

庐山第四纪冰期 与环境

何培元 等著



地震出版社

庐山第四纪冰期与环境

何培元 段万倜 著
邢历生 刘兰锁

地震出版社

1992

(京)新登字 095 号

内 容 简 介

庐山的第四纪有无冰川流行的争论已经半个多世纪，早以闻名中外。本书全面系统地从事第四纪沉积学的特征、地貌特征、构造特征，以及通过岩石地层学、气候地层学、生物地层学、磁性地层学和年代地层学等方法 and 手段对庐山进行了较深入地研究，阐明了第四纪冰川流行的事实。依据冰川活动以及它们与时空的关系，划分了四次冰期、三次间冰期及一个冰后期，建立了冰期地层序列。

全书附有较丰富的实际素材、数据及图表，是一部全面了解庐山第四纪发展史及其环境变迁的重要文献，对于从事第四纪地质、水文工程地质、古气候古环境研究的科技人员，大专院校的师生的教学和研究工作均有重要的参考价值。

庐山第四纪冰期与环境

何培元 段万倜 邢历生、刘兰锁 著

责任编辑：马 兰

责任校对：王 花 芝

北 京 民 族 学 院 出 版

北京民族学院南路 9 号

丰华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 11.75印张 11插页 297千字

1992年12月第一版 1992年12月第一次印刷

印数 001—450

ISBN 7-5028-0617-2/P·417

(1007)定价：17.00元

本书系中华人民共和国地质矿产部科技发展规划 83004 之二《长江中下游第四纪冰川及第四纪地质》大项中的课题研究总结

序

庐山第四纪冰川研究，始于本世纪 30 年代初期。李四光教授和他的同事们，曾对庐山进行过反复的调查研究，发表过不少学术论著。《冰期之庐山》一书，就是其中的代表作。他第一次系统地总结了庐山的工作，全面地论证了庐山地区第四纪冰川发育和消亡过程。详细地阐明了大量冰川作用遗迹的证据，并首次划分出鄱阳、大姑、庐山三个亚冰期和其间相应的间冰期。确认庐山是中国第四纪冰川发育的典型地区之一。李四光教授的研究工作，为中国第四纪冰川地质学的建立，从实践到理论奠定了基础。

然而，庐山是否发生过第四纪冰川，却是地学界争论最久的一个问题。尽管第四纪冰期问题，在欧美大陆地区已经基本解决了，但是，我国和国外一些地质、地理工作者对中国，特别是东部晚近地质时代有无大冰期的问题，仍持否定态度。如 1989 年中国科学出版社出版施雅风等著的《中国东部第四纪冰川与环境问题》一书，就是代表。黄汲清先生曾发表文章说：“这个专著内容丰富，论证精详。他们的结论基本上否定了李四光学派的成果和观点。这是一件好事。百花齐放、百家争鸣嘛！”近 30 年来，关于研究中国，特别是中国东部地区第四纪冰川的文章和专著不下 200 余篇，报道各地发现了大量冰川遗迹和事实。北京山区和山麓地带就有很多。这些事实如果不是由冰川作用的结果，那它们是如何形成的呢？第四纪环境又经过什么样的演变方式才形成今日之面貌？很同意黄汲清先生的呼吁：“希望不久的将来，中国第四纪研究委员会召开会议，认真讨论这一争论了 60 多年的第四纪冰期问题。”

关于庐山冰川的争论，从 30 年代开始，迄今已有 60 年。纵观 60 年来反对的意见，其论点先后基本雷同，归纳起来不外乎下列几点：第一，庐山位于亚热带季风环境，受西太平洋东南季风控制，不具备发育冰川的条件；第二，庐山的山体不大，高度较低，纬度偏低、古雪线的下降值等都达不到冰川发育的程度；第三，庐山的地貌和第四纪堆积物均与冰川作用无关，它们均系流水作用、融冻泥流、泥石流等作用所形成。这些论点，实际上李四光教授在他的许多论著中早已作过充分的论证和解释。只要抱着严肃认真的态度，面对实际现象，分析各种地质作用的客观规律，那是不难理解的。总之，在双百方针的指引下，通过讨论和争论对于探索真理的科学研究来说，总是会起到促进和深化认识作用的。

为了进一步深入认识，1982 年起，地质矿产部地质力学研究所组成了“庐山地区第四纪地层及冰期划分研究”的课题组，在江西省地矿局水文工程地质大队的协助下，布置了若干钻孔，系统地対庐山地区第四纪地层进行了详细的分析对比研究，采集了大量而系统的剖面及钻孔岩芯样品，应用多项测试分析研究手段，主要有砾石组构分析、粒度分析、化学分析、光谱分析、重矿物分析、粘土矿物分析、孢粉分析、古地磁测试、显微构造分析、X 光衍射分析、透射电镜分析、电镜扫描、能谱分析和氧同素测试等，取得了大量的分析实用数据，从微观研究中获得了极为丰富的气候变化的信息资料，有力地支持了庐山曾有过多次冰期气候演变的论点。

