

中国煤系矿产资源评价丛书


青藏高原

煤炭资源赋存规律与潜力评价

中国煤炭地质总局 乔军伟 等 著

Coal Occurrence Law and Resource Potential
Evaluation in Qinghai-Tibet Plateau



 科学出版社

中国煤系矿产资源评价丛书

青藏高原煤炭资源 赋存规律与潜力评价

Coal Occurrence Law and Resource Potential Evaluation in
Qinghai-Tibet Plateau

中国煤炭地质总局 乔军伟 等 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以地球动力学和煤田地质学为指导,系统梳理了青藏高原含煤地层系统,恢复了主要成煤期成煤大地构造背景,建立了含煤岩系的构造-沉积模式;在大地构造格局和含煤地层综合分析的基础上,重新厘定了青藏高原赋煤带的分布范围,总结了主要赋煤单元的煤田构造特征和煤炭资源赋存特征,评价了其煤炭资源潜力。

本书可供煤田地质相关专业和从事青藏高原地质调查研究的科技人员,以及高等院校师生参考。

审图号:GS(2018)5794号

图书在版编目(CIP)数据

青藏高原煤炭资源赋存规律与潜力评价=Coal Occurrence Law and Resource Potential Evaluation in Qinghai-Tibet Plateau/乔军伟等著. —北京:科学出版社,2019.1

(中国煤系矿产资源评价丛书)

ISBN 978-7-03-059425-9

I. ①青… II. ①乔… III. ①青藏高原-煤炭资源-资源预测②青藏高原-煤炭资源-资源评价 IV. ①F426.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第253980号

责任编辑:吴凡洁 冯晓利/责任校对:王萌萌

责任印制:师艳茹/封面设计:谜底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市春园印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年1月第一版 开本:787×1092 1/16

2019年1月第一次印刷 印张:16 3/4

字数:381 000

定价:198.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“中国煤系矿产资源评价丛书”编写领导小组

组 长：孙升林

副 组 长：吴国强 张家强

成 员：宁树正 曹代勇 刘志逊 杨文光

郑柏平 程爱国 吴军虎 张谷春

本书编委会

主 编：乔军伟

编 委：乔军伟 吴国强 宋时雨 宁树正

曹代勇 李聪聪 范 琪 谭节庆

杨 成 张光超 雒 铮 祁文强

马志凯 谭富荣 高科飞 白纯钢

前言

青藏高原煤田地质工作主要完成于 20 世纪 80 年代以前,工作程度普遍较低,基本以找煤为主,个别点上开展了详查和勘探工作,此后煤田地质工作基本停滞,1990 年前后全部闭坑。2000 年以后,青藏高原地区能源矿产需求迅速增长,但所需煤炭资源几乎都要外运,严重制约了青藏高原能源结构的调整,以及人民群众生活质量的提高和生态环境的改善。在此背景下,中国地质调查局、中国煤炭地质总局在西藏自治区土门、措勤、昌都,以及青海南部等地区开展了一系列的煤炭地质调查与研究,并在青藏高原全区开展了煤系矿产资源综合调查评价,旨在综合分析青藏高原复杂的构造演化及成煤地质背景,从整体上分析全区煤炭资源分布特征,总结煤炭资源赋存规律,为青藏高原地区能源矿产的适度开发和总体布局提供地质依据。

“青藏高原煤炭资源赋存规律与潜力评价”是中国地质调查局地质调查工作项目“青藏高原煤系矿产资源综合调查与评价”项目的主要研究成果。本书以地球动力学为指导,对青藏高原主要成煤期和含煤地层进行了系统梳理,在研究大地构造格局和含煤地层分布现状的基础上,重新厘定了青藏高原赋煤带的分布范围,总结归纳了主要赋煤构造单元的煤田构造特征和煤系赋存规律,分析了各赋煤区煤炭资源分布特征及资源潜力;结合区域地质背景,还原了各成煤期含煤地层沉积区大地构造格局,结合各成煤期的聚煤环境研究,建立含煤地层构造-沉积模式,从整体上深化了对青藏高原煤系发育规律及资源潜力的认识。研究进展主要体现在以下方面。

(1) 利用沉积学、矿物学、岩石学、构造地质学、地球化学等多学科理论,综合研究青藏高原含煤地层发育的基础地质条件,对青藏高原主要成煤期和含煤地层进行了系统整理,在大地构造格局和含煤地层分布现状的基础上厘定了青藏高原赋煤带的分布范围。以班公湖-双湖-怒江-昌宁结合带作为古亚欧大陆与冈底斯大陆的分界线,划分了 2 个赋煤亚区、10 个赋煤带。

