

“第三极环境(TPE)”国际计划 ——应对区域未来环境生态重大挑战问题的国际计划^①

姚檀栋

(中国科学院青藏高原研究所,北京 100101)

摘要:以青藏高原为核心的世界第三极地区,是全球最独特的地质—地理—资源—生态耦合系统之一,对中国、北半球乃至全球环境变化具有重要的影响。同时,第三极地区对全球环境变化及周边人类活动的影响亦有敏感响应,同南极和北极一样受到科技界的高度重视。2009年,“第三极环境(Third Pole Environment, TPE)”国际计划正式启动。该计划以“水—冰—气—生—人类活动”之间的相互作用为主题,旨在解决第三极地区过去环境变化的时空特征、冰圈与水圈相互作用及其灾害过程、生态系统对环境变化的影响和响应、人类活动对该地区环境变化的影响及该地区环境变化的适应对策等科学问题,以揭示第三极地区环境变化过程与机制及其对全球环境变化的影响和响应规律,从而提高这一地区人类对自然的适应能力和实现人与自然和谐相处服务。该计划自启动以来,以TPE科学委员会及TPE项目办公室为依托,有效执行各种实施方案,已经在第三极冰川变化、季风与西风相互作用、台站建设、数据共享及人才培养等方面取得了很大的进展。今后,将进一步扩展研究领域和研究地区,与未来地球计划(Future Earth)相对接,为第三极地区生态环境改善和社会经济发展作出更大贡献。

关键词:第三极环境(TPE)计划;青藏高原;环境变化;生态系统

doi: 10.11820/dlkxjz.2014.07.003

中图分类号:X144

文献标识码:A

1 引言

世界第三极地区(Qiu, 2008)以青藏高原为核心,西起帕米尔高原和兴都库什地区、东到横断山脉,北起昆仑山和祁连山、南至喜马拉雅山,面积约500多万km²,平均海拔超过4000 m(图1)。现在,这一地区已同南极和北极一样,日益受到重视(马耀明, 2010)。第三极地区包含了从海洋到最高的山地、水体到冰冻圈,地球系统所具有的所有元素,为全球最独特的地质—地理—资源—生态耦合系统之一,也是研究地球子系统的理想之地。第三极地区是全球最高、最大、最年轻的高原,包含了地球系统的6个圈层(包括人类活动),一方面它很敏感,各种环境因子处于脆弱的平衡态,某些微小变化可能就是一系列重大变化的关键“开关”;另一方面在该地区并存着深部—浅表、陆地—大气、冰圈—水圈、生物—土壤等多种过程及其相互作用(图1),任何

一个圈层的变化都可能导致地球系统的连锁反应,是开展综合集成研究的理想区域(马耀明, 2012)。

第三极地区作为一个独特的地域单元,在长时间尺度和大空间范围上对中国、北半球乃至全球气候环境系统具有重要影响。它是影响亚洲季风及中国气候异常和气候变化的关键区域(叶笃正等, 1979; 周明煜等, 2000; Wu et al, 1998; Ma et al, 2006)。高原地表荒漠化可能为黄土高原甚至北太平洋输送大量沙尘,这不仅引起东北亚地区频繁的沙尘暴事件,更可能导致太平洋的海洋生物发生变化,从而影响全球气候条件和生物地球化学循环(Kim et al, 2001; Gong et al, 2003; Jaffe et al, 2003)(图2)。

第三极地区自身的变化对全球环境变化表现出敏感响应,特别是其独特的冰冻圈过程(姚檀栋, 2012)。冰川的大规模融化和湖泊的消长对气候变化的响应非常敏感,这会对区域甚至全球尺度

