

# 青、甘、川、滇 进藏公路、铁路沿线地区 地质环境遥感调查

● 中国国土资源航空物探遥感中心 王治华 等著

地质出版社

# 青、甘、川、滇进藏公路、铁路 沿线地区地质环境遥感调查

中国国土资源航空物探遥感中心

王治华 吕杰堂 刘 琼  
张幼莹 徐起德 刘照祥 孙延贵 王冬青 著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书从宏观上展示了位于中国西南部约 180 万 km<sup>2</sup> 范围内的青藏、甘藏、川藏、滇藏公路、铁路沿线的地质环境,提供了各条进藏交通线所经过的地质构造单元、岩类、地貌、水系特征、活动断裂带、地震活动、冻土和融区等情况。根据青藏交通线大型地质灾害的分布及其发育环境,指出了可能影响交通线建设及安全的大型灾害,并进行了地质灾害区划。重点解剖了易贡滑坡-碎屑流和古乡冰川泥石流的典型实例。

本书内容丰富,资料翔实,认识有创新、实用意义大。本书供国土资源、地震、铁道、公路建设等部门的工程技术人员、管理人员、科研及教学人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

青、甘、川、滇进藏公路、铁路沿线地区地质环境遥感调查/王治华等著. —北京:地质出版社, 2004.6

ISBN 7-116-04137-0

I. 青... II. 王... III. 区域地质-地质勘探-遥感技术-中国 IV. P562

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 058412 号

QING GAN CHUAN DIAN JINZANG GONGLU TIELU YANXIAN DIQU  
DIZHI HUANJING YAOGAN DIAOCHA

责任编辑:曹美芳 陈军中

责任校对:任 丽

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

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:北京印刷学院实习工厂

开 本:787 mm × 1092 mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

印 张:12.875 图版:11 页

字 数:290 千字

印 数:1—800 册

版 次:2004 年 6 月北京第一版·第一次印刷

定 价:38.00 元

ISBN 7-116-04137-0/P·2486

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

# 序

从拉萨往北、往东，沟通祖国中、东部的交通命脉——连接青海、甘肃、四川和云南四省的公路的铁路干线，对于西藏地区社会、经济的可持续发展乃至民族团结和国家安全都是至关重要的。然而，它们沿途要越过高寒、缺氧、有冻土和冰川的自然环境，受到高山、峡谷中滑坡、泥石流等自然灾害的制约。

中国国土资源航空物探遥感中心王治华教授率领她的团队，在两年时间里，应用最新的TM和ETM遥感卫星数据，典型地区还补充了IKONOS图像，沿这些干线进行图像解译和制图。编绘了1:100万地质环境综合图件；对在建的青藏铁路两侧50km的地带，编制了1:25万地质灾害区划，以及青藏线及川、滇藏调查区的1:10万的包括七种地质灾害和四种冻土现象的详图。

在上述图件中，在青藏线调查区，解译了面积大于0.01 km<sup>2</sup>的滑坡552处；面积为0.038 km<sup>2</sup>至大于15.79 km<sup>2</sup>的泥石流堆积体120处；面积大于0.22 km<sup>2</sup>的沙丘和沙化地34处；面积大于0.02 km<sup>2</sup>的沼泽湿地1238处；面积大于0.07 km<sup>2</sup>的石冰川38条……在川滇藏调查区，解译了面积0.3 km<sup>2</sup>至83.35 km<sup>2</sup>的粒雪盆71个；长度1~14.68 km，面积0.1~14.26 km<sup>2</sup>的冰川119条，并逐一编号；以及大型滑坡、崩塌、碎屑流、泥石流的规模及分布。

王治华教授与同行们做了大量的遥感图像处理 and 地学定性、定量分析，亲自率队在青藏高原上和川藏公路沿线野外作业，为工程设计和施工建设提供了大量的翔实可靠的科学依据。此外，还发现了一些新的地学现象和规律。此项成果，对于正在施工建设中的青藏铁路，亟待改建的川藏公路——318号国道，以及规划设计中的滇藏铁路选线，都是非常及时的雪里送炭的珍贵资料。此项成果，对于工程设计、施工安全和保养维修部门，都是具有很高实用价值和经济效益的资料。

王治华教授长期从事山地灾害、滑坡泥石流调查研究。她在二滩水电站前期工程遥感调查研究工作中贡献突出。嗣后，她为金沙江梯级开发，从悬崖摔伤，三次骨折。最近，她又三峡库区进行新一轮大比例尺滑坡遥感调查，为这里的地质灾害防治呕心沥血。她为祖国水电建设做出了不可磨灭的贡献。

面对西部大开发的国家战略需求，她又马不停蹄、知难而进，开始为青藏高原的交通建设，奉献自己的学识和智慧。她的顽强拼搏的敬业精神，求真务实的科学态度，我是十分钦佩的。从这部西藏地质环境遥感调查的报告中，我们读到的不仅是她的科学成果，同时还读到她自强不息的精神。她不仅是跨越了世界屋脊，战胜了高寒、缺氧的自然环境，一次又一次走过了雅砻江、金沙江、易贡河上的铁索，而是跨越了自我，进入了奋不顾身的忘我精神境界。我们为这位新中国的巾帼英雄祝福，更为我国新一代地学工作者而倍感自豪。

