

中国地质调查局
地质调查专报E0009号

青藏高原第四纪 地壳运动与沉积响应

方洪宾 赵福岳 等著

地质出版社

P548.27

13

中国地质调查局
地质调查专报E0009号

青藏高原第四纪地壳 运动与沉积响应

方洪宾 赵福岳 孙延贵 姜德仁
张 琨 张瑞江 路云阁 张振德 著
刘世英 曾福年 巨生成 张崇山

昆明理工大学图书馆
呈贡校区
中文藏书章



03002066214

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

利用遥感技术成果系统地阐述了青藏高原第四系特征及其沉积演化过程、第四纪冰川遗迹空间分布特征以及冰川作用过程、新构造断裂活动特征及地壳运动形式、新构造运动规律及其第四系沉积响应, 总结提出了高原第四纪沉积的两大阶段与 5 个具体沉积过程、高原东部地区存在两期大陆冰盖作用, 建立了青藏高原第四纪晚期地壳运动遥感模型, 讨论了生态地质环境与新构造运动的响应规律。

本书可供从事地质研究的科研人员, 以及高等院校有关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

青藏高原第四纪地壳运动与沉积响应 / 方洪宾等著.

—北京: 地质出版社, 2009. 12

ISBN 978 - 7 - 116 - 06403 - 4

I. ①青… II. ①方… III. ①青藏高原—第四纪地质—地壳运动—研究②青藏高原—第四纪地质—沉积构造—研究 IV. ①P548. 27

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 223579 号

责任编辑: 李丛蔚 陈军中

责任校对: 关风云

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010) 82324508 (邮购部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京地大彩印厂

开 本: 787mm × 1092mm¹/₁₆

印 张: 13. 25

字 数: 300 千字

印 数: 1—800 册

版 次: 2009 年 12 月北京第 1 版 · 第 1 次印刷

定 价: 38. 00 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 06403 - 4

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前 言

青藏高原的形成、演化及其环境效应是地球科学领域关注的热点问题之一,地学工作者已经为探索这一热点问题付出了巨大的努力,并取得了丰硕的成果。在对青藏高原历经 100 多年的调查与研究过程中,利用不同的探测方法从不同视角进行多学科综合是研究的主要形式;探索青藏高原的隆升过程与机理及其在全球变化中的作用,高原新构造过程的发展演化趋势及其对人类社会生态环境的影响等问题是青藏研究的主要科学目标。新的科学技术方法的广泛使用以及对上述问题更深入的探索将是青藏科学调查研究长期性的延续。

在众多的研究成果中,青藏高原的崛起不仅使自身的环境发生着急剧的变化,而且其在全球变化中也具有非常显著的作用,这已成共识。但在对高原隆升过程与机理,高原隆升在全球变化中的作用程度与方式,高原自身环境变化的细节过程、演化趋势及其对人类社会的影响等科学问题的认识上仍存在很大的分歧。为此,中国地质调查局 2003 年下达了“青藏高原生态地质环境遥感调查与监测”项目任务,旨在利用先进的航空、航天遥感探测技术,从整体的、宏观的角度,对在生态地质环境系统中起着主因子作用的第四纪构造地质、古冰川遗迹、现代冰川雪线、湿地、地质灾害等进行遥感调查与监测。利用 MSS、TM、ETM、CBRS 等不同时期的卫星遥感数据对冰川、雪线、河流、湖泊、沼泽、荒漠化等近半个世纪以来的变迁,第四系、新构造断裂、古冰川遗迹的时空分布特征以及由它们所反映出的第四纪地壳运动规律进行调查与研究,期望通过研究青藏高原第四纪时期的地质作用规律与上述生态地质环境主因子在近几十年内的变迁规律的结合,找到青藏高原第四纪构造运动与生态地质环境之间的内在联系,了解在第四纪构造运动支配下的高原生态地质环境现状、发展演化趋势,为进一步探索青藏高原的环境效应乃至全球变化,并服务于我国社会经济建设提供遥感调查研究依据。

遥感技术应用于青藏高原第四系、新构造断裂以及古冰川遗迹的调查具有良好效果。青藏高原全区第四系、新构造断裂以及古冰川遗迹等 1:25 万精度遥感解译和实地路线验证性调查结果表明:高原第四系主要发育 13 种成因