收稿日期:2014-07;修订日期:2014-07。

基金项目:国家自然科学基金项目(40830638, 41101061)。

作者简介:姚檀栋(1954-),男,甘肃通渭人,中国科学院院士,主要从事冰川与环境研究, E-mail: tdyao@itpcas.ac.cn。

① 本文系根据作者2014年4月25日在“生态大讲堂”所作报告记录整理而成。

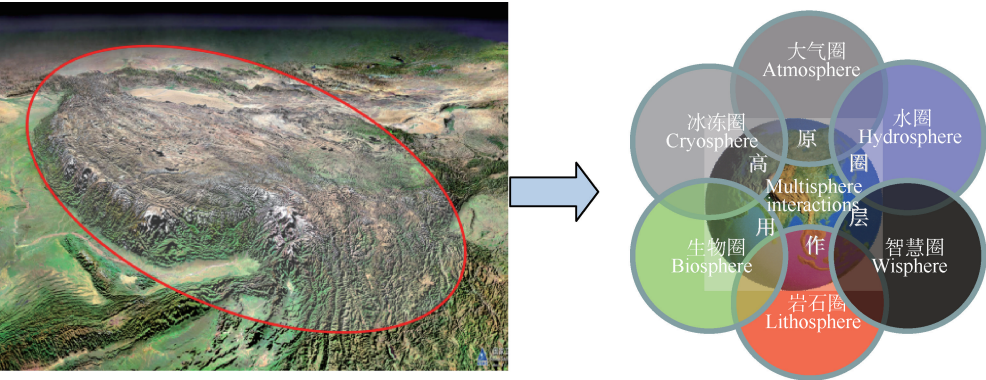


图1 第三极地区的空间范围及其包含的相互作用的多个圈层

Fig.1 The spatial scope and interactional multi-spheres of the Third Pole region

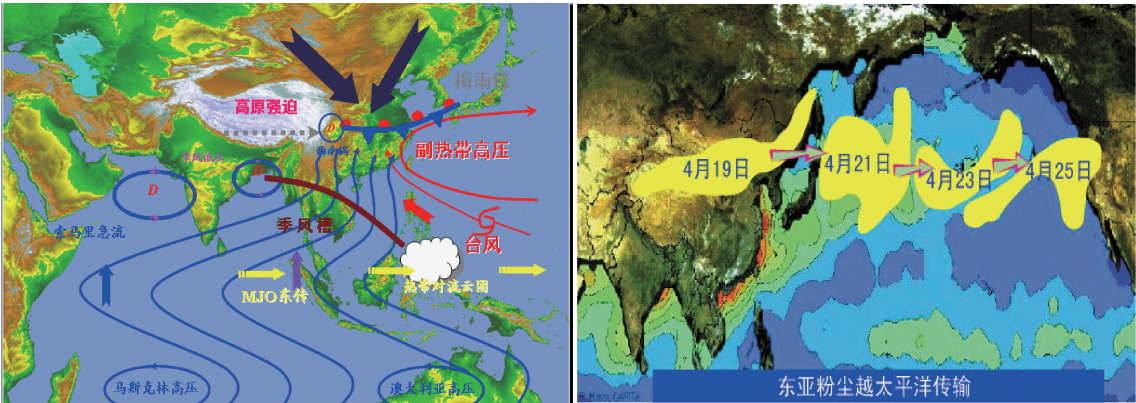


图2 第三极地区环境变化对全球环境的影响(左图改编自张祖强的PPT报告)

Fig.2 Influences of environmental changes in the Third Pole region on the global environment
(left panel is adapted from Zuqiang Zhang)

的环境造成很大的影响。冰川的大量消失和地表水体面积的大幅增减会引起地表反射率的改变,从而极大地影响高原区域的气候过程和环流运动,并直接影响到地表的水文过程。这里的冰川孕育着亚洲几大河流,其变化将会影响到周边十多个国家(姚檀栋等, 2010)。高原大面积的多年冻土退化,一方面使得其储存的大量 CH_4 和 CO_2 释放,加剧温室效应的进程,另一方面将会对生态、环境和工程建设产生重要影响。

同时,该地区地表生态系统分布格局和功能对全球变化的适应平衡关系十分脆弱。在严酷的气候条件下,高原地区的生态系统影响因子经常处于脆弱平衡的临界阈值状态,环境变化的微小波动都可能打破这种平衡、突破阈值,导致地表生态系统格局、过程和对环境的适应方式发生改变。如气候变暖导致冰川退缩,引起冰川湖的出现和部分湖面

上涨,草场淹没,严重影响农牧业生产,甚至可能造成区域性地质灾害,并关系到深层次敏感的国际关系。另外,周边地区的人类活动也越来越明显地加剧着环境的恶化(中国科学院学部, 2009)。

无论是出于科学发展的需求,还是社会经济发展和国家安全的需要,第三极地区在全球生态环境研究中都非常重要。近几十年来,国内外诸多研究机构及科学家为第三极地区的环境研究付出了很大的努力。在中国,20世纪70年代由孙鸿烈院士领导的科学大考察,揭开了中国科学家研究青藏高原的新篇章,为青藏高原的研究从考察时代向台站观测时代的转变,从单纯的考察到解决科学问题的过渡奠定了基础(中国科学院青藏高原综合科学考察队, 1974)。90年代的攀登计划,开始了以重点区域、重点过程为目标的观察研究,并且这一阶段的观察研究提出了4个转变:①从面上观察转变到定