陈世彭

2004年7月19日

# 前 言

“进藏公路、铁路沿线地区地质环境遥感调查”是中国地质调查局下达的中国西部开发地质大调查项目之一。该项目的目标任务为：采用 TM (ETM) 为主的遥感资料，以青藏铁路（公路）为主，对（青、甘、川、滇）进藏主要公路、铁路沿线地区及相关地带的大型地质灾害进行遥感地质调查；查明地质灾害的分布、类型、规模及形成的地质环境；进行地质灾害区划和预测；评价地质灾害对青藏铁路工程的可能危害程度和工程对地质环境的影响。项目工作时间为 2001 年 1 月至 2002 年 12 月。

本项目的调查成果，不仅对青藏铁路施工及减灾、防灾有重要的现实意义，而且对西部开发及生态环境保护工作有深远的战略意义，对青藏高原及其东缘地区地质环境演化研究有学术意义。

本项目成果从宏观上展示了位于中国西南部约 180 万 km<sup>2</sup> 范围内的青藏、甘藏、川藏、滇藏交通线的地质环境，以 1:100 万比例尺提供了各条进藏交通线所经过的地质构造单元、岩类、地貌、水系特征、活动断裂带、地震活动带等。

在建的青藏铁路及青藏公路沿线地质环境遥感调查是本项目的研究重点，青藏交通线 50 km 宽条带范围的 1:10 万比例尺遥感调查成果为青藏铁路、公路的建设和运行，为该地区的环境监测与保护，提供了以冻土现象为主的七类大型地质灾害及四类融区的分布及其发育环境资料，并进行了 1:25 万比例尺的地质灾害区划。

通过不同空间分辨率遥感图像解译及现场验证，确定了西大滩存在冰川泥石流堆积，并认为 2001 年 11 月 4 日大地震时，该处泥石流有新的活动。

本次遥感调查还首次在昆仑山北麓发现了大规模石冰川群，为青藏高原的科学研究提供了一种新的地质环境现象。

川、滇藏交通线调查区 1:10 万遥感调查，不但在灾害分布最密集、活动强度最大的地区提供了冰川及崩塌、滑坡、碎屑流、泥石流各类地质灾害的分布及其发育环境资料，而且还为即将建设的进墨（脱）公路提供了灾害分布及地质环境资料。

概言之，“进藏公路、铁路沿线地区地质环境遥感调查”项目有如下特点：

## 1. 调查区范围大、地质环境复杂

调查区涉及我国青海、西藏、甘肃、四川、云南四省一区约 180 万 km<sup>2</sup> 范围。它包括了多种生态环境脆弱的调查区，从干旱的柴达木盆地到万水之源的青南-藏北高原，从藏南谷地到路难行的横断山脉高山峡谷区，涉及到非常复杂的地质环境和几乎所有的山地灾害类型。

## 2. 采用了最新的遥感资料，项目成果有现势性

为了使成果能反映最近地表状况，努力获取最新的遥感数据。对于 1:10 万比例尺调



查区,除2景为1999年10月接收的数据外,其余均为2000年以后的数据。1:100万比例尺调查区覆盖91景TM数据,许多地方终年积雪覆盖,或云雾缭绕,有的地方十几年才有一景合格的数据,项目组尽了最大努力使1990~2001年的数据达到80%,其中又大部为1999~2001年的数据。对于重点区使用的最新数据是2002年4月接收的IKONOS数据。

### 3. 工作地区地形地质复杂、条件艰苦、危险性大

青藏线调查区平均海拔大于4500m,川、滇藏调查区平均地形高差大于2000m,最大地形高差在6000m以上。

在青藏线调查区,野外踏勘及验证工作穿越了塔里木盆地,翻过昆仑山,穿过青南-藏北高原,翻越唐古拉山和念青唐古拉山到达拉萨河谷;在川滇藏调查区翻越了岭谷高差为1500~3000m以上的龙门山、岷江河谷、怒江峡谷、伯舒拉岭等6条大江峡谷和7座大山脉;项目组同志虽然要承受高海拔、强辐射、缺氧、寒冻等严酷的自然环境,但始终工作热情饱满。川藏、滇藏公路沿线是地质灾害分布最密,道路交通事故最多的交通线,项目组汽车不但常行驶在断崖峭壁或泥泞的简易路上;在没有交通线又必须验证和测GPS的地方,项目组人员数次冒险吊铁索过急流,曾多次面对各种险情,经多方努力才化险为夷。

### 4. 工作内容多且庞杂,项目成果丰富

就遥感调查精度而言,项目工作有1:100万、1:25万、1:10万及1:1万四种不同比例尺的工作。就遥感解译的内容而言,既有地质构造、岩性、第四系这些基本地质环境内容,又有以一个个小图斑为主的不同类型灾害体的定性解译和定量计算,仅灾害体定量解译计算一项,其中间计算过程的表格多达12类100余个,各类图像、图件达数十平方米。

