

中国克什克腾世界地质公园

花岗岩景观

ZHONGGUO HEXIGTEN SHIJIE DIZHI GONGYUAN HUAGANGYAN JINGGUAN

田明中 孙洪艳 等著

地质出版社

内蒙古自治区国土资源厅 联合资助
中国克什克腾世界地质公园管理局

中国克什克腾世界地质公园

花岗岩景观

田明中 孙洪艳 孙继民 王同文 著



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以克什克腾世界地质公园独特的花岗岩为主题,以丰富、精美的花岗岩景观图片全面展示,论述了石林型景观、岩臼型景观、冰川型景观及峰林型景观的总体岩石特征、景观特征,分析了不同类型花岗岩景观形成的机制。尤其是作者首次对“内蒙古石林”、冰川遗迹景观及岩臼景观的详细研究,是本书的主要创新点。

本书可供地貌学、岩石学及旅游地学的科研人员使用,也可供从事地质遗迹保护与研究的人员参考。

图书在版编目 (CIP)数据

中国克什克腾世界地质公园花岗岩景观/田明中等著. —北京:
地质出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-116-05416-5

I. 中 II. 田… III. 地质—国家公园—花岗岩—简介—克
什克腾旗 IV. P588.12 S759.93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 111535 号

ZHONGGUO HEXIGTEN SHIJIE DIZHI GONGYUAN HUAGANGYAN JINGGUAN

责任编辑: 蔡卫东

责任校对: 李 玫

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); (010) 82324571 (编辑部)

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 × 1092mm 1/12

印 张: 15

字 数: 200 千字

印 数: 1—1500 册

版 次: 2007 年 8 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价: 198.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-05416-5

(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)



序

克什克腾世界地质公园位于内蒙古高原东部、华北地台北缘,是晚古生代时期中朝板块和西伯利亚板块碰撞拼合区,演化至今属于大兴安岭、燕山山脉、浑善达克沙地三大地貌区的结合部,它横跨半湿润、半干旱和干旱三个气候区,也是东北植物区系、内蒙古植物区系和华北植物区系的交汇地带。独特的地质构造背景和复杂的地理景观,造就了公园内异常丰富的地质遗迹及生物资源,具有很高的科学价值。

在克什克腾世界地质公园众多地质遗迹中,花岗岩景观是最突出的内容之一。这里,既有常见的花岗岩体形成的浑圆山体、丘陵岗地,也有花岗岩体形成的高山峻岭。尤其是有典型的花岗岩石蛋景观和花岗岩峰林景观,更有第四纪时期发育的大规模冰川形成的典型冰川型花岗岩景观以及首次发现于克什克腾的花岗岩石林——“内蒙古石林”,这种花岗岩石林景观因其高度发育的水平节理在风化作用下显示出的似层状性而世所罕见,目前仅在中国北方有发现;还有遍布高山之巅花岗岩体中的“九缸十八锅”——花岗岩岩臼景观,因其特殊的发育位置及备受争议的成因,为这里的花岗岩景观蒙上了一层神秘面纱。这些特殊的花岗岩景观无论是对中国北方地貌的演化研究,还是对中国东部第四纪冰川作用的探讨,都有其独特的科学价值。

本书作者通过近10年的精心研究,完成了《中国克什克腾世界地质公园花岗岩景观》这一专著,对公园内的花岗岩景观进行了较为系统而全面的总结。本书从科学、艺术和美学的角度,全面、系统、生动、形象地介绍了公园内各类花岗岩景观的科学内涵和观赏价值,是一部兼有科研和普及意义的著述,具有广泛的实用性和重要参考价值。

地质公园是地球科学直接面向人民大众、服务于经济社会发展的重要措施,是一项备受欢迎的新生事物。据我所知,本书作者曾对我国的多个地质公园做过地质研究,对我国地质公园的建设做出了开拓性贡献。我向他们表示由衷的敬意,并祝贺本书的出版。期望它对克什克腾世界地质公园的进一步发展和科学研究能起到明显的促进作用,为我国和世界地质公园的建设做出新的贡献。

刘国生

2007.3.6

Foreword

Hexigten Global Geopark is located in the eastern Inner Mongolia Plateau and on the northern margin of North China Plate, which is just within the collision zone between the Sino-Korean Plate and Siberian Plate during the Late Paleozoic. The geopark sits on the converging place of such three great morphologic regions as Daxing'anling Mountains, Yanshan Mountains and Hunshandak Sands. Furthermore, this region is across three different climatic regions, i.e., the semi-humid region, semi-arid region and arid region; accordingly, it is the intersection zone of the Northeast China Flora, Inner Mongolia Flora and North China Flora. The unique tectonic background and complicated geographic landscapes create the surprisingly abundant geo-heritage and biological resources of valuable scientific value in the geopark.

