

气象多棱镜

气象人说气象故事

中国气象局办公室 编



气象出版社
China Meteorological Press

气象多棱镜

气象人说气象故事

中国气象局办公室 编



图书在版编目 (CIP) 数据

气象多棱镜：气象人说气象故事/中国气象局办公室编. --北京：气象出版社，2016.12
ISBN 978-7-5029-6460-3

I. ①气… II. ①中… III. ①气象学 IV. ①P4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 270121 号

Qixiang Duolengjing——Qixiangren Shuo Qixiang Gushi

气象多棱镜——气象人说气象故事

中国气象局办公室 编

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

邮政编码：100081

电 话：010-68407112（总编室） 010-68409198（发行部）

网 址：<http://www.qxcbs.com>

E - mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑：颜娇珑

终 审：邵俊年

责任校对：王丽梅

责任技编：赵相宁

封面设计：楠竹文化

印 刷：中国电影出版社印刷厂

开 本：710 mm×1000 mm 1/16

印 张：12.5

字 数：168 千字

版 次：2016 年 12 月第 1 版

印 次：2016 年 12 月第 1 次印刷

定 价：38.00 元

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。

目 录

CONTENTS ■

丁一汇说气候变化 / 1

走近丁一汇 / 1

地球气候已经发生了什么样的变化? / 5

气候变化的影响是什么? / 18

李维京说气候预测 / 26

走近李维京 / 26

气候预测都预测什么 / 29

气候预测对国民经济的影响 / 34

张兴赢说卫星气象 / 39

走近张兴赢 / 39

气象卫星与卫星气象 / 43

星眼看地球 / 52

龚山陵说雾与霾 / 68

走近龚山陵 / 68

辩证看待中国的雾与霾 / 70



国内外治理雾-霾的经验 / 76

德力格尔说大气本底气象观测 / 83

走近德力格尔 / 83

小站连着大挑战 / 86

一条缓慢上扬的大气二氧化碳曲线 / 95

云端人生 / 98

乔林说重大气象保障服务 / 101

走近乔林 / 101

把握机遇谋发展 服务盛事创辉煌 / 103

纪念活动气象服务保障 / 111

赵海军说天气预报技能 / 119

走近赵海军 / 119

如何练就天气预报硬本领 / 120

杨晓丽说气象观测技能 / 133

走近杨晓丽 / 133

天气是一本读不完的书 / 135

观测情·气象梦·人生路 / 146

广东省气象局说气象灾害防御 / 150

走近广东气象 / 150

“大应急”思维融入灾害治理 / 153

筑牢防灾减灾第一道防线

——广东防范台风“妮妲”气象服务纪实 / 162

上海市气象局说气象现代化建设 / 167

走近上海市气象局 / 167

上海气象现代化建设发展历程 / 168

三沙市气象局说海岛气象服务 / 181

走近三沙市气象局 / 181

南海气象服务 / 187

一次重要的服务过程 / 190



丁一汇 说气候变化

走近丁一汇

2016年初，在广州召开的热带气象与海洋科学技术国际研讨会上，中国工程院院士丁一汇指出：“在2016年，南方尤其是长江中下游降水将明显偏多，出现严重洪涝灾害的概率大。在异常强降水偏多的背景下，还要密切注意极端强降水事件的发生。极端气候事件是和气候变化密切相关的，气候变化以后，它不但影响我们的平均气候，就是每年春夏秋冬的温度都在升高，同时还会导致极端的高温、极端的寒冬的频率也在增加。”

入夏以来，南方接连的暴雨灾害一一印证了丁一汇的判断，这样的判断无疑为国家灾害救援提供了预警和指导，更是凝聚着丁一汇多年的心血与汗水。

几经周折 如愿进入北京大学物理系

说起丁一汇与气候研究结缘，那可有点插曲。1938年中国抗战的第二个年头，丁一汇出生在安徽亳县。之后，随担任教师的父母辗转到南京、上海，并在上海完成了高中学业。那时候的丁一汇，一门心思喜爱物理。

“我印象比较深的是我的高中物理老师。这个物理老师课讲得特别好，让我受到了很大的启发，对这个世界的自然变化规律和道理认知的大门都是这个老师给我打开的。”