### 5. 项目工作涉及较多的科技创新内容

要在两年时间内以较低经费额度完成这样复杂地区,这么大范围,如此大工作量的项目工作,没有科技创新不行。项目组不但以各调查区的数字地形模型进行图像的几何校正,而且采用数字全地理要素注记图像并作为制图的底图,以提高定量解译和解译成图的几何精度;用遥感技术监测易贡滑坡灾害,试制了三维易贡滑坡图,并进行定量计算;制作了重点调查区的三维模型;创造了一套表现各类灾害体及其发育环境的制图方法等。

完成这样一个特殊的项目,对项目组成员来说是一个挑战,在两年时间里,丝毫不敢懈怠,兢兢业业,踏实苦干,并注意学习,特别是对以前较少涉及的冻土等不良地质现象及其环境,需要学习很多新知识、新概念。

项目组主要工作人员分工如下:王治华,项目负责,设计和组织项目工作,承担地质环境、灾害解译及部分图像处理、注记工作,编写项目成果报告。吕杰堂,1:100万TM图像调色及注记,1:10万TM图像注记,1:1万IKONOS图像处理,青藏、川藏、滇藏调查区DEM整理及三维制作。刘琼,1:10万TM图像处理,参加部分地质解译。张幼莹,1:100万TM图像处理。徐起德,制图及计算。刘照祥、孙延贵,工作区1:100万地质环境解译。本书在项目成果基础上,经删减、修改而成。

项目执行过程中,曾得到兄弟单位许多同志的帮助。在此,要特别感谢青海省区调队的王冬青工程师、中国科学院寒区旱区环境工程研究所的李树德研究员、成都山地灾害与

环境研究所的吕儒仁、朱平一研究员以及铁道部第一设计院的张钊高工等专家，他们以其丰富的知识、资料积累、工作经验给项目组提供了许多帮助。

尽管项目组努力苦干了两年，由于调查区范围大、工作内容多、工作量大，加之知识和技术水平及工作能力均有限，书中谬误及遗漏之处难免，敬请同行及使用者不吝指教。

作者  
2003年12月

# 目 录

## 前 言

<b>第一章 调查区自然地理概况</b> .....	(1)
<b>第一节 调查区位置和范围</b> .....	(1)
一、进藏交通线 1:100 万比例尺调查区 .....	(1)
二、青藏线 1:10 万和 1:25 万比例尺调查区 .....	(2)
三、川滇藏线 1:10 万比例尺调查区 .....	(3)
<b>第二节 地形地貌</b> .....	(3)
<b>第三节 气候特征</b> .....	(3)
<b>第四节 水系特征</b> .....	(4)
<b>第五节 区内已有进藏交通线概况</b> .....	(4)
一、进藏公路 .....	(4)
二、进藏铁路 .....	(4)
<b>第二章 方法技术</b> .....	(6)
<b>第一节 技术路线和 workflow</b> .....	(6)
<b>第二节 数据源</b> .....	(7)
一、遥感数据源.....	(7)
二、地理坐标控制数据源 .....	(9)
<b>第三节 图像处理</b> .....	(9)
一、1:100 万 TM 图像处理 .....	(9)
二、1:10 万 ETM 图像处理 .....	(12)
三、IKONOS 数据处理 .....	(17)
四、重点调查区三维模型制作 .....	(17)
<b>第四节 遥感解译</b> .....	(19)
一、1:100 万进藏交通线区域地质环境遥感解译 .....	(19)
二、1:10 万青藏、川滇藏线调查区基础地质环境遥感解译 .....	(20)
三、1:10 万青藏、川滇藏线调查区大型地质灾害遥感解译 .....	(21)
<b>第三章 青、甘、川、滇进藏交通线区域地质环境 1:100 万遥感调查</b> .....	(24)
<b>第一节 区域地质构造特征</b> .....	(24)
一、板块构造 .....	(24)
二、各板块地质概况 .....	(25)
三、各板块缝合带及地壳结合带的特征 .....	(33)
<b>第二节 区域地貌及水系分布特征</b> .....	(35)
一、以青藏高原为主体的地貌环境 .....	(35)
二、复杂多样的地貌形态 .....	(36)