点研究;②从定性研究转变到定量研究;③从静态研究转变到动态研究;④从单学科研究转变到综合集成研究(孙鸿烈等, 1989)。此时,野外台站观测逐渐成为项目实施的重要支撑,陆续建成了拉萨站、海北站等十几个综合观测研究台站(图3),使得第三极地区环境的观测研究实力进一步增强。

中国科学家一代代不懈的努力使得中国青藏高原研究在国际上的地位不断提高。据统计,在2000年初,中国青藏高原研究的论文发表量和被引频次在世界上排名第三,现在已经上升到世界第一(图4-6)(张燕等, 2011)。

在国际上,自20世纪80年代中国打开国门之后,从最早的过程研究到后来的台站研究,青藏高原一直是个热点。90年代由意大利科学家主导的金字塔计划(The Pyramid Program),在喜马拉雅山南坡海拔5000 m地区建立了第一个具有国际影响的台站,进行长期的实验观测,开展了多领域的研

究。自2003年开始,由德国科学基金会批准的一项为期6年的青藏高原研究计划——青藏高原隆升与环境及生态系统研究计划(Tibetan Plateau-Uplifting, Environmental Changes and Ecosystem-TiP),通过与中方开展一系列合作研究项目,旨在对青藏高原的隆升过程、环境变化以及生态系统的特点和变化趋势获得比较全面深入的认识。

第三极地区的科学研究无论是在国内还是国外都已经达到了一个新的阶段。这种情况下,2009年,由本文作者倡议,中国科学家主导的“第三极环境(TPE)”国际计划,在国家自然科学基金委和中国科学院有关部门的支持下正式启动。该国际计划旨在解决第三极地区环境变化方面具有挑战性的科学问题,建立区域发展知识支撑体系以及TPE研究的国际人才团队和平台。这对弄清楚第三极地区环境变化规律及导致其变化的原因,进而将第三极地区环境研究的成果应用于区域经济社会发展和国家安全需求非常重要。本文就TPE国际计划的科学研究目标、运行机制与组织机构、实施方案、目前研究进展及未来发展等方面对作一概要介绍。



图3 第三极地区综合观测研究台站的空间分布
Fig.3 Distribution of the stations for comprehensive research and environmental observation in the Third Pole region
(1海北站;2 藏北高原站;3 贡嘎山站;4 林芝站;5 拉萨站;6 纳木错站;7藏东南站;8 珠峰站;9 慕士塔格站;10 阿里站;11 北麓河站;12 玛沁站;13 羊卓雍错站;14 玉龙雪山站)

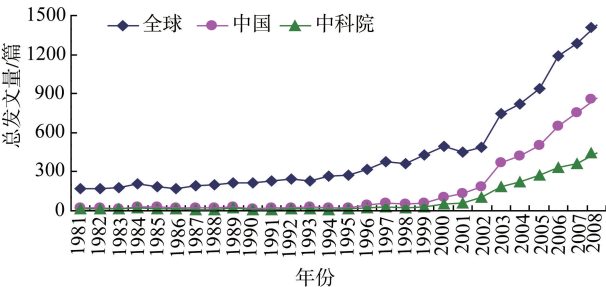


图4 过去30年间国际上研究青藏高原文献增长曲线
Fig.4 Literature on research of the Tibet Plateau internationally in the past 30 years

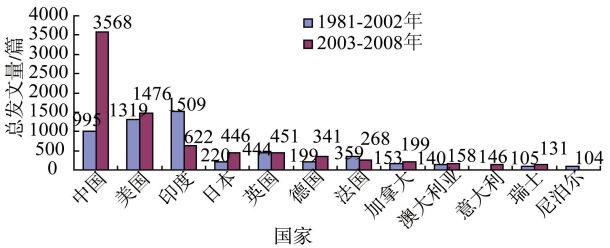


图5 1981-2002 和 2003-2008 年部分国家(地区)发表青藏高原文献数量
Fig.5 The number of literature on Tibet Plateau published in China and other countries in 1981-2002 and 2003-2008

