2000 | -200 | 3600 | 1600 |
| 23 | 野马街 | 41°38' | 96°53' | 1962.7 | 3000 | -12.4 | 12.0 | -0.3 | 24.4 | 3400 | 400 | 4300 | 1300 |
| 24 | 呼和浩特 | 40°49' | 111°41' | 1063.3 | 2600 | -16.1 | 12.7 | -1.3 | 28.8 | 2800 | 200 | 3700 | 1100 |
| 25 | 巴彦高勒 | 40°20' | 107°00' | 1055.1 | 2900 | -14.1 | 12.4 | -0.7 | 26.5 | 3200 | 300 | 4200 | 1300 |
| 26 | 敦煌 | 40°08' | 94°47' | 1138.7 | 3300 | -11.6 | 11.9 | 0.3 | 23.5 | 3700 | 400 | 4600 | 1300 |
| 27 | 东胜 | 39°50' | 109°59' | 1460.4 | 2800 | -14.5 | 12.3 | 1.3 | 26.8 | 3500 | 700 | 4200 | 1400 |
| 28 | 北京 | 39°48' | 116°28' | 31.2 | 2400 | -14.9 | 13.2 | 0.8 | 28.1 | 2700 | 300 | 3800 | 1400 |
| 29 | 酒泉 | 39°46' | 98°31' | 1477.2 | 3200 | -11.9 | 11.7 | -0.1 | 23.6 | 3600 | 400 | 4400 | 1200 |
| 30 | 喀什 | 39°28' | 75°59' | 1288.7 | 3400 | -9.4 | 11.5 | 1.0 | 20.9 | 4000 | 600 | 5000 | 1600 |
| 31 | 若羌 | 39°02' | 88°10' | 888.3 | 3500 | -10.5 | 10.8 | 0.5 | 21.3 | 4000 | 500 | 5100 | 1600 |
| 32 | 张掖 | 38°56' | 100°35' | 1482.7 | 3100 | -11.5 | 11.9 | 0.4 | 23.4 | 3600 | 500 | 4400 | 1300 |
| 33 | 冷湖 | 38°50' | 93°23' | 2733 | 3500 | -12.7 | 11.2 | -0.4 | 23.9 | 3900 | 400 | 5200 | 1700 |
| 34 | 大连 | 38°48' | 121°13' | 15.6 | 2700 | -15.6 | 11.6 | -0.6 | 27.2 | 3100 | 400 | 3900 | 1200 |