类型，形成了32个地层单位，在ETM影像上构成了142个影像单元，它们的发育程度及其时空分布明显受到第四纪构造运动形式的约束；新构造断裂在第四纪时期的活动特征非常显著，继承性和新生性活动并存，前者是主要发生在0.01 Ma前后那曲运动之前的高原总体挤压隆升阶段，后者则是那曲运动后青藏高原新构造运动形式已发生根本性改变后的断裂的主要活动方式；第四纪冰川遗迹总面积可达11.7万 km^2 ，以山谷冰川和冰帽冰川两种冰川作用类型为主，历经昆仑冰期、倒数第二次冰期、末次冰期以及冰后期的复杂演化过程；它们，特别是形成于倒数第二次冰期和末次冰期的两期大陆冰盖，对青藏高原在第四纪时期的构造运动形式及过程有着较为清晰的记录。本书系统论述了上述项目成果，并在综合分析的基础上提出了青藏高原新构造运动形式在第四纪晚期已发生了根本性改变的新认识，建立了高原第四纪晚期“南北分带，东西分块，边部挤压隆升，腹地伸展垮塌”的运动学遥感模型。

本书前言、绪论由方洪宾编写；第一章由孙延贵、赵福岳、张琨编写；第二章由赵福岳、姜德仁、张瑞江编写；第三章、第四章由孙延贵、赵福岳编写。全书最终由方洪宾、赵福岳、孙延贵统一定稿。

在项目执行过程中，得到中国地质调查局、中国国土资源航空物探遥感中心、青海省地质调查院领导和刘占声教授的大力支持和指导，在此一并表示感谢。

作者

2008. 11.

目 录



前 言	
绪 论	(1)
第一章 高原第四系遥感特征与沉积演化	(3)
第一节 第四系遥感主要特征	(3)
一、早更新世沉积	(3)
二、中更新世沉积	(7)
三、晚更新世沉积	(12)
四、全新世沉积	(28)
第二节 第四系沉积演化	(42)
一、第四系典型盆地沉积演化遥感分析	(43)
二、高原第四系沉积演化过程	(60)
第二章 高原第四纪冰川遗迹及其发育演变过程	(63)
第一节 第四纪冰川遗迹空间分布特征	(63)
一、喜马拉雅第四纪冰川遗迹	(63)
二、冈底斯山系第四纪冰川遗迹	(76)
三、喀喇昆仑第四纪冰川遗迹	(80)
四、帕米尔山第四纪冰川遗迹	(83)
五、昆仑山第四纪冰川遗迹	(89)
六、阿尔金山第四纪冰川遗迹	(98)
七、祁连山第四纪冰川遗迹	(100)
八、横断山第四纪冰川遗迹	(104)
九、念青唐古拉山第四纪冰川遗迹	(108)
十、唐古拉山第四纪冰川遗迹	(112)
十一、羌塘高原第四纪冰川遗迹	(115)
第二节 高原第四纪冰川发育演化过程	(117)
一、第四纪冰川作用序次与冰期	(117)
二、第四纪冰川演化过程	(136)
三、青藏高原东部大陆冰盖讨论	(148)
第三章 高原新构造断裂与地壳运动形式遥感表征	(160)
第一节 新构造断裂遥感表征	(160)

一、岩石圈断裂	(160)
二、区域性断裂	(167)
三、一般性断裂	(174)
四、新构造断裂变形序次关系	(179)
第二节 高原地壳新构造运动形式遥感分析	(181)
一、新构造运动形式与分区	(181)
二、第四纪晚期高原新构造运动遥感模型	(186)
三、中央隆起带的形成及其新构造意义	(188)
第四章 高原新构造运动形式的转化及其第四系沉积响应	(194)
第一节 共和、那曲运动与青藏高原新构造运动形式的转化	(194)
一、共和运动与高原的总体挤压隆升	(194)
二、那曲运动与新构造运动形势的转化	(195)
第二节 新构造运动形式对第四系与冰川遗迹时空分布的约束	(200)
一、新构造运动对第四系沉积演化的控制作用	(200)
二、新构造运动与第四纪冰川作用过程的关系	(201)
第三节 第四纪晚期新地壳运动形式对生态地质环境的影响	(202)
一、高原内部生态地质环境响应	(202)
二、高原边部生态地质环境效应	(203)
参考文献	(204)

