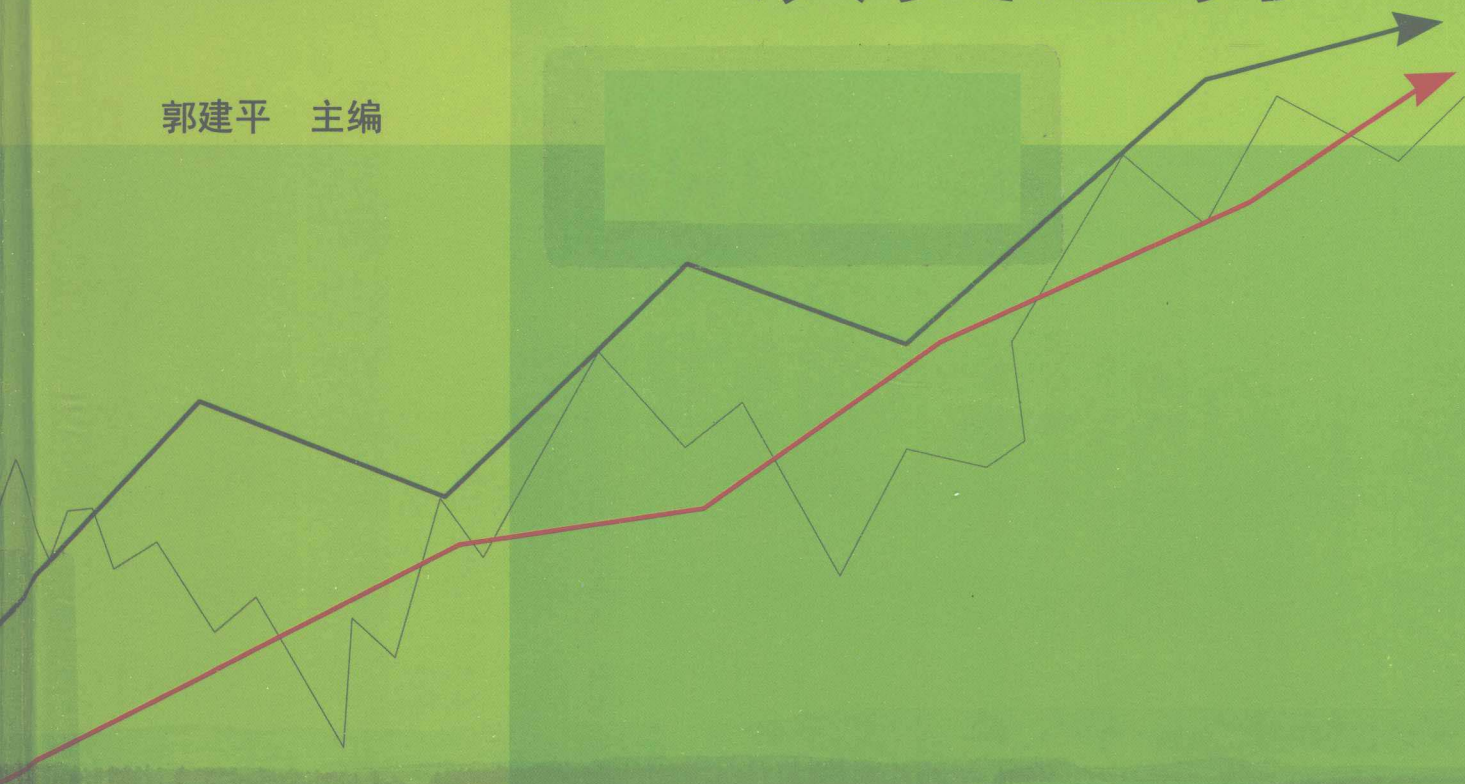


气候变化背景下

# 中国农业气候资源 演变趋势

郭建平 主编



气象出版社  
China Meteorological Press



# 气候变化背景下 中国农业气候资源演变趋势

郭建平 主编

 气象出版社  
China Meteorological Press

## 内容简介

本书是中国气象局气候变化专项“气候变化对我国农业生产力和作物布局的影响评估”的部分研究成果。主要介绍了基准气候时段(1961—1990年)和未来(A2和B2)气候情景下2011—2050年我国主要农业气候资源(日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 的初、终日、间隔天数以及期间的积温、降水量、辐射、可能蒸散量,初、终霜冻日及无霜期等)的演变趋势,可为气候变化对农业的影响研究提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