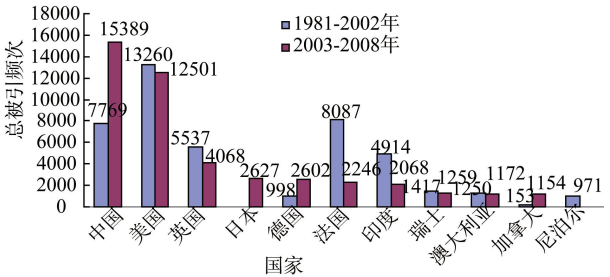


图6 1981-2002 和 2003-2008 年部分国家(地区)青藏高原文献总被引频次
Fig.6 Total citations of literature on Tibet Plateau published in China and other countries in 1981-2002 and 2003-2008

2 TPE国际计划的科学目标与科学问题

2.1 科学目标

TPE国际计划的总体科学目标为:通过实施以中国科学家为主导的TPE研究计划,联合中外相关科研机构和科学家,围绕第三极地区“水—冰—气—生—人类活动”相互作用这一主题,通过实地观测、数值模拟、卫星遥感和数据同化等途径,揭示第三极地区环境变化过程与机制及其对全球环境变化的影响和响应规律,为提高人类对环境变化的适应能力、实现人与自然的和谐相处服务(TPE Science Committee, 2009)。在该总体目标的指导思想下,还制定了相对应的近期目标、中期目标和长期目标:

(1) 近期目标。主要有以下5个方面:①举办系列国际会议,组织、实施、完善TPE计划。使这一多国联合的、区域性的国际计划的科学问题不断创新、科学成果不断涌现、科学人才不断成长;②通过同尼泊尔和塔吉克斯坦合作,组织科学考察;③通过与国际山地综合发展中心(International Centre for Integrated Mountain Development, ICIMOD)合作,实现南坡计划、神山圣湖计划等;④通过在尼泊尔、巴基斯坦和塔吉克斯坦新建两个国际综合观测研究站,将现有的“中国青藏高原综合观测研究平台(Tibetan Observation and Research Platform, TORP)”扩展到国际第三极环境观测研究平台(TPED);⑤建立TPE国际计划网站和TPE国际青年人才培养基地,实现TPE研究成果向公众和青年科技人才的转移。

(2) 中期目标。主要有以下4个方面:①建立起多国联网的TPED观测研究平台,获得大量第一手观测资料,建立TPED基础数据库,提高中国在TPE研究中的实力和国际地位,同时为区域生态安全屏障建设的高效实施提供理论指导和数据支持;②出版TPE Newsletter,及时报道和介绍TPE的科学研究进展及计划实施过程中的其他信息,加强科普,为提高公民科学素质作出贡献;③每两年举办一次“青年人才TPE国际培训班”,为第三极地区有关国家青年人才的培养作出贡献;④从地球系统科学的角度,全面揭示第三极地区特殊的大气圈、冰冻圈、水圈和生物圈的相互作用及其对全球的影响。

(3) 长期目标。主要有以下3个方面:①建立第三极地区环境的长期国际计划,并通过这一计划创

立一个中国品牌的国际环境研究论坛,提高中国科学家的话语权;②建立第三极环境国际组织(2015-),并建立同北极理事会(Arctic Council)和南极科学委员会(SCAR)的合作与协调,共同开展第三极地区科学研究;③作为“未来地球(Future Earth)”计划的一部分,为地区性未来地球计划研究作出贡献。

2.2 科学问题

TPE国际计划在科学目标的指导思想下,以“水—冰—气—生—人类活动”之间相互作用为主题,旨在解决以下重要科学问题:①第三极地区过去环境变化的时空特征;②第三极地区冰冻圈与水圈相互作用及其灾害过程;③第三极地区能量水分循环过程;④第三极地区生态系统对环境变化的影响和响应;⑤人类活动对第三极地区环境变化的影响;⑥第三极环境变化的适应对策。

3 TPE国际计划的运行机制与组织机构

TPE国际计划总体的运行机制是以中国为主,联合有紧密地缘关系的周边国家开展合作,如中尼合作、中塔合作、中巴合作等;与有知识与技术优势的西方国家进行合作,如中美合作、中德合作、中冰合作等;在此基础上,联合相关国际科学组织如联合国教科文组织(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO)、国际环境问题科学委员会(Scientific Committee on Problems of the Environment, SCOPE)、联合国环境规划署(United Nations Environment Programme, UNEP)及国际山地综合发展中心(International Centre for Integrated Mountain Development, ICIMOD)等国际组织(图7),共同实施TPE国际研究计划(TPE Science Committee, 2009)。