Granite landscapes highlight the numerous geological heritages in Hexigten Global Geopark, where rounded hills along with precipitous heights generated out from either familiar or peculiar granite masses put in their appearances. Some of the prominent cases include: granite bullions and peak forests bearing typical features, granite landscapes shaped by extensive Quaternary glacier actions, Inner Mongolian Hoodoo (hoodoo is a sort of granite stone forest which exhibits silllike structures due to the weathering of highly developed horizontal joints, sic passim); stone mortars which spread across granite bodies at unexpectedly high altitudes with controversial causes of formation. These unique granite landscapes are of special scientific values to both researches on the geomorphic evolution in North China and explorations of the Quaternary glaciation in East China.

After almost ten years' elaborate research, the authors completed the monograph, *Granite Landscapes in Hexigten Global Geopark of China*. As a systematic and comprehensive summary on granite landscapes within the geopark, the book deals with the features and significance of the granite landscapes in the viewpoints of geosciences, art and aesthetics; meanwhile, it shows charming and gentle sights from different aspects, which is a specialized publication of scientific research and popularization significance with a wide practical and important reference to the related people.

Geopark is one of important measures for geosciences to serve the public and social & economic development, so geopark is one most popular new-growing thing. As far as I know, the authors have involved in the researches on many geoparks in China and made pioneer contributions to the construction of geoparks in China. Here, I show my unfeigned respects to them for their excellent work, and congratulate on the publication of this monograph. I hope this book may promote the further development and scientific research of Hexigten Global Geopark and make a new contribution to the construction of geoparks in China and all over the world.

Zhai Yusheng
3-6-2007



前言

中国克什克腾世界地质公园位于内蒙古自治区赤峰市克什克腾旗境内,是大兴安岭山脉、燕山山脉、浑善达克沙地三大地貌单元的结合部,也是东北植物区系、内蒙古植物区系和华北植物区系的交汇区,它横跨半湿润、半干旱和干旱气候区。公园西南有中国四大沙地之一的浑善达克沙地,东北与科尔沁沙地为邻,西有中国东北地区新生代九大火山群之一的达来诺尔火山群,东有丰富的第四纪冰川遗迹,北方马背民族的祖母河——西拉木伦河从境内起源,沿河孕育了红山诸文化(兴隆洼、赵宝沟、小河沿、红山文化)、草原青铜文化(夏家店下层、夏家店上层文化)、契丹辽金文化、蒙元文化、明清文化五大文化体系。独特的地理位置,特殊的地质背景,使得克什克腾世界地质公园地质景观丰富,生态类型多样,历史文化底蕴深厚,是一个集第四纪冰川遗迹、花岗岩地貌、火山遗迹、温泉资源、沙漠、草原、河流与湖泊于一体的综合性地质公园。

在克什克腾世界地质公园众多地质遗迹中,花岗岩景观是最突出的内容之一。这里,既有常见的花岗岩体形成的浑圆山体、丘陵岗地,也有花岗岩体形成的高山峻岭。尤其是有典型的花岗岩石蛋景观和花岗岩峰林景观,更有第四纪时期发育的大规模冰川形成的典型冰川型花岗岩景观以及首次发现于克什克腾的花岗岩石林——“内蒙古石林”,这种花岗岩石林景观因其高度发育的水平节理在风化作用下显示出的似层状性,目前仅在中国北方有发现;还有遍布高山之巅花岗岩体中的“九缸十八锅”——花岗岩岩臼景观,因其特殊的发育位置及备受争议的成因,为这里的花岗岩景观蒙上了一层神秘面纱。这些特殊的花岗岩景观无论是对中国北方地貌的演化研究,还是对中国东部第四纪冰川作用的探讨,都有其独特的科学价值。