出于对物理的热爱，丁一汇报考了北京大学物理系，但命运却和他开了个玩笑。

“检查身体的时候，查出我有弱的色盲，是不能去念物理系的。所以当时学校告诉我不能报物理专业，但是可以报另外一个专业——气象专业，也是北大物理系的。”

就这样，丁一汇被北京大学物理系气象专业录取，从此开启了半个多世纪与气象气候打交道的故事。

“气象学包含了真正的大气的长期的规律：东风、西风一年四季在吹，这是什么道理？海洋是怎么变的，如何影响大气？太阳又怎么影响我们地球上的气候？五十万年的周期，这个周期为什么会有冰期、间冰期？越来越有兴趣，因此我就爱上这个专业了。”

大学毕业后，丁一汇考入中国科学院地球物理所，之后，就一直留在地球物理所，那时候，丁一汇研究的方向竟有些神秘。

“这是军事方面的一个任务。因为美国的卫星已经发射了，它能够拍各种各样的云，可以追踪这些天气系统的移动，咱们没有啊。那时候就要制造仪器设备，研究怎么接收资料，怎么用这个资料，用在我们的天气预报和军事气象里面。”

卫星气象预报，在当时的国内还是一片空白。丁一汇和研究小组用了两年的时间，不仅摸透了原理，还制造出接收仪器。后来推广到全国。

走出国门 领略气候研究的前沿发展

1979年中美建交，新中国开始向美国派遣留学生，丁一汇成为赴美的一批成员。当走出国门，接触到世界气候研究领域的前沿发展后，丁一汇深受影响。

“主要有两个原因。第一个原因，当时是厄尔尼诺年。厄尔尼诺当时

已被知晓是影响气候的一个重大信号。把这个信号、这个因果关系弄清楚，对气候、气候变化，是一个非常有力的强迫力量。第二个原因，对我影响比较大的，是美国当时已经开始研究气候变化了。”

留美之行让丁一汇获益良多，同时，他也被中美两国在气候研究上的差距深深刺痛。1982年回国后，丁一汇开始全身心投入到气候变化的研究中。由此，中国的气候研究走上了快车道。

当仁不让 任南海季风试验首席科学家

在此后的十几年里，丁一汇辗转在各气象研究部门，但始终处在中国气候研究的第一线。随着东亚气候研究的深入，丁一汇发现在东亚地区，影响气候的主要就是雨季的季风，也就是南海季风。

“中国雨季的格局，决定于季风的来回季节性跳动。如果它发生了异常（比如说6月中要跳到长江流域，若不跳，那就异常），长江流域就没雨，就干旱。所以我们感觉到这就是中国气候的核心问题之一，它不解决，就甭想做好气候预报。因此，我们提出了南海季风试验。”

南海季风试验，在当时是一个国家重大项目，它涉及南海周边多个国家和地区。在中国科学院和中国气象局两家的推动下，国家批准了这一重大研究项目。在有关部门的协助下，南海季风试验，于1995年正式开始。由于南海季风影响到东亚的多个国家和地区，由此，这一由中国牵头的项目，成为一项良好的国际性合作项目。

南海季风试验，共有14个国家和地区参与。在连续几个月的试验中，作为首席科学家的丁一汇，带领项目组获取了大量的数据，取得了许多重要研究成果。

“从那以后，我们对南海季风才真正达到比较深厚的认识，它确实就是一个中国季风暴发的信号，大规模地从实践上推动了对季风的研究。现在中国对季风的研究，已经达到国际先进水平。”

勇往直前 奠定中国在国际气候界领先地位

就在南海季风试验筹备进行的同时，另一项重要任务又落在了丁一汇肩上。随着中国经济社会的发展，对气候变化等预测预报的要求，国家气候中心的建立水到渠成。而丁一汇，成为了国家气候中心的第一位主任。

国家气候中心成立后，在国家大力支持下，中国气候界开始研究气候模式系统。这是当年重中之重的大项目，吸纳了七百多名科学家，其中骨干教授、副教授就有七十多名。丁一汇出任这一项目的首席科学家。

“当时我主要是做了两个首席，同时进行的，还有 IPCC（政府间气候变化专门委员会）的主席。那个时候因为我精力比较充沛，身体也比较好，都能对付下来。”

