

中国地质调查局资助项目

# 黄河源区第四纪地质与生态环境

程捷 张绪教 田明中 晁立宏 著  
唐德翔 岳建伟 于文洋

地质出版社

· 北京 ·



# 序

黄河以其雄伟的身姿，磅礴的气势横贯中华大地，在它身边孕育的悠久文化和自然奥秘令世人神往惊奇，尤其追溯到长缘源集的大河源头——缘田国多米高的青藏高原腹地——巴颜喀拉山区，那会是多么艰难，多么神秘！程捷教授与他的同事共同撰写的《黄河源区第四纪地质与生态环境》一书，把我们带到了那渺无人迹的黄河发源地，展示了这条养育中华儿女的母亲河是在什么样的地质背景和自然环境下诞生的。

作者在执行中国地质调查局“黄河源区员颐缘万生态环境地质调查”项目过程中，深入实地，通过地表调查和钻孔岩心的系统分析，获得了大量第一手资料和丰硕成果，本书就是在此基础上凝练而成的。书中全面系统地论述了黄河源区的第四纪地层、地貌特征和生态环境特点；重建了该区中更新世以来的气候演变历史，指出中更新世早期为冷湿气候，末次冰期气候恶劣，尤其在末次间冰期与末次冰期之间，气候和环境发生了巨大变化，在全新世大暖期的中期曾发生强烈的降温事件；黄河源区的黄河出现在晚更新世晚期，此时该区的大湖环境已经结束。不难看出，本专著在前人工作的基础上，又有许多新内容、新进展和新认识，这对于深入了解该区乃至青藏高原的第四纪环境变迁和地貌演化以及黄河的起源有重要科学价值，读者可从中受到许多启迪。

中国科学院院士



圆田年源月员园日

# 前摇摇言

黄河是中国的第二长河流，中国人的“母亲河”。她孕育了中华民族几千年的光辉灿烂文化，与两河（幼发拉底河和底格里斯河）、尼罗河、印度河并称世界四大文明之河。她从世界屋脊——青藏高原的巴颜喀拉山而来，奔腾的黄河水，穿过黄土高原，流经华北平原，最终注入渤海湾，绵延 ~~缘河~~ <sup>缘河</sup>（刘明光，~~灵~~）。在第四纪有些时期，黄河流域曾经有过郁郁葱葱的森林，林地覆盖率高达约 ~~缘~~ <sup>缘</sup>，而今天的黄土高原森林覆盖率仅有 ~~缘~~ <sup>缘</sup>，远低于我国的平均水平（约 ~~缘~~ <sup>缘</sup>）（程捷，~~缘~~）。不仅如此，目前黄河流域的生态环境极度恶化，上游地区水土流失严重，而下游河床淤高，形成悬河，流量减少，并出现断流。~~缘~~ <sup>缘</sup>年，在利津水文站断流时间长达 ~~缘~~ <sup>缘</sup>天，而且自 ~~缘~~ <sup>缘</sup>世纪的 ~~缘~~ <sup>缘</sup>年代以来，断流的时间有逐年增加的趋势（程捷等，~~缘~~ <sup>缘</sup>），这给黄河下游居民的生活和生产带来极大的影响，甚至危及到人民生存的基本条件和社会稳定，对黄河流域的经济开发和发展产生巨大的障碍，所以黄河流域的生态环境研究和整治迫在眉睫。

