

青藏高原隆起原因及其对自然环境与人类活动影响的综合研究

自然资源综合考察委员会业务处

青藏高原约占我国陆地面积的 1/4, 素有“世界屋脊”和“第三极”之称。其独特的地壳与上地幔结构和地球物理场特征, 特殊的地质历史, 复杂的生物区系组成, 奇特的自然条件, 富饶的自然资源, 是地学、生物学研究的理想的大地实验室, 也是我国有待开发的一块宝地。它的存在对其毗邻地区的自然环境也产生着深刻的影响, 长期以来一直为中外科学界所瞩目。为了探索它的奥秘, 中国科学院先后组织过多次科学考察, 其中以 1966—1968 年和 1975 年珠穆朗玛峰地区考察, 以及 1973—1980 年青藏高原(西藏自治区部分)综合科学考察最为系统、全面。“青藏高原隆起原因及其对自然环境与人类活动影响”是这几次考察的主题。

通过多年的野外考察和室内总结, 取得了以下成果: 编写了 34 部(共 47 册)青藏高原科学考察专著, 约 1600 万字。这些专著是:《西藏地球物理场特征与地壳深部结构》、《西藏地层》、《西藏古生物》、《西藏南部的沉积岩》、《西藏岩浆活动与变质作用》、《西藏南部花岗岩类地球化学》、《西藏第四纪地质》、《西藏地热》、《青藏高原地质构造》、《西藏自然地理》、《西藏气候》、《西藏地貌》、《西藏冰川》、《西藏泥石流》、《西藏河流与湖泊》、《西藏水利》、《西藏盐湖》、《西藏土壤》、《西藏草场》、《西藏植被》、《西藏森林》、《西藏作物》、《西藏野生大麦》、《西藏家畜》、《西藏农业地理》、《西藏植物志》、《西藏孢子植物(西藏真菌、西藏地衣、西藏苔藓、西藏藻类)》、《西藏两栖爬行动物》、《西藏哺乳类》、《西藏鸟类志》、《西藏昆虫》、《西藏鱼类》、《西藏水生无脊椎动物》、《西藏农业自然资源与农业发展分区》。珠峰地区的考察报告 9 部(共 12 册), 这些报告是:《珠穆朗玛峰地区古生物》、《珠穆朗玛峰地区地质》、《珠穆朗玛峰地区气象与太阳辐射》、《珠穆朗玛峰地区第四纪地质》、《珠穆朗玛峰地区现代冰川与地貌》、《珠穆朗玛峰地区自然地理》、《珠穆朗玛峰高山生理》、《珠穆朗玛峰气象与环境》、《珠穆朗玛峰地质》。

在考察研究基础上, 还编辑出版了《世界屋脊——青藏高原科学考察》以及《珠穆朗玛峰地区科学考察图片集》两本大型画册。



考察队员头顶白云、脚踏山峦, 攀登悬崖峭壁时的情景

这项研究成果得到了国内外科学界的高度重视和好评。它对地学、生物学等学科发展及对西藏地区建设的主要贡献可概括为四个方面。

第一,论证了青藏高原几亿年来的地质发展历史和古地理环境的变迁,以及地球物理场的特征,对高原隆起的原因提出了初步的结论。

自六十年代初全球构造理论——板块学说兴起以来,地壳动力学研究成为当今世界地学领域里的重大课题。但迄今为止,国外的研究主要是揭示了海洋内部或海洋与大陆之间地壳相对运动的机制,而对大陆内部则了解很少。青藏高原是世界公认的研究这一问题的最理想的陆地。因此,有人说:“打开地壳动力学大门的金钥匙在中国,这把金钥匙就是青藏高原。”几年来,考察队通过地层古生物、岩石、地热、地球化学、构造地质、地球物理等的研究,在打开地壳动力学的大门方面,迈出了可喜的一步。

研究表明,西藏地层发育良好,沉积物类型多样,古生物类群十分丰富。但在解放前只描述过石炭纪至第三纪的 300 多种。通过 1973—1980 年以及前些年的考察,又发现了奥陶纪、志留纪和泥盆纪的化石。到目前为止,已描述了 30 多个门类,总数达 3800 多种。根据古生物面貌和沉积物类型,我们将西藏地层划分为喜马拉雅区、冈底斯-念青唐古拉区、唐古拉-横断山区以及可可西里-昆仑区等 4 个区和 11 个分区,基本上建立了各区(分区)的地层系统。在喜马拉雅区的古生代晚期地层中发现了以舌羊齿为代表的、温凉气候条件下的冈瓦纳植物群及“冷水型”的生物化石,而在雅鲁藏布江以北的二迭纪地层中,则发现有以单网羊齿为代表的、热带气候条件下的华夏植物群及“暖水型”的生物化石。说明雅鲁藏布江在古生物地理区划上是一个重要的界线。