(2) 系统总结了各构造赋煤区的煤田构造特征,结合各主要成煤期的聚煤环境划分主要构造赋煤带控煤构造样式,建立了昌都-芒康逆冲-褶皱赋煤带、唐古拉山褶皱-逆冲赋煤带、土门格拉-巴青逆冲-褶皱赋煤带、东昆仑断隆赋煤带、积石山断陷赋煤带、边坝-八宿褶皱赋煤带、拉萨北褶皱赋煤带、改则褶皱赋煤带构造-沉积模式。

(3) 根据成煤盆地-构造变动-赋煤单元的观点,按照原型成煤盆地经历多旋回构

造变动，分解破坏、反转叠合，形成不同级别赋煤构造单元的思路，通过对赋煤构造单元构造演化的分析，根据含煤时代、岩性及成煤环境划分了唐古拉-昌都-芒康成煤盆地、土门格拉成煤盆地、东昆仑-积石山成煤盆地、改则-边坝-八宿成煤盆地、拉萨成煤盆地及门士-日喀则成煤盆地。通过对成煤期沉积盆地的分析建立盆地的成因地层格架，恢复煤盆地的演化历史。

(4) 通过各成煤时代含煤地层碎屑岩的主、微量元素及 REE 分析，并追溯煤系沉积物的物源区，结合青藏高原的形成和特提斯洋的演化，还原了各成煤期含煤地层沉积区大地构造背景，建立了主要构造赋煤带的成煤模式，研究了特提斯演过程中对煤系分布格局的影响。

(5) 在大量资料分析和实地调查的基础上，对青藏高原的煤炭资源勘查开发现状进行了系统调查和统计。截至 2015 年年底，青藏高原累计探获煤炭资源储量 2.58 万 t，埋深 600m 以浅的煤炭资源预测资源量 12.93 亿 t，主要分布在唐古拉赋煤带、昌都-芒康赋煤带、土门格拉-巴青赋煤带。

本书是在“青藏高原煤系矿产资源综合调查与评价”项目调查和研究成果基础上加工凝练而成。乔军伟担任主编，对全书进行了统稿。各章节的撰写分工如下：第一章由乔军伟、吴国强、宁树正撰写，第二章由谭节庆、乔军伟、范琪、杨成撰写，第三章由李聪聪、锥铮、张光超、谭富荣撰写，第四章由谭节庆、乔军伟、高科飞撰写，第五章由李聪聪、乔军伟、范琪、杨成、祁文强撰写，第六章由曹代勇、宋时雨、谭节庆、马志凯、高科飞撰写，第七章由范琪、乔军伟撰写，第八章由乔军伟、范琪撰写，第九章由吴国强、曹代勇、宁树正、乔军伟撰写。张光超、宋时雨协助对全书部分内容进行了校对，白纯钢协助完成了部分图件的编制。

“青藏高原煤炭资源赋存规律与潜力评价”是在第三次及最新一次西藏自治区、青海省煤炭资源潜力评价工作基础上完成的，参考了 1960 年以来青藏高原地区大量的煤炭地质调查及勘查资料，是参加该区煤炭地质工作所有技术人员共同的科研成果，更是半个多世纪以来青藏高原地区煤炭地质长期实践的智慧结晶。研究过程中得到了中国矿业大学（北京）、中国煤炭地质总局煤航地质勘查院、青海煤炭地质勘查院，以及西藏自治区国土厅、阿里地区国土局领导及相关技术人员的大力支持。

作 者

2018 年 10 月

目录

前言	
第一章 绪论	1
第一节 研究概况	1
第二节 研究区概况	3
第三节 以往地质工作	8
第二章 区域地质背景	14
第一节 区域构造	14
第二节 区域地层	22
第三节 岩浆活动	28
第三章 含煤地层特征	32
第一节 石炭系	33
第二节 二叠系	37
第三节 三叠系	40
第四节 侏罗系	41
第五节 白垩系	43
第六节 古近系	46
第七节 新近系	48
第四章 赋煤构造单元及构造特征	50
第一节 赋煤构造单元划分	50
第二节 赋煤带构造特征	52
第五章 赋煤带煤田地质特征	62
第一节 东昆仑赋煤带	62
第二节 积石山赋煤带	67
第三节 唐古拉山赋煤带	72
第四节 土门-巴青赋煤带	80
第五节 昌都-芒康赋煤带	83
第六节 边坝-八宿赋煤带	90