绪 论

青藏高原地处中国西部,总面积约 $258 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。高原内既有气势磅礴的高山大川,又有绵延起伏的低山丘陵与宽谷盆地组成的高原台地;既有平坦开阔的盆地,又有星罗棋布的湖泊。高原内发育的巨大山系自北而南主要有祁连山、阿尔金山、昆仑山、可可西里-巴颜喀拉山、唐古拉山、喀喇昆仑山、冈底斯-念青唐古拉山、喜马拉雅山等。这些山系多与青藏高原主构造线一致,呈北西—南东向延展,但向东常向南弧形弯转构成近南北延伸的巨大山脉,如横断山,故有人说青藏高原本身就是一个巨型的造山系。在上述山脉中,尤其是在中西段,山峰林立,现代山岳冰川发育,总体上极高山并不普遍,以中高山、高原丘陵为主;而东段则在河流强烈下切侵蚀作用下,形成深切峡谷与极高山间列的地貌景观。高原总体地势西高东低,南、北、东三个方向分别以高大雄伟的喜马拉雅山、西昆仑-阿尔金-祁连山、龙门山为界,与邻区平原盆地形成一个具有较大地势高差的高原边界;西侧、东边界的北段和南段则分别顺着喀喇昆仑、祁连-东昆仑、横断山等山脉的山势分别与帕米尔高原、秦岭山脉、云贵高原过渡。青藏高原平均海拔在 4500 m 以上,有“世界屋脊”之称。

青藏高原有“地球第三极”的称谓,这是因为除了它的高度,还包括它的寒冷,表现为以高原为主体呈现近乎闭合分布的等温线。这种近乎闭合分布的型式说明高原地势的作用超过了纬度的影响,具有太阳辐射强、气温低,而年较差大和日较差大的特点。

青藏高原河流众多,水系发育,堪称“中华水塔”。高原东半部基本为外流河流域,而西半部则以内流河流域为主,湖泊也主要发育在该区域。在东部,自北向南黄河、长江—澜沧江—怒江和雅鲁藏布江源区水系分别占据了北、中、南三段,除黄河主流蜿蜒并横切昆仑山、秦岭以及祁连山脉且主体呈北东向延伸,以及雅鲁藏布江呈近东西向延展外,其他江河主流基本均呈近东西—北西—近南北的向北东方向突出的弧形流向,明显受到了青藏高原新构造运动的约束。西部的内流水系流域也是青藏高原湖泊最为发育的地区,除北段柴达木以及青海湖盆地是两个较大的内流水系汇水盆地外,中南段的大部分地区是以星罗棋布的中小型湖盆为大小不等的内流水系的汇水盆地。因此,青藏高原东、西部在地势地貌以及水系特征上构成两个明显不同的自然地理景观区。

青藏高原在新生代,特别是新生代晚期的阶段性快速崛起,使其成为世界上最为年轻的高原,故其第四纪地质作用特征也十分鲜明。新构造断裂在第四纪时期的活动特征非常显著,继承性和新生性活动并存,前者主要发生在约 0.15 Ma 的共和运动之前的高原总体挤压隆升阶段;后者则是发生在约 0.01 Ma 的那曲运动后青藏高原新构造运动形式已发生根本性改变(高原边部挤压隆升,腹地伸展垮塌)后的主要活动方式。第四系发育有下更新统、中更新统、上更新统以及全新统,主要存在 13 种成因类型,形成了 32 个地层单位,在 ETM 影像上构成了 142 个影像单元。它们的发育程度、沉积特征及其时空分布明显受到第四纪构造运动形式的约束。第四纪冰川遗迹总面积可达 116 万 km^2 ,冰川作用历