根据岩石学的研究,西藏花岗岩的时空分布特点表明,早期的岩浆活动始源于俯冲到欧亚板块之下的特提斯海的洋壳以及覆盖在上面沉积物的深部重熔。在其后的碰撞、挤压阶段则发生有硅铝层的重熔,并存在岩浆房的分异作用。岩石学家还对横亘于雅鲁藏布江南岸的蛇绿岩带进行了较详细的研究。这条岩带西接印度河蛇绿岩带,东面绕过雅鲁藏布江大拐弯,连接印缅边境的蛇绿岩带,东西延伸达 1000 多公里。研究结果表明,其侵位的时代为始新世—中新世,伴随着蛇绿岩的形成还发生了较大规模的混杂堆积,外来岩块以及复理石的强烈褶皱、倒转。地磁资料也说明,雅鲁藏布江以南在地磁场总强度上是呈规律的条带状展布,同时也是一条明显的线性航磁异常带。蛇绿岩是在两个板块碰撞时被挤压抬升到地表的洋壳物质所构成的,因此,可以确定这条蛇绿岩带及其相关联的一系列构造要素复合的线性构造带,就是印度板块和欧亚板块间的缝合带。

强烈的地壳运动也明显地反映在广泛的地热显示上。据这次考察结果,西藏有 600 余处地热显示区,构成我国大陆上最强烈的地热带之一——喜马拉雅地热带。世界上现已发现的所有地热类型在这里几乎都可以找到。强烈的地热活动表明,这里很可能存在着浅部的岩浆活动。这对于探讨青藏高原隆起的机制也有重要的意义。

为了进一步探讨高原地壳与上地幔的深部结构,考察队还初步开展了地球物理的研究,根据天然地震、重力、古地磁、大地电磁测深等资料,特别是人工地震资料,否定了青藏高原为双层地壳的假设,提出了由多层介质组成的成层地壳模型。同时,研究表明,雅鲁藏布江以北地势并不很高的拉萨附近地区地壳厚达 70—73 公里,约为全球地壳平均厚度的一倍;而雅鲁藏布江以南地势高耸的喜马拉雅山地带地壳厚度却只有 50 公里左右。而且珠穆朗玛地区的均

衡异常为 +120 毫巴,这清楚地说明该地区尚未达到地壳重力补偿的均衡状态,而是有一个强大的水平挤压力使其不断上升。此外,古地磁资料还表明雅鲁藏布江以北属于欧亚板块,南侧属于印度洋板块。根据古纬度的变化可得知,自白垩纪以来,印度洋板块以小于每年 5.5 厘米的平均速度向北漂移。

综合各种资料可以认为,青藏高原的形成是印度板块向北漂移并与欧亚板块碰撞的结果。白垩纪中期,由于印度洋脊的扩张,导致印度板块向北漂移,洋壳挤入欧亚大陆之下;始新世晚期,两个板块的陆壳相接,并发生了碰撞,印度板块继续向北移动,导致地壳大规模缩短和加厚。青藏高原的抬升就是地壳增厚及均衡抬升的结果。到中新世晚期和上新世初期,由于经过长期的应力积累,产生喜马拉雅第三期运动。至此,喜马拉雅山已基本形成。但是,通过这次考察,在上新世的湖相层中发现了三趾马动物群化石。这就证明,晚第三纪时青藏高原的高度并不大,大致在海拔 1000 米左右。高原强烈隆起的时代开始于上新世末,通过三个剧烈上升的阶段而大幅度上升,并且有明显的后期加速的趋势。晚更新世以来的 10 余万年内,平均每年上升量可达 5—10 毫米,比欧洲同一类型的高山——阿尔卑斯山目前抬升速度高 4—5 倍以上。

第二,基本上阐明了高原隆起后对自然环境的影响,对高原自然地理环境的特点、演变、分异规律做了比较全面的研究。

在青藏高原隆起的过程中,高原上至少发生过 4 次冰期和 3 次间冰期,以中更新世冰期规模为最大。冰川类型主要为山谷冰川和山麓冰川。否定了前人曾提出过的这里存在大冰盖的说法。到晚更新世,则因喜马拉雅山上升过高,印度洋季风被阻于高原之南,高原内部变冷变干,永久冻土发育,冰川规模减小。尽管如此,青藏高原仍然是我国现代冰川集中分布的中心之一。考察资料表明,我国境内的青藏高原共有现代冰川 4.7 万多平方公里,占全国冰川面积的 80%。