第七节	拉萨北赋煤带	94
第八节	改则赋煤带	97
第九节	噶尔赋煤带	99
第十节	日喀则赋煤带	100
第六章	聚煤模式与煤盆地演化	104
第一节	囊谦-昌都成煤盆地	106
第二节	土门格拉成煤盆地	127
第三节	东昆仑-积石山成煤盆地群	132
第四节	改则-边坝-八宿成煤盆地群	138
第五节	拉萨成煤盆地	146
第六节	日喀则成煤盆地	152
第七章	煤炭资源现状及资源潜力	156
第一节	煤炭资源勘查开发现状分析	156
第二节	煤炭资源预测方法与预测成果	171
第三节	各赋煤带煤炭资源预测	178
第四节	煤炭资源潜力综合评价	213
第五节	煤炭资源勘查开发前景及保障分析	222
第八章	煤系矿产资源评价	228
第一节	煤系矿产概述	228
第二节	煤系能源矿产	231
第三节	煤系金属矿产	238
第四节	煤系非金属矿产	245
第五节	煤系矿产勘查开发前景	246
第九章	结论与展望	248
第一节	主要成果	248
第二节	展望	250
参考文献	252

第一章

绪 论

第一节 研究概况

青藏高原被誉为“地球第三极”，对新生代晚期全球气候环境产生过重大影响；现今仍发育强烈的构造运动和地震活动，是地球表面现今构造活动最强的大陆构造单元，成为国际地球科学领域公认的大陆动力学野外实验室和地质学家关注的热点研究地区。青藏高原特殊的地形、地貌、气候、地质背景等决定了其生态环境和地质环境极其脆弱，与区域气候背景所形成的平衡经常处于临界阈值状态，对外部条件变化表现得非常敏感，外界的微小干扰都会导致生态环境和地质环境的格局、过程与适应方式发生改变。大多数情况下，这种改变都向不利于人类的方向发展，表现为土地、植被的退化或岩土体的失稳，即各类生态环境问题或地质环境问题。青藏高原的资源开发与生态环境保护是一对矛盾体。当今人类社会经济的发展依赖于自然资源。自然资源为人类的衣食住行提供了必要的生存条件，如果自然资源开发利用不合理，超出了它的承载量和支付能力，就会直接影响人类的生存和经济的持续发展。对青藏高原的煤炭资源要做到整体规划、整装开发，从区域上全面分析、统筹考虑，科学制订资源开发、产业发展和环境保护的政策与策略，形成合理的资源开发模式。在资源开发的同时，更要注意生态环境的保护，把人类资源开发对环境的影响控制在生态环境可承受的范围内，做到资源的整体规划、综合勘查、综合开发，尽可能减低对当地生态环境的影响，实现人类经济发展、生产力提高和生态环境的协调发展。

青藏高原煤田地质工作主要完成于 1980 年以前，而且地质工作程度普遍较低，以找煤为主，普查次之，少数煤田进行了详查和初步勘察工作，此后至今近 40 年煤田地质工作几乎未开展。尽管近几年实施了少量的工作，但多数也只是限于面上的调查评价，实

质性的勘查工作也基本没有开展；青海南部地区真正意义上的煤田地质工作始于 1990 年以后，在青海南部的昆仑山赋煤带、积石山赋煤带、唐古拉山赋煤带及拉萨地区开展了一些零星扶贫性勘探项目，同时在青藏公路两侧的那曲、索县一带，芒康-昌都和八宿-边坝一带、阿里地区的普兰、狮泉河、改则等进行了零星的煤田地质工作。这些工作一方面区域有限，另一方面工作程度较低，普查、详查、勘探仅限于局部矿点，一般地区仅限于路线调查或矿点检查性质的找煤工作，甚至有相当一部分地区根本就未开展过煤田地质工作。21 世纪以来，随着经济的飞速发展，青藏高原地区能源矿产需求迅速增长，但其所需煤炭资源几乎都要外运，严重制约了青藏高原能源结构的调整、人民群众生活质量的提高和生态环境的改善。在此背景下，中国地质调查局、中国煤炭地质总局在西藏土门、措勤、昌都，以及青海南部等地区开展了一系列地质调查项目，并取得了一定的成果。本书在这些工作成果的基础上，开展青藏高原煤炭地质研究，从整体上分析全区煤炭资源分布，总结煤炭资源赋存规律，为我国在青藏高原地区进行煤炭资源勘查总体布局提供地质依据。

本书充分利用青藏高原以往煤炭地质调查和研究成果，特别是最新一轮煤炭资源潜力预测成果和各区域煤炭调查评价成果，在主要煤矿（点）开展了野外路线调查、剖面测量、采样测试等工作，以聚煤规律和构造控煤作用研究为切入点，综合分析主要含煤盆地演化过程，煤系矿产赋存层位沉积环境、岩性组合、矿物组合、形成条件，分析构造-热事件作用对含煤地层形成和改造的控制作用，总结含煤地层形成的构造背景和成煤模式，分析重要煤系矿产资源的特征，对下一步综合勘查工作布局提出合理化建议。主要研究内容如下。

