

二十五年来中国冰川学的回顾与展望*

施雅风 谢自楚 张祥松 黄茂枢
(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

1958年,中国科学院成立了高山冰雪利用研究队,开展祁连山、天山等高山冰川的考察,标志了我国冰川学的专门考察活动的开始。

二十五年来,中国冰川学研究经历了马鞍形发展的几个阶段,逐步形成了一支以兰州冰川冻土研究所为中心,并包括中国科学院地理研究所和兰州大学、北京大学、南京大学的地理系等单位的中国冰川学研究队伍。研究对象从高山冰川扩大到积雪、河冰、海冰、地下冰和南极冰盖,研究方向上包括冰川地质地貌、冰川水文气象和冰雪物理等。基础研究和应用研究都受到重视而又密切结合,具有中国特色的冰川学学科体系已初步形成。

一、历史回顾

我国冰川研究长期处于空白状态。1957年中国登山队攀登四川海拔7556米的贡嘎山,参加该队的科学工作者撰写了解放后我国第一篇现代冰川论文^[1]。而对中国冰川学的建立起决定作用的是1958年中国科学院成立了高山冰雪利用研究队。该队在1958—1961年间组织各有关研究所、高等院校地理系与生产部门大协作,开展祁连山、天山的冰川考察和人工加速冰雪消融试验,其代表作是1959年出版的《祁连山现代冰川考察报告》^[2]及1963年内部出版交流的《1958—1959年祁连山融冰化雪试验报告文集》。通过这些工作初步形成了一支包括地貌、水文、气候和测绘专业人员的冰川研究队伍。但由于缺乏经验、研究指导力量不足和当时特定的政治、经济形势影响,大部分考察资料未能及时总结和出版。这个阶段可称为我国冰川学的初创时期。

1962—1964年,我国冰川学进入巩固充实时期。研究机构调整为中国科学院地理研究所冰川冻土室,而新疆分院水土生物综合研究所也有部分人员进行冰雪研究。这个阶段的起点是一批青年冰川工作者于1962年集中在天山乌鲁木齐河源冰川区进行较深入的冰川学和水文学研究,使我国冰川学的物理观念大为增强,初步揭示了我国大陆性冰川特征^[3]。1964年起,冰川研究重点转到了喜马拉雅山区的希夏邦马峰和珠穆朗玛峰以及西藏东南部海洋性冰川区。在此基础上综合而成的《中国现代冰川基本特征》^[4]与希夏邦马峰和珠穆朗玛峰两个地区科学报告中的冰川部分^[5,6,7,8],初步建立起我国区域冰川学的一些理论概念。同时,开展了冰川泥石流研究,促进了这个新研究领域的迅速发展。

在1966—1976年的十年动乱中,高山冰川研究一度被迫停顿,天山冰川研究站撤消,我国冰川学研究在极困难的情况下坚持前进,应用冰川学得到了一定的发展。这个时期,

* 本文曾在1983年10月兰州召开的“中国地理学会全国雪冰学术讨论会”上大会宣读,承李吉均、崔之久、任炳辉、曾群柱、苏珍等同志提出许多宝贵意见,特致谢意。

开辟了天山西段公路雪崩和风吹雪的实验研究,提出了防治工程设计,也建立了这两个领域的研究基础^[9,10]。1973年,青藏高原综合考察重新开展,以藏东南海洋性冰川为主的西藏地区冰川考察连年进行^[11]。1974—1975年,我国冰川工作者首次到国外承担巴基斯坦境内世界著名的大冰川——巴托拉冰川考察任务,既提高了冰川研究水平,也解决了中巴公路通过该冰川区的困难问题^[12]。为应甘肃河西商品粮基地建设需要开展的祁连山冰川变化研究^[13],黄河上游河冰的冰强度研究以及南疆铁路通过冰碛区的工程地质研究也均取得良好成果。