3.1 运行机制

(1) 建立多国科学家参加的科学执行委员会。其主要作用是提出科学问题,明确研究内容,论证研究方案,落实相关国家在计划中的作用和所承担的任务。

(2) 建立TPE办公室。其主要作用是负责计划的实施,包括计划实施的组织,国际研讨会和青年人才培养班的组织,与各国及国际组织的联系及TPE网站的建设等。

(3) 建立国际观测研究站。由与中国有紧密地

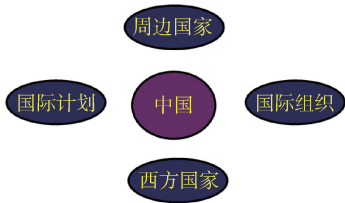


图7 TPE国际计划的总体运行机制与组织机构
Fig.7 Overall operational mechanism and organization
of the TPE program

缘关系的国家提供观测场地和人力资源,由中国提供必要的设备和经费支持,建立国际观测研究站。前三年计划首先在尼泊尔和塔吉克斯坦各建立一个国际观测研究站。

(4) 开展跨国科学考察与研究。由与中国有紧密地缘关系的国家提供考察地所在国相关科考手续和人力资源,由中国提供必要的设备和经费支持,开展跨国科学考察与研究。前三年计划首先在科西河流域(与尼泊尔合作)和帕米尔地区(与塔吉克斯坦合作)展开。

(5) 建立后备人才队伍。以青藏高原及其邻近的几个国际观测研究站为基地,开展青年人才培养班,建立第三极地区环境研究的后备人才队伍。

3.2 组织机构

TPE国际计划的科学委员会,由姚檀栋担任主席,美国伯德极地研究中心朗尼·汤普森(Lonnie Thompson)院士和德国国家自然博物馆馆长福克·莫斯布鲁格(Volker Mosbrugger)教授共同作为联合主席(图8)。科学委员会的成员有:姚檀栋(联合主席,中国)、Lonnie Thompson(联合主席,美国)、Volker Mosbrugger(联合主席,德国)、郑度(中国)、Ko-

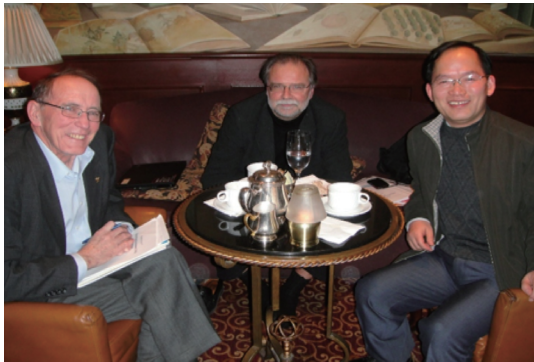


图8 TPE国际计划科学委员会合作主席
(从左至右: 朗尼·汤普森,福克·莫斯布鲁格,姚檀栋)
Fig.8 Co-Chairmen of the TPE Science Committee (from left
to right: Lonnie Thompson, Volker Mosbrugger, Tandong Yao)

ji Fujita(日本)、T. Koike(日本)、Gianni Tartari(意大利)、Lochan Devkota(尼泊尔)、Rahmatullah Jilani(巴基斯坦)、Yunus Mamadjonov(塔吉克斯坦)、Anil K. Gupta (印度)、Tobias Bolch(瑞士)、V. Masson-Delmott(法国)、B.Su(荷兰)、David Molden(ICIMOD)、马耀明(中国)、Deliang Chen(瑞典)、D.Yang(加拿大)、G. Greenwood (美国/瑞士)。上述成员分别来自发达国家及周边地区的发展中国家,这使得该科学组织既具有科学水平的权威性,又有组成国家和地区的代表性(TPE Science Committee, 2009)。

4 TPE国际计划的实施方案

TPE国际计划在其科学目标的指导下,在相应组织机构的支持下,以科学研究为主,具体的实施方案如下:

(1) 组织恒河支流—科西河流域的科学考察与强化观测研究,揭示印度季风与环境变化的关系;与尼泊尔合作,分别建立从希夏邦马峰到尼泊尔的科学考察大断面和从珠峰到尼泊尔的科学考察大断面。