(1) 在以往地质资料分析基础上，利用青藏高原内已完成的煤炭资源勘查及调查评价项目，针对煤及煤系其他矿产赋存的有利区开展适量的补充性调查和采样测试，以煤为主开展煤系矿产综合调查与研究，划分煤系矿产资源有利区，评价了全区煤炭资源潜力。

(2) 利用沉积学、矿物学、岩石学、构造地质学、地球化学等多学科理论，综合研究青藏高原含煤地层发育的基础地质条件，查明青藏高原的含煤地层的空间展布特征及含煤特征。

(3) 系统总结了各赋煤区的煤田构造特征，研究了六个成煤盆地的成因地层格架和盆地演化历史，初步建立了其构造-沉积模式。

(4) 结合青藏高原重点成矿带勘查发展规划、自然保护区分布情况划定煤系矿产富集区、勘查开发有利区等，提出煤炭资源勘查近期及中长期部署建议及方案，为管理部门提供资源数据及辅助决策支持。

第二节 研究区概况

一、地理位置

青藏高原位于亚洲大陆南部，是世界上海拔最高、欧亚大陆面积最大的高原。整个青藏高原在中国境内包括西藏自治区和青海省的全部、新疆维吾尔自治区南部、四川省西部、云南省和甘肃省的部分地区，境外还包括不丹、尼泊尔、印度、巴基斯坦、阿富汗、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦的部分。本书研究范围主要是青藏高原中国境内的西藏自治区及青海省的南部，西起帕米尔高原，东及横断山脉，北接昆仑山、阿尔金山和祁连山，南抵喜马拉雅山脉。

青藏高原幅员辽阔，公路是该区主要的运输方式。青藏公路、川藏公路、滇藏公路、新藏公路、青新公路、敦格公路和中尼公路等八条国道深入高原腹心地带，并构成高原公路基本框架，形成了以国道、省道为主体框架的公路路网，但相当一部分国道、绝大部分省道及县乡公路的等级普遍偏低，且大多为沙石路面。目前，拉萨、格尔木、玉树、林芝、昌都、日喀则、阿里等地区有 20 多个民用机场投入运营，有定期航班通往北京、西安、成都、昆明等城市；青藏铁路、拉日铁路是目前仅有的轨道交通。川藏铁路成蒲段将于 2018 年年底建成投运，拉林段正在全面建设，雅安-林芝段计划 2018 年开工，全线将于 2026 年建成通车。

二、自然地理

（一）地形地貌

青藏高原是一个巨大的山脉体系，是世界上最年轻、最高的高原，其由山系和高原面组成。由于高原在形成过程中受到挤压和重力的影响，所以高原面发生了不同程度的变形，使整个高原的地势呈西北-东南倾斜的趋势。高原面的边缘被强烈切割形成青藏高原的低海拔地区，山、谷及河流相间，地形破碎。青藏高原边缘区存在一个巨大的高山山脉系列，根据走向可分为东西向和南北向。东西走向山脉占据了青藏高原的大部分地区，是主要的山脉类型（从走向划分）；南北走向山脉主要分布在高原的东南部及横断山区附近，这两组山脉组成了青藏高原的地貌骨架，控制着高原地貌的基本格局；东北走向的山脉平均海拔高度普遍偏高，除祁连山山顶海拔高度为 4500~5500m 之外，昆仑山、巴颜喀拉山、喀喇昆仑山等的山顶海拔均在 6000m 以上，许多次一级的山脉也间杂其中。山脉之间有世界闻名的平行峡谷地貌，如金沙江深切峡谷、怒江大峡谷及澜沧江河谷等，还分布着数量众多的宽谷、盆地和湖泊。

（二）气候条件

青藏高原的低纬度和高海拔造就了其独特的气候特征，其主要气候特征是空气稀薄

洁净、辐射强烈、日照时间长，冬寒夏凉、昼夜温差大，气温随高度和纬度的升高而降低，降水量地域差异大。

青藏高原海拔高度每上升 100m，年均温降低 0.57℃，纬度每升高 1℃，年均气温降低 0.63℃，日温差较大；干湿分明，多夜雨；冬季干冷漫长，大风多；夏季温凉多雨，冰雹多；四季不明。大部分地区的最暖月均温度在 15℃以下，1 月份和 7 月份平均气温都比同纬度东部平原低 15~20℃。按气候分类，除东南缘河谷地区外，整个青藏高原全年无夏。年总辐射量值高达 5850~7950MJ/m³，比同纬度东部平原高 0.5~1 倍。