十年动乱结束之后,我国努力纠正以前的“左”倾错误,十分重视科学技术,冰川学进入了新的发展阶段。1978年,原冰川冻土沙漠研究所分化为冰川冻土和沙漠两个所,更新了领导班子。同年举行了首次全国性冰川冻土学术会议,广泛交流了十多年来的研究成果。随后,创刊了《冰川冻土》杂志,组织了冰川冻土分会。被迫关闭多年的天山冰川站于1980年恢复观测并扩大内容,成为重要的野外实验研究基地;按照国际统一规范的要求,系统地开展了中国各山系冰川目录编制工作,并统计分析全国季节性积雪资料,以摸清全国的冰雪资源;我国单独组织和有外国学者参加的考察队,对天山西段托木尔峰区、阿尔泰山、博格达山、阿尼玛卿山、贡嘎山、玉龙山和南迦巴瓦峰等新老冰川区的考察,大大地丰富了我国区域冰川学的内容;由黄河水利委员会水文局主持的河道冰坝和冰塞研究,由国家海洋局海洋环境研究所主持的渤海、黄海海冰动态和预报研究;一般作为冻土学重要内容的地下冰研究都有重要进展;熟悉西部地区冰川地貌和沉积特征的学者参加研究东部第四纪冰川问题,使这个长期悬而未决的问题出现了新局面;这个期间的一个重大变化是打破了长期闭关自守的局面,开展了广泛的国际学术交流和形式多样的国际协作;遥感、遥测、地球物理、地球化学、热钻等新技术在冰川研究中的应用也取得了较大进展,促进了我国冰川学研究水平的提高,使我国的冰川研究从地面转入冰内、冰下,从定性描述转入定量计算,从宏观转入微观。在这期间,我国冰川学之所以能获得比较迅速的进展,它与广泛开展的国内外学术交流、研究课题和方向的稳定以及重视对科研和技术人员的培养是分不开的。

二、主要成就

二十五年来,中国冰川学研究从无到有,从小到大的发展,填补了我国在现代冰川研究方面的空白领域,积累了丰富的科学资料,为国家经济建设解决了一批重要的工程实际问题;区域冰川学的基础理论与冰川测试技术也有很大进展,成就是多方面的,限于篇幅,现择要论述一下:

(一) 应用冰川学研究

1. 我国援助巴基斯坦修建的国际喀喇昆仑公路 通过长达59公里的巴托拉冰川地段,于1972—1973年该段公路的钢架桥梁和部分路基多次被改道的冰川洪水所冲毁。为确定这段公路的修复方案,1974—1975年间巴托拉冰川考察组在深入考察与观测基础上,预报了该冰川到本世纪末的前进值和下世纪的变化趋势^[14];提出最大融水量^[15]、冰下河道长时期内稳定不变^[16]以及路基下不存在埋藏冰^[17]等论断,提出了中巴公路循原线通过冰

川区的线路、桥位方案与设计中应注意的问题。经 1978 年和 1980 年两次复测验证,原预报和推断基本符合发展事实。这项研究荣获全国自然科学三等奖。

2. 天山公路、铁路雪害防治研究 1967 年以来,新疆地理所和兰州冰川冻土所等单位对新疆天山三条国防公路和南疆铁路奎先达坂的雪害(风吹雪和雪崩)进行了比较系统的观测试验,同时把野外工作和风洞模拟实验结合起来进行防治工程试验,初步掌握了雪害的成因、分布、类型以及运动的若干规律,总结出一套可行性的防止路面积雪和防治雪崩的工程措施与设计,施工后保证了冬半年的公路畅通。雪害防治研究工作进一步推动了积雪物理力学性质、雪崩运动以及风雪流的起动、运行和堆积过程的研究^[18,19]。

3. 渤海、黄海的海冰研究近年来呈现异军突起的大好形势 海洋环境预报中心已系统地总结了我国海冰概况及其预报服务的情况^[20];国家海洋局海洋环境保护研究所在辽东湾东北部鲅鱼圈近海区用雷达观测海冰漂流,初步掌握了海冰、海浪。海水等雷达信号的判识,为港口建设部门作了若干有益的工作¹⁾。并根据渤海海冰的分布和变化情况建立了反映渤海海冰生成、发展和消长过程的数值模式,该模式除一般常用的海冰热力学方程和动力学方程外,还增加了海冰漂到暖水中的融解方程,结果表明,渤海海冰模拟与实际情况相当吻合²⁾。该所海冰室和海洋石油研究所等单位都开展海冰物理力学性质的测试与研究工作³⁾。

4. 河冰研究 我国北方江、河均在冬季出现不同程度的冰冻现象,对经济建设有一定的影响。齐齐哈尔铁路局科研所成功地进行了桥墩流冰动、压力测定⁴⁾。还对河冰承载力作了理论计算⁵⁾。黑龙江省水文总站根据松花江下游依兰河段 1979—1983 年间冰坝的形成、发展和溃决全过程的观测资料,结合黑龙江、嫩江和乌苏里江冰坝出现后的广泛调查,详尽地探讨了冰坝形成的机理和类型^[21]。1974—1975 年兰州冰川冻土所对黄河内蒙段的河冰静压力进行了观测试验,并对河冰的若干基本物理性质^[22]、河冰的温度状况^[23]以及对黄河上游河冰的抗压强度^[24]进行系统的研究,研究结果已交铁路部门。