黄河下游断流了，中游环境恶化了，其源头的生态环境也受到严重的破坏，并自 ~~缘~~ <sup>缘</sup>世纪 ~~缘~~ <sup>缘</sup>年代以来也在不断地恶化。在 ~~缘~~ <sup>缘</sup>年代，由于黄河源区水草丰满，人烟稀少，牛羊硕肥，源区的玛多县曾为全国的首富县，在 ~~缘~~ <sup>缘</sup>年代经济状况还不错，人年均收入达 ~~缘~~ <sup>缘</sup>元。但是几十年过去了，现今的玛多县却成为全国的贫困县，自然资源也大量减少（程捷等，~~缘~~ <sup>缘</sup>），究其原因可能与过度放牧以及人为的草场破坏有关。从 ~~缘~~ <sup>缘</sup>年代以来，玛多县的牧业发展很快，牛羊的存栏数快速增长，到 ~~缘~~ <sup>缘</sup>年代，已超过了草场的承载能力，使草场得不到充分的营养和生长，造成草场快速退化和土地沙化。引起黄河源区草场退化的还有采矿、采药、筑路等活动。黄河源区是一个高海拔、气候寒冷的地区，发育有大片的多年冻土，由于草场退化和土地沙化影响该区的冻土层结构，甚至导致有些地区冻土层融化或永冻层的顶界下移，从而引起地下水位下降和地表水的流失，草得不到充分的水分，草场退化和沙化，造成生态环境进一步恶化。黄河源头曾在 ~~缘~~ <sup>缘</sup>年代出现断流（李万寿等，~~缘~~ <sup>缘</sup>；程捷等，~~缘~~ <sup>缘</sup>），河流的流量也大为减少（李万寿等，~~缘~~ <sup>缘</sup>），现今的黄河源有些地区的居民饮水都成为问题。所以生态环境恶化已到了比较严重的地步，需要加紧治理，否则对黄河上游地区的环境将产生影响。

黄河流域的生态环境治理以及未来生态环境变化的研究，不仅要在中、下游开展工作，而且还要从源头开始。近十几年来，我国几大河流源头地区的生态环境都有恶化的趋势（严鹏等，~~缘~~ <sup>缘</sup>；姚桂基，~~缘~~ <sup>缘</sup>；李来兴等，~~缘~~ <sup>缘</sup>），如植被覆盖减少，土地沙化，沼泽干涸，生物多样性降低，水土流失严重，保水能力下降，冻土层破坏，这不仅严重影响源头地区的生态环境，而且也影响到河流中、下游的生态环境以及水源。大江大河源区的生态环境恶化已引起国家领导的高度重视，为了保护三江源区（长江、黄河、澜沧江）的生态环境，于 ~~缘~~ <sup>缘</sup>年 ~~缘~~ <sup>缘</sup>月在通天河畔立起了“三江源生态环境保护区”的纪念碑，以

此来加强对这些地区的生态环境研究和保护,恢复其生态环境原貌和维持正常的生态环境系统。为配合河源区的生态环境研究和保护,1983年中国地质调查局提出了“黄河源区生态环境地质调查”项目,由青海省地质调查院和中国地质大学(北京)联合组队中标,中国地质大学(北京)程捷负责第四纪地质专题的研究。通过本专题的研究,试图建立黄河源区第四纪地层层序,弄清第四纪气候演变的特征和近几十年的生态环境变化,这也是黄河源区生态环境地质调查的重要任务之一。

黄河源区位于青藏高原的东北部,与黄土高原和四川盆地接壤,处在一个比较特殊的地理和地质位置上。在第四纪时期,该区不仅受东亚季风的作用,还可能受到南亚季风的影响。不仅如此,黄河源区的地貌、湖泊的演化对青藏高原的隆升都作出了积极响应,是研究青藏高原隆升与其产生环境效应的良好地区。因此,对该区的第四纪环境变迁研究有助于了解青藏高原隆升过程的环境效应。

为了获得良好的地质记录,我们采用了人工浅井、钻孔和自然露头相结合的手段,取得较连续的第四纪地层剖面。在剖面上,根据地层的岩性特征,进行较高密度的连续取样,建立较高分辨率的剖面。同时,对地表出露的地层和地貌进行仔细地观察和描述,并获得不同的测试样品,使钻孔和地表露头之间建立起地层-原古环境-原地貌的联系,形成比较完整的古环境证据链。在古环境研究方面,我们从一些古环境替代性指标入手,如碳酸盐、氧化物、孢粉、碳同位素、磁化率、粒度等,通过对这些替代性指标的分析,再造了黄河源区第四纪古环境面貌,获得了较为满意的结果。