气候变化背景下中国农业气候资源演变趋势/郭建平主编. —北京:气象出版社, 2010.9

ISBN 978-7-5029-5023-1

I. ①气… II. ①郭… III. ①农业—气候资源—研究—中国 IV. ①S162.22

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第155013号

审图号:GS(2010)419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.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:陈 红

封面设计:燕 彤

责任校对:石 仁

印 刷:北京朝阳印刷厂有限责任公司

开 本:889 mm×1194 mm 1/16

字 数:384千字

版 次:2010年8月第一版

定 价:188.00元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E\_mail: [qxcbs@263.net](mailto:qxcbs@263.net)

终 审:周诗健

责任技编:吴庭芳

印 张:15

印 次:2010年8月第一次印刷

---

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换



# 前言

粮食安全是国民经济发展的基础，是国家发展和社会稳定的根本保障。气候变化将对中国农业生产和粮食安全产生重大影响，已有的研究表明，受未来气候变化的影响，中国农业生产将面临三个突出的问题：一是农业生产的不稳定性将增加，产量波动会变大；二是农业生产布局 and 结构将发生变化；三是农业生产成本和投资将加大。因此，专家警告，今后20~50年间的农业生产将受到气候变化的严重冲击，气候变化将直接影响中国的粮食安全。

《中国气象事业发展战略》指出：“气象部门以国家粮食安全和生态安全气象保障服务为重点……建立气象条件与作物生长发育的生理模型……”；胡锦涛总书记在中共中央政治局第六次集体学习时强调，要加强农田基本建设，增强农林业生产抗风险能力，合理开发和优化配置水资源……要加强气候变化综合风险评估，在经济建设和城乡建设中高度重视气候评价和灾害风险评估。《国家粮食安全中长期规划纲要(2008-2020年)》也明确提出：“按照资源禀赋、生产条件和增产潜力等因素，科学谋划粮食生产布局，明确分区功能和发展目标”。由此可以看出，国家以及中国气象局对气象为农业服务以及加强农业领域应对气候变化工作的高度重视。

受全球气候变化的影响，近50年我国气候发生了显著变化，极端天气/气候事件与灾害的频率和强度明显增大，对农业、林业、牧业等不同领域都产生了严重影响。IPCC第四次评估报告指出：未来全球地表温度将继续升高，极端天气/气候事件与灾害的频率和强度继续增大。未来气候变化对农业生产具有重要影响，且以负面影响为主，气候变化将使农业生产产量波动增大、布局 and 结构改变、成本与投资增加。另据预测，2010年和2020年，中国人口总量将分别达到13.7亿和14.6亿；人口总量高峰将出现在2033年前后，达15亿左右。因此，中国的粮食安全问题引起全世界的高度关注。

中国是一个农业大国，各地的自然状况和气候条件十分复杂，农业生产格局也各不相同。从我国第一次农业气候区划到现在已有20多年的时间，而在这期间正是气候变化最为显著的时期，从20世纪80年代初期开始气候变暖十分显著，从而导致了各地农业气候资源的显著变化。此外，近年来我国的农业生产结构和作物布局也发生了显著的变化，而对我国农业气候资源的现状缺乏系统性研究，对未来气候变化下农业气候资源的预测和评估更是不足，从而使国家农业结构和作物布局调整依据不足，缺少必要的科学支撑。

关于气候变化对中国农业生产的影响虽然已经有大量的科研成果，对研究农业对气候变化的响应及适应等方面都有着积极地贡献作用。但我们也必须看到，大部分的研究成果都是零散的，缺乏系统性和全局性。因此，在实际使用，特别是在农业规划和国际谈判过程中很难得到有效的利用。为此，中国气象局气候变化专项设立了“气候变化对我国农业生产力 and 作物布局的影响评估”项目，拟开展气候变化对我国农业气候资源、主要作物气候生产力及可能增产潜力、农业种植制度和作物布局的系统研究，从生理生态学的角度揭示我国主要农作物对气候变化的动态响应及其反馈机制，定量评估农业气候资源时空分布格局及其演变趋