青藏高原内部的一条长 2500km、宽 100km、相对高差 1000m 的中央山脉，被称为“亚洲大陆分水岭”。起自喀喇昆仑山，至唐古拉山为止，山脉以南为印度洋水系，受印度洋季风主控；以北为太平洋水系，受西风带影响。两侧降水地域差异大，高原年降水量自藏东南 4000mm 以上向柴达木盆地冷湖逐渐减少，冷湖降水量仅 17.5mm。以雅鲁藏布江河谷的巴昔卡为例，降水量极为丰沛，平均年降水量达 4500mm，是最少降水量的 200 倍。

青藏高原是北半球气候变化的启张器和调节器，其气候变化不仅直接驱动我国东部和西南部气候的变化，还对北半球具有巨大的影响，甚至对全球的气候变化也具有明显的敏感性、超前性和调节性。

（三）自然资源

1. 水资源

青藏高原地表水以河川径流为代表，年均总资源量为 6383 亿 m³。高原冰川总面积 4.9 万 km²，多年平均融水量约为 350 亿 m³。高原湖泊总面积 36889km²。青藏高原地表水和地下水总量为 6386.6 亿 m³，其中地下水占 28.35%。水资源总量占我国总量的 22.71%。青藏高原的河流分布主要受气候和自身地形地势的影响。除东南部降水丰富外，内陆区的河流补给，主要依靠冰川或积雪的融化。区域内祁连山—巴颜喀拉山—念青唐古拉山—冈底斯山是内外水系分界线，将青藏高原的河流分为外流区与内流区两部分。

外流区主要位于高原东部及东南部，可分为黄河水系、长江水系和西南水系。长江和黄河均注入太平洋，属于太平洋水系；西南水系有四个分支，包括澜沧江、怒江、恒河—雅鲁藏布江和印度河（起源于藏西南边缘），均注入印度洋，属于印度洋水系。在外流河水系中，黄河、长江、雅鲁藏布江支流众多，流域宽广，是青藏高原最重要的外流水系类型。由于外流水系大多起源于藏东南或东部，所以其补给的主要方式是雨水补给。与内流河相比，外流河水量巨大，流程也长，其流经地的两岸，常因为侵蚀、堆积而形成大小不一的冲积平原或台地。

内流水系大多位于高原西北部，主要指的是羌塘高原和柴达木盆地及局部小块的封闭湖盆。大多数内流河的河水会注入这些洼地中，形成为数众多的咸水湖。内流区由于受到高大山脉的阻挡，使得暖湿空气难以到达，降水稀少；而日照充足，又使蒸发量相

对较大,因此内流河大都径流量较小且流程较短;内流河大多以冰雪融水为主要补给水源,因此季节性变化明显,夏季为汛期,冬季普遍结冰,常发生断流现象,也就是说间歇性河流多;因内流河大多注入盆地或洼地,所以形成了数量众多的咸水湖泊,如著名的青海湖、纳木错等。

青藏高原的水资源以河流、湖泊、冰川、地下水等多种水体形式存在,并以河川径流为主体。外流水系流域面积占高原总面积的 53.56%。青藏高原南部和东南部河网密集,为亚洲许多著名大河发源地,如长江、黄河、怒江、澜沧江、雅鲁藏布江、恒河、印度河等。

2. 土地资源

青藏高原土地资源地域分布明显,数量构成极不平衡。宜牧土地占总土地面积的 53.9%,宜林土地占 10.7%,宜农土地占 0.9%,暂不宜利用的土地面积占 34.5%。宜农土地资源主要集中于高原南部雅鲁藏布江中游干支流谷地,东南部怒江、澜沧江、金沙江等干支流谷地,东北部黄河及湟水谷地,北部柴达木盆地周围。按气候、水利、土质、坡度等限制因素划分耕地资源,一等土地占 17.7%,二等土地占 27.6%,三等土地占 53.1%,其余 1.6%等外地属退耕土地。宜牧土地资源分布在人口稀少的高寒无林地域,草地生态环境不一,宜牧的性能差别也很大。宜林土地中有 95%集中于南部喜马拉雅山地和东南部横断山区,在高原东北部的祁连山、东昆仑—西秦岭及河湟谷地也有零星分布。