在宏观调查中，也有新的重大发现。如，大排岭冰碛剖面、金铤山冰碛层、白石嘴白色泥砾剖面、芦林黄褐色冰碛层、紫柏厂冰碛与冰水沉积接触剖面、下青山野猫颈表皮构造、

白石嘴冰溜面、张家老屋的条痕漂砾群以及周家墩冰楔群等。这些新的重大发现，在论证庐山第四纪冰川作用和冰期的划分时均具有十分重要的意义。

大家知道，庐山地区第四纪沉积物，在山麓地带分布较广，连续性较差，在自然剖面上层位不尽完整。这次对庐山地区的第四纪研究，借助钻孔手段，获得了前人未知的第四纪早期比较连续的沉积地层，经过多项手段的研究，建立了新的地层序列。显然，这是庐山地区第四纪地层研究的新突破。

30年代，李四光教授在庐山划分了三个亚冰期，即庐山、大姑、鄱阳冰期，在时代上与欧洲阿尔卑斯山的里士、明德和滚兹冰期相试比。此次对庐山第四纪地层和冰期的研究，经过多次多剖面的古地磁测试，取得了较为可靠的古地磁年代数据。特别可贵的是，它与其他方法和手段所取得的古气候变化曲线相配合，为庐山地区第四纪冰期、间冰期及地层的划分，首次提出了自己的年代学数据。

据研究表明，庐山地区第四纪的下限年龄大约在距今 3.0 Ma 前后。由老到新庐山地区的第四纪冰期可分为四个亚冰期和三个间冰期。它们是，大排冰期，大约距今 2.5—3.0 Ma；鄱阳冰期，大约距今 1.6—1.8 Ma；大姑冰期，大约距今 0.9—1.1 Ma；庐山冰期，大约距今 0.2—0.4 Ma。

《庐山第四纪冰期与环境》一书的出版，不仅是继李四光教授《冰期之庐山》一书之后的又一次庐山第四纪冰川地质研究工作的深入研究和总结，而且是反映了中国第四纪冰川地质学研究取得的新进展。同时，也为同行们提供了一本资料丰富翔实、数据可靠、具有重要理论价值和实用意义的参考文献。

孙殿卿

1991年5月

前 言

庐山，自古以来就是一座天下名山。我国历代许多名人学者，多到此居住、游历和讲学，留下了不少千古文章和胜迹。在近代史上，它不仅是一座风景秀丽、驰誉遐迩的避暑胜地，而且还是研究地质、地理、气象、植物等学科的理想基地。中国近代科学先驱，卓越的地质学家李四光教授，在本世纪 30 年代，曾对庐山做过比较长期、反复的考察和研究，他从地质科学的角度，第一个揭露了庐山的真面目。从 1931 年开始，李四光不仅自己在庐山深入调查，而且还常带着北京大学地质系毕业班的学生，到庐山作野外教学实习。对庐山的地形、地层、岩性、构造和构造运动、山体形成的时期等问题，考察得清清楚楚，有过详细的论述，这些都早已载入《庐山志》中的《庐山地质志略》。李四光在庐山还首先发现了第四纪冰川遗迹，他认为庐山许多第四纪沉积物和一些特殊地貌形态，不用冰川作用解释，是解释不通的。这是他从 1921 年在华北太行山东麓和大同盆地发现第四纪冰川遗迹之后的又一次重大发现。他经过详细而系统的研究，深信庐山在第四纪时期发生过多多次冰川活动。他也深信这一发现，必将带来不可避免的重大学术争论。1933 年，他正式发表了《扬子江流域之第四纪冰期》一文，介绍了庐山冰川作用的地貌证据，庐山的冰川堆积，庐山周围的冰碛物，并据此第一次在庐山地区划分出鄱阳、金井和土楼三个冰期，探讨了冰期的时代，还简要地介绍了长江流域其他地区的冰川现象和存在的问题。接着，1934 年，又发表了《关于研究长江下游冰川问题材料》，再次论证了庐山地区的各处冰碛剖面外，还介绍了安徽中部、九华山区和天目山区的一些新发现。扩大了冰川作用的范围。1934—1936 年上半年，李四光在英国讲学，进一步向国外朋友阐明了中国第四纪冰川作用的存在。他在讲学期间，曾和威尔士(L. J. Wills)一道考察过英伦三岛的第四纪冰川遗迹，和李春昱、王恒升一道又重新考察了阿尔卑斯山区的冰川现象，收集了不少极为宝贵的第一手资料，更加增强了庐山的冰期冰川是属于阿尔卑斯型的信心。1936 年春夏之交，李四光回国后，又在黄山发现了 U 谷壁上的冰溜刻痕等冰川活动的证据，9 月发表了《安徽黄山之第四纪冰川现象》一文。这篇文章虽短，却在国内外地学界引起很大的反响和震动。1937 年，李四光完成了《冰期之庐山》一书的编著工作。这是一部具有代表性的科学专著，由于受抗日战争爆发的影响，到 1947 年才正式出版发行。书中总结了探求中国第四纪冰期、冰川的历史过程，全面系统地论述了庐山地区山上、山下的第四纪冰川遗迹，重新划分和命名了三个亚冰期和两个间冰期，即鄱阳冰期、鄱阳-大姑间冰期、大姑冰期、大姑-庐山间冰期，庐山冰期，并与阿尔卑斯山区的冰期作了试比。还专门用了一个章节与质疑者进行了讨论，解释了一些疑问。《冰期之庐山》，是作者长期调查研究第四纪冰川遗迹的科学总结，为中国第四纪冰川地质学的建立，从理论到实践，奠定了坚实的基础。中国第四纪冰川地质工作者多奉为经典性的著作。自此以后，在一个相当长的时间内，怀疑派的一些文章就不多见了。李四光仍在继续自己的调查研究工作，40 年代，在抗日战争的困难时期，又先后发表了《鄂西川东湘西桂北第四纪冰川现象述要》、《中国冰期之探讨》、《贵州高原冰川之残迹》等重要文章。他认为：“中国气候变更之剧烈，非局部偶然之事，而实涉及广大范围，与西欧、北美无所异。舍去此等重要事实，而欲