续表 2

| 序号 | 气象 台站 | 纬度 (N) | 经度 (E) | 地面高程 (m) | 气候森林线高程与温度 | | | | 多年冻土线与森林线 | | 雪线与森林线 | | |
|----|----------|-----------|-----------|-------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | | | | 高程 (m) | 1月均温 ($^{\circ}\text{C}$) | 7月均温 ($^{\circ}\text{C}$) | 年均温 ($^{\circ}\text{C}$) | 年较差 ($^{\circ}\text{C}$) | 冻土线高 程 ⁹⁾ (m) | 两线高差 (m) | 雪线高 程 ¹⁰⁾ (m) | 两线高差 (m) |
| 35 | 民勤 | 38°43' | 103°06' | 1367 | 3200 | -12.5 | 11.7 | -0.1 | 24.2 | 3600 | 400 | 4500 | 1300 |
| 36 | 银川 | 38°31' | 106°16' | 1111.5 | 3100 | -12.4 | 11.7 | -0.3 | 24.1 | 3500 | 400 | 4300 | 1200 |
| 37 | 茫崖 | 38°22' | 90°09' | 3138.5 | 3400 | -12.7 | 11.2 | -0.4 | 23.9 | 3800 | 400 | 5200 | 1800 |
| 38 | 太原 | 37°47' | 112°33' | 777.9 | 2800 | -12.8 | 12.0 | -0.1 | 24.8 | 3300 | 500 | 4000 | 1200 |
| 39 | 和田 | 37°08' | 79°56' | 1374.6 | 3600 | -8.8 | 11.0 | 1.2 | 19.8 | 4300 | 700 | 5400 | 1800 |
| 40 | 邢台 | 37°04' | 114°30' | 76.8 | 2700 | -11.5 | 12.3 | 0.1 | 23.8 | 3200 | 500 | 4000 | 1300 |
| 41 | 西宁 | 36°45' | 101°38' | 2296.2 | 3300 | -10.2 | 10.8 | 0.7 | 21.0 | 4000 | 700 | 4500 | 1200 |
| 42 | 济南 | 36°41' | 116°59' | 53 | 2900 | -12.7 | 11.8 | -0.3 | 24.5 | 3400 | 500 | 4200 | 1300 |
| 43 | 延安 | 36°36' | 109°30' | 957.6 | 3000 | -11.6 | 11.4 | 0.2 | 23.0 | 3600 | 600 | 4300 | 1300 |
| 44 | 都兰 | 36°20' | 98°02' | 3191.1 | 3700 | -12.2 | 11.6 | 0.1 | 23.8 | 4200 | 500 | 5000 | 1300 |
| 45 | 格尔木 | 36°12' | 94°38' | 2806.1 | 3800 | -11.4 | 10.9 | 0.2 | 22.3 | 4300 | 500 | 5200 | 1400 |
| 46 | 青岛 | 36°04' | 120°19' | 82.2 | 2800 | -12.0 | 12.2 | 0.2 | 24.2 | 3400 | 600 | 4100 | 1300 |
| 47 | 兰州 | 36°03' | 103°53' | 1517.2 | 3300 | -10.6 | 11.1 | 0.5 | 21.7 | 3900 | 600 | 4400 | 1100 |
| 48 | 平凉 | 35°25' | 106°38' | 1346.6 | 3100 | -10.3 | 11.2 | 0.6 | 21.5 | 3800 | 700 | 4500 | 1400 |
| 49 | 甘南 | 34°55' | 103°04' | 2887 | 3200 | -13.6 | 8.9 | -1.4 | 22.5 | 4000 | 800 | 4500 | 1300 |