3. 生物资源

青藏高原动植物种类丰富,但是由于特殊的气候特征形成了别具一格的动植物生态圈。全国 15 个分布区类型的植物西藏都有分布,并以温带分布类型的比例最高为特征。这反映出在高原隆起过程中,气候向寒干方向发展对植物的影响。在整个青藏植物区系中没有特有科,很少有属,有古老的残遗植物种,有大量的中国特有种(1198 种),它们约占全区植物总数的 27%,特有种 991 种,占全区总数的 22.3%。特有种虽多,但 these 种之间往往存在着紧密的联系,具有过渡性种类,说明它们分化还是晚期的、年轻的。植被为适应其生态环境而具有特殊性,比如通常具有生长低矮、呈垫状、莲座形、根系发达等特征。比较著名的珍稀物种有冬虫夏草、红景天、藏茵陈、大黄、雪莲等。

森林资源主要集中分布在藏东南峡谷地区,即东喜马拉雅山南翼和藏东南地区,林地面积 10755 万亩^①,占全区土地总面积的 5.1%,约占全国森林总面积的 5.3%。森林类型多样,垂直变化明显,群系总数在 40 个以上。不仅是我国极为重要的后备林用地,还是亚洲许多大江大河水源的涵养中心。

青藏高原草场类型多样,各类牧草地占全自治区面积的 53.8%,但主要分布在北部和西北部高寒地区,紫外线强烈,昼夜温差大,有利于蛋白质的合成和营养物质的积累,

^① 1 亩≈666.7m²。

牧草品质好，营养价值高，适口性强。由于缺水、交通不便等原因，全区现有 2.42 亿亩难利用草地。青藏高原尚已发现野生哺乳动物 142 种，鸟类 488 种，爬行类动物 56 种，两栖类动物 45 种，鱼类 68 种。西藏野生脊椎动物共计 799 种，构成了西藏的动物资源优势。在这些动物中，野驴、野牦牛、马鹿、白唇鹿、黑颈鹤、小熊猫等 123 种被列为国家重点保护动物，占全国重点保护动物的 1/3 以上，其中滇金丝猴、孟加拉虎、雪豹、西藏野驴、野牦牛、羚牛等 45 种野生脊椎动物是濒危灭绝或西藏特有的珍稀保护动物。陆生无脊椎动物在西藏有 2307 种。其中，中华缺翅虫、墨脱缺翅虫是国家重点保护动物。西藏有益昆虫、蜜蜂有 103 种，其中绝大多数是农作物、牧草、果树、花卉等有花植物的传粉者。

4. 矿产资源

青藏高原地域广阔，有着漫长而复杂的地质历史，有形成于各种环境下的丰富物质。已发现 101 种矿产资源，查明矿产资源储量的有 41 种，勘查矿床 100 余处，发现矿点 2000 余处，已开发利用的矿种有 22 种。西藏优势矿种有铜、铬、硼、锂、铅、锌、金、锑、铁，以及地热、矿泉水等，部分矿产在全国占重要地位，矿产资源潜在价值万亿元以上。矿产资源储量居全国前 5 位的有铬、工艺水晶、刚玉、铜、高岭土、菱镁矿、硼、自然硫、云母、砷、矿泉水等 12 种。其中，铜矿分布广泛，规模和储量都较大，矿床类型多，伴生矿种多，常常是与铅、锌、银等矿共生的复合型多金属矿床。青藏高原较大规模的铜矿床已发现多处，铜矿总量占我国之首，其中最典型的是藏东的玉龙铜矿，初步探明铜金属资源储量达 650 万 t。

5. 能源资源

能源资源主要有水能、地热能、太阳能、风能等可再生能源以及油气、天然气水合物、煤炭等不可再生资源。

(1) 水能。青藏高原水能资源理论蕴藏量为 2 亿 kW，约占全国的 30%，居我国首位，其中蕴藏量在 1 万 kW 以上的河流多达 365 条。青藏高原水能资源绝大部分集中于藏东南地区，主要来自雅鲁藏布江。雅鲁藏布江干流天然水能蕴藏量为 8000 万 kW，加上多雄藏布、年楚河、拉萨河、尼洋河和帕隆藏布等五大支流，天然水能总蕴藏量可达 9000 万 kW。

(2) 地热能。青藏高原是中国地热活动最强烈的地区。各种地热显示点有 1000 多处。初步估算地热总热流量为每秒 55 万 kcal^①，相当于一年烧 240 万 t 标准煤放出的热量。西藏地区最著名的羊八井热田是中国最大的高温湿蒸汽热田，热水温度为 93~172℃，已开发为地热电站和重要旅游景点。