第一章 高原第四系遥感特征与沉积演化

利用航天遥感技术对青藏高原第四系进行较为详细的调查与研究明显具有其他探测手段无可比拟的优势,特别是从第四系成因类型、相对时空展布的视角出发,同时结合一定的实地遥感验证性调查工作,将会使得这种优势更加明显。调查结果显示,青藏高原第四系以其在 TM7、4、1 合成图像上特有的色调、纹形以及微地貌形态较易被识别和解译,尤其是通过人机交互并在计算机辅助下经信息增强处理、3D 影像制作后,对提高第四系的成因类型、相对时代的判译率具有良好的作用。研究显示,青藏高原全区的第四系主要发育冲积 (Q^{al})、洪积 (Q^{pl})、冲洪积 (Q^{al-pl})、风积 (Q^{eol})、沼泽堆积 (Q^f)、湖沼堆积 (Q^l)、化学沉积 (Q^{ch})、湖积 (Q^l)、化学与沼泽的混合堆积 (Q^{ch-f})、湖积与化学堆积的混合类型 (Q^{l-ch})、冰碛 (Q^{gl})、冰水堆积 (Q^{glf}) 以及火山堆积 (Q^v) 等 13 种成因类型。据其分布的相对高度、相互切割关系、年代测定以及全国 1:50 万地质数据库(中国地质调查局)中对第四系的时代划分结果等,把高原区内第四纪沉积分别归属为早更新世、中更新世、晚更新世以及全新世 4 个时代。由于青藏高原在第四纪时期的新构造运动表现出明显的分区性,同时受不同地区物源、气候等因素的影响,造成同一成因类型甚至同一时代的第四系地层单位在不同新构造运动区出现不同的遥感影像特征,故青藏高原的第四系又具有一定的分区性(表 1-1)。因此,在综合考虑分区、时代、成因的前提下,青藏高原第四系在遥感特征上共有 142 个影像单位,但其中以不同时代的冲积、洪积以及冲洪积为主,并主要集中在青藏高原的中西部,与东部强剥蚀区形成鲜明的对照。青藏高原不同时代、不同成因类型以及在不同地区的第四系分布面积特征见表 1-2。

第一节 第四系遥感主要特征

一、早更新世沉积

1. 冲积 (Q^{al})

主要分布于西昆仑山北麓叶城县和祁连山北麓临泽县西北(图 1-1)。岩性为砂岩、砂砾岩、砂及粉砂岩,砾石磨圆度高,以圆形为主,砾石成分较复杂。西昆仑山北麓,砾石成分主要为花岗岩、片麻岩、硅质岩,碎屑岩较少;祁连山北侧砾石则以碎屑岩为主,具明显层理。它们均具有较为明显的河流相沉积特征,但仅从空间分布特征分析,由它们所反映的古河流发育规模十分有限。

2. 洪积 (Q^{pl})

主要分布于于田(图 1-2)、民丰县南侧的西昆仑山北麓,另外在西昆仑山西端北也有零星出露,一般都仅残存于现今山前倾斜平原后缘与盆地边部。岩性为一套浅灰色砂、砂砾石、亚砂土组成的砂砾岩层,分选性较差,但胶结较好。砾石以角砾状为主,成分多

表 1-1 青藏高原第四系地层遥感分区表

	西昆仑 第四系沉积区	阿尔金 第四系沉积区	柴达木 第四系沉积区	西秦岭 第四系沉积区	日土 第四系沉积区	可可西里 第四系沉积区
全新统	Qh^{al} , Qh^f , Qh^{st} Qh^{ad} , Qh^l , Qh^d Qh^{el} , Qh^{al-pl}	Qh^{al-pl} , Qh^f , Qh^{ad} Qh^{ch} , Qh^{l-ch}	Qh^{al} , Qh^f , Qh^{st} Qh^{ad} , Qh^l , Qh^d Qh^{el} , $Qh^{el/f}$, Qh^{β} Qh^{al-pl} , Qh^{l-ch} , Qh^{ch}	Qh^{al} , Qh^f Qh^l , Qh^{ad} , Qh^{al-pl} Qh^d , Qh^{ch} , Qh^{loc}	Qh^{al} , Qh^l Qh^f , Qh^d Qh^{l-ch}	Qh^{al} , Qh^f , Qh^{st} Qh^{ad} , Qh^l , Qh^d Qh^{el} , $Qh^{el/f}$, Qh^{al-pl}
上更新统	Qp_3^{al-pl} , Qp_3^{el} $Qp_3^{el/f}$, Qp_3^{st}	Qp_3^{al-pl} , Qp_3^{st}	Qp_3^{al-pl} , Qp_3^{st} Qp_3^{el} , $Qp_3^{el/f}$ Qp_3^{l-ch} , Qp_3^l	Qp_3^{al-pl}	Qp_3^{al-pl} , $Qp_3^{el/f}$	Qp_3^{al-pl} , Qp_3^{st} $Qp_3^{el/f}$
中更新统	Qp_2^{al} , Qp_2^{st} Qp_2^{el}	$Qp_2^{el/f}$, Qp_2^l	Qp_2^{el} , $Qp_2^{el/f}$ Qp_2^l	Qp_2^{al} , Qp_2^{el} , $Qp_2^{el/f}$	$Qp_2^{el/f}$	Qp_2^{el} , $Qp_2^{el/f}$
下更新统	Qp_1^{al} , Qp_1^{st} Qp_1^{el}	$Qp_1^{el/f}$	Qp_1^{al} , Qp_1^l	Qp_1^{al} , Qp_1^l Qp_1^{el}		Qp_1^l