克什克腾世界地质公园内的各类花岗岩景观是近几年才开始逐渐发现和研究的,许多研究还未全面展开。且克什克腾世界地质公园迫切需要更多的学者来深入研究,共同揭开公园内的众多地学科学之谜。为此,作者收集并整理了前人对克什克腾世界地质公园内花岗岩景观相关的成果,结合多年来对该公园地质遗迹的调查和研究,编著了《中国克什克腾世界地质公园花岗岩景观》一书,对公园内的花岗岩景观进行了较为系统而全面的总结,这也是中国花岗岩景观研究的第一部科学专著。全书共分7章,全面论述了克什克腾世界地质公园各类花岗岩景观的基本特征,并对它们的成因及机制进行了初步分析。

编著者殷切期望本书的出版能引起各界有关人士对克什克腾世界地质公园科学研究更多的关注,进而参与到对该公园的科学研究中来,尤其是花岗岩景观的研究。并希望本书能对从事与克什克腾世界地质公园地质遗迹相关科学研究的专家学者有所裨益,希望本书的出版能促进地学知识的普及,进一步推进中国国家地质公园和全球世界地质公园的建设和科学研究。

本书由田明中教授总体构思设计并拟定了章节内容。全书由田明中和孙洪艳统稿。

参加本书编写的还有武法东、张建平、孙继民等,参加野外和室内工作的还有中国地质大学地质公园(地质遗

迹)调查评价中心、中国地质大学第四纪地质与生态环境规划研究所的历届研究生,他们是:博士生王同文、刘晓鸿、林晓,硕士生吕春英、李团结、李富斌、牛娟、张峰、谢萍、原佩佩、王征征、郑文鉴、刘维丽、刘婧、高海莲、杜占朝、韩晋芳等。

本书的英文翻译由中国地质大学第四纪地质学专业的彭永生博士、孙洪艳博士和田楠完成,张建平教授、王同文博士进行了英文审校。

感谢中国科学院院士、中国地质大学翟裕生教授为本书作序。感谢内蒙古摄影家杨孝、高东风、白显林、萨其拉图、李景章和那顺等,他们无论春夏秋冬都奔波于克什克腾世界地质公园的山山岭岭,把最典型的地质遗迹景观图片无私地奉献给读者,是这些高质量的图片为本书增添光辉;感谢中国地质信息研究院肖庆辉研究员提供的有关数据和资料,中国地质科学院韩同林研究员、钱方研究员、赵志中研究员对该课题也进行大量的卓有成效的研究工作,书中也引用了他们的成果和观点。在写作过程中,中国地质大学(北京)张招崇教授、王瑜教授也给予了具体的帮助;感谢内蒙古自治区赤峰市国土资源局的领导和全体技术人员为本书提供的大量第一手原始资料和数据。

本书是在内蒙古自治区国土资源厅及内蒙古克什克腾旗委、旗政府、旗国土资源局的指导和大力支持下完成的。在编写过程中,国土资源部地质环境司姜建军司长、李明路处长、胡杰副处长提出了许多指导性意见和建议;内蒙古自治区国土资源厅赵保胜副厅长、地质环境处王剑民处长及高宏副处长也给予了全力支持;得到了克什克腾旗旗委书记李欣华、旗长周春义、副旗长刘建华、旗国土资源局局长张汉民等领导的关心和支持。

中国国家地质公园评审委员会委员赵逊教授、陈安泽教授、李凤麟教授给予了许多技术支持和热情鼓励,在此,对以上单位和个人给予的支持和无私的帮助,作者表示衷心的感谢!

由于作者的水平有限,有许多科学观点还有待进一步研究和验证,难免挂一漏万,部分引用的成果未能在参考文献中列出,在此特向这些作者表示真诚的歉意。书中的任何不足或错误之处敬请读者批评赐教。