5. 人工促进冰雪消融的试验研究及缓和河西农业用水的紧张情况 1959—1960 年为解决河西干旱,曾在祁连山、天山进行人工促进冰雪消融的试验研究,并曾组织河西六个县进行大面积的融冰化雪,1959 年增加河川径流约 1900 万立方米,为缓和春季农业灌溉用水起了积极作用。并在群众性大面积人工黑化中取得了一些抽样观测数据,总结了大面积人工黑化的若干有益经验,客观地评价了飞机撒粉和人工爆破的经济效应。从整体来看,祁连山、天山的冰川远离农田,交通不便,在一般情况下人工融冰化雪所费劳力过多,不宜推广。

6. 铁路建设中冰碛力学性质的研究 1972—1973 年与铁路设计部门协作,在天山南疆线越岭地段铁路穿越古冰碛分布区,为了开辟隧道对冰碛物的物理力学性质进行试验研究,其成果已满足了生产部门的需要。铁路工程已竣工,正式交付使用,证明冰碛隧道效果尚佳。

1) 董须瑜等,用雷达观测鲅鱼圈近岸海区的海冰漂流,1983。

2) 王仁树等,渤海海冰的数值试验,1983。

3) 张明元等,我国海冰物理力学性质的初步研究,1981。

4) 李时赞,桥墩流冰动、压力现场实验方法,1983。

5) 陈家辉,河水承载力的理论研究与应用,1983。

(二) 区域冰川学研究

1. 中国冰川、积雪资源研究,基本摸清了我国冰川、积雪的分布和数量 1958 年以来,为查明冰川资源的分布情况,对我国西部十多个山区的现代冰川进行广泛的考察研究。1978 年起,按照世界冰川编目规范要求,承担中国境内的冰川目录编制任务,应用新的航测地形图、卫片、航片等资料,分山系对我国冰川进行编目。冰川编目的初步结果及其他有关资料估算,我国冰川面积达 56500 平方公里,折合蓄水量约为 5000 立方公里,是世界上山岳冰川最丰富的国家之一。迄今已编出祁连山、阿尔泰山、帕米尔和天山冰川目录及相应的图件,对每条冰川的登记内容最多达 34 项,为中国西部山区经济建设提供详实的基础资料。预计于 1985 年完成大部分具有航测地形图的其他山系的冰川编目任务^[25]。最近两年我们还对全国 1600 个气象台站的积雪资料进行分析整理,初步估算冬季积雪融水量可达 3000 亿立方米,年内积雪时间长达 2 个月以上地区的面积达 420 万平方公里^[26];还编制了 1:400 万全国雪、冰、冻土图(初稿),包含现代冰川与雪线、季节积雪、多年冻土和季节冻土、河、湖、海冰及冰缘现象等内容。

2. 冰川物理性质研究 二十五年来,在历次冰川考察与研究中都十分重视冰川物理性质的测量与分析,包括成冰作用、冰结构、冰温度、运动、物质平衡与热量平衡等内容。以各山系少数经过深入研究的冰川为依据,六十年代初将全国冰川分为大陆性冰川和海洋性冰川两大类型,各有不同的水热发育条件与物理特征^[4],已为我国很多地学工作者接受和引用。八十年代初又补充了复合型冰川的冰川类型^[27]。对低纬极高山区(如珠穆朗玛峰)冰川发育特征以及山体迅速上升对冰川发育的影响提出了创造性的见解^[28]。冰川温度的深入研究表明,过去被看作冷性冰川的粒雪区内,由于融水渗浸出现相当范围的温冰层,推测冰舌底部也有相当部分可达融点而出现滑动^[29]。这已为天山站 1 号冰川西支人工冰洞中所出现的滑动现象所证明。在冰结构研究中,关于宝石状结构的成因问题国际上长期存在着争论。最近,我国学者在日本低温科学研究所用反复再结晶实验,模拟了类似成环状分布的三或四极大型组构^[30]。

3. 冰川变化与预报研究 具有代表性的喀喇昆仑山巴托拉冰川研究,经过详细的观测分析,提出了“波动冰量平衡”理论,预报了该冰川至本世纪末和下世纪的变化动态^[14]。1982 年,在“波动冰量平衡”预报方程基础上,探讨了山岳冰川一个新的预报模式。在国内 DJS-130 小型计算机上,运用 Lax 格式,重新对巴托拉冰川末端动态进行数值预报^[31]。最近,据 J. F. Nye (1963) 关于常态冰川扰动方程,对天山站 1 号冰川进行了频率响应特性计算^[32]。八十年代初,有选择地统计青藏高原及其周围地区 116 条冰川的进退变化动态,发现其中 35 条在前进,62 条在后退,19 条稳定^[33]。这和世界冰川变化的总趋势一致。我们还发现喀喇昆仑公路沿线冰川的近期变化与欧洲阿尔卑斯山相比较,除了时间上略有落后外,其大致的发展趋势是相当一致的^[34]。目前祁连山冰川退缩速率渐趋和缓的现象,是六十年代末期以来气温下降和降水量增加的双重影响的滞后反应^[35]。