随着高原的隆起,上新世时期曾广泛分布于西藏的湖泊,因河流的下切与溯源侵蚀作用而疏干。而在高原内部河流溯源侵蚀尚未到达的地区,则因气候趋于干寒,而形成许多内流水系和内陆湖泊。

随着高原的隆起,植被、土壤也发生了明显的变化。考察队通过对古植物和孢粉的研究认为,上新世早期西藏主要被亚热带常绿阔叶林所覆盖;上新世晚期,喜马拉雅山地区主要生长着高山栎和雪松等组成的亚热带山地的针阔叶混交林,而在藏北则为云杉和冷杉林。第四纪时,伴随冰期、间冰期的更替,出现了草原和森林的多次交替。古土壤的研究表明,随着高原的抬升,土壤从上新世以来曾经历了红壤、褐红壤、褐土等成土周期,最后形成为今日的土壤类型。

考察队对高原隆起后所形成的独特的高原气候、地貌、冰川、泥石流、河流、湖泊、土壤、植被等各种自然要素的类型划分、基本特征、分布规律进行了比较全面的研究,并在此基础上进行了综合自然区划。研究认为,高原的地势格局及作用于它的大气环流对高原自然地域的分异有着决定性的影响。高原东南暖热湿润,而西北寒冷干旱的变化明显,表现为森林→草甸→草原→荒漠的地带更迭。它是欧亚大陆东部相应水平自然地带在高原隆起后产生的变异,由地势和海拔变化引起的辐射、温度和水分条件的不同是变异的主导因素。根据高原地表自然界地域分异的特点,按照大地势的区域差异,地面温度、水分条件的不同组合,地带性植被、土

壤和垂直自然带结构类型的异同,将西藏划分为 7 个各具特色的自然地带,即喜马拉雅南翼暖热湿润热带山地森林地带、藏东温暖半湿润山地针叶林地带、那曲寒冷半湿润高山灌丛草甸地带、藏南温暖半干旱山地灌丛草原地带、羌塘寒冷半干旱高山草原地带、昆仑山寒冻半干旱-干旱高山寒漠草原与寒漠地带、阿里寒冷干旱高山荒漠地带,为因地制宜地布局和发展农林牧各业提供了科学依据。

第三,系统地记述了高原的生物区系,初步揭示了高原生物区系的组成、发生与演化的规律,并对生物适应高原环境的特性进行了探索。

青藏高原的隆起使这个地区既保留了一些古老的生物种类,又产生了许多动植物的新种属。因而,有人把青藏高原比喻为生物资源的宝库,考察队对这个宝库的探索也获得了丰硕的成果。

考察队编写的《西藏植物志》记述了 5766 种高等植物,分属 1258 属,其中有 5 个新属和 300 多个新种。《西藏鸟类志》记述了鸟类 473 种,另有 98 个亚种,其中包括两个新亚种和大量新记录。《西藏哺乳类》记述了包括一个新种和 9 个新亚种在内的 118 种哺乳动物。《西藏昆虫》一书记述的虽然只是几年来在西藏采集的大量昆虫标本中的一部份,但已包括有 2300 多种,其中新属达 20 个,新种有 400 多种。这个数量相当于中国解放后发表的全国昆虫新种数的 $\frac{1}{3}$ 。其它如两栖动物、爬行动物、鱼类、水生生物、真菌、苔藓、地衣等也都有很多新发现。

通过考察对高原动植物区系的形成、演化提出了初步结论。动物学家认为,不能把青藏高原动物区系简单归结为“古老的”或“年轻的”。诚然,青藏高原脊椎动物的特有属很少见,说明现代的动物区系是在第三纪造山运动之后才发展的,整个区系并不古老;但是,另一方面高原上 23 种鸟类的特有种和 44 种兽类的特有种的存在,又说明它们在大冰期时并未绝灭,更不是冰期以后才形成的。对植物区系的研究认为,西藏植物是在康滇古陆上起源,并在高原隆升过程中发生发展的一个新的植物区系。这与东亚、北美植物区系有共同根源,是北温带一些大的植物科属的激烈分化和发展的中心。