著者

2007年5月于北京



目次

序

前言

第一章 花岗岩体的属性特征	1
1.1 地理位置	2
1.2 公园的侵入岩	3
1.3 公园内侵入岩的形成背景	4
1.4 国内外花岗岩景观概况	6
1.4.1 国内外花岗岩景观总体特征	6
1.4.2 克什克腾世界地质公园内的花岗岩景观总体特征	6
第二章 花岗岩冰川型景观	11
2.1 分布范围	12
2.2 岩性特征	13
2.3 花岗岩古冰川型景观特征	13
2.3.1 古冰斗和冰川槽谷	13
2.3.2 刃脊和角峰景观	23
2.3.3 冰川U形谷	32
2.4 第四纪冰川的探讨	34
2.4.1 大兴安岭地区第四纪冰川的研究进展	34
2.4.2 克什克腾地区第四纪冰川的其他证据	36
2.4.3 克什克腾地区第四纪冰期时代的探讨	41
第三章 花岗岩石林型景观	45
3.1 花岗岩石林型景观分布及岩性特征	48
3.2 花岗岩石林型景观特征	50
3.2.1 花岗岩石林的总体特征	50
3.2.2 花岗岩石林的类型	53
3.3 石林型花岗岩景观的成因分析	72
3.3.1 石林发育的构造特征	72
3.3.2 石林发育的气候特征	72
3.3.3 石林形成与区域地貌演化关系	76
3.3.4 石林形成与冰川作用的关系	77
3.4 花岗岩石林型景观的形成机制及阶段	78

第四章 花岗岩峰林型景观	93
4.1 花岗岩峰林型景观的分布和岩性特征	94
4.2 花岗岩峰林型景观特征	94
4.3 花岗岩峰林型景观成因分析	107
第五章 花岗岩石蛋型景观	111
5.1 分布范围和岩性特征	112
5.2 花岗岩石蛋景观特征	112
5.3 花岗岩石蛋型景观的形成条件	118
5.3.1 构造条件	118
5.3.2 气候条件和地理位置	119
5.4 花岗岩石蛋型景观的形成过程	121
第六章 花岗岩岩臼型景观	125
6.1 分布范围和岩性特征	126
6.2 花岗岩岩臼景观特征	128
6.3 花岗岩岩臼的发育程度分类	138
6.4 关于岩臼成因的讨论	142
6.4.1 冰川论——“冰臼”	142
6.4.2 风蚀论——“壶穴”	142
6.5 花岗岩岩臼型景观的成因分析	143
6.6 花岗岩岩臼景观的形成过程	144
第七章 花岗岩景观的规律性及国内外对比研究	147
7.1 花岗岩景观的成因规律	148
7.1.1 与花岗岩本身节理构造的关系	148
7.1.2 与气候环境的关系	148
7.2 花岗岩景观的分布规律	148
7.3 花岗岩景观的国际对比	149
7.3.1 与花岗岩有关的地质公园或风景名胜区	149
7.3.2 世界典型花岗岩风景区介绍	151
7.3.3 世界花岗岩风景区的主要特点	154
7.3.4 克什克腾世界地质公园花岗岩景观的独特性、典型性及系统性	154
参考文献	156
英文摘要	158
后 记	168
第一作者简介	170