| 50 | 郑州 | 34°43' | 113°39' | 110.4 | 3100 | -10.0 | 11.6 | 0.8 | 21.6 | 3800 | 700 | 4400 | 1300 |
| 51 | 西安 | 34°18' | 118°56' | 396.9 | 3200 | -9.9 | 11.2 | 0.8 | 21.1 | 4000 | 800 | 4600 | 1400 |
| 52 | 徐州 | 34°17' | 117°18' | 43 | 3100 | -10.4 | 11.7 | 0.6 | 22.1 | 3800 | 700 | 4400 | 1300 |
| 53 | 吉迈 | 33°48' | 99°48' | 3967.5 | 3800 | -12.9 | 9.8 | -0.2 | 22.7 | 4300 | 500 | 4900 | 1100 |
| 54 | 射阳 | 33°46' | 120°15' | 1.9 | 3200 | -10.3 | 11.1 | 0.5 | 21.4 | 3900 | 700 | 4200 | 1000 |
| 55 | 武都 | 33°23' | 104°41' | 1070.1 | 3400 | -8.8 | 10.3 | 0.9 | 19.1 | 4400 | 1000 | 4700 | 1300 |
| 56 | 玉树 | 33°06' | 96°45' | 3702.6 | 4000 | -8.9 | 10.4 | 1.1 | 19.3 | 4700 | 700 | 5200 | 1200 |
| 57 | 汉中 | 33°04' | 107°02' | 508.3 | 3300 | -8.7 | 10.7 | 1.1 | 19.4 | 4300 | 1000 | 4700 | 1400 |
| 58 | 南阳 | 33°04' | 112°35' | 129.8 | 3200 | -8.2 | 11.0 | 0.9 | 19.2 | 4000 | 800 | 4300 | 1100 |
| 59 | 阜阳 | 32°56' | 115°50' | 31.2 | 3300 | -9.4 | 11.1 | 0.9 | 20.5 | 4100 | 800 | 4400 | 1100 |
| 60 | 安康 | 32°43' | 109°02' | 250 | 3400 | -8.9 | 10.5 | 0.8 | 19.4 | 4200 | 800 | 4500 | 1100 |
| 61 | 南京 | 32°00' | 118°48' | 8.9 | 3400 | -9.0 | 10.7 | 1.0 | 19.7 | 4200 | 800 | 4300 | 900 |
| 62 | 合肥 | 31°51' | 117°17' | 23.6 | 3400 | -9.8 | 10.4 | 0.7 | 20.2 | 4200 | 800 | 4300 | 900 |
| 63 | 甘孜 | 31°38' | 99°59' | 3393.5 | 4100 | -6.8 | 9.5 | 1.8 | 16.3 | 4900 | 800 | 5100 | 1000 |
| 64 | 达县 | 31°16' | 107°28' | 345 | 3500 | -6.6 | 10.2 | 1.8 | 16.8 | 4600 | 1100 | 4500 | 1000 |
| 65 | 昌都 | 31°11' | 96°59' | 3240.7 | 4100 | -6.9 | 9.8 | 1.9 | 16.7 | 4800 | 700 | 5300 | 1200 |
| 66 | 上海 | 31°10' | 121°26' | 4.5 | 3400 | -8.3 | 10.5 | 1.3 | 18.8 | 4200 | 800 | 4100 | 700 |
| 67 | 宜昌 | 30°42' | 111°05' | 70 | 3600 | -7.7 | 10.2 | 1.3 | 17.9 | 4600 | 1000 | 4400 | 800 |
| 68 | 成都 | 30°40' | 104°01' | 505.9 | 3500 | -7.0 | 9.5 | 1.5 | 16.5 | 4700 | 1200 | 4800 | 1300 |
| 69 | 武汉 | 30°38' | 114°04' | 23.3 | 3600 | -7.9 | 9.8 | 1.2 | 17.7 | 4500 | 900 | 4300 | 700 |