势，探讨气候变化对农业种植制度和作物布局的影响，预测未来气候变化对农业生产潜力的可能影响，这对于保障我国千亿斤<sup>\*</sup>粮食增产计划的实施，以及在气候变化情景下的粮食安全有重要的现实意义。本书是“气候变化对我国农业生产力和作物布局的影响评估”项目研究的一部分，系统反映了未来40年我国农业气象资源的时空演变趋势，为未来我国农业种植制度的调整和作物布局提供科学依据。

全书由郭建平研究员主持编写，参加本书编写工作的人员有(按姓氏笔画)：马玉平、毛飞、王培娟、房世波、邬定荣、赵俊芳、俄有浩、谭凯炎、姜朝阳、袁东敏等。本书使用的基准气候时段及未来A2和B2气候变化情景下的原始资料由中国农业科学研究院农业环境与可持续发展研究所许吟隆课题组提供，在此表示诚挚的谢意。

编 者

2010年5月28日

---

<sup>\*</sup> 1斤=0.5kg





# 目 录

## 前 言

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| 第 1 章 农业气候资源 .....                | ( 1 )  |
| 1.1 农业气候资源的基本概念和特征 .....          | ( 1 )  |
| 1.2 农业气候资源的主要数量指标 .....           | ( 2 )  |
| 第 2 章 中国农业气候资源特点 .....            | ( 3 )  |
| 2.1 光能充足,雨热同季,光温水资源利用潜力大 .....    | ( 3 )  |
| 2.2 地形复杂,农业气候类型多样,气候垂直地带性明显 ..... | ( 3 )  |
| 2.3 季风气候显著,农业生产季节性和区域性明显 .....    | ( 4 )  |
| 2.4 农业气象灾害频繁,农业生产发展受阻 .....       | ( 4 )  |
| 第 3 章 气候变化对中国农业气候资源的影响 .....      | ( 6 )  |
| 3.1 数据与方法 .....                   | ( 6 )  |
| 3.2 气候变化对中国农业气候资源的影响 .....        | ( 7 )  |
| 3.3 小结 .....                      | ( 35 ) |
| 参考文献 .....                        | ( 36 ) |

## 彩图目录

|                                                                                  |        |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 图 1 1961-1990 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 初日平均日期(日序) .....                   | ( 37 ) |
| 图 2 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....  | ( 38 ) |
| 图 3 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....  | ( 38 ) |
| 图 4 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....  | ( 39 ) |
| 图 5 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....  | ( 39 ) |
| 图 6 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....  | ( 40 ) |
| 图 7 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....  | ( 40 ) |
| 图 8 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....  | ( 41 ) |
| 图 9 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....  | ( 41 ) |
| 图 10 1961-1990 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日平均日期(日序) .....                  | ( 42 ) |
| 图 11 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) ..... | ( 43 ) |
| 图 12 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) ..... | ( 43 ) |
| 图 13 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) ..... | ( 44 ) |
| 图 14 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) ..... | ( 44 ) |
| 图 15 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) ..... | ( 45 ) |
| 图 16 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) ..... | ( 45 ) |
| 图 17 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) ..... | ( 46 ) |
| 图 18 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) ..... | ( 46 ) |
| 图 19 1961-1990 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数(d) .....                     | ( 47 ) |