如果说南海季风试验，气候模式系统研究，使中国气候研究领域实现了许多从无到有的新突破，那么，丁一汇几次代表中国参加气候评估大会，并在会上先后被推选为副主席、主席，并获连任，更是奠定了中国在国际气候界的领先地位。而这一地位，保留至今。

主动请辞 当起了一名快乐的教书匠

2000 年，从未放慢过脚步的丁一汇，猛然发现，自己竟已 62 岁。他主动申请退去领导职位，当起了一名快乐的教书匠。

“我在中国科学院大学一个礼拜上一堂两小时或三小时的课，我自己也感到很高兴。也一两百个学生吧，大课，我也能不用麦克风，讲课声音很洪亮。其他时间再做些报告，参加些会议。我也觉得晚年了嘛，能做点事也算不错。”

2005 年，丁一汇被评为中国工程院院士。作为一名满载盛誉的院士，

丁一汇却说自己需要学习的还有很多。

“我觉得所谓‘院士’这个称呼，当然很重要，说明对你这个人的认可，这个我很高兴，应该说也是一个荣誉。但是，在很多实际场合，我自己感觉到，还有很多知识的缺陷。”

如今的丁一汇，早已过了古稀之年，但他仍坚守在自己热爱的事业上。时光也没能磨尽他的锐气和精力。或许是他笑看风云的性格，拖慢了岁月的脚步；或许是他已把生命投入到千变万化的大气研究中去，胸怀也如浩渺无际的烟云，变得无限开阔。

..... (转引自科普中国《科技名家风采录》)

地球气候已经发生了什么样的变化？

气候变化科学是典型的发展中学科，这是因为气候系统极其复杂，目前人们的认知水平也有限，还不足以回答涉及气候变化的所有重要科学问题，包括人类强迫因子和自然因子对气候变化的作用与相对重要性以及气候突变的原因等，并且地球的气候会不断出现新的现象和变化，这是一个重大的挑战。只有继续加大大气气候变化科学研究的广度和深度，不断改进和提高认知水平，才能从根本上认识气候变化的规律，从复杂的现象中理解其本质，并掌握地球气候变化的未来。

🔦 什么是天气、气候和气候变化？

在了解气候变化之前必须知道什么是天气，它与气候和气候变化有什么不同。

天气是指在短时间内（1~3天）发生的天气现象，如暴雨，大风，

雷暴，高温等。气候一般是指平均天气，平均时段一般需 30 年或以上。因而天气与气候是相互关联和交织在一起的。人们观测和感觉到的是天气变化。虽然天气与气候是密切相关的，但它们又有重要的差别。人们会常问：（1）可以预测未来 50 年或 100 年的气候，但为什么不能准确预测未来几星期的天气，这是人们经常感到迷惑的事，实际上是由于引起天气和气候变化发生的基本原因不同所致；（2）在全球变暖条件下，仍会发生寒冷的冬天或出现明显降温的地区和时段，这也是人们经常感到不解的事情。细看图 1，将会得到清楚的了解。假定某一地区或地点的温度多年平均条件下呈正态分布。在平均温度处出现的概率最大，偏冷和偏热的天气出现的概率较小。极冷或极热的天气（一般在 2 倍标准差（ σ ）以上）出现的可能性很小或没有。假如由于气候变暖的作用，平均值增加了某一数值（见图 1（a）中水平箭头向右移动），这时偏热天气出现的概率将明显增加，并且原来从不出现的极热天气现在也可以出现了（见图 1（a）的最右端，现在也具有一定的概率值，虽然很小）。相反，偏冷天气出现的概率将大大减少。图 1（b）则说明平均值不变，但离差增加后，会造成更多的偏冷或偏热天气，更多的极热或极冷天气。可以看到这几类天气的出现概率都比先前气候条件下的出现概率增大了。图 1（a）与（b）不但说明了气候变化可以由气候平均值或离差的变化引起，而且也清楚地说明了气候变化与极端天气事件出现的关系。图 1（c）说明平均值与离差都发生变化时的情况。这主要是因为天气与气候是密切关联的，当代表气候的平均值发生变化时，总是导致冷热的极端天气发生频率的变化。但当对天气做时空平均值，就可以明显地突现出全球变暖的事实。

气候变化和气候变率

从统计学上，气候变化是指气候平均状态和离差（距平）两者中的一个或两个一起出现了统计意义上显著的变化。离差值越大，表明气候变化的幅度越大，气候状态不稳定增加。简单地说，它实际上是表征了