续表 2

| 序号 | 气象 台站 | 纬度 (N) | 经度 (E) | 地面高程 (m) | 气候森林线高程与温度 | | | | 多年冻土线与森林线 | | 雪线与森林线 | | |
|-----|----------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| | | | | | 高程 (m) | 1月均温 (℃) | 7月均温 (℃) | 年均温 (℃) | 年较差 (℃) | 冻土线高 程 ⁹⁾ (m) | 两线高差 (m) | 雪线高 程 ¹⁰⁾ (m) | 两线高差 (m) |
| 70 | 恩施 | 30°16' | 109°22' | 437.2 | 3600 | -7.0 | 9.5 | 1.5 | 16.5 | 4700 | 900 | 4400 | 800 |
| 71 | 拉萨 | 29°42' | 91°08' | 3658 | 4600 | -5.0 | 9.4 | 2.7 | 14.4 | 5300 | 900 | 5600 | 1000 |
| 72 | 重庆 | 29°31' | 106°29' | 351.1 | 3700 | -5.7 | 10.2 | 2.2 | 15.9 | 4900 | 1200 | 4600 | 900 |
| 73 | 衢县 | 28°58' | 118°52' | 66.1 | 3700 | -6.3 | 9.5 | 2.0 | 15.8 | 4800 | 1100 | 4200 | 500 |
| 74 | 宜宾 | 28°49' | 104°32' | 340.8 | 3800 | -5.3 | 9.6 | 2.3 | 14.9 | 4900 | 1100 | 4700 | 900 |
| 75 | 南昌 | 28°40' | 115°58' | 46.7 | 3700 | -5.9 | 9.5 | 2.1 | 15.4 | 4800 | 1100 | 4300 | 600 |
| 76 | 长沙 | 28°12' | 113°04' | 44.5 | 3800 | -5.6 | 8.9 | 2.0 | 14.5 | 4900 | 1100 | 4400 | 600 |
| 77 | 西昌 | 27°53' | 102°18' | 1590.7 | 4000 | -3.7 | 8.7 | 2.9 | 12.4 | 5100 | 1100 | 4700 | 700 |
| 78 | 芷江 | 27°27' | 109°38' | 266.5 | 3800 | -4.1 | 9.0 | 2.6 | 13.1 | 5000 | 1200 | 4600 | 800 |
| 79 | 邵武 | 27°20' | 117°28' | 191.3 | 3800 | -4.6 | 8.3 | 2.3 | 12.9 | 4900 | 1100 | 4400 | 600 |
| 80 | 丽江 | 26°52' | 100°26' | 2393.2 | 4000 | -3.3 | 8.1 | 2.7 | 11.4 | 5100 | 1100 | 4700 | 700 |
| 81 | 威宁 | 26°52' | 104°17' | 2237 | 3900 | -3.3 | 8.4 | 2.6 | 11.7 | 5100 | 1200 | 4800 | 900 |
| 82 | 贵阳 | 26°30' | 106°37' | 1150 | 4000 | -2.7 | 8.2 | 2.9 | 10.9 | 5200 | 1200 | 4800 | 800 |
| 83 | 福州 | 26°05' | 119°17' | 84 | 3900 | -3.6 | 7.8 | 2.7 | 11.4 | 5100 | 1200 | 4500 | 600 |
| 84 | 赣州 | 25°50' | 114°50' | 123.8 | 3900 | -2.9 | 8.3 | 3.0 | 11.2 | 5200 | 1300 | 4600 | 700 |
| 85 | 郴县 | 25°45' | 112°59' | 184.9 | 4000 | -3.4 | 7.8 | 2.7 | 11.2 | 5200 | 1200 | 4700 | 700 |
| 86 | 桂林 | 25°20' | 110°18' | 166.7 | 4000 | -1.9 | 8.0 | 3.1 | 9.9 | 5200 | 1200 | 4700 | 700 |
| 87 | 腾冲 | 25°07' | 98°29' | 1647.8 | 3900 | -1.5 | 8.1 | 3.3 | 9.6 | 5200 | 1300 | 4800 | 900 |
| 88 | 桃园 | 25°03' | 121°13' | 48 | 3800 | -3.3 | 7.5 | 2.8 | 10.8 | 5000 | 1200 | 4500 | 700 |
| 89 | 昆明 | 25°01' | 102°41' | 1891.4 | 4000 | -1.5 | 7.2 | 3.5 | 8.7 | 5300 | 1300 | 5000 | 1000 |
| 90 | 厦门 | 24°31' | 118°09' | 40 | 4000 | -1.8 | 7.1 | 3.1 | 8.9 | 5300 | 1300 | 4700 | 700 |
| 91 | 百色 | 23°55' | 106°32' | 163 | 4100 | -0.1 | 7.2 | 3.7 | 7.3 | 5500 | 1500 | 5100 | 1000 |
| 92 | 梧州 | 23°29' | 111°18' | 119 | 4100 | -0.2 | 7.0 | 3.7 | 7.2 | 5400 | 1300 | 4900 | 800 |
| 93 | 汕头 | 23°21' | 116°40' | 4.0 | 4100 | -0.7 | 6.8 | 3.5 | 7.5 | 5500 | 1400 | 4900 | 800 |
| 94 | 广州 | 23°08' | 113°19' | 6.3 | 4100 | -0.5 | 6.9 | 3.5 | 7.4 | 5500 | 1400 | 4900 | 800 |
| 95 | 南宁 | 22°49' | 108°21' | 75 | 4100 | 0.8 | 7.3 | 4.0 | 6.5 | 5500 | 1400 | 5000 | 900 |
| 96 | 思茅 | 22°40' | 101°24' | 1302.1 | 4000 | 0.1 | 7.4 | 4.0 | 7.3 | 5500 | 1500 | 4900 | 900 |
| 97 | 河口 | 22°30' | 103°57' | 132 | 4100 | 0.9 | 7.1 | 4.1 | 6.2 | 5600 | 1500 | 5000 | 900 |
| 98 | 东港 | 22°28' | 120°20' | 8 | 3900 | 0.2 | 6.1 | 3.6 | 6.3 | 5300 | 1400 | 4700 | 800 |
| 99 | 香港 | 22°19' | 114°10' | 66 | 3800 | 1.2 | 7.2 | 4.3 | 6.0 | 5300 | 1500 | 4800 | 1000 |
| 100 | 阳江 | 21°52' | 111°58' | 23.3 | 4100 | -0.2 | 6.7 | 3.8 | 6.9 | 5500 | 1400 | 4900 | 800 |
| 101 | 海口 | 20°00' | 110°25' | 14.1 | 4200 | 1.9 | 6.0 | 4.3 | 4.1 | 5700 | 1500 | 5100 | 900 |
| 102 | 西沙 | 16°50' | 112°20' | 4.9 | 4200 | 4.1 | 5.8 | 4.9 | 1.7 | 5800 | 1600 | 5200 | 1000 |