本书是中国地质大学(北京)第四纪教研室部分教师和研究生集体劳动的成果,凝聚了老师和学生的心血。在那高寒、缺氧的环境下,工作条件极差,有时午夜才回到住处,有时露宿野外,但靠着科研组老师和学生的团结和坚强的毅力,克服了一个又一个困难,收集到了宝贵的野外资料。在室内,除本文作者外,还有一些研究生参加了工作,帮助清绘图件和整理资料,他们是王海芝、张西娟、余江宽、赵淑君等。最后由程捷主笔完成书稿。由于作者的水平有限,书中难免存在问题,敬请同仁不吝指教。

在此特别感谢的是中国科学院院士刘嘉麒先生,他在百忙之中为本书作序。在项目的进行过程中,中国地质大学(北京)地质调查院总工程师顾德林教授起到非常重要的协调作用,才使项目得以完成;青海省地质调查院的张雪亭和许伟林副院长也为项目的执行给予方便和支持。在此对他们表示感谢。中国地质大学(北京)化学分析室、古地磁室、载光分析室分别完成了化学分析、古地磁测试和粘土矿物分析;国土资源部新星石油公司实验地质研究院完成了有机碳和碳同位素测试;国家地震局地质研究所完成了孢粉鉴定、热释光测年;北京大学城市与环境学系完成了光释光和<sup>14</sup>C测年。在此对他们表示感谢。

作译者

1983年 源月于北京

# 目摇摇录

序

前摇言

第一章摇黄河源区自然地理和地质概况 .....	(员)
第一节摇自然地理概况 .....	(员)
一、黄河源区的范围及研究区 .....	(员)
二、气候 .....	(圆)
三、植被 .....	(猿)
四、水文 .....	(猿)
第二节摇地貌特征 .....	(缘)
一、高山 .....	(缘)
二、河谷及冲洪积“平原” .....	(缘)
三、湖成地貌 .....	(愿)
四、冰川地貌 .....	(愿)
五、高海拔丘陵 .....	(员)
六、冻土地貌 .....	(圆)
第三节摇地质概况 .....	(员)
一、大地构造位置 .....	(员)
二、前第四纪地层 .....	(员)
三、地质构造特征 .....	(员)
第四节摇黄河源区第四纪地质研究的过去、现状及问题 .....	(员)
第二章摇黄河源区第四纪地层 .....	(圆)
第一节摇下更新统 (元) .....	(圆)
第二节摇中更新统 (元) .....	(圆)
一、钻孔 .....	(圆)
二、其他成因类型 .....	(猿)
第三节摇上更新统 (元) .....	(猿)
一、冰碛物 .....	(猿)
二、冰水沉积物 .....	(猿)
三、湖积物 .....	(猿)
四、冲积物 .....	(源)
五、洪积物 .....	(源)

第四节 全新统 (全新)	(全新)
一、冲积物	(全新)
二、洪积物	(全新)
三、湖积物	(全新)
第五节 黄河源区第四纪地层系统	(全新)
一、第四纪地层的划分	(全新)
二、第四纪地层系统	(全新)
第三章 黄河源区第四纪气候变迁	(全新)
第一节 摇盂孔氧化物指示的气候变迁	(全新)
一、摇盂含量变化特征及其古气候意义	(全新)
二、粤管的和云管的含量变化特征及其古气候意义	(全新)
三、云管的含量变化特征及其古气候意义	(全新)
四、氧化物比值的变化特征及其古气候意义	(全新)
五、云藻 转藻 比值的古气温估算	(全新)
第二节 摇盂孔碳酸钙含量指示的气候变迁	(全新)
第三节 摇盂孔总有机碳含量指示的气候变迁	(全新)
第四节 摇盂孔有机碳同位素指示的气候变迁	(全新)
第五节 摇盂孔磁化率指示的气候变迁	(全新)
第六节 摇盂孔记录的气候变迁	(全新)
第七节 全新世气候变迁	(全新)
一、孢粉记录	(全新)
二、粘土矿物记录	(全新)
三、总有机碳记录	(全新)
四、古冰楔记录	(全新)
第四章 黄河源区近几十年生态环境演变	(全新)
第一节 黄河源区现代植被类型及其特征	(全新)
一、植被类型	(全新)
二、草地分布规律	(全新)
第二节 黄河源区植被覆盖特征	(全新)
一、植被覆盖度分级原则	(全新)
二、植被覆盖度特征提取方法	(全新)
三、遥感图像分类处理方法	(全新)
四、图像信息提取方法	(全新)
五、精度评价	(全新)
六、各种草地等级面积量算	(全新)
第三节 黄河源区植被覆盖度及生态环境演变	(全新)
一、黄河源区植被覆盖度现状	(全新)
二、黄河源区水域面积变化	(全新)