三、我国大部分主要江河的发源地 .....	(39)
四、各条进藏交通线路附近的地貌特征 .....	(41)
<b>第三节 主要活动断裂带及地震活动带</b> .....	(42)
一、主要活动断裂带 .....	(42)
二、主要地震活动带 .....	(44)
三、本区在建或规划铁路所经过的主要地震活动带 .....	(45)
四、2001年11月14日大地震及其对青藏铁路建设的影响 .....	(45)
<b>第四章 青藏线调查区地质环境遥感调查及灾害区划</b> .....	(47)
<b>第一节 青藏线调查区地质环境遥感调查</b> .....	(48)
一、青藏线调查区的区域地质构造 .....	(48)
二、青藏线调查区各基本地质构造单元的地质概况 .....	(49)
三、青藏线调查区的地貌地形和水系 .....	(56)
<b>第二节 青藏线调查区的大型地质灾害遥感调查</b> .....	(60)
一、沙丘和沙化地 .....	(60)
二、冻土及冻土现象 .....	(64)
<b>第三节 青藏线调查区的地质灾害区划</b> .....	(147)
一、地质灾害区划原则 .....	(147)
二、灾害区划及各灾害区的特征 .....	(148)
<b>第五章 川、滇、藏调查区大型地质灾害遥感调查</b> .....	(157)
<b>第一节 自然地理背景</b> .....	(157)
一、位置与交通 .....	(157)
二、气候 .....	(158)
三、地形地貌和水系 .....	(158)
四、地质背景 .....	(158)
<b>第二节 冰川遥感调查</b> .....	(161)
一、冰川主要影像特征及数量、规模 .....	(162)
二、调查区冰川分布特征 .....	(163)
三、冰川成因 .....	(168)
<b>第三节 滑坡、崩塌、碎屑流、泥石流遥感调查</b> .....	(168)
一、概述 .....	(168)
二、滑坡、崩塌、碎屑流、泥石流的规模和分布 .....	(169)
三、严重灾害区的地质环境因素分析 .....	(169)
四、本区灾害对进藏交通的影响 .....	(183)
<b>第四节 典型灾害介绍</b> .....	(184)
一、易贡滑坡-碎屑流 .....	(184)
二、古乡冰川泥石流 .....	(192)
<b>结 语</b> .....	(196)
<b>参考文献</b> .....	(197)

图版

# 第一章 调查区自然地理概况

## 第一节 调查区位置和范围

青、甘、川、滇进藏交通线遥感调查区位于我国西南部，覆盖西藏自治区东部，青海省大部，甘肃省西南部，四川省西部，云南省的西北部。见图 1-1、图 1-2。

根据项目目标任务，我们设计了三种不同比例尺的调查区：青、甘、川、滇进藏交通线区域 1:100 万调查区、青藏线 1:10 万和 1:25 万调查区以及川滇藏线 1:10 万调查区。如图 1-1 所示。

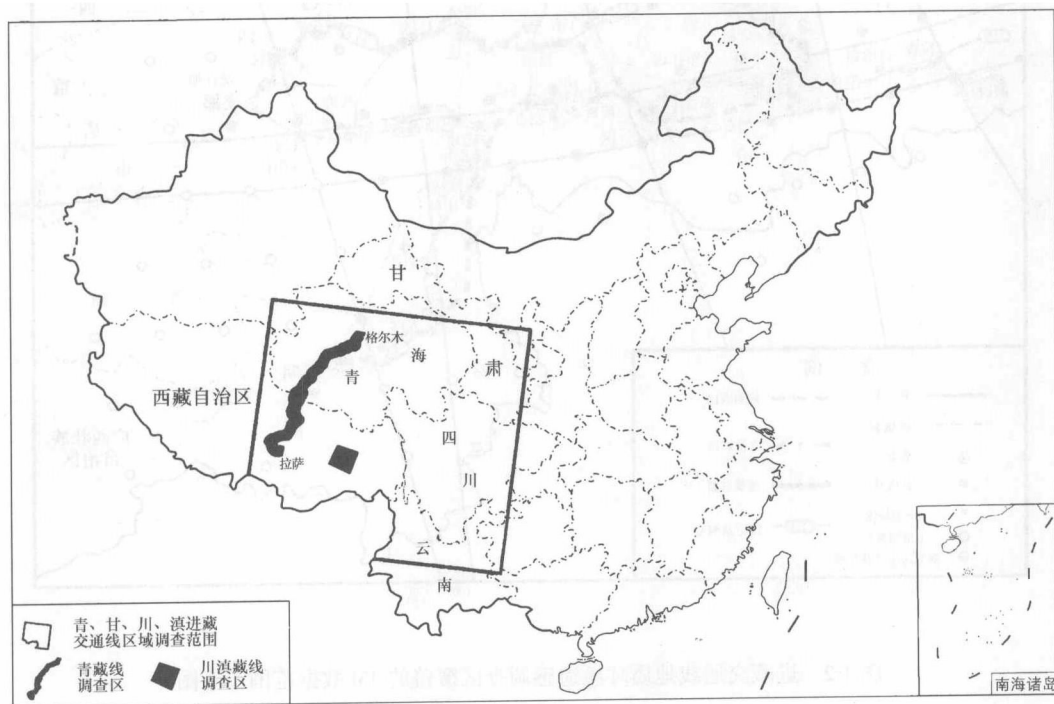


图 1-1 进藏交通线遥感调查区位置示意图

### 一、进藏交通线 1:100 万比例尺调查区

本调查区包括青藏、甘藏、川藏、滇藏 4 条进藏交通线沿线地区及相关地带，本比例尺调查区东起四川省成都 (E104°06', N30°39') 和甘肃省兰州 (E103°22', N36°11'), 西至西藏自治区拉萨 (E91°09', N29°31'), 北起青海省德令哈 (E97°13', N37°23') 和西宁