求中国第四纪地质史之认识，乌可乎？”在这一时期内，国内外地质学界已有一些学者，注意到我国各地的第四纪冰川现象，发表过不少报道性文章。新中国成立后，随着地质事业的发展，报道和研究第四纪冰川地质的文章就越来越多了。到了60年代，中国第四纪冰川地质学，成为一门专业学科，已不是单纯地报道和研究第四纪冰川现象了，而是逐步走上了为国民经济建设服务相结合的道路，并且有了自己的专业队伍。

庐山的位置在纬度上比北方太行山区偏低得多，也不是属于高山之列。在这里发现第四纪冰川遗迹，正如李四光当初估计的一样，一开始就有人持怀疑和反对的意见，尤其是当时在中国工作的几位外国学者，如英籍学者巴尔博(G.B.Barbour)、德国地质学家尼斯特拉姆(E.Nystrom)、法国地质学家德日进(Teilhard dechardin)和瑞典地质学家诺林(E.Norin)等，他们大都持怀疑态度。大家知道，1934年李四光曾和德日进、巴尔博、诺林还有杨钟健先生等人在庐山开过著名的现场讨论会，当时各抒己见，似乎谁也没有说服谁，信者信之，疑者仍自疑之。巴尔博、德日进等还发表不少文章，阐述反对庐山乃至中国东部发生过第四纪冰川作用的见解，形成了30年代一次论争的高潮。40年代以来，中国不少著名地质、地理学家如袁复礼、李承三、许杰、孙殿卿、徐煜坚、张文佑、李捷、王曰伦、贾兰坡、俞建章、郭文魁、郭令智、高咏源、熊永先、杨怀仁、任美锷等都先后发表过有关第四纪冰川研究的文章，他们大都倾向赞成中国第四纪时期出现过多次冰期气候，不少冰期划分均以庐山地区为标准，加以对比。有一位德籍学者费斯曼教授(Prof.H.V.Wissmann)，在南京中央大学任教，他最初不相信中国东部发生过第四纪冰川，后来两次上黄山，见到了U谷壁上的冰川刻痕，就公开承认中国在第四纪出现过多次冰期，并说黄山冰川现象“是一个翻天覆地的发现”。50年代后期，苏联纳里夫金(Д.В.Наливкин)院士来华出席地质会议时，在李四光、孙殿卿等陪同下，察看了北京西山隆恩寺基岩冰溜面之后，改变了他原来不相信中国有第四纪冰川的见解，回国后发表《亚洲地质史的光辉一页》，对中国第四纪冰川，包括庐山在内表示“深信不疑”。