第四节摇黄河源区生态环境质量评价及趋势分析 .....	( 员圆)
一、草地在生态环境中的作用 .....	( 员圆)
二、黄河源区生态环境质量评价 .....	( 员圆)
三、黄河源区生态环境趋势分析 .....	( 员圆)
第五节摇黄河源区生态环境恶化原因及保护对策 .....	( 员圆)
一、草地退化的原因 .....	( 员圆)
二、黄河源区生态环境保护对策 .....	( 员圆)
第五章摇黄河源区第四纪环境变迁对青藏高原隆升的响应 .....	( 员圆)
第一节摇第四纪气候演变 .....	( 员圆)
一、早更新世 .....	( 员圆)
二、中更新世 .....	( 员圆)
三、晚更新世 .....	( 员圆)
四、全新世 .....	( 员圆)
第二节摇第四纪湖泊及水系演变 .....	( 员圆)
一、早更新世湖泊发育阶段 .....	( 员圆)
二、中更新世大湖泊发育阶段 .....	( 员圆)
三、晚更新世 原全新世湖泊 原可流发育阶段 .....	( 员圆)
第三节摇黄河源区的第四纪地质 原气候事件 .....	( 员圆)
一、青藏运动与第四纪湖泊形成 .....	( 员圆)
二、昆黄运动与湖泊变迁 .....	( 员圆)
三、第 员圆阶段的降温事件 .....	( 员圆)
四、共和运动在黄河源区的表现 .....	( 员圆)
五、末次间冰期与末次冰期之间的环境巨变 .....	( 员圆)
六、现今黄河的形成 .....	( 员圆)
参考文献 .....	( 员圆)
英文摘要 .....	( 员圆)





粤漢朝柔城藥再藥豐曾硯鹽劇	.....	(員緣)
隸員瑶 孛孛藥城城火藥藥藥土悅藥鹽鹽明藥	.....	(員緣)
隸員瑶 悅藥與藥藥辛藥劇粵漢	.....	(員緣)
搖隸院 伍孛孛藥法藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城藥城藥城粵漢豐曾硯鹽劇	.....	(員緣)
粵漢朝柔城藥再藥豐曾硯鹽劇	.....	(員緣)
隸員瑶 別藥藥藥藥粵漢藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
隸員瑶 伍孛孛藥法藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
隸院瑶 劫藥藥粵漢藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
搖隸院 悅藥藥藥法藥藥藥藥法增藥法藥城粵漢藥藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
硯鹽劇 藥城孛孛藥藥土悅藥藥藥藥	.....	(員緣)
隸員瑶 悅藥藥藥法藥藥藥藥法增藥法藥城粵漢藥藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
隸員瑶 孛孛藥藥土悅藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
悅藥藥藥法藥藥藥法增藥法藥城粵漢藥藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
再藥豐曾硯鹽劇	.....	(員緣)
搖隸院 伍孛孛藥法藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
隸員瑶 劫藥藥孛孛藥藥藥	.....	(員緣)
隸員瑶 配藥藥藥孛孛藥藥藥	.....	(員緣)
隸院瑶 藥藥孛孛藥藥藥	.....	(員緣)
隸院瑶 勻藥藥藥	.....	(員緣)
搖隸院 伍孛孛藥法藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
隸員瑶 劫藥藥孛孛藥藥藥藥藥藥藥	.....	(員緣)
隸員瑶 配藥藥藥孛孛藥藥藥藥藥藥藥	.....	(員緣)
隸院瑶 藥藥孛孛藥藥藥藥藥藥藥	.....	(員緣)
搖隸院 伍孛孛藥法藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
隸員瑶 伍孛孛藥法藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
隸員瑶 伍孛孛藥法藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
隸院瑶 劫藥藥藥藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
隸院瑶 伍孛孛藥法藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
再藥豐曾硯鹽劇	.....	(員緣)
隸院瑶 藥藥藥法增藥法藥城粵漢藥藥藥藥土悅藥法藥藥藥藥法增藥法藥城	.....	(員緣)
藥藥藥藥藥藥	.....	(員緣)
隸院瑶 孛孛藥藥城藥再藥豐曾硯鹽劇	.....	(員緣)
硯鹽劇 藥藥藥	.....	(員緣)
劫法藥藥粵漢藥藥	.....	(員緣)