(2) 组织帕米尔地区的科学考察与强化观测研究,揭示西风带与环境变化的关系。与塔吉克斯坦合作,进行从塔吉克斯坦到慕士塔格的横穿科学考察。

(3) 建立国际观测研究站。已建和规划建设的有:①2010年,在尼泊尔建立了国际观测研究站;②2010年,在塔吉克斯坦建立了国际观测研究站;③2011年,在巴基斯坦建立了国际观测研究站;④即将在缅甸、印度等建立台站(图9)。

(4) 建立藏东南环境观测研究基地(图10),强化季风研究。

(5) 建立慕士塔格—喀喇昆仑环境观测研究基地(图11),强化西风带研究。

(6) 进行关键流域的观测研究,如雅鲁藏布江、印度河、塔里木河和柯西河流域等。

(7) 结合已有的台站建设,构建开放的国际数据库。

5 TPE国际计划目前的进展

TPE国际计划从2009年正式启动,到目前已经

取得了一系列进展：

- (1) 在多个国家召开了 TPE 国际资深专家研讨会。其中,2009 年在中国、2010 年在尼泊尔、2011 年在冰岛、2013 年在印度召开了 TPE 研讨会(TPE Science Committee, 2009, 2010, 2011, 2013)。
- (2) 开展了同美国地球物理大会、欧洲地球物理大会等国际大会的联合,一方面展示了现有的科研成果,另一方面发现了目前研究中还存在的问题。
- (3) 开展了与其他国际研究计划的合作,如与德国的青藏高原隆升与环境及生态系统研究计划(Tibetan Plateau- Uplifting, Environmental Changes and Ecosystem-TiP)的合作,与 ICIMOD 的合作等。
- (4) 开展了同有紧密地缘关系的周边国家的合作,如同尼泊尔的合作,通过与尼泊尔特里布文大学、加德满都大学的合作,建立起了喜马拉雅南北坡的对比观测网络;同塔吉克斯坦、巴基斯坦等中

- 亚国家开展合作。
- (5) 已经启动了一系列项目,主要有:①喜马拉雅山南坡计划;②喜马拉雅山姊妹站计划;③喀喇昆仑山对比与姊妹站计划;④帕米尔高原环境研究与姊妹站计划;⑤神山圣湖计划。
- (6) 已经建立国际台站 3 个,这 3 个国际台站同时也是中国科学院 2013 年启动的高寒网中的一部分,实现了国内外研究和考察的协调,目前高寒网中已经包括 21 个台站。
- (7) 在中德、中美、中日等多个长期双边合作基础上,中国科学院青藏高原研究所已经建立了数据共享平台,可以在国家政策允许的范围内,开展数据共享。
- (8) TPE 通过夏季学校短期培训等方式将更多的学生纳入到该计划中,目前 TPE 支持的留学生有 50 多名,这些学生主要来自尼泊尔、巴基斯坦、塔吉克斯坦和印度等国。

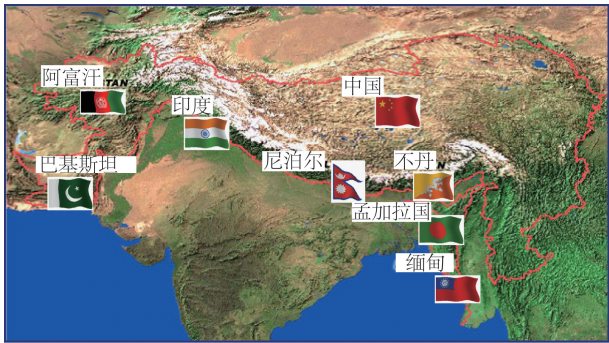


图9 第三极地区多国合作的旗舰台站
Fig.9 Key stations for multinational cooperation of the Third Pole region



图10 藏东南环境观测研究基地
Fig.10 The research base for environment observation of Southeast Tibet

6 TPE 计划的特点与发展展望

6.1 TPE 计划的特点

- 综合 TPE 国际计划的科学研究目标与科学问题,运行机制与组织机构,实施方案及目前取得的进展等方面,其具有以下特点：
- (1) 以青藏高原研究为核心的地方性研究扩展到整个第三极地区的区域性 TPE 计划,能从区域甚至全球尺度研究环境变化问题。近几年,中国科学家同周边国家的科学家开展了大量的合作研究,研究区域以青藏高原为核心不断扩展,往南扩展研究季风的变化,往西扩展研究西风的变化(图 12)。以往的研究只是针对高原本身,现在则要探讨西风、季风没有进入高原之前是如何变化的,这样就能从整体上揭示西风和季风是如何影响青藏高原的,为解决更大区域的环境问题奠定了良好的基础。
 - (2) 在 TPE 研究计划实施的过程中,能为第三极地区的中国及周边国家培养青年人才,形成统一的科学理念,为跨境野外考察与观测及长期的合作准备人才队伍,有利于进一步推进 TPE 国际计划的实施。
 - (3) 国际观测研究站的建立,成为将研究提高到区域性水平的重要标志。
 - (4) 通过实施 TPE 国际计划,产出了很多高水