|                                                                                                                    |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 图 20 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | ( 48 ) |
| 图 21 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | ( 48 ) |
| 图 22 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | ( 49 ) |
| 图 23 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | ( 49 ) |
| 图 24 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | ( 50 ) |
| 图 25 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | ( 50 ) |
| 图 26 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | ( 51 ) |
| 图 27 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | ( 51 ) |
| 图 28 1961-1990 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) .....                       | ( 52 ) |
| 图 29 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | ( 53 ) |
| 图 30 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | ( 53 ) |
| 图 31 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | ( 54 ) |
| 图 32 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | ( 54 ) |
| 图 33 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | ( 55 ) |
| 图 34 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | ( 55 ) |
| 图 35 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | ( 56 ) |
| 图 36 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | ( 56 ) |
| 图 37 1961-1990 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间降水量(mm) .....                                                     | ( 57 ) |
| 图 38 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | ( 58 ) |
| 图 39 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | ( 58 ) |
| 图 40 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | ( 59 ) |
| 图 41 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | ( 59 ) |
| 图 42 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | ( 60 ) |
| 图 43 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | ( 60 ) |
| 图 44 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | ( 61 ) |
| 图 45 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | ( 61 ) |
| 图 46 1961-1990 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....                              | ( 62 ) |
| 图 47 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )...           | ( 63 ) |
| 图 48 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )...           | ( 63 ) |
| 图 49 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )...           | ( 64 ) |
| 图 50 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )...           | ( 64 ) |
| 图 51 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )...           | ( 65 ) |
| 图 52 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )...           | ( 65 ) |
| 图 53 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )...           | ( 66 ) |
| 图 54 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )...           | ( 66 ) |
| 图 55 1961-1990 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量(mm) .....                                                   | ( 67 ) |
| 图 56 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)...                                | ( 68 ) |



|                                                                                                                   |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 图 57 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)...                               | ( 68 ) |
| 图 58 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)...                               | ( 69 ) |
| 图 59 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)...                               | ( 69 ) |
| 图 60 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)...                               | ( 70 ) |
| 图 61 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)...                               | ( 70 ) |
| 图 62 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)...                               | ( 71 ) |
| 图 63 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)...                               | ( 71 ) |
| 图 64 1961-1990 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 初日平均日期(日序).....                                                    | ( 72 ) |
| 图 65 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 73 ) |
| 图 66 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 73 ) |
| 图 67 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 74 ) |
| 图 68 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 74 ) |
| 图 69 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 75 ) |
| 图 70 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 75 ) |
| 图 71 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 76 ) |
| 图 72 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 76 ) |
| 图 73 1961-1990 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 终日平均日期(日序).....                                                    | ( 77 ) |
| 图 74 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 78 ) |
| 图 75 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 78 ) |
| 图 76 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 79 ) |
| 图 77 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 79 ) |
| 图 78 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 80 ) |
| 图 79 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 80 ) |
| 图 80 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 81 ) |
| 图 81 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d).....                                   | ( 81 ) |
| 图 82 1961-1990 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 持续日数(d).....                                                       | ( 82 ) |
| 图 83 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d).....                                 | ( 83 ) |
| 图 84 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d).....                                 | ( 83 ) |
| 图 85 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d).....                                 | ( 84 ) |
| 图 86 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d).....                                 | ( 84 ) |
| 图 87 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d).....                                 | ( 85 ) |
| 图 88 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d).....                                 | ( 85 ) |
| 图 89 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d).....                                 | ( 86 ) |
| 图 90 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d).....                                 | ( 86 ) |
| 图 91 1961-1990 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 积温( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ).....                       | ( 87 ) |
| 图 92 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ )..... | ( 88 ) |
| 图 93 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ )..... | ( 88 ) |

|                                                                                                              |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 图 94 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) | ( 89 )  |
| 图 95 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) | ( 89 )  |
| 图 96 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) | ( 90 )  |
| 图 97 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) | ( 90 )  |
| 图 98 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) | ( 91 )  |
| 图 99 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) | ( 91 )  |
| 图 100 1961-1990 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间降水量(mm)                                                    | ( 92 )  |
| 图 101 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm)                              | ( 93 )  |
| 图 102 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm)                              | ( 93 )  |
| 图 103 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm)                              | ( 94 )  |
| 图 104 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm)                              | ( 94 )  |
| 图 105 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm)                              | ( 95 )  |
| 图 106 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm)                              | ( 95 )  |
| 图 107 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm)                              | ( 96 )  |
| 图 108 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm)                              | ( 96 )  |
| 图 109 1961-1990 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )                             | ( 97 )  |
| 图 110 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )       | ( 98 )  |
| 图 111 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )       | ( 98 )  |
| 图 112 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )       | ( 99 )  |
| 图 113 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )       | ( 99 )  |
| 图 114 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )       | ( 100 ) |
| 图 115 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )       | ( 100 ) |
| 图 116 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )       | ( 101 ) |
| 图 117 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ )       | ( 101 ) |
| 图 118 1961-1990 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量(mm)                                                  | ( 102 ) |
| 图 119 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                            | ( 103 ) |
| 图 120 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                            | ( 103 ) |
| 图 121 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                            | ( 104 ) |
| 图 122 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                            | ( 104 ) |
| 图 123 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                            | ( 105 ) |
| 图 124 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                            | ( 105 ) |
| 图 125 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                            | ( 106 ) |
| 图 126 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                            | ( 106 ) |
| 图 127 1961-1990 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 初日平均日期(日序)                                                   | ( 107 ) |
| 图 128 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                                  | ( 108 ) |
| 图 129 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                                  | ( 108 ) |
| 图 130 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                                  | ( 109 ) |