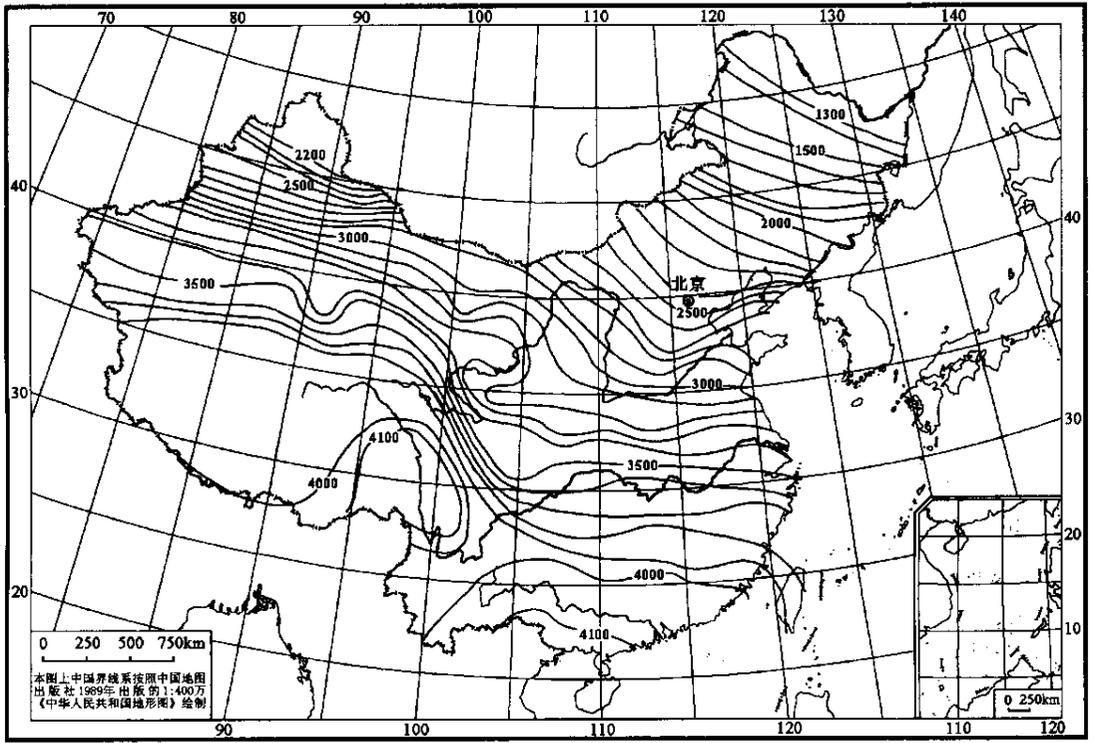


图 1 中国森林线高程等值线图

Fig.1 Isolines of altitudes of the forest line in China

东亚季风区的气候对自然生态环境的不同影响。

3 森林线与多年冻土线的关系

森林线与多年冻土线一样，它们的存在条件均主要是温度及其年分配，受降水等其它气候因子的影响相对较小，因而气候森林线与气候多年冻土线在一地的高程及相对高差是一定的，彼此之间的关系相对稳定。多年冻土线一般以连续多年冰土带的南界或下界来代表^[9,11]。中国大陆多年冻土线高程明显受高度地带性和纬度地带性控制，自北向南海拔高度逐渐增大。东部地区的多年冻土线高程从东北的 < 1200 m，至海口附近增到 5700 m；西北地区的多年冻土高程从阿尔泰山的 2600 m，至昆仑山增到 4500 m 左右，青藏高原的多年冻土线高程基本上稳定在 4500 ~ 5000 m^[9]。

在我国东部，由于东北地区的气温年较差偏大，使森林线年均温相对偏低，而且多年冻土线年均温却又相对偏高，因此森林线高度往往高于多年冻土线。从图 2 可以看出，长春—锡林浩特一带的森林线高程接近或略高于多年冻土线，往北至黑龙江北部森林线高程则高于多年冻土线，且愈向北高差愈大。年较差越低的地区，其负高差越大，海拉尔附近森林线与多年冻土线的高差可达 900m 左右。从 0 m 线向南，随着气温年较差的减小而森林线年均温升高，森林线高度相应地变为低于理论多年冻土线，且愈往南两者的高差愈大。向南至台湾中央山脉（海拔 3600m）森林线年均温可达 4.6℃，云南高黎贡山（海拔 4586m）森林线年

均温更高达 4.8℃，因此其理论多年冻土线高出森林线 1200 ~ 1400m 左右。我国东部地区从海拉尔 -3.1℃到海南岛海口的 4.3℃，虽然都是纬度暗针叶林带上界，但年均温却增加了 7.4℃，冻土线与森林线之间的高差亦由负高差变至正高差，从 -900 m 增至 1500 m，相对高差达 2400 m。