60年代初期，黄培华发表文章，提出庐山在更新世时不具备发育冰川的气候条件，庐山不可能发生过冰川作用。接着曹照垣、吴锡浩等人也发表文章，予以反驳，并指出黄培华的质疑论点基本上与30年代巴尔博等怀疑派的意见相类似，仅仅是旧话重提而已。因此60年代这次论争，时间不长就自行消沉下去了。这期间，波兰学者柯萨尔斯基(S.Kozarski)来庐山考察后，承认庐山新桥剖面是一个终碛垅的残迹，并说，“可以得出结论，中国更新世有四个冰期”。60年代中期，江西省区测队的第四纪地貌组在填图中，对庐山做了一次较全面的考察，并通过钻孔资料对比研究，除承认李四光定的三个冰期外，认为在鄱阳冰期之前，可能还有一次更早的冰期。与此同时，在中国东部其他地区，如北京西山地区、河北太行山区、东北大小兴安岭地区、陕西秦岭地区、安徽大别山区、川西龙门山区、螺髻山区等都先后开展了工作，发现了大量的第四纪冰川遗迹，划分了冰期，大都与庐山地区的冰期作了对比。1971年4月，李四光逝世了。他在逝世前不久，完成了《天文、地质、古生物》一书，论述了“三大冰期”，对中国第四纪冰期研究的学术成就，做了概括性的总结。他在一张“第四纪大冰期中的亚冰期”表格中，在鄱阳冰期之前，留下一段上百万年的空白，预示着庐山的鄱阳冰期不是第四纪的早冰期。后来西南的金沙冰期、安宁冰期、龙川冰期；北方的红崖冰期；青藏高原的惊仙冰期，以及在庐山发现的大排冰期等先后确定，正好填补了这段空白，也印证了李四光教授预示的科学性。1978年，中国地质学会首次在庐山召开全国第四纪冰川及第四纪地质

学术会议，全国知名的地学家及第四纪冰川工作者二百余人出席了会议，全体代表共同考察了庐山的冰川遗迹，大多都承认李四光生前的工作是扎实可信的，庐山不愧是中国第四纪冰川地质学的诞生场所。81岁高龄的杨钟健先生，也出席了这次会议。大家知道，30年代杨老曾和几位外国学者一道参加过庐山现场辩论，那时他对庐山冰川持怀疑态度。可是现在，他经过三、四十年的科学实践之后，态度终于改变了，他总结说：“就我国第四纪地质问题来说，冰川好比一把钥匙，没有它，这门就开不开，更不用说登堂入室了，这个问题，目前已为大多数同志所接受，这是一个好现象。但是，前进的道路不是笔直的，而是‘之’字形的。估计未来，总不免还有些曲折。可是无论怎么样曲折，真理还是真理，中国冰川的存在，已不是只说几句空话，所能动摇它的了”。他还说“更新统的冰川，就以表现最好的庐山来说，也是受到了多少摧毁和破坏的。其他地区当然更多，加之又添上风成的、水成的许多堆积的东西，混杂在一起，因而真正认识它，是不太容易的”。

80年代，研究现代冰川多年的施雅风先生带头，联系了几位地理学者，连续发表了一系列的文章和专著，提出中国东部中低山地不存在第四纪冰川。还曾请过一位英国讲师德比希尔先生来中国讲课和到庐山考察三天，结果这位讲师也发表文章，否定庐山的冰川遗迹。总起来，他们的论点大致如下：

(1) 庐山山麓地区的堆积物不是冰川作用堆积而成，全属泥石流停积；(2) 庐山的地貌形态不是由冰川作用形成的，是流水作用侵蚀所致；(3) 庐山山体不如青藏高原或西部山地海拔高，不能形成冰川；(4) 西部现代冰川雪线均在3000 m以上，而庐山高度不够，不能形成冰川；(5) 庐山地处的纬度低，不能形成冰川。

总之，把李四光教授和其他许多学者在中国东部地区发现的第四纪冰川遗迹，统统视之为“误会”，其原因均属“缺乏工作经验”。这些提法，似乎已经游离了学术讨论的范畴，没有必要予以争论和解释，就其主要质疑的论点看，似乎也没有超过以往30年代或60年代的范围，在深度上好像还有所逊色，归结起来，仍然是局限于古冰川的冰蚀地形和古冰川的冰碛物的否定，没有什么新的内容。看来这虽是80年代的论战，也可能90年代还会继续下去，似乎也很难动摇30年代李四光教授经过千锤百炼所奠定的基础。更何况，在中国东部许多地区，特别是庐山地区，一直有不少科研单位、高等院校和地质勘察队等，继续开展工作，深入调查研究；许多中外学者相继亲临现场考察，发现冰川流行的新证据，日益增多，再加上新技术新方法的综合应用，多学科相互配合，相互支援，对以庐山为代表的中国东部各地区的第四纪冰期研究，更为广泛和深入，大量的事实和科学论证，说明中国东部山区的第四纪冰川遗迹证据确凿无疑。70年代以来，江西水文地质大队对庐山又进行了多年的全面考察，并通过钻孔资料对比研究，认为庐山在庐山冰期之后，可能还有一次冰期，并命名为芦林冰期。南京大学地理系、南京河海大学、华中师范大学、中国地质大学(武汉)、湖北大学等院校师生，几乎每年都要到庐山进行实习考察，对庐山第四纪冰川遗迹多有新的发现。还有天津地质矿产研究所等单位，在庐山也做过调研工作，他们曾首先发现大姑期原生的白色泥砾。80年代，外国朋友对庐山也很感兴趣。美国的米勒教授、捷克的西勃拉瓦博士、英国的斯维亨女士、瑞士的施鲁克特博士，还有加拿大的奥契蒂教授等都到庐山考察，他们大都认为庐山的问题很重要，庐山有无发生过冰川作用，涉及有关亚洲乃至整个北半球的第四纪气候模式的演变问题，自然也包括朝鲜半岛、日本列岛和台湾等地区是否也存在过更新世冰川作用。米勒和施鲁克特等对庐山大校场口剖面，观察很细致，发现了他们认为是冰川作用的证据。