# 第一章 黄河源区自然地理和地质概况

## 第一节 黄河源区自然地理概况

### 一、黄河源区的范围及研究区

摇摇在论述黄河源区的地质和自然地理概况之前，有必要对黄河源区的界定作一说明。对黄河源区的界定，不同的人有不同的看法，差别甚大。有人把若尔盖盆地及其以上的地区作为黄河源区，这似乎大了些；有人把黄河源区向东扩展到阿尼玛卿山（方晓敏等，1985；魏振铎，1985）。尽管对黄河源区没有一个统一的界定，但我们通常所称的黄河源区是指玛多县东边的多石峡以上的流域范围（郑本兴等，1985；青海省地方志编纂委员会，1986；李万寿等，1986），包括鄂陵湖、扎陵湖、星宿海等，面积约 1.5 万 km<sup>2</sup>。如果考虑晚更新世到全新世的水系变迁，黑河也应归入到黄河源区中（图 1-1）。由于黄河源

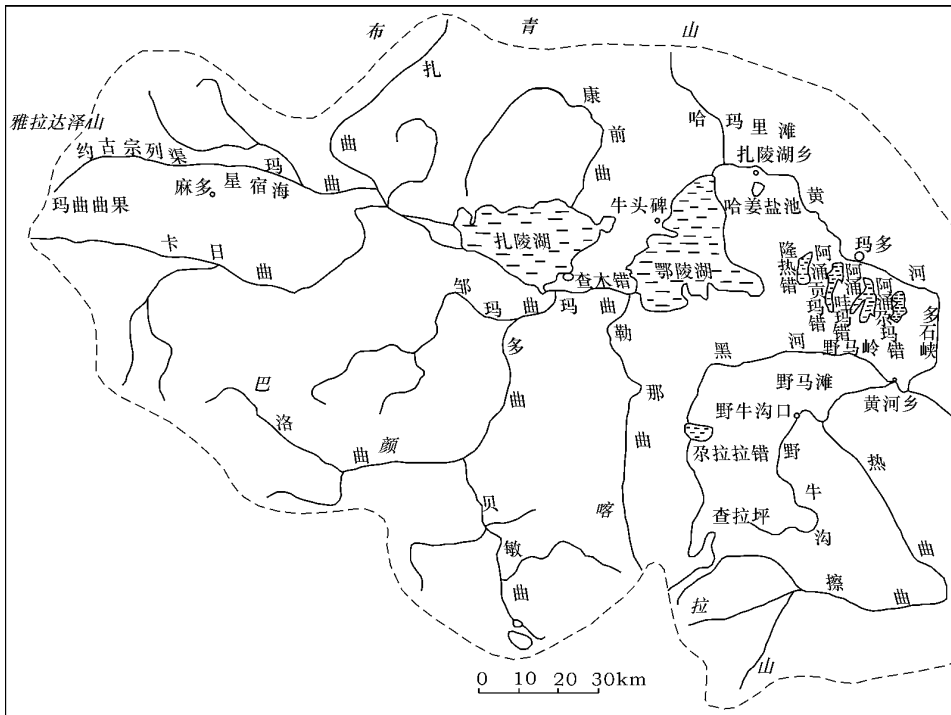


图 1-1 黄河源区范围

摇摇黄河源区自然地理和地质概况

区范围广大，而本项目的研究任务只局限在黄河源区的东部，因此本书的研究区主要集中在玛多县城附近到鄂陵湖一带（图 1-1），而黄河源区的广大西部地区没有涉及。

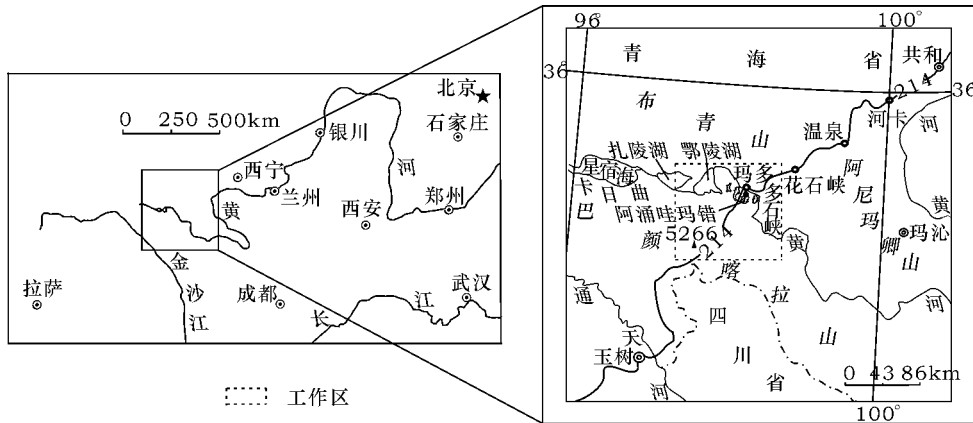


图 1-1 研究区位置

中国科学院地理研究所编，1985年

黄河源区位于青藏高原的东北部，其南、北界分别为巴颜喀拉山和布青山，其西界为雅拉达泽山，形成一个以鄂陵湖和扎陵湖为汇水中心，黄河贯穿其中，并向东开口的盆地状谷地（图 1-1）。黄河（在源区也称玛曲）的源头分南北源，南源为发源于巴颜喀拉山北坡的卡日曲；北源为约古宗列渠。两河流在约古宗列盆地（也称星宿海）汇合，然后从西向东流，穿过两湖地区，在多石峡拐向南，流出源区。