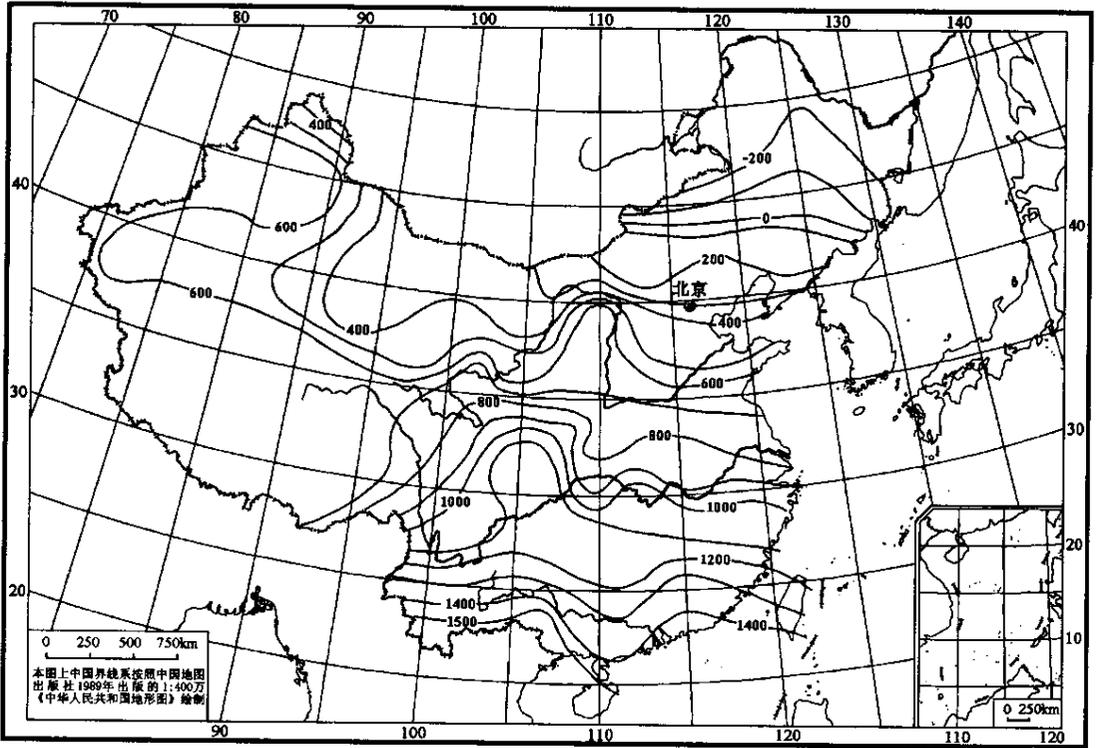


图 2 中国多年冻土线与森林线高程高差等值线图

Fig. 2 Isolines of height differences between the permafrost limits and the forest line in China

在我国西部地区，无论是青藏高原还是干旱盆地区，由于气温年较差比东部地区大多数相对偏小，而使森林线普遍位于多年冻土线之下，两线高差多数变化于 400 ~ 600m，且在纬向上的分异亦不太明显。

我国境内森林线与多年冻土线的空间分布关系，不仅东、西而且南、北之间均存在差异，不能直接对比。森林线高程，自南向北表现为从高于多年冻土线向低于多年冻土线转变，且东部的变化幅度远比西部明显，显然与气候的年均温和年较差以及大陆度密切相关。

4 森林线与雪线的关系

气候雪线的空间格局由现今地形地貌和气候条件所决定，它既受高度地带性和纬度地带性限制，也受区域性气候的控制^[10,12]。青藏高原及其边缘地区呈环状分布的气候雪线高程为 4800 ~ 6200 m，我国东部地区的气候雪线高程自北向南逐步增高，从 2300 m 增加到 5100m，并在长江中下游地区存在一个 4200 ~ 4400 m 的相对低值槽谷。气候雪线高程东西差异显著，沿北纬 30°线气候雪线东部最高为 4100 m，西部 5900 m，差异达 1800 m。