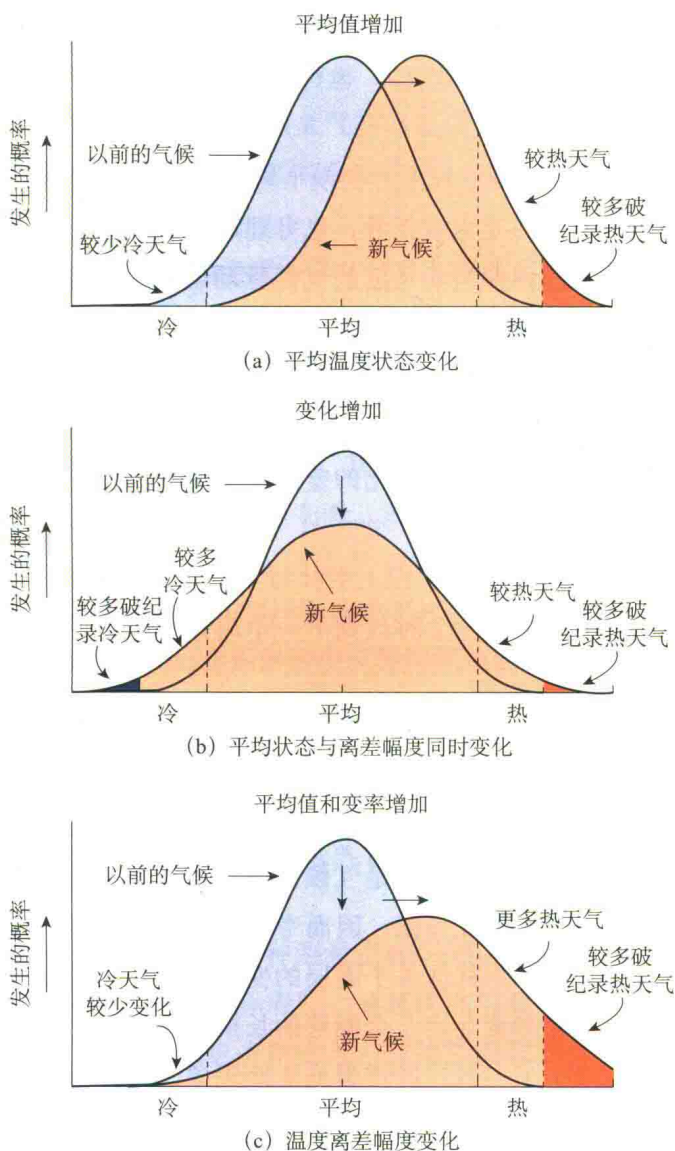


图 1 平均值变化或离差值变化的关系 (引自 IPCC, 2001)

能持续相当长一段时期的气候态的改变或变迁，如由偏冷的状态转为偏暖的状态或少暴雨期变为多暴雨期，故有人也叫气候变迁。气候变化可

以由自然的原因引起，也可以由人类活动的原因造成（《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）的定义），也可以由自然与人类活动的原因共同引起（IPCC 的定义）。

气候变率是指所有时空尺度上气候平均态或其他统计量（如标准差，极端事件发生频率）的变化或变异，也可理解为在一个长期气候变化趋势或平均态上迭加的各种时间尺度的气候脉动或距平的变化。它有年代际、年际、年、季、季节内与高频变化。有局地尺度、区域尺度、大陆尺度和全球尺度。气候变率经常导致一段时间内天气与气候的异常。它可以是大气内部的变率（动力学引起），也可由自然的和人类活动产生的外强迫引起。气候变率和气候变化的差别主要是语义上的：如所关注的变化发生在某一特定时段（如 20 世纪），则称其为该时段内的气候变率；如涉及两个连续时代（如 20 世纪上半叶与下半叶）的差异（气候态或离差）的变化，则被称为从一个时代到下一个时代的气候变化，如冰期与间冰期。

气候系统

气候系统是指地球的大气圈、水圈（包括海洋）、冰冻圈、生物圈、岩石圈 5 个圈层的统称。它们既是气候系统中各自独立的圈层，又在气候系统内部发生着密切相互作用。因而考察全球气候变暖不仅要观测大气圈的变化，还需要观测其他各个圈层的变化。科学家们设计了几十个定量的指标来监测和测量上述 5 个圈层的长期变化，以此共同来确定地球上的气候是否产生了一致性的增暖或变冷现象。由此得到的结果才能令人信服或被称为“不争的事实”。