|                                                                                                                     |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 图 131 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (109) |
| 图 132 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (110) |
| 图 133 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (110) |
| 图 134 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (111) |
| 图 135 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (111) |
| 图 136 1961-1990 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 终日平均日期(日序) .....                                                    | (112) |
| 图 137 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (113) |
| 图 138 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (113) |
| 图 139 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (114) |
| 图 140 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (114) |
| 图 141 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (115) |
| 图 142 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (115) |
| 图 143 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (116) |
| 图 144 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (116) |
| 图 145 1961-1990 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 持续日数(d) .....                                                       | (117) |
| 图 146 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (118) |
| 图 147 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (118) |
| 图 148 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (119) |
| 图 149 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (119) |
| 图 150 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (120) |
| 图 151 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (120) |
| 图 152 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (121) |
| 图 153 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (121) |
| 图 154 1961-1990 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) .....                       | (122) |
| 图 155 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (123) |
| 图 156 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (123) |
| 图 157 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (124) |
| 图 158 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (124) |
| 图 159 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (125) |
| 图 160 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (125) |
| 图 161 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (126) |
| 图 162 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (126) |
| 图 163 1961-1990 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间降水量(mm) .....                                                     | (127) |
| 图 164 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (128) |
| 图 165 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (128) |
| 图 166 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (129) |
| 图 167 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (129) |

|       |                                                                                                       |       |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 图 168 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较 (mm) .....                      | (130) |
| 图 169 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较 (mm) .....                      | (130) |
| 图 170 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较 (mm) .....                      | (131) |
| 图 171 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较 (mm) .....                      | (131) |
| 图 172 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....                     | (132) |
| 图 173 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) ... | (133) |
| 图 174 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) ... | (133) |
| 图 175 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) ... | (134) |
| 图 176 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) ... | (134) |
| 图 177 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) ... | (135) |
| 图 178 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) ... | (135) |
| 图 179 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) ... | (136) |
| 图 180 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较 ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) ... | (136) |
| 图 181 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量 (mm) .....                                          | (137) |
| 图 182 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较 (mm) ...                      | (138) |
| 图 183 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较 (mm) ...                      | (138) |
| 图 184 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较 (mm) ...                      | (139) |
| 图 185 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较 (mm) ...                      | (139) |
| 图 186 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较 (mm) ...                      | (140) |
| 图 187 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较 (mm) ...                      | (140) |
| 图 188 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较 (mm) ...                      | (141) |
| 图 189 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较 (mm) ...                      | (141) |
| 图 190 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日平均日期 (日序) .....                                          | (142) |
| 图 191 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (143) |
| 图 192 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (143) |
| 图 193 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (144) |
| 图 194 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (144) |
| 图 195 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (145) |
| 图 196 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (145) |
| 图 197 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (146) |
| 图 198 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (146) |
| 图 199 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 终日平均日期 (日序) .....                                          | (147) |
| 图 200 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (148) |
| 图 201 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (148) |
| 图 202 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (149) |
| 图 203 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (149) |
| 图 204 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较 (d) .....                         | (150) |