(2)“第三极环境(TPE)”计划同“未来地球计划(Future Earth)”有密切联系,希望通过进一步的工作,为未来地球计划作出贡献,为地区性的环境保护和生态建设服务。

7 结语

在TPE国际计划自2009年正式启动以来的5年中,第三极地区的环境研究取得了很大的进展,如冰川变化,季风与西风的相互作用及生态系统响应等方面。同时,在国际合作及中国科学院“走出去战略”实施的过程中作出了很大的贡献。但是,过去的研究工作主要集中在第三极主体部分的青藏高原,未来希望扩展到青藏高原周边地区,深入探索第三极环境变化对全球气候变化的影响,为“未来地球计划”作出贡献,为区域与全球环境保护作出努力。

参考文献(References)

马耀明. 2010. “第三极环境(TPE)计划”: 一个新的研究青藏高原及其周边地区地气相互作用的机遇//中国气象学会. 第27届中国气象学会年会干旱半干旱地区地气相互作用分会场论文集. 北京: 2010年10月21-23日. [Ma Y M. 2010. "Third Pole Environment (TPE) plan": a new base for the study of land- atmosphere interaction over the Tibetan Plateau and surrounding areas//Chinese Meteorological Society. Proceedings of the land- atmosphere interaction over the arid/semi- arid regions session, 27th annual meeting of the Chinese Meteorological Society. Beijing, China: October 21-23.]

马耀明. 2012. 青藏高原多圈层相互作用观测工程及其应用. 中国工程科学, 14(9): 28-34. [Ma Y M. 2012. The observation of water- ice- air- ecosystem interactions and its application over the Tibetan Plateau area. Engineering Sciences, 14(9): 28-34.]

孙鸿烈, 郑度. 1998. 青藏高原的综合考察与科学研究//中国科学技术协会. 科技进步与学科发展: “科学技术面向新世纪”学术年会论文集. 北京: 1998年9月1日 [Sun H L, Zheng D. 1998. Comprehensive expedition to the Tibetan Plateau and scientific research on it//China Association for Science and Technology. Proceedings of scientific advances and disciplinary development: academic annual meeting of science and technology in the coming century. Beijing, China: September 1.]

姚檀栋. 2012. 青藏高原国际合作研究呈新格局. 中国科学报, 2012-03-27(8). [Yao T D. 2012. Perspectives of International Collaborative Study on the Tibetan Plateau. Chinese Science News, 2012-03-27(8).]

姚檀栋, 姚治君. 2010. 青藏高原冰川退缩对河水径流的影响. 自然杂志, 32(1): 4-8. [Yao T D, Yao Z J. 2010. Impacts of glacial retreat on runoff on Tibetan Plateau. Chinese Journal of Nature, 32(1): 4-8.]

叶笃正, 高由禧. 1979. 青藏高原气象学. 北京: 科学出版社. [Ye D Z, Gao Y X. 1979. Meteorology of the Tibetan Plateau. Beijing, China: Science Press.]

张燕, 王婷, 孙成权, 等. 2011. 国际青藏高原及其周边地区研究文献计量分析报告(2003-2008年). 地理科学进展, 30(3): 369-378. [Zhang Y, Wang T, Sun C Q, et al. 2011. Bibliometric analysis of international research on Tibetan Plateau and its surrounding areas during 2003- 2008. Progress in Geography, 30(3): 369-378.]

中国科学院青藏高原综合科学考察队. 1974. 中国科学院青藏高原科学考察1973年概况. 科学通报, (6): 287-288. [Tibetan Plateau comprehensive scientific expedition, Chinese Academy of Sciences. 1974. A review on the scientific expedition of Chinese Academy of Sciences to the Tibetan Plateau in 1973. Chinese Science Bulletin, (6): 287-288.]

中国科学院学部. 2009. 青藏高原冰川冻土变化影响分析与应对措施. 中国科学院院刊, 24(6): 645-648. [Academic divisions of the Chinese Academy of Sciences. 2009. A review on the scientific expedition of Chinese Academy of Sciences to the Tibetan Plateau in 1973. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 24(6): 645-648.]