从中国气候雪线与森林线高差等值线图(图3)上可以看出,气候雪线高程总体上高于森林线,但两者的高差各地有较大差异,高差等值线显现多个高值与低值中心。高值中心主要位于西昆仑及附近地区(约1800m),东北三江平原及以东地区(>1600m),西秦岭至山东半岛(1300~1400m),以及滇东桂西地区(>1000m)。最显著的低值中心位于江南地区(500~600m),以及川西南滇西北地区(<700m),两者均位于北纬30°以南、南岭以北,构成一东西方向的低值带。其它相对低值区位于内蒙古中部(<1100m)、新疆伊犁地区(<1100m)和青海东部—甘肃中部—宁夏南部地区(<1200m)。

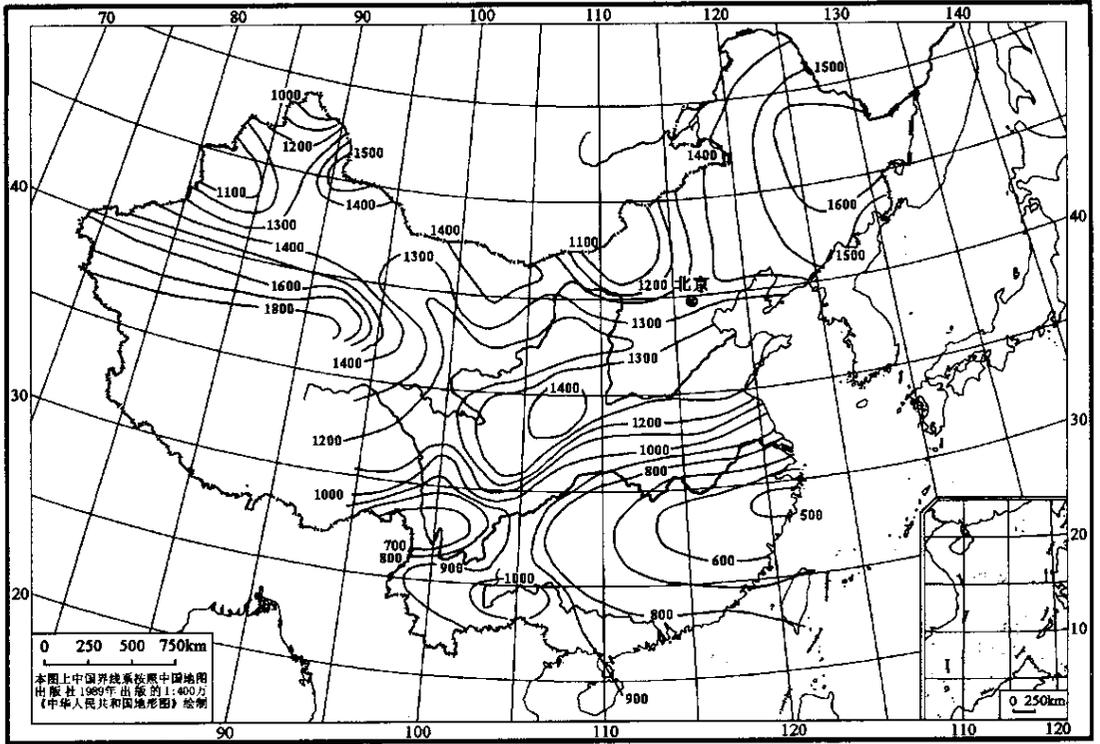


图 3 中国雪线与森林线高程高差等值线图

Fig.3 Isolines of height differences between the climatic snowlines and the forest line in China

5 简短讨论

制约森林线的高度和气温年较差,既随黄赤交角的变化而变,又随大气环流和季风气候的强弱和迁移而异。森林植被对温度的变化有一定的适应性,它所反映的气候变化不如其它指标直接,故森林线与多年冻土线的时空分布主要反映 $10^3 \sim 10^4$ 年尺度的平均气候,比此或长或短的气候波动周期中可能不存在稳定的对应关系。森林线及各林带界限上的年均温因地、因时而异,若简单地使用垂直植被带高度或温度和水平植被纬度或温度来反演孢粉植物群的古温度,无疑将会产生较大的误差。