|       |                                                                                                                |       |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 图 205 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (150) |
| 图 206 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (151) |
| 图 207 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d) .....                                   | (151) |
| 图 208 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数(d) .....                                                       | (152) |
| 图 209 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (153) |
| 图 210 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (153) |
| 图 211 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (154) |
| 图 212 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (154) |
| 图 213 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (155) |
| 图 214 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (155) |
| 图 215 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (156) |
| 图 216 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (156) |
| 图 217 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) .....                       | (157) |
| 图 218 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (158) |
| 图 219 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (158) |
| 图 220 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (159) |
| 图 221 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (159) |
| 图 222 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (160) |
| 图 223 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (160) |
| 图 224 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (161) |
| 图 225 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (161) |
| 图 226 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间降水量(mm) .....                                                     | (162) |
| 图 227 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (163) |
| 图 228 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (163) |
| 图 229 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (164) |
| 图 230 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (164) |
| 图 231 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (165) |
| 图 232 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (165) |
| 图 233 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (166) |
| 图 234 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (166) |
| 图 235 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....                              | (167) |
| 图 236 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (168) |
| 图 237 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (168) |
| 图 238 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (169) |
| 图 239 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (169) |
| 图 240 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (170) |
| 图 241 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (170) |

|       |                                                                                                   |       |       |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| 图 242 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) | ...   | (171) |
| 图 243 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) | ...   | (171) |
| 图 244 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量(mm)                                            | ..... | (172) |
| 图 245 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                      | ...   | (173) |
| 图 246 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                      | ...   | (173) |
| 图 247 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                      | ...   | (174) |
| 图 248 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                      | ...   | (174) |
| 图 249 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                      | ...   | (175) |
| 图 250 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                      | ...   | (175) |
| 图 251 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                      | ...   | (176) |
| 图 252 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm)                      | ...   | (176) |
| 图 253 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 初日平均日期(日序)                                             | ..... | (177) |
| 图 254 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (178) |
| 图 255 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (178) |
| 图 256 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (179) |
| 图 257 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (179) |
| 图 258 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (180) |
| 图 259 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (180) |
| 图 260 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (181) |
| 图 261 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 初日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (181) |
| 图 262 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 终日平均日期(日序)                                             | ..... | (182) |
| 图 263 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (183) |
| 图 264 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (183) |
| 图 265 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (184) |
| 图 266 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (184) |
| 图 267 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (185) |
| 图 268 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (185) |
| 图 269 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (186) |
| 图 270 | B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 终日与 1961-1990 年比较(d)                            | ..... | (186) |
| 图 271 | 1961-1990 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 持续日数(d)                                                | ..... | (187) |
| 图 272 | A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d)                          | ..... | (188) |
| 图 273 | A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d)                          | ..... | (188) |
| 图 274 | A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d)                          | ..... | (189) |
| 图 275 | A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d)                          | ..... | (189) |
| 图 276 | B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d)                          | ..... | (190) |
| 图 277 | B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d)                          | ..... | (190) |
| 图 278 | B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d)                          | ..... | (191) |



|                                                                                                                      |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 图 279 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 持续日数与 1961-1990 年比较(d) .....                                 | (191) |
| 图 280 1961-1990 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) .....                       | (192) |
| 图 281 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (193) |
| 图 282 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (193) |
| 图 283 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (194) |
| 图 284 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (194) |
| 图 285 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (195) |
| 图 286 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (195) |
| 图 287 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (196) |
| 图 288 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 积温与 1961-1990 年比较( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ ) ..... | (196) |
| 图 289 1961-1990 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间降水量(mm) .....                                                     | (197) |
| 图 290 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (198) |
| 图 291 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (198) |
| 图 292 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (199) |
| 图 293 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (199) |
| 图 294 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (200) |
| 图 295 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (200) |
| 图 296 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (201) |
| 图 297 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间降水量与 1961-1990 年比较(mm) .....                               | (201) |
| 图 298 1961-1990 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....                              | (202) |
| 图 299 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (203) |
| 图 300 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (203) |
| 图 301 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (204) |
| 图 302 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (204) |
| 图 303 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (205) |
| 图 304 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (205) |
| 图 305 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (206) |
| 图 306 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间总辐射量与 1961-1990 年比较( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ) .....        | (206) |
| 图 307 1961-1990 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量(mm) .....                                                   | (207) |
| 图 308 A2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm) .....                             | (208) |
| 图 309 A2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm) .....                             | (208) |
| 图 310 A2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm) .....                             | (209) |
| 图 311 A2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm) .....                             | (209) |
| 图 312 B2 情景下 2011-2020 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm) .....                             | (210) |
| 图 313 B2 情景下 2021-2030 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm) .....                             | (210) |
| 图 314 B2 情景下 2031-2040 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm) .....                             | (211) |
| 图 315 B2 情景下 2041-2050 年日平均气温 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 期间潜在蒸散量与 1961-1990 年比较(mm) .....                             | (211) |