	巴颜喀拉 第四系沉积区	若尔盖-芒康 第四系沉积区	龙门山 第四系沉积区	狮泉河 第四系沉积区	纳木错 第四系沉积区	念青唐古拉 第四系沉积区	喜马拉雅 第四系沉积区
全新统	Qh^{ad} , Qh^{al} Qh^{el} , Qh^{st}	Qh^{st} , Qh^{al} Qh^{el} , Qh^f Qh^{st}	Qh^{st} , Qh^{al} Qh^{al-pl} , Qh^{el} Qh^{st}	Qh^l , Qh^{al} Qh^{el} , Qh^f	Qh^l , Qh^{l-ch} Qh^{el} , Qh^f Qh^{st}	Qh^f , Qh^{al} $Qh^{el/f}$, Qh^{st}	Qh^{ad} , Qh^{al} Qh^{el} , Qh^{st} $Qh^{el/f}$, Qh^l , Qh^f
上更新统	Qp_3^{al-pl} , $Qp_3^{el/f}$	Qp_3^{al-pl}	Qp_3^{al-pl} , Qp_3^{st} $Qp_3^{el/f}$	Qp_3^{al-pl}	Qp_3^{al-pl} Qp_3^l $Qp_3^{el/f}$	Qp_3^{al-pl} $Qp_3^{el/f}$	Qp_3^{al-pl}
中更新统	Qp_2^{el}	Qp_2^{el}	$Qp_2^{el/f}$	Qp_2^{el}			
下更新统							

与附近山体出露的基岩有关，即以片麻岩、石英岩、花岗岩、砂岩、灰岩等为主。常具多层结构但不稳定，局部可见水平层理。

3. 冰碛 (Qp_1^{el})

仅见于喀喇昆仑山北坡。冰碛物主要为棱角状砾石，泥砂质充填，大小混杂。部分砾石表面有擦痕，成分多为花岗岩、灰岩及碎屑岩，半胶结、无层理，局部见纹泥。

4. 冰水沉积 ($Qp_1^{el/f}$)

分布于祁连山北坡的高冰碛平台及冰碛丘陵上，主要为泥质砂砾石堆积。砾石成分复杂，次棱角状或次圆状，砾径一般为 5 cm ~ 10 cm，漂砾最大直径达 1 cm ~ 1.5 m，砾面多有擦痕及凹面，有一定的胶结现象。该套沉积在地貌上处于山前倾斜平原后缘的山麓地