多年冻土的发育和消亡明显受气候和纬(高)度地带性的控制,且在时间上又有一定的滞后性,因而根据标志性的冰缘现象和多年冻土线的移动重建古气候虽然是可靠的,但仍需

精确的年代标尺和准确的空间位置才能进行古气候对比分析。同时,新构造运动又可以改变地面高度,将会导致气候的年均温和年较差发生变化,森林线高度亦会相应地随之升高或降低。气候因时而变,森林线与多年冻土线的空间关系亦因时而异,它们的空间分布及相互关系将会发生有规律的变化。可以认为,森林线与多年冻土线的时空关系受到古气候变化和新构造运动的双重控制,详细将另文讨论。

参 考 文 献

- [1] 中国植被编辑委员会. 中国植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1980. 176~182, 738~745, 772~1043.
- [2] 四川植被协作组. 四川植被 [M]. 成都: 四川人民出版社, 1980. 64~78.
- [3] 徐文铎. 中国东北主要植被类型的分布与气候的关系 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1986, 10 (4): 254~263.
- [4] 张金屯, 张峰, 上官铁梁. 中条山植被垂直带谱再分析 [J]. 山西大学学报 (自然科学版), 1997, 20 (1): 76~79.
- [5] 刘训华. 我国山地植被的垂直分布规律 [J]. 地理学报, 1982, 36 (3): 241~247.
- [6] 于澎涛, 刘鸿雁. 小五台山北坡植被垂直带表土花粉及其气候意义研究 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 1997, 33 (4): 475~484.
- [7] 娄如安, 张新时. 新疆天山中段植被分布规律的初步分析 [J]. 北京师范大学学报 (自然科学版), 1997, 30 (4): 540~545.
- [8] 吴锡浩. 暗针叶林带温度研究 [J]. 科学通报, 1983, (23): 1451~1454.
- [9] 蒋复初, 吴锡浩, 王书兵, 等. 中国大陆气候多年冻土线空间分布基本特征 [J]. 地质力学学报, 2003, 9 (4): 303~312.
- [10] 蒋复初, 吴锡浩, 王书兵, 等. 中国气候雪线空间分布特征 [J]. 地质力学学报, 2002, 8 (4): 289~296.
- [11] 周幼吾, 郭东信, 邱国庆, 等. 中国冻土 [M]. 北京: 科学出版社, 2000. 37~62.
- [12] 施雅风主编. 中国冰雪冻土图 [M]. 北京: 地图出版社, 1988.

FEATURES OF SPACE DISTRIBUTION OF THE FOREST LINE AND RELATIONS BETWEEN THE FOREST LINE AND CLIMATIC LIMIT OF PERMAFROST AND CLIMATIC SNOWLINE IN CHINA

JIANG Fu-chu^{1,2}, WU Xi-hao^{1,2*}, WANG Shu-bin^{1,2},
FU Jian-li¹, WANG Yan¹, ZHAO Zhi-zhong¹

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081; 2. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, Shaanxi)

Abstract: The altitude of the forest line that is generally marked by the upper limit of the dark coniferous forest zone in the vertical zones of natural vegetation is controlled by the temperatures and their annual range. In this paper, based mainly on the heights above sea level of the upper limits of the modern dark coniferous forest zones in some mountainous regions and the climatic data obtained from 102

meteorological stations in China, the theoretic altitude of the forest line has been calculated and maps showing the altitude isolines of the forest line, the isolines of height differences between the permafrost limits and the forest line and the isolines of height differences between the modern climatic snowline and the forest line in China have been constructed respectively. On that basis, the primary features of spatial distribution of the forest line in China and its relations with the permafrost limits and climatic snowline are discussed.

Key words: forest line; dark coniferous forest zone; features of distribution; permafrost limit; climatic snowline

《地质力学学报》荣获“中国科技核心期刊”

《地质力学学报》，继 2000 年荣获“中国学术期刊（光盘版）检索与评价数据规范”优秀刊物奖之后，又于 2004 年 3 月被收录为国家科技部“科技论文统计源期刊”（中国科技核心期刊）。多年来，广大作者、读者给予《地质力学学报》大力的支持与厚爱，《地质力学学报》将再接再厉，争取更大的进步。

中国科技论文统计源期刊

（中国科技核心期刊）

收录证书

地质力学学报

经过多项学术指标综合评定及同行多位专家评议推荐，贵刊被收录为国家科技部“中国科技论文统计源期刊”（中国科技核心期刊）。特颁发此证书。

有效期至二〇〇六年三月

中国科学院技术信息研究所

二〇〇四年三月