|                                                      |       |
|------------------------------------------------------|-------|
| 图 316 1961-1990 年平均初霜冻日(日序) .....                    | (212) |
| 图 317 A2 情景下 2011-2020 年初霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (213) |
| 图 318 A2 情景下 2021-2030 年初霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (213) |
| 图 319 A2 情景下 2031-2040 年初霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (214) |
| 图 320 A2 情景下 2041-2050 年初霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (214) |
| 图 321 B2 情景下 2011-2020 年初霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (215) |
| 图 322 B2 情景下 2021-2030 年初霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (215) |
| 图 323 B2 情景下 2031-2040 年初霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (216) |
| 图 324 B2 情景下 2041-2050 年初霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (216) |
| 图 325 1961-1990 年平均终霜冻日(日序) .....                    | (217) |
| 图 326 A2 情景下 2011-2020 年终霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (218) |
| 图 327 A2 情景下 2021-2030 年终霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (218) |
| 图 328 A2 情景下 2031-2040 年终霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (219) |
| 图 329 A2 情景下 2041-2050 年终霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (219) |
| 图 330 B2 情景下 2011-2020 年终霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (220) |
| 图 331 B2 情景下 2021-2030 年终霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (220) |
| 图 332 B2 情景下 2031-2040 年终霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (221) |
| 图 333 B2 情景下 2041-2050 年终霜冻日与 1961-1990 年比较(d) ..... | (221) |
| 图 334 1961-1990 年平均无霜期(d) .....                      | (222) |
| 图 335 A2 情景下 2011-2020 年无霜期与 1961-1990 年比较(d) .....  | (223) |
| 图 336 A2 情景下 2021-2030 年无霜期与 1961-1990 年比较(d) .....  | (223) |
| 图 337 A2 情景下 2031-2040 年无霜期与 1961-1990 年比较(d) .....  | (224) |
| 图 338 A2 情景下 2041-2050 年无霜期与 1961-1990 年比较(d) .....  | (224) |
| 图 339 B2 情景下 2011-2020 年无霜期与 1961-1990 年比较(d) .....  | (225) |
| 图 340 B2 情景下 2021-2030 年无霜期与 1961-1990 年比较(d) .....  | (225) |
| 图 341 B2 情景下 2031-2040 年无霜期与 1961-1990 年比较(d) .....  | (226) |
| 图 342 B2 情景下 2041-2050 年无霜期与 1961-1990 年比较(d) .....  | (226) |



# 第1章 农业气候资源

农业气候资源主要有辐射(光)资源、热量资源和水分资源等,一地农业气候资源的数量及其配置决定了该地农业生产的基本状况,农业气候资源是开展农业气候区划、农业种植制度、作物布局、农作物品种配置的重要依据。因此,系统和全面了解我国农业气候资源在气候变化背景下的演变趋势,对我国农业的可持续发展具有重要的意义。