## 二、气候

黄河源区的气候非常恶劣，气温低，属于内陆高原高寒气候。那里空气稀薄，严重缺氧（大气含氧量约为海平面的 50%），光照充足，辐射强，日夜温差大。一年无四季之分，只有冷暖之别。冬季漫长而严寒，干燥多风；夏季短促而温凉，稍湿润多雨雪。该区受南部的巴颜喀拉山的阻隔影响，长江流域部分的湿润气流很少侵入黄河源区，而北部又受布尔汗布达山和东部的阿尼玛卿山的阻截作用，黄河源区内部的水汽也较难外泄，再加之两个湖泊蒸发的影响，从而形成黄河源区特有的气候特征，既不像长江流域的湿润，也不如柴达木盆地的干旱。

由于黄河源区面积较广，有一定的海拔高差，该区的年平均气温在 0℃-10℃ 之间（青海省地方志编纂委员会，1985），并且在两湖地区的气温偏高，而远离湖区气温偏低。在玛多县，近 50 年来的年均气温为 0.5℃（程捷等，1985），在年际间存在一些波动（图 1-2）。在一年中，除 7-8 月份外，月均气温都在摄氏零度以下，最低月份为 1 月和 2 月，一般都低于 -10℃。

黄河源区的多年平均年降雨量为 100mm，其中 70% 的降水都集中在 7-8 月间，而 1 月到翌年的 6 月降水都很少。在玛多县城一带，降雨量明显低于两湖地区，这是由于局部的对流性降水造成的。由于在 7-8 月是黄河源区最温暖的季节，而且降雨又主要集中在在这个时期，所以该季节对该区的植被生长非常有利，是植被生长最旺盛的阶段。