(E101°48', N36°32'), 南达云南省昆明 (E102°47', N25°00'); 跨越经度 12°57', 纬度 12°23'; 覆盖面积约 180 万 km<sup>2</sup>, 约占我国陆地面积的 18.7%。本调查区共涉及 TM 图像 91 景, 如图 1-2 所示。

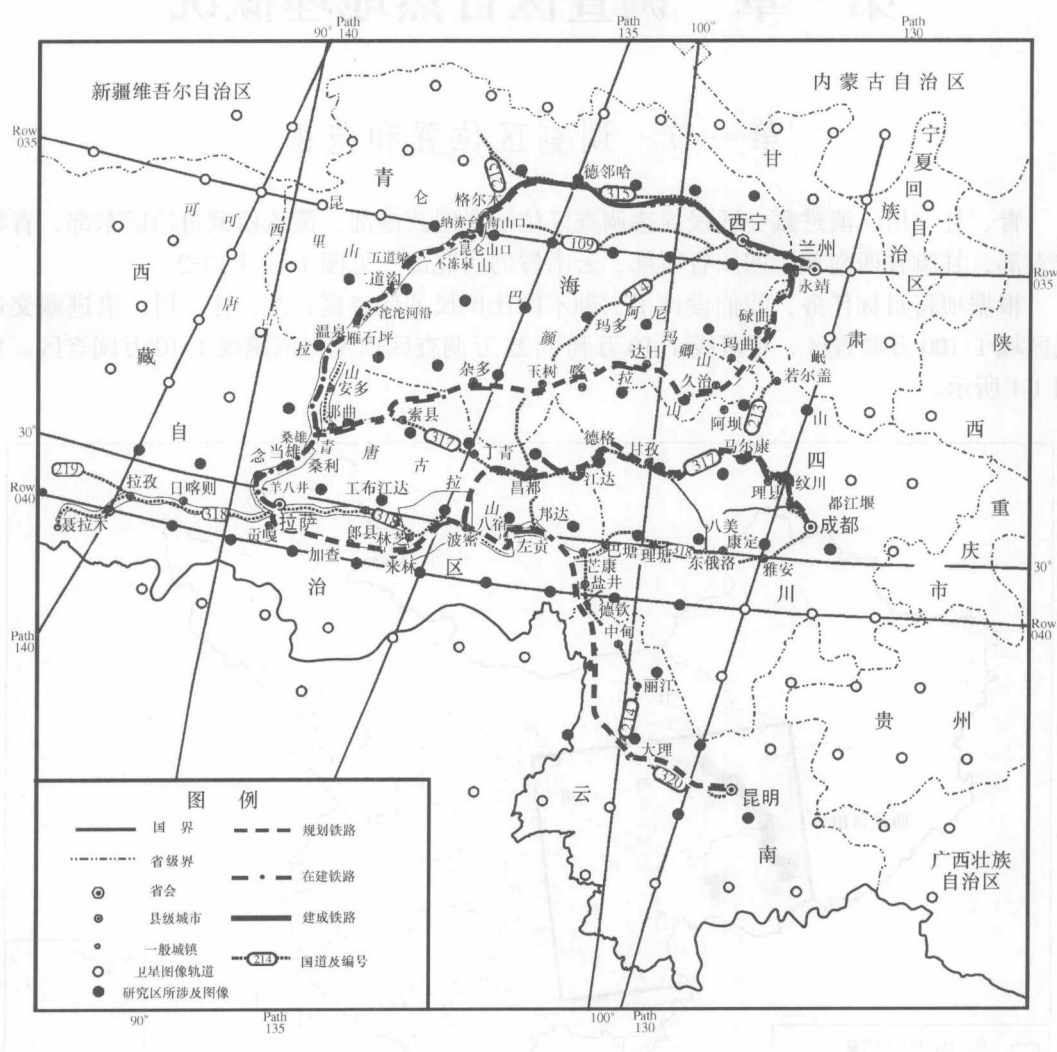


图 1-2 进藏交通线地质环境遥感调查区覆盖的 TM 数据范围示意图

## 二、青藏线 1:10 万和 1:25 万比例尺调查区

青海省格尔木市至西藏自治区拉萨市 (简称格拉段) 的青藏公路与新建青藏铁路, 沿线长 1 118 km, 其中温泉—唐古拉山口—安多—那曲—桑雄段约 300 km 公路与新建铁路线不重合 (相隔距离 10~50 km), 故交通线总长为 1 268 km。沿线两侧各 25 km 之内区域为本调查区范围, 共计约 63 400 km<sup>2</sup>。

### 三、川滇藏线 1:10 万比例尺调查区

西藏自治区波密至林芝段共 208 km, 是川藏、滇藏拟建铁路和川藏公路基本重合的地段, 也是地质灾害最发育, 地质环境最复杂, 建路难度较大的地段, 选该段沿线两边共宽 100 km, 面积 15 192.82 km<sup>2</sup> 为本调查区范围。