4. 中国第四纪冰川研究 这是我国地学界争论最大、争论时间最长的重大学术问题,也是我国冰川学中研究资料最为丰富的课题。中国西部山区第四纪冰期与冰川地质地貌研究结果,较确切地指明了晚更新世冰期、新冰期和小冰期的冰川范围,并为少数 C¹⁴ 年代数据所证实。根据天山、喜马拉雅山、祁连山和昆仑山等地的冰川作用地貌遗迹和沉积物

的深入分析,中国西部第四纪冰川作用至少可以分出四次冰期和相应的间冰期。以中更新世冰川规模最大,但在青藏高原仍未能形成大冰盖。探讨了青藏高原迅速上升导致气候变干、限制冰川发育的模式。西部第四纪冰期研究为我国西部第四纪以来的气候冷暖变化研究提供了依据^[36,37,38]。但是,在普遍承认中国西部山地第四纪期间有古冰川发育的前提下,对冰期的次数、性质和冰川规模等问题仍有不同看法。六十年代以来,对青藏高原及邻近山地(特别是珠穆朗玛峰、博格达峰和天山乌鲁木齐河流域)的冰川地质地貌作用特点、冰川侵蚀地貌与冰碛地貌的区域性特征与影响因素进行过较深入的研究^[39,40,41]。近年又加强了冰川地貌的发育过程和沉积相特征的研究^[42,43]。

关于中国东部是否有第四纪冰川发育问题,至今已争论了五十年之久^[44,45]。八十年代的分歧较之三十年代或五、六十年代又有新的变化,涉及第四纪古地理的各个领域。当然,想最终解决这个重大的学术问题,还需作大量的工作。

5. 南极冰盖研究 八十年代以来,陆续派遣科研人员参加澳大利亚南极凯西站的冰盖研究工作,迄今已取得若干可喜成果。1980—1981年,在南极的凯西站和戴维斯站地区作了地貌与第四纪方面的考察,获得许多宝贵的资料。1982—1983年,对洛多姆冰帽表层的雪-粒雪-冰层进行层位学研究,发现该冰帽存在着完整而有规律的成冰带谱^[46];完成了深度分别为300米和350米两个新钻孔冰岩芯的冰结构系统分析¹⁾;研究了凯西站降雪中 O^{18} 同位素比率的年内变化²⁾;拍摄了200多张典型的南极冰晶彩色照片。我国研究者还在日本低温科学研究所对W. F. Budd等提供的三个南极冰岩芯(深度为122—380米)进行了岩组学分析³⁾。

6. 厚层地下冰研究 在我国的高纬度和高海拔多年冻土区,均有厚层地下冰分布,它是冻土区各类建筑物严重破坏的根源。长期以来,对这种冰的成因问题,国内外提出过多种看法。在我国曾有分凝^[47]、胶结^[48]、重力下渗^[49]、分凝-胶结冰^[50]等假说。通过近年来在野外和实验室研究中发现的一些新现象,提出了厚层地下冰是由重复分凝作用形成的新见解,并据此确立了一种新的地下冰类型——重复分凝冰^[51],引起了国内外研究者的广泛重视。

7. 冰川水文学研究 根据短系列的冰川消融和冰川水文测验资料与长系列的气温资料相关,推算正常年份的冰川融水迳流模数,从而计算不同水系融水径流量及其在河流流量中的作用,划分了山区河流补给类型与年际变率^[52]。我国冰川径流量约为550亿立方米,约占全国径流量的2%。西北内陆区河流冰川径流量约占该区径流量的25%。冰川融水的地理分布由青藏高原外围的10%向腹地递增至30—40%^[53]。对我国西部地区河川径流作了详细的分析^[54];最近,应用聚类分析法对我国天山山区河流进行了新的分类^[55]。

8. 冰川气象学研究 建立了青藏高原总辐射和有效辐射的计算模式,提出了确定地表反射率的方法,详细论述了总辐射、有效辐射、地面反射率和辐射平衡的时空分布规律,以及高原隆起对辐射平衡各分量的影响;提出了青藏高原海拔5000米以下地区冬夏均为