国内学者杨怀仁、周慕林、景才瑞等教授，对庐山的冰期冰川，早已发表过多篇文章，加以肯定。近些年来，赵良政、傅逸贤、吴锡浩、杨达源、曹照垣等也有不少文章，论证庐山地区的冰川遗迹是确凿可信的，更新世气候环境，可以允许庐山出现冰期气候。傅逸贤副教授根据气候学原理，从第四纪时的太阳辐射、大气环流、下垫面等具体情况出发，讨论庐山上的冰期温度、降雪、日照百分率、太阳总辐射、冰雪消融量、冰雪质量平衡等古气候概况，继而以第四纪冰期庐山气候的研究为基础，进一步计算了冰期黄山、天目山的温度与冰雪质量平衡，指出冰期低温的春秋季节十分有利于降雪和冰雪积累。在有冰雪反射率的情况下，证明天顶角反馈的重要性，以及反馈机制在米兰柯维奇冰期理论中的重要作用。经过理论推出，第四纪中国东部山地的庐山冰期雪线高度大约是海拔 1225 m。这与用地质地理学方法得出的庐山冰期雪线高度 1100—1200 m 极为接近。依此类推，更古老的大姑、鄱阳等冰期的雪线降在千米以下高程，更是不足为奇了。

中国科学院古脊椎动物及古人类研究所副研究员郑绍华，在庐山东面安徽和县猿人地点，发现了大量的高纬度寒冷型和高原山地寒冷型的小哺乳动物群，并进一步论证这些小哺乳动物群应当是在大姑冰期时出现的。说明长江中下游第四纪时出现了寒冷的冰期气候。1983 年 5 月，孙殿卿教授曾率领来自北京、江苏、安徽、江西等有关单位的地质科研人员十余人，到黄山作了一次考察，发现了一些冰川活动的新证据，再次确认，在距今二三百万年以来的第四纪大冰期时期，黄山确曾发生过冰川作用，冰流还一度下达到山麓地带，形成了冰泛。南京大学徐馨副教授，在浙江天目山进行了多年的考察，发现了丰富的第四纪冰川遗迹，划分了冰期，基本上可与庐山对比。至于在中国东部其他地区，如东北大小兴安岭和松辽平原、太行山东麓及华北平原、神农架地区及江汉平原，以及大别山区和淮河平原乃至长江三角洲等地区的第四纪地质和气候环境演变的研究中，几乎都发现了大约距今三百万年以来，多次冰期周期性的气候变化及多期寒冷还原环境下的沉积物。当然，这绝不应该看成是偶然的巧合。还有，在近海地区冰期、间冰期周期性气候变化，还和第四纪时期出现的多次海侵海退相对应，得到了较好的相互验证。此外，王克钧在广西桂林，经过多年工作，建立了桂林冰期。在纬度更低的广东海丰地区，也出现了第四纪冰川作用的信息。反映出南岭以南地区也出现过寒冷期气候。近年来，中国地质科学院地质研究所副研究员韩同林，通过对青藏高原十多年的实际考察工作，提出大量证据，证明青藏高原在第四纪早期出现过统一的海洋型大冰盖。并指出大冰盖形成时的古雪线，海拔高程可能不超过 1500 m。青藏高原大冰盖的确定，不仅突破了我国西部地区第四纪古气候、古环境的旧框架，而且必将对我国东部地区第四纪冰期冰川和环境演变的研究，带来重大的影响与支持。

要知道，第四纪历史，已经经历了几百万年的演变过程，各种内动力和外动力的地质作用，频繁叠加。第四纪时期各个阶段形成的各种营力作用的沉积物的堆积形态，地貌部位，地貌形态和格局，都有或多或少的改变，企图用现今的某些地质作用所形成的地貌格局，沉积物的分布状况，分布高程及所处的纬度，沉积物的堆积形态等去量度几百万年前所形成的沉积物及地貌格局和它们之间的相互关系，显然使人们的认识受到很大的局限。例如，我国著名的南坨冰碛层，是震旦纪时期形成的，距今已有 6—8 亿年的历史，它多出现在我国华中、华南一带。其分布高程相差很大，有的仅海拔 10—20 m，有的则在海拔几百米乃至出露于上千米的山岭，跨越纬度的范围在 10 度以上。当时的地貌格局已不复存在，其冰川地貌形态也完全没法寻求，其古雪线更是无法寻根求源了。然而大家仍然承认它是南坨冰碛