考察队还对西藏的农作物、家畜,特别是人类本身对高原自然环境的适应问题进行了考察研究。高山生理学家对比了世居高原的居民和低海拔地区居民的生理特点间的差异,观察了低地居民进入高原、尤其是特高海拔地区后的生理指标的变化规律与适应能力。1975 年还利用遥测技术取得了运动员潘多在珠穆朗玛峰顶的心电图。

第四,结合高原经济建设的需要,全面评价了各种农业自然资源和地热、水能等动能资源,提出了资源利用保护的方向和途径。

考察队围绕西藏土地资源的数量、质量和开发条件问题进行了考察研究。西藏自治区总面积为 120.1 万平方公里(合 18 亿亩),其中天然草场 12.44 亿亩,占总土地面积的 69.1%;森林面积为 9202 万亩,占总土地面积的 5.3%;据 1977 年的统计数字,耕地只有 391 万余亩,仅占总自治区面积的 0.22%,并且,耕地分布有明显的地区局限性,其中的 $\frac{3}{4}$ 分布在雅鲁藏布江干、支流流域及三江河谷,还有约 20 万亩适宜垦殖的土地主要分布在昌都和日喀则两地区内。显然,考察结果表明,总的说来自治区的土地利用,宜以牧为主,兼顾农林牧综合发展。

西藏是我国的畜牧业基地之一。这里的草地面积占全国总草地面积的 $\frac{1}{5}$,不但面积大,

而且草场类型多,具有发展畜牧业的良好条件。由于草场主要分布于高寒地区,虽产草量不高,但草质较好,牧草蛋白质含量普遍较高,适口性强。据对各类牧草的 120 个样品测定,大部分蛋白质含量在 12% 以上。不利的方面是冷季草场少,而且缺乏足够的打草草场。因此,改造天然草场和扩大人工草地解决冬春饲草问题,是发展畜牧业的一项重要措施。考察研究还认为,今后畜牧业发展的方向,在畜种选择上应以藏绵羊、牦牛为主,积极发展藏山羊、藏黄牛和猪,适当地发展马、骡、驴等牲畜;在畜产品要求上主要是提供羊毛、牛羊肉和乳品,并因地制宜地生产地毯、毛、半细毛、牦牛绒和牛羊肉制品及各种皮张和肠衣等;在发展途径上以建立藏南、藏西北毛肉兼用半细毛羊基地和藏东北肉乳兼用牦牛基地为中心,因地制宜全面安排藏山羊、藏黄牛、犏牛和猪等牲畜的发展;在建设程序上以江孜-浪卡子、安多-班戈、当雄-那曲等地区为重点入手,狠抓育种、饲养、畜产品加工及交通运输等关键环节。

西藏也是我国的重要林区。经调查,西藏森林面积为 9200 多万亩,约占全国森林总面积的 5.1%,集中分布在西藏东南部和南部。木材蓄积量 13.9 亿立方米,占全国总蓄积量的 16.2%,仅次于黑龙江,占全国第二位。西藏木本植物有 1000 多种,仅针叶树就有 40 多种,而多以原始林为主,80% 为过熟林。暗针叶林在西藏分布极为广泛,生长速度快,尤其云杉林,年生产率达 20%,可持续生长 200—300 年,平均每公顷蓄积量 250 立方米,有的地区测量结果,200 年生的云杉林每公顷蓄积量达 2000 立方米以上,树高 80 米,为世界罕见。

除草场、森林外,西藏的其它生物资源也很丰富。据考察,仅药用植物就有 700 多种。属于中国或青藏高原特有的,以及其它珍贵的动物,有野牦牛、藏羚、黑颈鹤、林麝等 30 种。

为了适应发展农牧业灌溉和开辟能源的需要,考察队还专门考察了地热和水资源等。

通过全面考察,发现西藏地热资源丰富,已确证的水热活动区从原有的 46 处扩大为 600 余处,其中经实地调查有 354 处,其数量之多,显示类型之复杂,水热活动之强烈,举世罕见。在人口和工农业生产相对集中的藏南地区,发现了高于当地沸点的地热点就有 42 处,构成了著名的喜马拉雅地热带。一些活动区温度高,面积大,热能蕴藏丰富,构成有开发价值的地热田。这项研究为西藏地区发掘了大量有前景的新能源,改善了能源的资源结构,为地区制定能源政策提供了依据,自治区已将地热能列为近期能源开发的主攻对象。著名的羊八井地热电站就是经考察建议后大规模施工建成的,已经形成拥有 1.3 万千瓦装机容量的地热电站,现供电量占拉萨电网总容量的 33.2%,冬季甚至高达 50%。加上准备开发的布荣热田,地热能将成为拉萨地区的主要能源。