表 1-2 青藏高原地区不同构造分区第四系分布面积统计表

序 号	类 型	西昆仑		阿尔金		柴达木		西秦岭		日土		可可西里		巴颜喀拉		若尔盖		龙门山		狮泉河		纳木错		念青唐古		喜马拉雅		面积 (合计) km ²	占第四系 总面积的 百分比
		沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例	沉积区 面积 km ²	比例		
1	Qh ^f	2174	14%	886	6%	4280	27%	505	3%	40	0%	631	4%	511	3%	3103	19%	228	1%	178	1%	1763	11%	118	1%	1530	10%	15947	2%
2	Qh ^d	389	3%			2870	20%	797	6%	303	2%	2724	18%	2081	15%	471	3%	14	0%	94	1%	3257	23%			1218	9%	14218	2%
3	Qh ^{sd}	175	8%	12	1%	125	6%	74	4%	9	0%	209	10%	587	28%	109	5%	108	5%			339	16%	115	6%	216	10%	2078	小于1%
4	Qh ^{sd}					167	9%					939	50%	69	4%									431	23%	272	14%	1878	小于1%
5	Qh ^f	650	8%			699	8%	108	1%	991	12%	2373	28%					6	0	549	6%	3088	36%			45	1	8509	1%
6	Qh ^{f-ah}			129	1%	13955	95%	276	2%	335	2%										42	0%					14738	2%	
7	Qh ^{sd}	294	8%	52	1%	2486	67%	145	4%			712	19%			40	1%	9	0%									3739	1%
8	Qh ^{sd}	1400	6%			5086	21%	2688	11%	373	2%	3661	15%	1583	7%	1716	7%	2648	11%	152	1%	376	2%	896	4%	3210	13%	23791	3%
9	Qh ^{sd-ph}	16985	37%	1132	2%	6477	14%	10339	22%	77	0%	3471	8%	950	2%			6486	14%			204	0%					46122	7%
10	Qh ^{ah}	89	1%	5478	39%	8134	58%	171	1%			56	0%														13928	2%	
11	Qh ^{sd}	25932	32%	25145	31%	16168	20%	12992	16%			849	1%	461	1%										505	1%	82052	12%	
12	Qh ^h					267	100%																				267	小于1%	
13	Q ^{ac}							21505	100%																		21505	3%	
14	Qp ^f					96	4%	485	23%																		2144	小于1%	
15	Qp ^{el}	241	75%			80	25%																				321	小于1%	

续表

序 号	类 型	西昆仑		阿尔金		柴达木		西秦岭		日土		可可西里		巴颜喀拉		若尔盖		龙门山		狮泉河		纳木错		念青唐古		喜马拉雅		面积 (合计) km ²	占第四系 总面积的 百分比
		面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例	面积 km ²	比例		
16	Qp ^{ef}			995	40%	900	36%	595	24%																	2490	小于1%		
17	Qp ⁱ					4156	57%	1921	27%			1161	16%													7239	1%		
18	Qp ⁱ (η)					4236	100%																			4236	1%		
19	Qp ^d	4201	100%																							4201	1%		
20	Qp ^d	3737	77%					1096	23%																	4833	1%		
21	Qp ^d	160	3%			2987	47%	1030	16%			377	6%	1445	23%			347	5%					30	0%	6378	1%		
22	Qp ^{ef}			126	1%	3532	41%	3667	43%	322	4%	740	9%									144	2%			8530	1%		
23	Qp ⁱ			133	1%	10629	99%																			10763	2%		
24	Qp ^d	1363	98%	22	2%																					1385	小于1%		
25	Qp ^d - η	36940	11%	29030	8%	66311	19%	47873	14%	17554	5%	62104	18%	9888	3%	1787	1%	7785	2%	6464	2%	39023	11%	3249	1%	23327	7%	351336	50%
26	Qp ^d	412	58%			101	14%					99	14%	94	13%											706	小于1%		
27	Qp ^{ef}	162	1%			2479	12%			1715	8%	7249	34%	5830	27%			192	1%			2564	12%	770	4%	317	1%	21278	3%
28	Qp ⁱ					736	51%															712	49%			1448	小于1%		
29	Qp ⁱ - δ					9303	100%																			9303	1%		
30	Qp ^d	1962	13%	3520	23%	9719	63%			21	0%	27	0%					80	1%							15329	2%		
总计		98829	14%	66660	10%	175977	25%	106267	15%	21740	3%	87383	13%	23499	3%	7227	1%	17904	3%	7437	1%	51512	7%	5610	1%	30640	4%	700558	100%

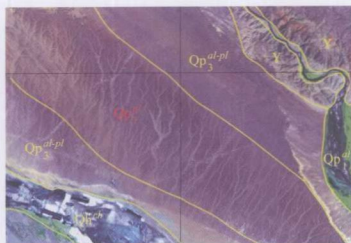


图 1-1 早更新世冲积 (Qp_1^{al}) 典型影像
(临泽县地区)