层。

另外，还要指出，第四纪以来，青藏高原和川西、滇西地区的强烈抬升，是地学界一致公认的，青藏高原距今三百万年来，已上升3—4 km，第四纪山地冰川雪线高程与现今高程已有很大的差距，古气候格局也与现今有很大差别。所以，要搞清中国东部第四纪冰川作用的存在与否和气候演变过程，除认真鉴别第四纪冰川遗迹外，还要仔细地探寻第四纪沉积物所储存的各项气候信息，将气候变化周期与地壳构造运动轮回相结合，加以分析判断，或许可以找到更加符合客观实际的结论。

李四光教授在长期研究第四纪冰川学的过程中，曾总结出鉴别第四纪冰川活动的科学方法和途径。概括地说，论证第四纪冰川活动至少必须提出三项必不可少的证据和一项应有的、但不一定可以处处得到的证据来加以验证。这三项必要的验证资料包括：（1）大片冰层在山区停积和它向低处移动的道迹；（2）冰碛，即冰川下面的沉积和它侧面及前面遗留的堆积物；（3）冰水沉积和其他冰缘沉积。这三项中的各项证据把它们分开来单独地看，它们各自都具有不同确凿程度的验证意义，但更重要地是把它们联系起来看，它们显示冰川在它滋长、活动和消失的过程中所起的作用。至于应有的但不是经常可以得到的证据，是在寒冷气候中生存的动植物遗体或遗迹。我们遵循李四光的方法论和认识论的教导，在庐山地区对第四纪冰川地质，重新做了反复的考察。我们在继承前人工作的基础上，运用尽可能先进的手段，首先对地层沉积物的形成时代、沉积特征、相互关系等方面，探寻气候变化的信息。宏观上采取了野外地质调查，加上钻探、坑探和槽探等手段，来揭露在自然出露剖面中的缺失地层，先后打了9口探井，发现了一些新地层。系统地采集了大量的剖面样品和岩芯样品，进行砾组及粒度分析、光谱分析、化学分析、重砂分析、微体化石分析、孢粉分析、透射电镜分析、扫描电镜分析、 $\delta^{18}\text{O}$ 分析、磁性测试分析、 ^{14}C 测年等实验测试，取得了大量的科学数据。在宏观考察中较为重大的新发现有下列几项：（1）大排岭冰碛层；（2）金铤山冰碛层；（3）白石嘴白色泥砾剖面；（4）芦林溢口黄褐色冰碛层；（5）下青山-野猫颈表皮构造；（6）浆粕厂冰碛、冰水沉积接触剖面；（7）张家老屋后的条痕漂砾群；（8）周家墩冰楔群。这些新发现取得了微观测试数据的支持，特别是彼此联系起来，相互印证，对恢复庐山第四纪气候环境的演变过程，其意义显得尤为重要。

庐山地区第四纪沉积，在山麓地带分布较广，山上只有零星出露。总的说，厚度不大，连续性不强，在自然剖面上层位缺失较多。因此，要建立地区的地层层序，不借助于钻孔的揭露，是很困难的。星子县汪家村503孔，九江市锁江楼等钻孔，取得的岩芯，经过各项手段分析研究，发现了比较连续的第四纪早期的沉积，并能在气候曲线上反映出冰期、间冰期的旋回。这样，把钻孔的揭露和自然剖面的观察结合起来，庐山地区第四纪地层层序的建立，终于第一次得到了较为完满的解决。

自从李四光教授划分庐山、大姑、鄱阳三个冰期之后，一直没有自己的实测年龄数据。我们这次经过从钻孔岩芯和自然剖面系统地采取了古地磁、孢粉等样品，反复测试研究，终于取得了具体年龄数据。尽管这些年龄数据，是初步的，未经其他测试手段验证过，但仍然具有重要意义，特别可贵的是与古气候波动曲线相吻合，为庐山地区的冰期、间冰期和第四系的划分，提供了较为可靠的依据，从而修正了过去远距离对比拟出的年龄误差。现在实测的结果是：鄱阳冰期，出现于距今1.60—1.80 Ma之间；大姑冰期，出现于距今0.90—1.1 Ma之间；庐山冰期，出现于0.20—0.40 Ma之间。新发现的大排冰期则出现于距今2.50—