1) 谢自楚,南极洛多姆冰帽冰结构研究,1983。

2) 谢自楚,南极凯西站降雪中 O^{18} 同位素比率的年内变化,1983。

3) 黄茂桓,南极深层冰岩芯分析,1983。

热源的重要结论;指出辐射平衡最高值出现在青藏高原西南部,是当地雪线特高的重要原因;还根据环流形势探讨了几大冰川区发育的水热条件等^[56]。

(三) 测试和勘探技术进展

1. 从 1962 年开始,在冰川考察和研究中逐步应用地面立体摄影测量方法测绘了许多高精度的冰川区地形图。如 1:5 万的珠穆朗玛峰地区图^[57]、巴托拉冰川图(1:6 万)^[42]、天山托木尔峰地区地形图和地貌图(1:20 万)、天山站 1 号冰川地形图(1:1 万)等。

2. 1980 年在国产地质雷达基础上,立足于国产元器件进行设计,试制成功 B-1 型冰川测厚雷达,为冰川研究提供比较先进的测厚手段^[58]。在天山站 1 号冰川上经过钻孔验证,精度较高^[59]。目前已解决冷性冰川的测厚问题。

3. 在温度测量方面,我所自行研制的晶体管温度计精度达到 0.1℃,正在推广生产。高精度(0.01℃)的石英晶体温度计试制成功是冰川测温仪器的重大进展^[60]。

4. 自行设计和制作的冰川无线电遥测仪已经连续两年多在天山站 1 号冰川进行试验观测。观测项目包括冰温、气温、辐射、热流、风速和降水量等七个项目,分三十路每小时测量一次,自动记录,适宜在冰川等恶劣野外条件下使用^[61]。经过遥测系统的放大试验,已解决了遥测数据输入计算机的接口问题。无线电遥测仪的研制成功,将给我国冰川野外观测带来重大变革。

5. 应用遥感技术研究冰雪已取得很大进展。如利用航、卫片判读冰川的分布与变化情况;利用气象卫星云图,经计算机处理,分析了华北地区 1981 年春的一次融雪过程^[62];南极冰盖雪的积累率是冰川学家关心的重要问题之一,北京大学遥感应用研究所比较深入的探讨了微波亮度温度与南极雪的积累率的关系;我所遥感室在天山冰川站研究了不同状态的冰雪在可见光和近红外波段的反射光谱特性及环境参数与目标参数的关系,初步提出冰雪的最佳遥测探测波段。其中关于积雪若干光谱反射特性的观测资料已作了很多分析^[63]。我国西部若干种冰、雪及水体的反射光谱特性也已作了较深入的研究^[64]。

6. 为在冰川上钻孔,近年来已先后研制了几种蒸汽钻,轻便易带,最大钻深达 35 米^[65]。1982 年研制成功的热水钻使我国冰川钻孔深度突破百米大关,最大钻深达 109.91 米。与国际上同类型的热水钻相比,钻深能力与钻进速度(27.3 米/小时)均相似^[66]。

综上所述,我国冰川学研究取得了不少成绩,但是,与国际先进研究水平相比,还有不少差距,主要表现在:冰川物理学的基础还很薄弱,理论基础还不够牢固,因此对冰雪过程的物理机制认识不深,解决冰雪工程实际问题的能力不强;冰川学的现代技术系统还未完全建立起来,应用还不普遍。特别是近二十多年来发展起来的钻孔测量及冰岩芯分析体系,广泛使用电子计算机数据处理和储存系统,实验和模拟系统等还处于空白或刚刚起步的状态;在如何利用冰雪资源,防治冰雪灾害方面尚处于初级阶段,有待于进一步深入、普及和提高。

三、今后的方向 and 任务

冰川学是介于地理、地质、地球物理与工程学科之间的边缘学科。它的主要任务是探

索寒冷环境下固态水的形成、迁移和变化, 认识寒冷环境的构成、演变与环境间的水热交换, 掌握冰雪的物理力学、热学及电磁光学特性, 了解水热迁移、物质交换。相变本质及成冰过程和机理, 并预测冰川发展变化趋势, 提出有效地保护环境、合理利用冰雪资源以及对一系列的冰雪灾害提出适当的工程处理方案, 为古今寒冷地区的农、牧、水利、交通与环境等方面的经济建设服务。

根据我国的具体情况, 确定了我国冰川学今后的方向和任务是: 贯彻党的十二大提出的科技发展方针, 集中力量完成一批关键性的科研项目, 把为经济建设服务的重点放在与农业、交通和环境相结合的研究; 同时, 要放眼于国际冰川科学的发展, 加速人才培养、解决专业人员不合理和知识老化等问题, 尽快作好学科改造, 使我国冰川学逐步稳妥地加强数学、物理学内容, 加强冰川定位站和室内实验室建设, 加强新技术的应用; 有计划地开展南极冰盖的研究, 参加国际冰川考察, 广泛进行国内外学术交流; 建立起具有中国特色的冰川学, 使之成为国际冰川学研究的中心之一。具体如以下几个方面:

(一) 中国冰雪水资源的数量分布、区域特征及其近期变化

1. 尽快完成全国冰川编目, 提供各山区内各流域冰川分布、数量、储水量及冰雪融水的基本资料, 对全国冰川水资源进行估算和综合评价; 选择代表性流域进行山区水份循环与平衡研究, 探讨减少山区水分蒸发, 增加出山径流量的可能性, 解决冰雪水资源利用中的调节问题; 研究地表水与地下水的转化问题。

2. 中国季节性积雪与融雪径流研究, 摸清不同季节全国积雪的空间分布规律; 开展卫星遥感研究山区融雪径流变化及预报, 进行融雪径流实验, 为解决春旱缺水问题和合理利用融雪水资源提供科学依据。

3. 研究不同时间尺度(特别是全新世以来)冰川的进退变化, 建立中亚山区冰川变化模式; 进行冰川动态预报研究, 从数值计算、大型天气形势变化以及主要气象因素(气温, 降水)的多变量回归分析等途径提高冰川动态预报水平; 探讨气候变化与冰川变化之间的复杂关系, 着重研究“滞后”和“反馈”问题; 人类经济活动对冰雪水资源的影响, 对将会出现新的冰雪水资源问题进行预测。

(二) 冰雪灾害问题防治研究

1. 山区交通线和工矿的风雪流与雪崩防治研究, 系统进行山区雪害防治经验总结, 开展风雪流与雪崩防治工程各种参数的测定与计算, 雪崩动力学与运动学测试手段的应用, 积雪物理力学性质的试验与测定。

2. 山区建设中各种冰害问题, 如冰川进退、冰融水道变迁、跃动冰川的快速前进、冰川阻塞湖溃决以及冰川泥石流爆发等问题研究, 着重探讨它们的形成机理和预报。

3. 加强北方地区河、湖、海冰和地下冰的危害与防治研究。积极承担生产实践中有关冰雪问题的咨询和应用等科普工作。

(三) 青藏高原及邻近山区的高寒环境变化及预报研究

重建青藏高原及邻近山区长期气候变迁、环境污染和冰川变化历史; 研究高寒、特定干旱环境下冰川变化与季风环流变化的关系; 综合研究冰川发育演变、气候变迁及其与新构造运动之间的复杂关系; 深入了解青藏高原及邻近山地现代冰川的区域特征, 并对今后的冰川、水文和气候变化进行预测。

(四) 积极开展南极冰盖研究

从山地冰川研究扩大到大陆冰盖研究是国际冰川学的主要发展趋势之一。最近,我国已独立组织南极冰盖考察,并在乔治岛建立了我国的长城南极科学考察站,它将为我国冰川学开阔了研究领域,促进冰雪物理基础的建立,加速了冰川学现代技术系统的发展。近期内应继续派遣科研人员参加澳大利亚南极凯西站及其他国家南极站的科技研究工作和路线考察活动;积极开展极地冰岩芯的各种分析工作;进一步完善中国长城南极站的建设,逐步增加研究课题,将长城站建设成为我国南极冰盖的综合研究基地。

(五) 加强冰雪物理研究

我们应尽快建设必要的冰雪物理实验室和微粒浓度分析实验室,进一步完善C¹⁴实验室和氡实验室。近期内可结合南极冰岩芯的分析,先开展冰的物理参数测定、冰雪的岩石学研究,冰雪的力学、光学和电学性质的研究等,然后再逐步深入到冰的微结构及胶体的研究。在冰雪物理实验室建设的同时,还应继续大力完善野外测试手段,着重解决冰内、冰下研究的测试仪器与装备,如中等深度的冰岩芯钻、倾斜计、应变计、钻孔摄影和钻孔电视等。在野外与室内研究中还应尽量采用新技术,重视电子计算机的普及与广泛应用问题。

(六) 中国第四纪古冰川作用研究

我国第四纪冰川研究在地学界存在着深刻而又广泛的分歧,而对地貌和沉积物成因的认识差异是这个问题的主要症结所在。因此,我们认为今后似应着重注意如下问题:1. 遵循“以今论古”的原则,加强现代冰川作用区冰川发育条件和地质地貌过程的深入观测和研究;2. 有必要对各种成因的混杂堆积(主要是冰碛、泥石流、水石流-洪积和冰缘沉积)进行比较研究,建立判别标志和相应的沉积模式;3. 研究第四纪环境演化,特别是对大气环流的性质、特点及其时空变化进行深入研究,探讨不同生活习性古生物共存的原因;4. 将第四纪冰川研究与大洋深海沉积、山麓带深钻孔资料以及黄土研究紧密联系起来进行分析对比;5. 大力发展冰岩芯分析和各种绝对年代的测定技术;6. 选择典型地区,组织与第四纪研究有关的各种不同专业的研究者共同“会诊”。