(3) 太阳能。世界屋脊，阳光普照。青藏高原是全世界太阳辐射最强的地区之一，具

^① 1cal=4.184J。

有得天独厚的太阳能资源优势。全区大部分地区太阳能辐射年均达 $6000\sim 8000\text{MJ}/\text{m}^2$ ，超过同纬度平原地区一倍左右。同时，日照时数也是全国的高值中心，全年平均日照时数在 $3300\sim 3600\text{h}$ ，自东向西呈递增型分布，直接辐射占全年总辐射比例的 $56\%\sim 78\%$ ，夏季可达 $71\%\sim 78\%$ 。根据多年监测数据统计，仅西藏地区太阳辐射年总量折合标煤 $3500\sim 4000$ 亿 t/a 。国家统计局发布的《2013 年国民经济和社会发展统计公报》中指出，2013 年全年能源消费总量为 37.5 亿 t 标准煤，换句话说，2013 年西藏地区太阳辐射能折算成标准煤，一年的总量相当于全国能源消费近 100 年。

(4) 风能。青藏高原有两条风带，推测年风能储量 930 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，居全国第七位。除藏东地区风能资源较贫乏外，大部分地区属风能较丰富区和可利用区。其中藏北高原年有效风速时数在 4000h 以上。青藏高原风能资源可利用的时段性极强，且主要集中在冬春季节，仅采用单一的风力发电形式，难以保证电能质量、可靠性和稳定性，需要考虑与其他能源形式配合使用，互补发电。

(5) 油气资源。自 20 世纪 70 年代末以来，我国的科研机构及技术人员开始开展青藏高原海相油气盆地研究，使青藏高原成为我国油气资源战略后备区。青藏高原为我国中生代海相沉积最发育的地区，存在众多中、新生代沉积盆地，油气勘探前景很大，尤其是羌塘和措勤盆地，但由于特殊地理条件的限制，区内地质研究程度很低，在海相中生界石油勘探方面，几乎为空白区。羌塘盆地为青藏高原面积最大、构造较稳定的地区，基底埋深大，存在着隆拗相间的构造格局，生油岩厚度大，生储盖组合条件较好。措勤盆地基底埋深较大，也存在较厚的生油岩。

(6) 天然气水合物。赋存于海洋和多年冻土区的天然气水合物是一种能量密度高的非常规高效清洁能源，其储量相当于全球已探明常规化石燃料总碳量的两倍以上，被认为是最有希望的接替能源。2008 年 11 月，国土资源部在青海省祁连山南缘永久冻土带（青海省天峻县木里镇，海拔 4062m）成功钻获天然气水合物实物样品。中国科学院“青藏高原多年冻土区天然气水合物钻探计划”项目，经过 4 年多的探索和研究，2011 年在青藏高原昆仑山垭口盆地多年冻土区发现了天然气水合物存在的证据，粗略估计得出青藏高原多年冻土区天然气水合物潜在的资源量可达 350 亿 t 油当量。

(7) 煤炭资源。青藏高原本书研究区范围内煤炭资源主要分布在北部的唐古拉赋煤带、昌都-芒康赋煤带、东昆仑赋煤带，广大青藏高原南部地区煤炭资源贫乏。但总体上看，全区含煤性差，煤层薄而不稳定，结构复杂，探明及预测的各级资源量有限。煤炭资源主要分布在人口稀少、气候较差的边远地区，而在人口稠密、工业相对集中的腹心地区缺乏，这种分布状况无法满足工农业生产和民生的需要，目前所需煤炭资源基本靠外部调运。

三、社会经济

本书研究区包括西藏自治区的全境和青海省的南部，涉及青海的海南藏族自治州、海西蒙古族藏族自治州、果洛藏族自治州、玉树藏族自治州，西藏的昌都地区、那曲地区、阿里地区、日喀则地区、拉萨市。全区人口 40 万左右，其中西藏全区常住人口总数

为 308 万人，青海南部常住人口约 80 万人，其中藏族及其他少数民族占 90% 以上。

近些年，青藏高原地区经济飞速发展。仅西藏自治区 2015 年 GDP 达到 1026.39 亿元，全年完成固定资产投资总额 1342.16 亿元，全年社会消费品零售总额 408.49 亿元，全年进出口总额 56.55 亿元，全年农作物播种面积 252.84 千 ha^①。按照官方预计，到 2020 年西藏城乡居民人均可支配收入将比 2010 年翻一番以上，接近全国平均水平，基本公共服务主要指标接近或达到西部地区平均水平。

第三节 以往地质工作

一、基础地质工作

(一) 区域地质调查

1986 年，全区 100 万区域地质调查已经完成，但多采取编测结合的方法进行，工作和研究程度较差，尤其是北纬 32° 以北，多属无人区，仅以稀疏地质路线控制为主。1999~2007 年，中国地质调查局完成了青藏高原 1:25 万区域地质调查 110 幅。2006 年以来，以重点成矿带为重点，兼顾重要经济区、重大工程建设区和重大地质问题区，中国地质调查局在青藏高原主要成矿带组织开展了一系列 1:5 万区域地质调查。在这些区域地质工作中，最重要的是 1:25 万区域地质调查，对青藏高原地层格架、岩浆活动、构造演化等方面作了全面、系统的调查和研究。