#### 第二节 地形地貌

调查区的主体是青藏高原, 青藏高原是世界上面积最大、海拔最高的高原, 它西起帕米尔高原, 向东延伸至川西、滇北的横断山, 面积约 200 万 km<sup>2</sup>, 平均海拔 4 500 m 以上, 构成我国地势最高的一级台阶, 被称为“世界屋脊”和“地球第三极”。

调查区北部是柴达木盆地。位于昆仑山、唐古拉山和冈底斯山、念青唐古拉山之间的是起伏比较缓和的青南-藏北高原。藏北高原以南念青唐古拉山和喜马拉雅山之间称为藏南谷地, 是雅鲁藏布江及其支流的河谷, 海拔大都在 4 000 m 以下, 是西藏重要的农牧业区。藏南谷地以南, 直至边境, 为喜马拉雅山脉, 整个山脉平均海拔 6 000 m 以上, 是世界上最高大的山脉。珠穆朗玛峰位于中国尼泊尔边界, 海拔 8 848 m, 为世界最高峰。调查区东部是横断山脉的北段, 也称为藏东高山峡谷区, 为一系列由东西走向转为南北走向的高山峡谷组成。

青藏线调查区除格尔木至南山口位于柴达木盆地南部以外, 其余均处在青南-藏北高原, 线路经过的主要山系均呈东西走向, 自北向南有昆仑山、可可西里山、唐古拉山、念青唐古拉山。这些山系中除昆仑山北坡和念青唐古拉山东南坡的峡谷段地势险峻, 相对高差大于 700~1 000 m, 其余山系多呈穹形起伏, 相对高程一般小于 300 m。宏观地形较开阔。

川藏、滇藏调查区地处雅鲁藏布江大拐弯及一级支流帕龙藏布流域, 该流域北界为念青唐古拉山东支, 南界为冈底斯山东支日嘎布。调查区绝对和相对高度都大, 河流深切, 山坡陡峻, 分水岭海拔高度大都在 4 500~5 000 m, 有多座海拔 6 000 m 以上的山峰, 最高峰南迦巴瓦海拔 7 782 m。雅鲁藏布江劈开崇山峻岭在本区形成平均深达 5 000 m 以上, 最深达 5 382 m 的世界第一大峡谷。

#### 第三节 气候特征

广阔的地域, 多种地貌形态, 形成调查区多种复杂的气候特征。大致说来柴达木盆地、青南-藏北高原属于干燥寒冷的高原气候, 横断山脉、雅鲁藏布江谷地和喜马拉雅山脉南坡部分地方受印度洋季风影响, 比较温暖湿润。

高原气候总体上有气温偏低、降水较少、空气稀薄、日照充足的特点。西藏自治区全区平均气温 -3~12℃, 一月 -18~3.6℃, 七月 7~19℃, 极端最低气温 -46.4℃ (1966.1.7, 定日), 极端最高温 32.8℃ (1967.7.29, 易贡)。藏北高原一年中有半年时间冰封雪冻。年平均降水量在 20~1 000 mm, 一般在 200 mm 以下, 藏南谷地降水量自西向东递增, 波密地区可达 2 000 mm 以上。6~9 月降雨量占全年的 90% 以上, 每年 10 月到次

年5月高原上多西北风。西藏是我国日照最多的地方之一，拉萨有“日光城”之称。海拔4200 m以上地区有多年冻土层分布。

## 第四节 水系特征

青、甘、川、滇进藏交通线区域有一系列高耸的山脉，林立的皑皑雪峰，是我国主要大江大河的发源地，长江、黄河、澜沧江、怒江四大水系发育于此，雅鲁藏布江中游的大部分水系位于本区中部和南部。在调查区东南部的横断山区，则形成金沙江、澜沧江、怒江三大水系并流的壮观景象。

本区的北部和西北部为内流河区，较大的内流河有注入柴达木盆地东达布逊湖的格尔木河（其北段称昆仑河）和注入南霍鲁逊湖的柴达木河和注入区外色林湖的扎加藏布。

## 第五节 区内已有进藏交通线概况

### 一、进藏公路

经过几十年的努力，除新疆至西藏的公路外，我国目前已建成青藏、甘藏、川藏、滇藏四条进藏公路，如图1-2所示。

青藏线是进藏的主干公路，从西宁起由109国道经格尔木，穿过昆仑山口，进入青南高原，通过唐古拉山口进藏，经那曲、当雄到达拉萨，全长1963 km。

甘藏线从兰州起走109国道向西约139 km经西宁与青藏线相接；向南由213国道约470 km进入四川，在成都与川藏公路相接。

川藏公路是进藏的另一条主干公路，318国道的一部分，东起四川成都，经雅安、康定至东俄洛，在此分为南北两线，南线经巴塘、左贡、八宿、波密、林芝到拉萨，全长2158 km，北线自东俄洛经八美、甘孜、德格、江达、昌都到邦达，全长1011 km。