展望未来,前途无限光明。我们深信中国的冰川学将日趋成熟,很快将进入国际冰川学的先进行列。

参 考 文 献

- [1] 崔之久,地理学报,24(3),318—338,1958。
- [2] 中国科学院高山冰雪利用研究队,祁连山现代冰川考察报告,科学出版社,1959。
- [3] 中科院地理所冰川冻土室,乌鲁木齐河冰川与水文研究论文集,科学出版社,1965。
- [4] 施雅风、谢自楚,地理学报,30(3),183—208,1964。
- [5] 中国希夏邦马峰登山队科学考察队,希夏邦马峰科学考察报告,科学出版社,1982。
- [6] 中科院西藏科学考察队,珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968),现代冰川与地貌,科学出版社,1975。
- [7] 中科院西藏科学考察队,珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968),第四纪地质,科学出版社,1976。
- [8] 中科院西藏科学考察队,珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968),气象与太阳辐射,科学出版社,1975。
- [9] 中科院兰州冰川冻土沙漠所冰川室,风雪流及其防治方法,人民交通出版社,1978。
- [10] 中科院兰州冰川冻土所,雪崩及其防治,科学出版社,1979。
- [11] 李吉均,冰川冻土,2(2),11—14,1980。
- [12] 中科院兰州冰川冻土所巴拉拉冰川考察组,喀喇昆仑山巴拉拉冰川考察与研究,科学出版社,1980。
- [13] 中国科学院兰州冰川冻土所祁连山冰雪利用研究队,祁连山冰川的变化及其利用(论文集)科学出版社,1985。
- [14] 施雅风等,喀喇昆仑山巴拉拉冰川考察与研究,191—207,科学出版社,1980。