图 1-2 早更新世洪积 (Qp_1^{fl}) 典型影像
(于田地区)

带, 山前平原内也有分布, 多呈垄状展布的低山丘陵状。在后期水流的侵蚀作用下, 沟谷发育, 形成平行树枝状水系 (图 1-3)。有意义的是, 在冰水堆积物表面所残留的水系纹形中仍保留有古冰水扇沉积时期的水流特征。

5. 湖积 (Qp_1^l)

主要分布于柴达木盆地、共和盆地与扎陵湖北侧。柴达木盆地早更新世湖积岩性以砾、砂、泥互层与砂砾石层为主夹石膏、芒硝层, 在卫星遥感影像上形成非常独特的影像单元 (图 1-4); 共和盆地的湖积以砂为主夹泥、含砾砂层, 底部发育灰色细砾石层; 在黄河源区的扎陵湖北侧, 湖积岩性为砂砾石层、砂层夹粉砂质泥层, 砂砾石层中砾石磨圆度高, 分选性好, 但砾石成分复杂, 在遥感影像上明显有别于柴达木盆地区的早更新世湖相沉积 (图 1-5)。



图 1-3 早更新世冰水堆积 (Qp_1^{ef}) 典型影像
(祁连山北坡)

上述青藏高原早更新世沉积的一个显著特征是该时期第四系仅少量分布于高原的北边部, 反映了高原应处于总体挤压隆升的低起伏地貌发育状态, 但北部已有现今盆地地貌格局的雏形。盆地边部有洪积扇形成, 同时发育内流水系; 盆地中部得到细碎屑物充填, 沿现今的祁连山、昆仑山以及阿尔金山局部出现山岳冰川。

二、中更新世沉积

中更新世时期的沉积环境是早更新世的继承, 仍为在总体挤压隆升的低起伏古地理环境下接受冲积、洪积、湖积、冰碛以及冰水等主要类型的第四纪沉积。但冰碛、冰水堆积规模大大增加, 反映青藏高原已整体被挤压隆升到一个大量冰川发育并出现大陆冰盖的高度。

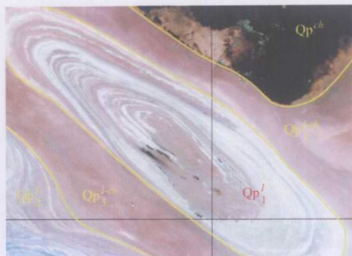


图 1-4 柴达木盆地地区早更新世湖积
(Qp_1^{al}) 典型影像



图 1-5 阿拉克湖地区早更新世湖积
(Qp_1^{al}) 典型影像

1. 冲积 (Qp_2^{al})

主要分布于西昆仑山西段北麓及其山前盆缘地带、祁连山东段庄浪河上游。西昆仑山麓地带岩性多为砂砾石，砾石成分较单一，为花岗岩及花岗片麻岩，层间夹薄粉砂土层。影像上呈浅灰色、浅灰褐色，山前丘陵或盆内孤山丘陵地貌，冲沟密布，似树枝状水系，以根须状纹形为特征（图 1-6）。庄浪河上游岩性由含砂砾石、砂砾石夹含砾砂及泥、砂透镜组成，半胶结或微胶结。影像上呈浅灰绿色、浅绿色，河谷平原或起伏微小的丘陵地貌，发育平行树枝状水系，斑块状或绳状纹形（图 1-7）。



图 1-6 中更新世冲积 (Qp_2^{al}) 典型影像 (西昆仑北坡)

2. 洪积 (Qp_2^{fl})

仅见于西昆仑西端北侧山麓。岩性为砾石、砂、亚砂土混合而成，砾石成分复杂，有花岗岩、火山岩、砂岩、片岩、片麻岩、灰岩等，分选差，磨圆度低，以次棱角状及次圆状为主，微胶结，局部显层理。在 ETM (7、4、1) 影像上呈浅灰白色、浅褐色。主要堆积于山前沟口，构成由古洪积扇群组成的微有起伏的倾斜平原，其表面平行树枝状冲沟发