## 1.1 农业气候资源的基本概念和特征

农业气候资源指对农业生产有利且直接参与农业生产过程的光照、温度、水分、气流和空气成分等条件及其组合。农业气候资源的主要特征是:①农业气候资源是一种取之不尽的资源。由于日地位置及其运动特点和地球生态系统的相对稳定性,形成了各种气候的无限循环性,光、热、水、气等农业气候要素不断循环和更新,成为一种取之不尽、用之不竭的可再生资源。②农业气候资源具有明显的时空变化规律。农业气候资源在地球表面上呈现出有规律的不均匀分布,光、热、水资源的数量一般由赤道向两极递减,且由于地球表面的不均匀性和生态系统的复杂性,形成了地球上多种多样的农业气候资源类型,从而形成了全球范围内农业生产类型的多样性。农业气候资源还随天气、气候不断变化,在明显周期性变化特点之上叠加较大的不稳定性,导致农业气候资源年际间的变化,从而引起作物产量的波动。③农业气候资源要素的整体性和不可取代性。农业气候资源的整体性是由于农业气候条件作为一个系统与农业生产相互作用的特征决定的,农业气候资源要素之间相互依存和相互制约以及不可替代性,构成了农业气候资源的整体性。对同一农业生产类型来说,任一有利的农业气候要素不能因其有利而替代另一不利农业气候条件,如干旱地区,光、热资源充足,水分缺少,但不会因光、热资源充足就可替代水分不足对农业生产的不利影响,即农业生产对农业气候资源要素的要求缺一不可,要素之间是不可取代的。④农业气候资源的有限性和可改造性。虽然农业气候资源总体上看是一种取之不尽、用之不竭的可再生资源,但就一定的时空来说又是有限的,因而各地的农业生产不仅类型不同,还有季节性限制,所以,必须因地制宜,不误农时,才会有较好的收成。在现有的生产力水平下,人类主要通过以应用为主利用农业气候资源,只能在有限的范围内,才能施加积极的影响。如通过修建水库、植树造林、温室大棚、地膜覆盖和人工增雨等调节和改善局部地区的农业气候资源状况。但是,人类不合理的活动,例如,砍伐森林、破坏自然植被、破坏生态系统平衡等,也会使整个自然环境,特别是农业气候资源受到影响。



### 1.2 农业气候资源的主要数量指标

农业气候资源指对农业生产有用的气候条件,是影响农作物生长发育和产量形成的最主要的外界因素之一,主要包括光能资源、热量资源、水分资源等。表征光能资源、热量资源、水分资源的主要数量指标有<sup>[1]</sup>:

#### 1.2.1 光能资源

光能资源来源于太阳辐射,它是地球上一切物理过程的能源和动力,是维持地球上一切生命的基础,更是地球上大气环流、天气和气候形成的根源。主要的表征指标有:太阳总辐射、直接辐射、散射辐射、地面反射辐射、地面有效辐射、净辐射、光合有效辐射、日照时数和日照百分率等。

#### 1.2.2 热量资源

热量是农作物生命活动所不可缺少的环境因子,作物的生长发育需要在一定的温度条件下进行,而且只有当热量累积到一定程度,作物才能完成其生命过程,并获得经济收益。热量条件还在很大程度上决定了当地的自然景观、所能栽培的作物种类、耕作制度以及各种农事活动,它是农业生产中最重要的环境因子之一。热量资源的表示方法可分为3类:一是用时间长度来表示热量资源,常用的指标有无霜期、生长季以及日平均温度 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 、 $3^{\circ}\text{C}$ 、 $5^{\circ}\text{C}$ 、 $10^{\circ}\text{C}$ 、 $15^{\circ}\text{C}$ 、 $20^{\circ}\text{C}$ 的初日、终日和持续日数等;二是用温度强度来表示热量资源,通常用年平均气温、最热和最冷月平均气温、极端最高和极端最低气温、年绝对最低气温、气温年较差、气温日较差等;三是用热量的累积程度表示热量资源,包括活动积温、有效积温、大于某一界限温度的积温等。

#### 1.2.3 水分资源

水分资源即水资源,是指能被人类直接利用的地表水和地下水。对于一个地区来说,水分资源包括大气降水、土壤水、地表径流和地下水4个部分,其中大气降水直接补给土壤水和地表径流,也间接影响地下水,是水资源的根本来源。水分资源与光能资源、热量资源配合的适宜程度决定了农业气候资源的优劣和农业生产水平的高低。表征水分资源的主要指标有:降水量、降水变率、降水日数、雨季开始日、空气水汽压、相对湿度、蒸发量、蒸散量、干燥度和土壤湿度等。