气候变化研究的主要结果是什么？

通过 IPCC 组织了全球相关领域的众多科学家在过去 25 年间对全球

气候变化所做的五次评估报告表明，至少得到下列 6 个方面的重大成果或共识：

1. 近百年全球地表和对流层大气的温度明显升高，即全球气候变暖是全面分析多种观测数据所得到的确定结论，且已得到国际社会和科学界的广泛认同。

2. 近 15 年发生的气候变暖停滞并没有改变近百年全球气候变暖的总体趋势，个别地区、某个时段，甚至半球尺度出现的冷事件只是气候自然波动的表现，它主要影响气候变暖增温的速率。

3. 自然因素和人类活动都能使气候发生变化，人类活动是 20 世纪后半叶以来全球气候变暖的主要原因，其可信度很高。

4. 预计 21 世纪全球将持续变暖，极端事件频率、持续时间和范围增加。

5. 气候变化对自然系统和社会系统都产生了重要影响。未来的影响利弊共存，但弊大于利，负面影响程度将加深加重。

6. 2°C 增温被确认为全球气候未来增暖的阈值。这种广泛共识的科学结论已成为人类适应气候变化和制定减排战略与行动的共同目标。

● 我们如何知道近百年全球气候在变暖？

由观测气候系统变化的多种测量指标表明：近百年全球气候变化主要表现为全球变暖。这些指标表明：全球陆面气温不断上升，海表温度不断上升，海洋上的气温也不断上升，对流层温度上升，海洋中上层热含量增加，大气比湿或水汽含量增加，海平面明显上升并呈现加速趋势，夏季北极海冰快速融化，北半球春季积雪区明显减少，全球冰川面积和质量迅速减少等。图 2 直观而简明地描绘了上述气候系统多种测量指标的长期变化情况。

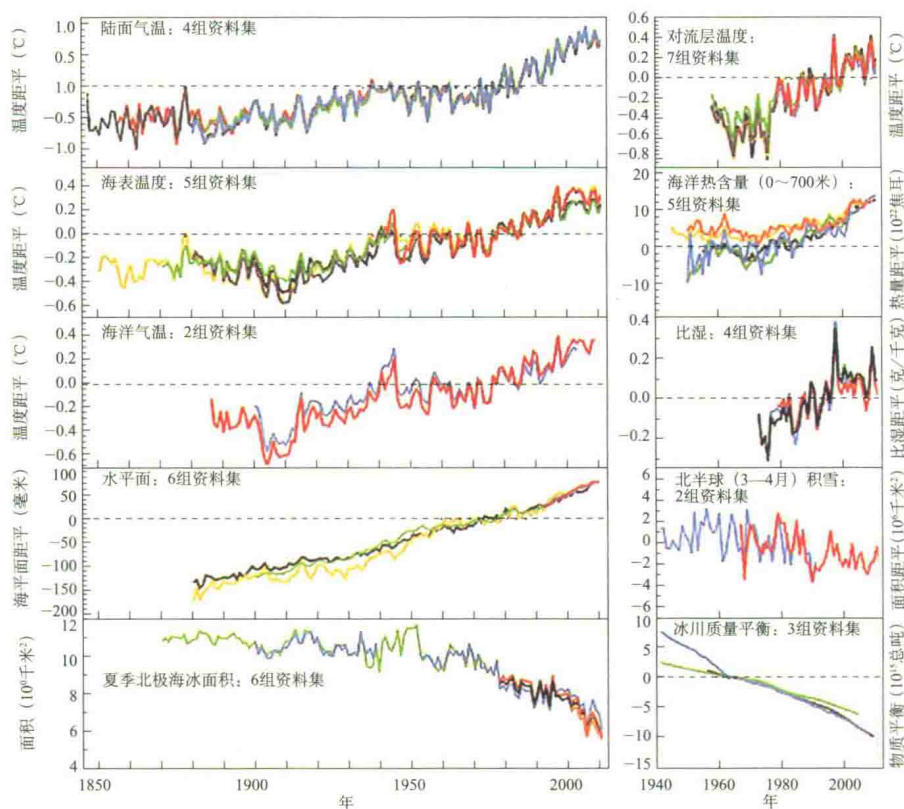
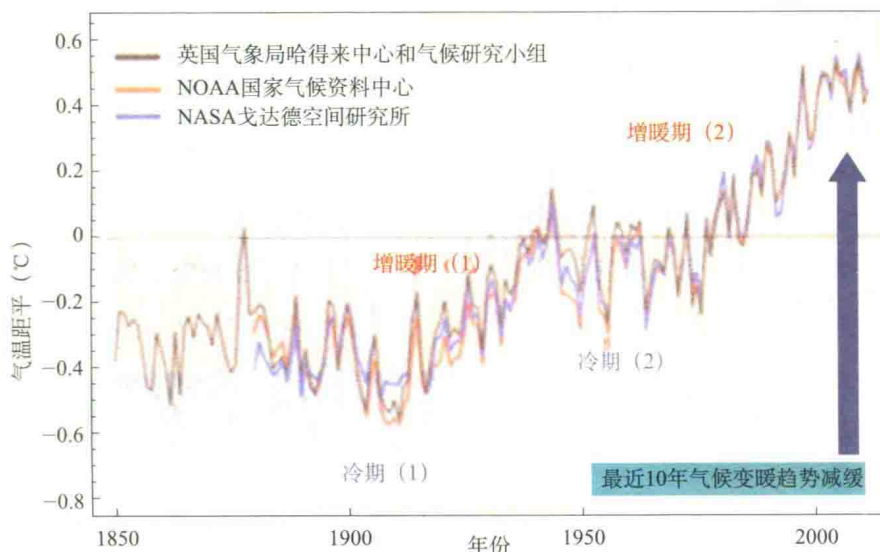