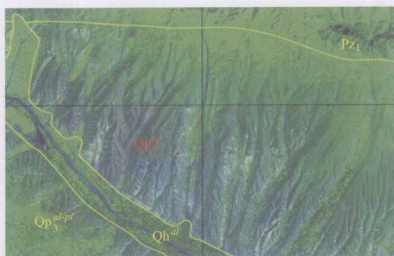


图 1-7 北祁连中更新世冲积 (Qp_2^{al}) 典型影像

育, 整体具扇形根须状纹形 (图 1-8), 与早更新世同成因类型具有明显的区别。

3. 湖积 (Qp_2^l)

青藏高原中更新世湖相沉积主体发育于柴达木盆地中西部, 另于河西走廊阿克塞县附近也有零星分布。

柴达木盆地岩性以砂质泥岩与泥质粉砂岩互层、砂砾石层为主, 夹含粉砂石膏与石膏薄层。水平层理清晰, 半胶结—微胶结。影像上呈浅蓝色、灰蓝色、灰白色, 色调多以条带状变化, 虽表面基本平坦光滑, 但条带 (纹) 状或环带状特征明显 (图 1-9)。



图 1-8 西昆仑西端 Qp_2^{al} 影像特征



图 1-9 柴达木盆地 Qp_2^l 影像特征

阿克塞一带岩性为砂岩、砾岩、粉砂质泥岩为主, 分选性好, 泥钙质胶结, 成层良好。影像上呈不均匀的浅蓝褐色、浅灰褐色。由于位于山前倾斜平原前缘的低洼地带, 地表为微凸的残破丘陵地貌, 冲沟不明显, 略显疙瘩状纹形。

4. 冰碛 (Qp_2^gl)

主要分布于西昆仑山西端、沱沱河南侧、宗务隆山北部、共和盆地南北缘、青海南山、米拉山 (图 1-10)、横断山脉沙鲁里山北段。

西昆仑山冰碛物由粗大漂砾、砂砾石、亚粘土组成, 砾石多为花岗岩、片麻岩, 砾径



图 1-10 米拉山口中更新世冰碛

变化大，无分选性，次棱角—棱角状，有冰川擦痕。影像上呈粉白—粉红色，起伏不大。为山前倾斜冰碛台地地貌，表面冲沟稀少，局部显冰槽“U”谷或侧碛，与周围地层区别特征十分明显。

沱沱河南冰碛砂砾石层砾石主要为砂岩、灰岩、石英斑岩，砾径一般 10 cm ~ 40 cm，泥砂质充填。影像上呈浅绿黄色。处于山间冰蚀洼地，为起伏不大的冰积垄状丘陵地貌。沟谷宽缓略显扇形，块状、条块状纹形（图 1-11）。

宗务隆山北主要为泥砾、砂砾石及粘土、亚砂土混合层，砾石成分复杂，其中相对地花岗岩较多，其次为硅质岩、片麻岩、砂岩、板岩、火山岩等。砾径大者可达 5 m，无层理、半胶结。影像上呈浅黄褐色、浅灰褐色。侧碛、中碛、槽谷清晰可辨，形成垄状丘陵地貌。沟谷不明显，多宽缓，局部形成稀疏的网格状水系，整体具条块状纹形。

共和盆地边缘的冰碛砂砾石层冰碛结构明显，砾石成分复杂。影像上呈浅灰褐色，色调不均匀。为山前残丘地貌，具疙瘩状纹形，表面粗糙。

青海南山冰碛层，砾石以碎屑岩为主。影像上呈均匀的浅褐色，为山前冰碛台地地貌。地形起伏不大，多平缓开阔，水系不发育，表面较光滑，块状纹形（图 1-12）。

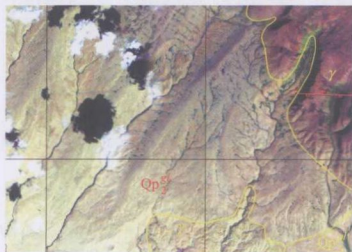


图 1-11 沱沱河地区 Qp_3^d 典型影像特征



图 1-12 青海南山 Qp_2^d 典型影像特征