3.00 Ma 之间。加上各个冰期之间相应的间冰期地层沉积年龄,从而,庐山地区第一个第四纪年代地层表建立起来了。

对庐山地区第四纪沉积,过去在成因方面研究较多,在沉积先后的次序上一直没有建立起一个较为系统的层序。这次借助于钻孔资料,总算补充了在地表缺失部分的地层记录,使从第四纪底界开始往上直到全新世得以建立起一个较为完整的第四纪地层层序柱状剖面。所谓较为完整,就是说,这个综合剖面,不仅反映了古气候、古环境的演变程序,而且有了具体的年龄数据。庐山地区第四纪下限年龄,我们认为放在 3.0 Ma 上下,较为合适,也就是从大排冰期来临算起,其地层代表即大排岭冰碛层。现在看来,早更新统是由两个冰期和两个间冰期的堆积物组成,时间上占据得较长,但从地层记录上看,大排-鄱阳间冰期开始到鄱阳-大姑间冰期结束,其沉积是连续的。大排冰碛之后,有过一个剥蚀面,鄱阳-大姑间冰期沉积结束之后,又有个剥蚀面,这两个剥蚀期,究竟占多少时间,现在是未知数。从大姑冰期之后,在地层剖面上的反映,每一段沉积之后,都经历过一次剥蚀,其每一次的剥蚀期有多长,在时间的估算也是困难的。中更新世在时间上似乎只占六七十万年,较之早更新世短多了。晚更新世所占时间更短,0.30 Ma 左右。全新世一万余年。这样划分和建立的层序,在时间分配上还有些问题,但在岩石地层、气候地层和年代地层上,都有数据作根据,应当说,还是有一定的实用意义的。

该项工作,是根据地质矿产部科学技术发展计划 83004 项之二“长江中下游地区第四纪冰川地质研究”的计划安排的,是与江西省地矿局水文地质大队共同合作完成的。80 年代初开始,到 1985 年基本上结束了野外考察,以后转入室内综合研究。1985 年底,地质力学研究所邀请了国内部分专家、学者 30 余人,举行了现场鉴定和验收会议。认为“研究工作做得很认真、踏实和细致;应把丰富的宏观和微观资料综合起来,将是一份材料充实的,有关中国东部第四纪冰川遗迹研究的高水平成果”。“这项成果,对我国第四纪地质研究,无论是理论和应用方面,都将起到深远的影响。”

现代第四纪研究,随着技术手段的进步,无论在国内外均取得长足进展。特别是有关冰期、间冰期的研究,与人类生存的环境演变问题,即全球变化问题越来越密切。敏感的气候变化,可以给地球环境各个方面都带来深刻影响,因此,第四纪冰期、间冰期气候更迭发展规律性及其变化主导因素的研究,在当代具有更加突出的重要意义。

我们在寻求气候环境演化格局时,依据本地区第四纪沉积物的地球物理特征、地球化学的信息反馈、生物的组合演变、气候的变化规律以及区域和整块大陆的晚近构造活动及构造格架的形成与发展,来恢复庐山地区第四纪环境的演变过程,从而,再现庐山第四纪地质历史的发展进程,看来效果还是满意的。

我们本着上述意义和考虑,将 80 年代的一段工作所获得的资料和认识,作了比较系统的总结,写出《庐山第四纪冰期与环境》一书。并附庐山第四纪地质图及庐山第四纪冰川遗迹分布图。由于作者水平局限,加之问题复杂,错误和疏漏之处,尚望读者正之。

本书依据野外收集的丰富资料,特别是 9 个钻孔的宝贵的地下资料,经系统的宏观及微观分析综合整理而成,它是一份集体劳动的成果。孙殿卿教授对此项研究非常关心,具体和亲临现场考察指导,并对全书进行了仔细的审定和指导;段万倜研究员自始至终参加了野外调查,对全书进行了修改和审定,并主笔前言的编写;邢历生副研究员负责第八章的编写;刘兰锁副研究员负责第九章第一节的编写;何培元副研究员负责其余章节的编写工作。

书中的插图及图件由何培元、邢历生、刘兰锁主持编制；另外，部分图件及数据计算工作由田国强、刘莉和王家栏同志协助完成，英文摘要由赵永波同志完成。历年参加野外调查的除作者外，还有地质力学所的潘建英、田国强、王家栏和卢桂江等同志；江西省地矿局水文队的张兰庭、丁汉文等同志。化学分析、岩矿分析、氧同位素、扫描电镜分析、透射电镜分析、能谱分析、差热分析、X光衍射分析等，得到江西省地矿局中心实验室、河北省地矿局中心实验室、北京大学地质系、地矿部宜昌所、岩溶所、地质所、矿床所等单位的大力支持和协助；照片复制由马永革完成。在此，向参加此项研究工作辛勤劳动的同志们表示深切谢意。

在现场鉴定及验收工作中承蒙孙殿卿教授、周慕林研究员、景才瑞教授、陆中光高级工程师、赵良政副教授、徐馨副教授等专家以及地质力学所原党委书记郭云麟研究员的指导和帮助，并提出宝贵意见。在此，一并致谢。