青藏高原以往的主要地质工作和成果见表 1.1。

表 1.1 工作区主要地质工作和成果表

时间	名称	单位或完成人	出版单位或资料来源
1973~1976 年	青藏高原科学考察，西藏第四纪地质	中国科学院青藏高原综合科学考察队	科学出版社
1976 年	西藏阿里地区的一些矿产情况	中国科学院青藏高原综合科学考察队	内部资料
1978~1982 年	青藏高原地质文集(1~20)	地矿部青藏高原地质调查大队	地质出版社
	西藏阿里地质	梁定益、聂泽同、郭铁鹰等	中国地质大学出版社
	西藏阿里古生物	杨遵义、聂泽同等	中国地质大学出版社
1977 年	西藏盐湖物质组成初步研究	中国科学院青海盐湖研究所	内部资料
1980~1983 年	1:100 万日土幅、改则幅、拉萨幅区域地质调查报告和地质图	西藏地矿局区域地质调查队	内部资料
1980 年	西藏盐湖及其他矿产地质考察实录	地质矿产部地质研究所	内部资料
1983 年	西藏自治区来乃东县、日喀则-昂仁县、昌都、拉萨-仲巴县及阿里部分地区 1983 年宝(玉)石找矿工作总结	西藏第六地质大队	内部资料

① 1ha=1 万 m²。

续表

时间	名称	单位或完成人	出版单位或资料来源
1980~1985年	青藏高原新生代构造演化	成都地质矿产研究所	地质出版社
1982~1984年	西藏板块构造建造图及说明书	西藏地质矿产研究所	地质出版社
1986年	青藏高原湖泊退缩及其气候意义	陈志明	海洋与湖泊(学报)
1988年	1:150万青藏高原及邻区地质图	成都地质矿产研究所	成都地图出版社
1989年	1:150万西藏板块构造-建造图	西藏地矿局科研所	地质出版社
1991年	青海省区域地质志	青海省地质矿产局	地质出版社
1993年	西藏自治区区域地质志	西藏自治区地质矿产局	地质出版社
1993年	青藏高原湖泊涨缩的新构造运动意义	陈兆恩、林秋雁	地震(学报)
1994~1995年	西藏自治区岩石地层	西藏自治区地质矿产局	中国地质大学出版社
1997年	东特提斯地质构造形成演化	成都地矿所潘桂棠等	地质出版社
1998年	青藏高原形成演化与发展	孙鸿烈、郑度	广东科技出版社
1998~2000年	青藏高原中西部航磁调查	国土资源部物探遥感中心	中国地质调查局地质调查专报E1号
1999~2006年	1:25万区域地质调查	中国地质调查局	内部报告和地质图
2001年	中国油气新区勘探第六卷——青藏高原石油地质	高瑞琪、赵政璋	石油工业出版社
2001~2006年	青藏高原的碰撞造山作用及效应	肖序常等	地质出版社
2007~2010年	班公湖-怒江成矿带及邻区特提斯演化与成矿地质背景	耿全如、彭智敏等	地质出版社
2010年	青藏高原地质图系	李廷栋、陈炳蔚、戴维声	广东科技出版社
2001年至今	青藏高原油气资源战略选区调查评价	中国地质调查局	内部资料

(二) 区域化探调查

1989年、1996年及2001年先后开展了嘉黎幅、巴巴扎东幅及普兰幅开展了三项1:50万的大型区域化探工作。1999~2002年,在青藏高原陆续开展了大量的1:20万化探工作,如青海上拉秀幅、囊谦县幅、可可西里西部、曲麻河幅、错坎巴昂日东幅及西藏界山达坂幅、拉竹龙幅、达尔沃错温幅等区域化探调查。这些化探调查成果为该区开展找矿工作提供了地球化学依据。

(三) 区域地球物理勘探

从1980年开始,青藏高原开展了大规模的地球物理调查研究工作。1982年,中法地球物理学家合作在藏南地区羊卓雍错和普莫雍错进行了热流测量,认为该区域存在一个热流密度异常区。在1980~1982年,中法联合完成了那曲至洛扎大地电磁测量剖面及藏南地区的一系列地震剖面。1991~1992年,国家地震局组织中美合作,利用11个台站,分两条测线组成地震台网记录天然地震,对地壳和上地幔进行研究。1993年以后,