滇藏公路南起昆明，向西走320国道约407 km到大理，再向北走214国道，经中甸、德钦约600 km进入西藏境内的盐井，向北约117 km（自昆明出发1124 km）到达芒康与川藏线相接。

### 二、进藏铁路

铁道部已提出了由青海、甘肃、四川、云南四省进入西藏的青藏、甘藏、川藏、滇藏四条进藏铁路方案。如图1-2所示。

青藏铁路由青海省西宁市向西经德令哈、格尔木向南翻越唐古拉山进入西藏，经安多、那曲、当雄到拉萨，全长1963 km。其中西宁至格尔木段845 km已建成通车。格尔木至拉萨段新线建筑长度1118 km。

甘藏铁路由甘肃兰州向西南途经永靖、碌曲、玛曲翻过阿尼玛卿山进入青海省境内，经久治、达日穿过巴颜喀拉山进入西藏，经那曲、当雄到达拉萨。全长2211 km。其中兰州至永靖段85 km已经通车，新线建筑长度2126 km。

川藏铁路由四川成都向西途经灌县（都江堰市）、汶川、理县、马尔康、甘孜跨越金

沙江进入西藏，经江达、昌都、洛隆、波密、林芝、米林、朗县、加查、贡嘎至拉萨，全长 2 015 km。其中成都至都江堰 88 km 已建成通车。都江堰至拉萨新线建筑长度 1 927 km。

滇藏铁路由云南昆明向西北途经大理、剑川、德钦，穿过梅里雪山进入西藏，经左贡、八宿、波密、林芝、米林、朗县、加查、贡嘎到拉萨，全长 1 960 km。其中昆明至大理段 366 km 已通车，大理至拉萨段新线建筑长度 1 594 km。

铁道部对进藏铁路经过比选论证后，重点对青藏、滇藏线方案进行了预可行性研究，提出了“青藏线格尔木至拉萨段预可行性研究”及“滇藏线预可行性研究”报告。该报告论述了修建进藏铁路的必要性，各条线路的主要工程量及主要工程灾害，并对各条线路的修筑经费及工期作了规划预算。

经过国务院组织的有关部门领导及专家对上述几条线的方案论证暨预可行性审查，确定暂不考虑甘藏铁路方案；川藏线对沿线经济开发与建设及西藏军政后勤保障意义巨大，但沿线地形特别复杂，崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害发育，所经八度地震烈度区地段长，工程艰巨，新建线路长，投资大，工期长。中央决定先修筑青藏铁路。

## 第二章 方法技术

### 第一节 技术路线和工作流程

根据项目调查的目标任务及经费和时间，项目组确定对于 1:100 万调查区以进藏交通线区域地质环境背景调查为主；对于 1:10 万调查区以大型地质灾害调查为主。确立了以大型灾害为主，地质环境为辅的遥感解译原则。采用先全区，后重点，先青藏，后川、滇藏的部署。

本项目采用的技术路线是：以 TM-ETM 卫星数据为主，辅以 IKONOS 数据，作为项目工作的遥感数据源；以 1:50 万数字地形数据作为 1:100 万调查区的地理坐标控制基础；以 1:25 万数字地形作为 1:25 万图件的地理坐标控制基础；以 1:10 万数字地形数据为主，辅以地面 GPS 实测数据，作为 1:10 万调查区的地理坐标控制基础；以先进的数字图像处理技术形成调查区各种比例尺的经几何校正及与地理坐标配准的多光谱彩色图像。以此为基础，在了解、熟悉已有工作成果之后，采用人机交互方法进行地质环境及大型灾害解译；对重点或有疑问的初步解译结果进行野外验证；对解译结果进行综合分析后提出青藏线调查区的灾害区划及评价灾害对工程的影响。具体工作流程如图 2-1。

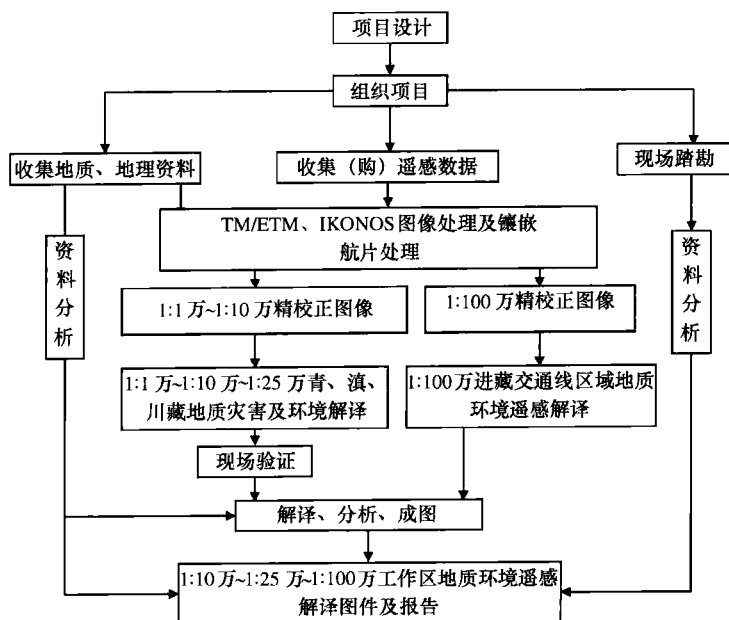


图 2-1 项目工作流程图



## 第二节 数据源

### 一、遥感数据源

#### 1. TM/ETM 数据

##### (1) 一般特征

TM 和 ETM 是基于美国陆地卫星 LANDSAT5 和 LANDSAT7 上的新型多光谱专题成像仪的英文缩写, 其接收的数据也分别称为 TM 数据和 ETM 数据或简称为 TM 和 ETM, 其特征如表 2-1 所示。