考察表明,西藏是我国水资源最丰富的地区之一。占水资源蕴藏之首的是河系,其中流域面积大于 10000 平方公里的河流有 20 多条,外流河的年径流量约 3289 亿立方米,居全国各省区的第二位。经调查,西藏水能蕴藏量为 2 亿瓩,约占全国的 30%,今后开发利用的潜力巨大。考察队还完整地查勘了雅鲁藏布江从河源到下游全长 2000 公里的河道,特别是雅鲁藏布江下游大拐弯峡谷段,计算出该段的水能蕴藏量近 7000 万瓩,约占全国的 1/10,并选择了合理的开发方案。这里能建成世界上最大的水电站,装机容量可达 4000 万瓩。考察研究中所取得雅鲁藏布江的河长、流域面积、水量、水文、水能等特征和数据都已被水利水电部门承认、采纳,在水电部主持刊印的《中华人民共和国水力资源普查成果》第 21 卷(西藏自治区卷),第 9 卷(雅鲁藏布江及西藏其它河流卷),以及《西南诸河水资源调查评价初步报告》、《中国内陆流域水资源评价初步分析报告》中,都直接引用了该调查研究的许多数据、论点和水资源开发

利用的方案与建议。

西藏湖泊星罗棋布,无数山峦被晶莹的冰川覆盖,它们不仅为高原增添了美好的风光,而且也是水利、矿物等自然资源的丰富的蕴藏之地。拿冰川来说,高原的冰川面积占我国现代冰川面积的 83%,初略估计年融水量达 400 亿立方米;湖泊的潜力更大,经调查,这里面积大于 10000 平方公里的湖泊有 600 多个,约占全国湖泊总面积的 30%。在考察研究的基础上,对一些湖泊拟订了很好的开发利用方案,并提出了利用冰川的设想和建议。如对羊卓雍湖提出的建“羊湖”电站的方案即是其中的一例,与此同时还指出要注意“羊湖”水位下降后对周围环境的影响,提议“羊湖”消落差深度不宜超过 10 米。上述意见被设计院在电站设计中采纳,并已通过主管部门审查。此外,值得指出的是湖泊中计有盐湖 170 个,面积达 6000 多平方公里,内含盐类矿物 27 种之多,还首次在盐湖中发现了水钨芒硝和泻利盐矿物,为今后大量开发利用盐湖积累了宝贵的科学资料。

气候是影响农业生产的重要条件之一。考察队对西藏气候进行了专门的研究。一般认为西藏地势高亢,气候只有严寒的一面。实际上,西藏的气候条件十分独特,它有许多其它地区不具备的优越方面。在高原内部,年平均日照多介于 3000—3400 小时之间,太阳年辐射总量在 40—200 千卡/厘米² 左右,高出四川盆地的一倍半以上,对促进植物光合作用、对有机质的形成和转化极为有利。同时,西藏雨水较多的地区也是热量条件优越的地区,降水期正是全年最暖期,特别是雨量的 70—80% 集中夜间。总之,光热水配合协调,这非常有利于西藏麦类高单产。同时指出,高原上农作物现有的光能利用率一般只有 0.1% 左右,高产田也不过 0.2%,所以光能利用潜力还很大。

在对西藏自然资源与经济条件综合考察的基础上,为因地制宜地发展农业生产,将西藏划分为 8 个农业区,并对每个农业区的生产条件、生产现状、发展方向和增产途径都做了专门论述,对指导西藏农业生产具有重要意义。西藏科委、计委和农牧厅组成的审查小组认为,对“西藏农、牧、林的发展历史现状和今后的发展前景的论述,符合西藏实际,对指导西藏农牧业生产具有重要意义”。并认为“按经济类型划分农业区,对今后搞好西藏农业区划具有参考价值”。

总之,这项规模空前、历时近 20 年的野外科学考察综合研究所取得的丰硕成果,为发展地质学、生物学等学科研究、为西藏地区的社会主义建设作出了积极的贡献,为我国培养了一大批从事高山科学研究的专家,也为今后大规模综合考察研究积累了宝贵的经验。它受到了社会各界和科学家们的高度赞扬,不久前在中国科学院首届科技进步奖评选中被评为全院 3 个特等奖项目之一。