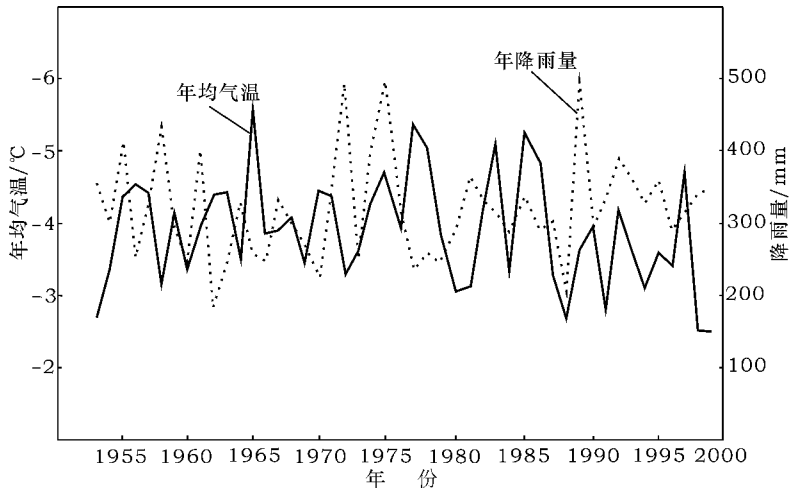


图 员原 瑶黄河源区（玛多县）世纪缘年代以来的气温和降水变化（数据来自玛多县气象站）

### 三、植摇被

该区目前发育的植被以草本和蕨类植物为主，极少的灌木植物，无乔木生长。这些植物主要分布在海拔源园皂以下的山坡、谷地和平地，有高寒草甸、草原草甸、干旱草原等植被类型。在黄河源区共有常见的天然牧草约源皂科、员源属、猿皂余种（青海省地方志编纂委员会，缘皂皂），其中主要为禾本科、莎草科、豆科、菊科等。在该区常见的植物有小嵩草、矮嵩草、早熟禾，紫花针茅、异针茅、藏嵩草、海韭菜、风毛菊、扇穗茅、垫状点地梅、大黄等（青海省果洛藏族自治州农牧业区划大队，员源皂）。总体而言，该区的植被发育差，退化严重，草高和覆盖度都较低，是一个生态环境相当脆弱的地区。

### 四、水摇文

黄河源区的湖泊非常发育（表员原皂），玛多县原号称“千湖之县”，但目前已有很多湖泊干涸了。其中两个最大的湖泊是鄂陵湖和扎陵湖，其次有四姐妹湖（从西至东依次为隆热错、阿涌贡玛错、阿涌哇玛错、阿涌尔玛错）以及巴颜喀拉山北坡的尕拉拉错，在星宿海还有众多的小湖泊，除隆热错和哈姜盐池为盐湖外，其他湖泊均为淡水湖。鄂陵湖最大，水域面积为远皂皂皂皂，南北长约为猿皂皂皂皂，东西宽约为猿皂皂皂皂，平均水深员皂皂皂皂，最深达猿皂皂皂皂，其形态为南宽北窄的三角形（图员原皂）。黄河从鄂陵湖的西南角注入，而从北端流出。入口的海拔为源皂皂皂皂，出口为源皂皂皂皂。扎陵湖位于鄂陵湖的西侧，是黄河源区的第二大淡水湖，其形状为东西向延伸的菱形，水域面积为缘皂皂皂皂，东西长猿皂皂皂皂，南北宽园皂皂皂皂，平均水深为员皂皂皂皂，最大水深为员皂皂皂皂，比鄂陵湖浅些。这两个湖泊对黄河源区的水文状况具有重要的调节作用，其水位变化都将影响黄河的流量（李万寿等，缘皂皂皂）。黄河源区的沼泽和植被的发育，是该区生态环境重要的调节器。在玛多县城附近