- [15] 李念杰等,喀喇昆仑山巴托拉冰川考察与研究,133—145,科学出版社,1980。
- [16] 张祥松等,喀喇昆仑山巴托拉冰川考察与研究,153—165,科学出版社,1980。
- [17] 施雅风,喀喇昆仑山巴托拉冰川考察与研究,166—172,科学出版社,1980。
- [18] 王中隆等,地理学报,37(1),51—64,1982。
- [19] 张志忠,冰川冻土,3(4),65—71,1981。
- [20] 国家海洋局海洋环境预报中心,第二次全国冰川学术会议论文集,甘肃人民出版社(印刷中)。
- [21] 刘桂筠,第二次全国冰川学术会议论文集,甘肃人民出版社(印刷中)。
- [22] 黄茂桓,中国地理学会冰川冻土学术会议论文集(冰川学),135—139,科学出版社,1982。
- [23] 黄茂桓等,中国地理学会冰川冻土学术会议论文集(冰川学),140—145,科学出版社,1982。
- [24] 黄茂桓等,中国地理学会冰川冻土学术会议论文集(冰川学),146—151,科学出版社,1982。
- [25] 施雅风等,冰川冻土,4(2),27—34,1982。
- [26] 李培基等,冰川冻土,5(4),9—18,1983。
- [27] Shi Yafeng, Zhang Xiangsong, 1981, Batura glacier of Karakoram Mountains, an example of the complex type glacier, Proceedings of Symposium on Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau (Beijing, China), Vol. 2, 1619—1624, Science Press, Beijing.
- [28] 中科院兰州冰川冻土所冰川室,中国科学,1974(4),383—400。
- [29] 任贾文等,冰川冻土(待出版),1985。
- [30] 黄茂桓等,多结晶冰のくり返る再结晶实验,低温科学(物理篇),第41辑,昭和57年。
- [31] 施雅风等,冰川冻土,4(1),35—44,1982。
- [32] 王文梯等,冰川冻土(待出版),1985。
- [33] Zhang Xiangsong, Zheng Benxing, Xie Zichu, 1981, Recent variations of the existing glaciers on the Qinghai-Xizang Plateau. Proceedings of Symposium on Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau (Beijing, China), Vol. 2, 1625—1630, Science Press, Beijing.
- [34] 张祥松,地理学报,35(2),149—160,1980。
- [35] 中科院兰州冰川冻土所祁连山冰雪利用研究队,地理学报,35(1),48—57,1980。
- [36] 施雅风等,希夏邦马峰地区科学考察报告,155—176,科学出版社,1982。
- [37] 郑本兴等,珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968),第四纪地质,29—62,科学出版社,1976。
- [38] 施雅风等,冰川冻土,6(2),1—14,1984。
- [39] 张祥松,珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966—1968),现代冰川与地貌,119—142,科学出版社,1975。
- [40] 崔之久,地理学报,35(2),135—148,1980。
- [41] 崔之久,中国地理学会冰川冻土学术会议论文集(冰川学),86—97,科学出版社,1982。
- [42] 天山乌鲁木齐河源冰川沉积研究队,冰川冻土,3(增刊),1—119,1981。
- [43] 中日天山博格达峰联合考察队,冰川冻土,5(3),1—241,1983。
- [44] 黄培华,冰川冻土,5(2),1—8,1983。
- [45] 崔之久等,冰川冻土,6(3),77—86,1984。
- [46] 谢自楚,冰川冻土,6(1),1—23,1984。
- [47] 周幼吾等,科学通报,(2月号),60—63,1963。
- [48] 杜榕桓等,青藏公路沿线冻土考察,44—56,科学出版社,1965。
- [49] 王春鹤,中国地理学会冰川冻土学术会议论文集(冻土学),31—37,科学出版社,1982。
- [50] 周幼吾等,冰川冻土,4(1),1—19,1982。
- [51] 程国栋,中国科学(B辑),1982(3),281—288。
- [52] 杨针娘,中国科学(B辑),1981(4),467—476。
- [53] 施雅风等,中国冰川资源估算及其对河流的作用,水文增刊(水资源专辑),16—22,1982。
- [54] Lai Zuming, 1982, A study on the variation coefficient of annual runoff of the river in northwest China. Hydrological aspects of Alpine and high mountain area. IAHS, Publ., No. 138, 285—294.
- [55] 赖祖铭,第二次全国冰川学术会议论文集,甘肃人民出版社(印刷中)。
- [56] 中科院兰州冰川冻土所,中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊(第3号),科学出版社,1982。
- [57] 中科院西藏科学考察队、兰州冰川冻土沙漠所,珠穆朗玛峰地区图(1:50000),上海中华书局印刷厂,1977。
- [58] 雷达制作组,冰川冻土,4(2),93—95,1982。
- [59] 张祥松等,冰川冻土(待出版),1985。
- [60] 朱国才,计量技术,1980(5),7—9。
- [61] 王良玮等,冰川冻土,1980年增刊,3—7。
- [62] 张顺英等,冰川冻土,3(4),33—38,1981。
- [63] 曹梅盛等,冰川冻土,6(3),15—26,1984。
- [64] 曾群柱等,第二次全国冰川学术会议论文集,甘肃人民出版社(印刷中)。

[65] 张金华等,中国地理学会冰川冻土学术会议论文集(冰川学), 157—160, 科学出版社, 1982。

[66] 梁素云,冰川冻土, 5(4), 91—95, 1983。

TWENTY FIVE YEARS OF GLACIOLOGY IN CHINA: RETROSPECT AND PROSPECT

Shi Yafeng, Xie Zichu, Zhang Xiangsong and Huang Maohuan

(Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica)

Abstract

Glaciology in China has gone through several stages of saddle development in the past twenty five years. A research team of Chinese workers in glaciology has been established with its centre at Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology. It filled in the gaps of research on contemporary glaciers in China and accumulated abundant glaciological data from field observation and experiment. We have solved a lot of important engineering problems concerning economic construction. Basic researches of regional glaciology and measurement techniques of glaciology have also been carried out. The field of our research has been extended from mountain glaciers to Antarctic Ice Sheet, including glacial geomorphology, geology, glacial hydrology, meteorology, physics of snow and ice et al.. The main area of research are the glaciers on the Qinghai-Xizang Plateau and its adjacent high mountains, and extend to the study of other natural snow and ice. We do not only attach importance to the basic theoretical research but also the applied aspect. A system of glaciology with Chinese characterization has begun to take shape.

The particular conditions China determine the trends and tasks of the development of glaciology in China. They are: concentrating our efforts to solve in fulfilling the key items for economic construction, particularly those concerning agriculture, communications and environment, focus on the Qinghai-Xizang Plateau and at the once time paid attention to the trends of international glaciology, Training of younger workers in glaciology, and raise the level of mathematics and physics; accelerate the construction of Tianshan Glaciological Station and Low temperature laboratory; adopt more new techniques; research on the Antarctic Ice Sheet, to take an active part in the international glaciological expedition and international academic exchange. According to the principles of "developing good points and discard shortcoming, bring into play superiority, making the key points stand out, and giving consideration to general", we hope that shall be able to attain a higher level in glaciological research and become one of the research centres of international glaciology in the near future.