表 2-1 TM 和 ETM 数据特征

卫星数据	波段	光谱特征	地面分辨率
TM 观测周期 18 天	1	0.45 ~ 0.52 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	2	0.52 ~ 0.60 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	3	0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	4	0.76 ~ 0.90 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	5	1.55 ~ 1.75 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	6	10.40 ~ 12.50 $\mu\text{m}$	120 m $\times$ 120 m
	7	2.08 ~ 2.35 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
ETM 观测周期 16 天	1	0.450 ~ 0.515 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	2	0.525 ~ 0.605 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	3	0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	4	0.775 ~ 0.900 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	5	1.55 ~ 1.75 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	6	10.40 ~ 12.50 $\mu\text{m}$	60 m $\times$ 60 m
	7	2.09 ~ 2.35 $\mu\text{m}$	30 m $\times$ 30 m
	8	0.52 ~ 0.90 $\mu\text{m}$ (全色)	15 m $\times$ 15 m

TM、ETM 数据由于其相对价格较低, 有从可见光到中红外的较丰富波段组合, 是目前地质环境遥感调查使用最广泛的卫星数据。TM 有 7 个波段, 除了 TM6 中红外波段的地面分辨率为 120 m 外, 其余均为 30 m。ETM 又增加了分辨率为 15 m 的全色波段, 光谱特征和地面分辨率的优势更加突出。

##### (2) 1:100 万调查区的 TM/ETM 数据

本调查区使用 TM/ETM 数据共 91 景, 由于调查区面积太大, 地面景观及气候条件各不相同, 色彩、色调差别很大, 许多地方终年积雪覆盖, 或云雾缭绕, 未能收集到足够的合格的在 2000 年前后接收的 TM/ETM 数据, 只能寻找较早时间接收的合格数据, 本调查区 TM/ETM 数据的分布时间如图 2-2 所示。

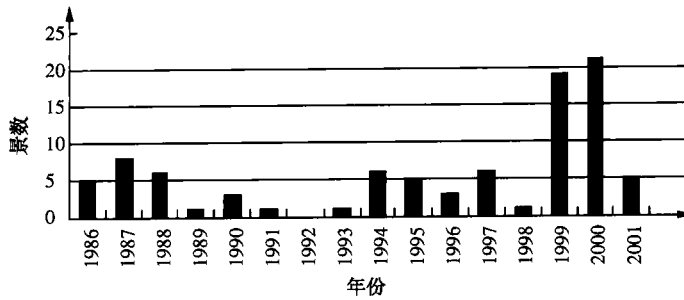


图 2-2 1:100 万调查区 TM/ETM 数据的接收时间分布

### (3) 1:10 万调查区的 ETM 数据

青藏线调查区涉及 ETM 影像 12 景；川滇藏线调查区涉及 ETM 影像 3 景。调查区 ETM 数据的轨道号和接收时间如表 2-2。

表 2-2 1:10 万调查区 ETM 数据的轨道号和接收时间

	轨道号	接收时间	轨道号	接收时间
青藏线	136/35	2000.10.02	137/35	2001.02.14
	137/36	2001.01.29	138/36	2000.12.03
	137/37	2000.12.28	138/37	2000.12.19
	137/38	2001.01.29	138/38	2001.02.05
	137/39	2001.02.14	138/39	2000.04.07
	137/40	1999.10.23	138/40	1999.10.30
	川、滇藏线	135/39	2000.12.30	135/40
135/41		2000.12.30		

## 2. IKONOS 数据

在青藏线西大滩、羊八井两个重点地段使用了有较高空间分辨率的 IKONOS 卫星数据，其卫星基本参数为：赤道上方轨道高度为 681.8 km，轨道相对于赤道平面的倾角为 98.1°，轨道周期 98 min，IKONOS 卫星通过赤道的时间为上午 10:30，倾斜角为 ±45°。重访周期：3~5 d。IKONOS 数据波长及空间分辨率、数据的特性参数见表 2-3、表 2-4。

表 2-3 IKONOS 数据波长及空间分辨率

波段	波长范围	空间分辨率
全色	0.45 ~ 0.90 $\mu\text{m}$	1 m
红波段	0.42 ~ 0.52 $\mu\text{m}$	4 m
绿波段	0.52 ~ 0.60 $\mu\text{m}$	4 m
蓝波段	0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$	4 m
红外波段	0.76 ~ 0.90 $\mu\text{m}$	4 m