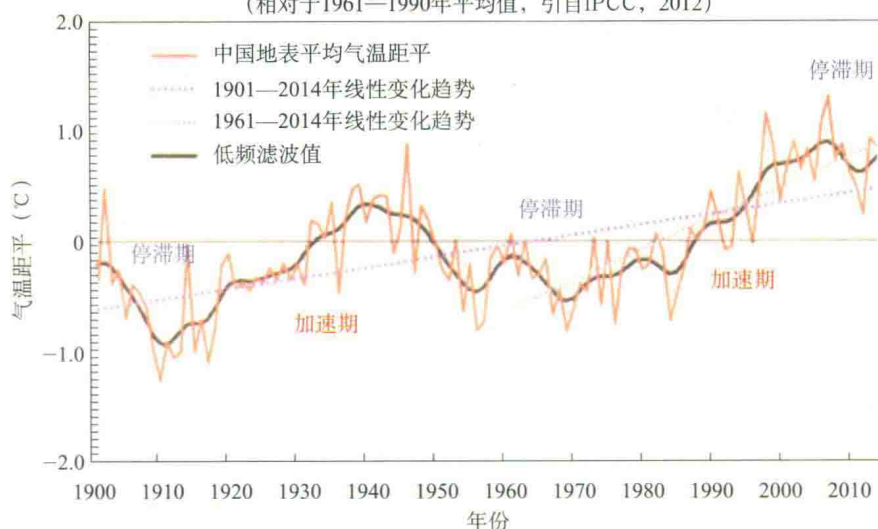
图2 全球气候系统各圈层观测到的多种指标变化 (引自 IPCC, 2013)

其中，需要重点指出下述几个方面：

1. 全球百年地表（陆面加海洋）气温的变化表现出明显的增温趋势（图3）。全球气候变暖趋势是真实的，不但大气在增温，而且整个气候系统都在增温。同时大气中 CO_2 等温室气体浓度也不断上升。但在百年的增温曲线上还迭加有长周期（60~80年）和短周期（数年）的脉动。近百年经历了2次快速升温期和2次升温停滞期。因而更确切地说，全球气候变化是在冷暖波动中不断升温的。从1998年开始，全球变暖又进入趋缓或停滞期。



(a) 1850—2012年全球地表年平均气温距平变化
(相对于1961—1990年平均值, 引自IPCC, 2012)



(b) 1901—2014 年中国地表年平均气温距平变化 (引自国家气候中心, 2015)

图3 地表年平均气温距平变化