目 录

第一章 区域概况	(1)
第一节 自然地理	(1)
第二节 地质概述	(2)
第三节 地貌	(6)
第二章 第四纪地质	(8)
第一节 概况	(8)
第二节 第四纪地层研究方法	(9)
第三节 第四纪地层划分原则	(10)
第四节 第四纪地层区域划分和对比	(13)
第三章 第四纪沉积物成因类型	(22)
第一节 沉积物的主要成因类型	(22)
第二节 不同成因沉积类型的时空分布	(22)
第四章 新构造运动	(26)
第一节 新构造运动的表象	(26)
第二节 新构造的主要类型	(27)
第三节 新构造运动的基本特征	(30)
第四节 新构造运动时期	(32)
第五章 第四纪沉积物特征	(33)
第一节 沉积物的岩性特征	(33)
第二节 砾石组构特征	(34)
第三节 粒度特征	(44)
第四节 地球化学特征	(54)
第五节 重矿物特征	(70)
第六节 粘土矿物特征	(74)
第七节 石英砂表面结构特征	(80)
第六章 第四纪冰川遗迹及冰期划分	(85)
第一节 冰川作用的地貌残迹	(85)
第二节 冰碛物之残迹	(91)
第三节 冰川活动之确据	(92)
第四节 冰碛与冰水沉积物的微观结构	(96)
第五节 冰期划分的依据及分期	(98)
第七章 第四纪古气候环境	(103)
第一节 孢粉分析	(103)
第二节 高价铁与低价铁的比值研究	(114)

第三节 第四纪地层的氧同位素记录·····	(118)
第八章 庐山地区的磁性地层及冰期之年代·····	(122)
第一节 古地磁标本的采集、测试和样品的退磁·····	(122)
第二节 测试分析结果·····	(131)
第三节 庐山第四纪地层和冰期的古地磁年代·····	(142)
第九章 庐山第四纪环境演变及有关问题讨论·····	(146)
第一节 庐山第四纪环境演变·····	(146)
第二节 问题的讨论·····	(148)
附图 I 庐山第四纪地质图	
附图 II 庐山第四纪冰川遗迹分布图	
参考文献·····	(153)
英文摘要·····	(157)
图版 I-XVIII	

Contents

Chapter 1 Regional survey	(1)
1 Natural geography	(1)
2 Brief geological introduction	(2)
3 Geomorphic features	(6)
Chapter 2 Quaternary geology	(8)
1 General situation	(8)
2 Research methods on Quaternary stratigraphic subdivision	(9)
3 Principles on Quaternary stratigraphic subdivision	(10)
4 Quaternary stratigraphic division and correlation	(13)
Chapter 3 Genetic types of Quaternary deposits	(22)
1 Main genetic types of Quaternary deposits	(22)
2 Temporal and spacial distribution of varied types of Quaternary deposits ...	(22)
Chapter 4 Neotectonic movements	(26)
1 Expression of neotectonic movements	(26)
2 Major types of neotectonics	(27)
3 Main characteristics of neotectonic movements	(30)
4 Phases of neotectonic movements	(32)
Chapter 5 Characteristics of Quaternary deposits	(33)
1 Lithological characters of Quaternary deposits	(33)
2 Fabric characters of gravel	(34)
3 Size characters	(44)
4 Geochemical characters	(54)
5 Heavy mineral characters	(70)
6 Clay mineral characters	(74)
7 Surface texture characters of quartz sand	(80)
Chapter 6 Quaternary glacial traces and stages	(85)
1 Geomorphic traces of Quaternary glaciations	(85)
2 Glacial drift remains	(91)
3 Evidence of Quaternary glaciations	(92)
4 Microtexture of tills and glaciofluvial deposits.....	(96)
5 Subdivision of glacial stages	(98)
Chapter 7 Quaternary palaeoclimatic environments	(103)
1 Sporo-pollen analysis	(103)
2 Study on the ratio of high valence Fe and low valence Fe	(114)
3 Oxygen isotope record in Quaternary strata.....	(118)
Chapter 8 Magnetostratigraphy and ages of glacial stages in Lushan areas	(122)

1 Collection, measurement and demagnetization of paleomagnetic samples	(122)
2 Analysis of testing results	(131)
3 Quaternary strata and paleomagnetic time of glacial stages in Lushan areas	(142)
Chapter 9 Quaternary environmental evolution and a discussion on several concerned problems	(146)
1 Quaternary environmental evolution	(146)
2 A discussion on several concerned problems	(148)
Attached map I	
Distribution map of Quaternary glacial vestige in Lushan mountain	
Attached map II	
Map of Quaternary geology in Lushan mountain	
Reference	(153)
Abstract	(157)
Plate I—VIII	