周明煜, 徐祥德, 卞林根, 等. 2000. 青藏高原大气边界层观测分析与动力学研究. 北京: 气象出版社: 1-97. [Zhou M Y, Xu X D, Bian L G, et al. 2000. Observational analysis and dynamic study of atmospheric boundary layer on Tibetan Plateau. Beijing, China: China Meteorological Press: 1-97.]

Gong S L, Zhang X Y, Zhao T L, et al. 2003. Characterization of soil dust aerosol in China and its transport and distribution during 2001 ACE-Asia 2. Model simulation and validation. Journal Of Geophysicalresearch, 108(D9): 4262-4273.

Jaffe D, Snow J, Cooper O. 2003. The 2001 Asian dust events: transport and impact on surface aerosol concentrations in the U S. Eos, Transactions American Geophysical Union 84(46): 501-516.

Kim Y K, Lee H W, Song S K. 2001. Long-range transport mechanisms of Asian dust associated with the synoptic

- weather system. *Environmental Sciences*, 10(S4): 197-206.
- Ma Y M, Zhong L, Su Z, et al. 2006. Determination of regional distributions and seasonal variations of land surface heat fluxes from Landsat-7 enhanced thematic mapper data over the central Tibetan Plateau area. *Journal of Geophysics Research-Atmospheres*: 111(D10): 305.
- Qiu J. The third pole. *Nature*, 2008, 454(24): 393-396.
- Shen M, Sun Z, Wang S, et al. 2013. No evidence of continuously advanced green-up dates in the Tibetan Plateau over the last decade. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(26): E2329.
- TPE Science Committee. 2009. Report of the 1st Third Pole Environment (TPE) Workshop, Beijing, China, August 14-16.
- TPE Science Committee. 2010. Report of the 2nd Third Pole Environment (TPE) Workshop. Kathmandu, Nepal: October 25-28.
- TPE Science Committee. 2011. Report of the 3rd Third Pole Environment (TPE) Workshop. Reykjavik, Iceland: August 29-September 1.
- TPE Science Committee. 2013. Report of the 3rd Third Pole Environment (TPE) Workshop. Dehradun, India: April 1-3.
- Wu G, Zhang Y. 1998. Tibetan Plateau forcing and timing of the monsoon onset over South Asia and the South China sea. *Month Weather Review*, 126(4): 913-927.
- Yao T D, Masson-Delmotte V, Gao J, et al. 2013. A review of climatic controls on $\delta^{18}\text{O}$ in precipitation over the Tibetan Plateau: observations and simulations. *Reviews of Geophysics*, 51(4): 525-548.
- Yao T D, Thompson L, Yang W, et al. 2012. Different glacier status with atmospheric circulations in Tibetan Plateau and surroundings. *Nature Climate Change*, 2: 663-667.

TPE international program:

a program for coping with major future environmental challenges of The Third Pole region

YAO Tandong

(Institute of Tibetan Plateau Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: The Third Pole region, centered on the Tibetan Plateau, is an important geographic unit and one of the most unique coupled geological-geographic-resource-ecological systems in the world, which exerts significant influences on the environmental changes of China, the northern atmosphere and globally. At the same time, the Third Pole region is very sensitive to the impact of global environmental change and human activities in the surrounding areas, therefore has attracted equally high attention of the scientific community as compared to the Arctic and Antarctica. In 2009, The Third Pole Environment (TPE) program was initiated with the support of the Chinese Academy of Sciences. TPE is focused on the interactions between water, ice, atmosphere, ecosystem, soil and human activities, with the aim to study the spatial and temporal characteristics of past environmental changes, interactions between cryosphere, atmosphere, hydrosphere and disaster processes, impact and responses of the ecosystem to environmental changes, impact of human activities on the environmental changes of the region, adaptation to the environmental changes in the region, and finally serve the societies in the region. Since the initiation of the program, with the strong support of the Science Committee and the program office, TPE has efficiently implemented scientific plans and made fruitful progresses in areas including research on the interactions between the Indian monsoon and westerlies, establishing observation platforms, data sharing and education. TPE is planning to further expand the scientific activities into broader fields of research and to the surrounding geographic regions, as well as contribute to the Future Earth international research initiative and future improvements of the environment in the region.

Key words: Third Pole Environment(TPE); Tibetan Plateau; environmental changes; ecosystem