Contents

Foreword

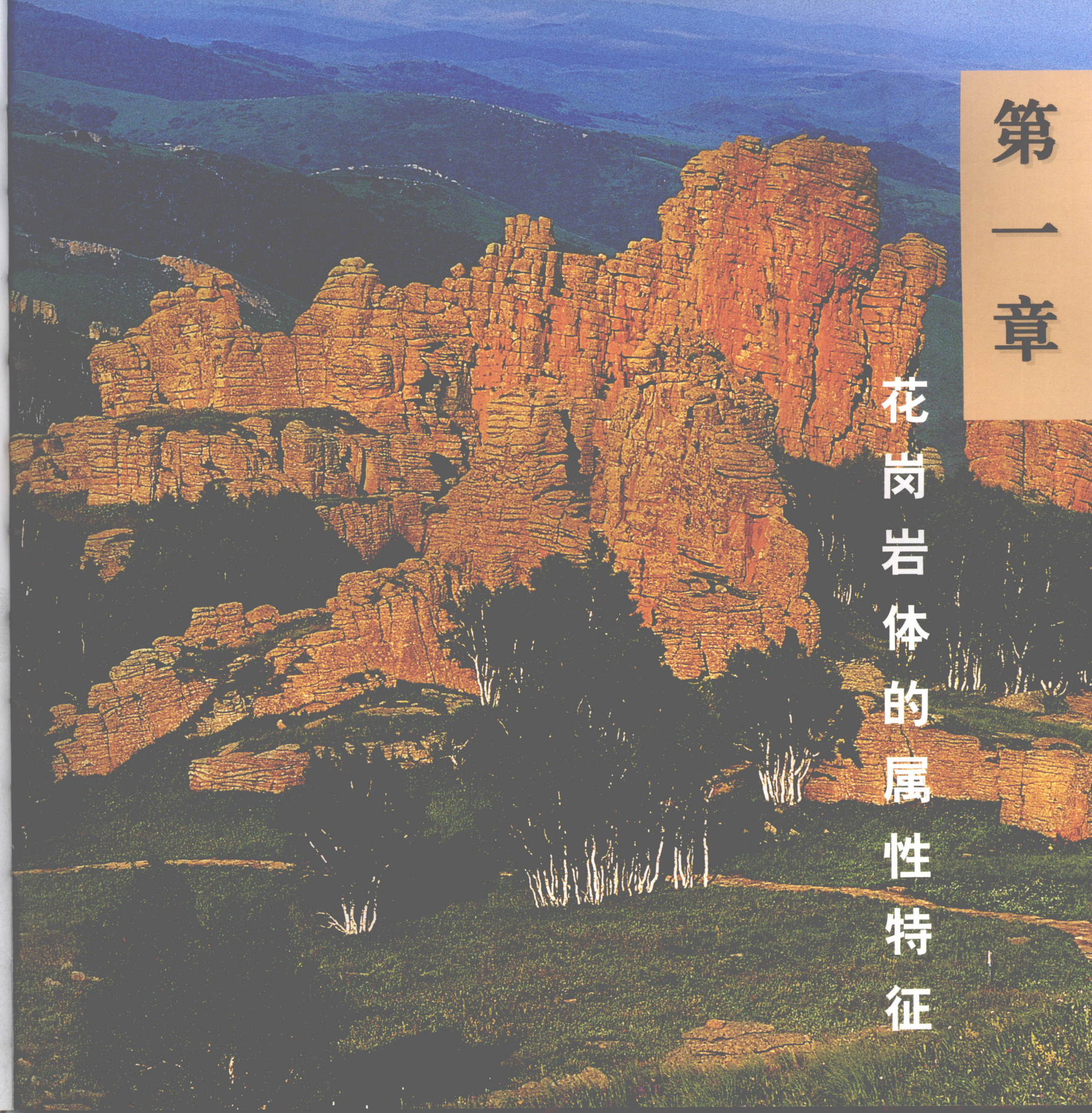
Preface

Chapter 1 Attributes of granite masses	1
1.1 Geographic location	2
1.2 Intrusive rocks in the geopark	3
1.3 Genesis of intrusive rocks	4
1.4 A general survey of granite landscapes	6
1.4.1 General features of granite landscapes worldwide	6
1.4.2 General features of granite landscapes in Hexigten	6
Chapter 2 Granite glacial landscapes	11
2.1 Distribution	12
2.2 Lithologic features	13
2.3 External characters of granite glacial landscapes	13
2.3.1 Cirques and glacial troughs	13
2.3.2 Crest and horns	23
2.3.3 U-shaped valleys	32
2.4 Exploration of Quaternary glaciation	34
2.4.1 Reseaches on the Quaternary glaciation in Daxing'anling	34
2.4.2 Evidences for the Quaternary glaciation in Hexigten	36
2.4.3 Discussion on Quaternary glacial ages in Hexigten	41
Chapter 3 Granite stone forests	45
3.1 Distribution and lithologic features	48
3.2 External characters of granite stone forests	50
3.2.1 A survey of external characters	50
3.2.2 Classification of granite stone forests	53
3.3 Genesis of granite stone forests	72
3.3.1 Structural features	72
3.3.2 Climatic conditions	72
3.3.3 Geomorphological evolution	76
3.3.4 Galacial actions	77
3.4 Formation and evolution: mechanisms and stages	78

Chapter 4 Granite peak forests	93
4.1 Distribution and lithologic features	94
4.2 External characters of granite peak forests	94
4.3 Genesis analysis	107
Chapter 5 Granite bullions	111
5.1 Distribution and lithologic features	112
5.2 External characters of granite bullions	112
5.3 Formation mechanisms	118
5.3.1 Structural environment	118
5.3.2 Climatic conditions and geographic location	119
5.4 Evolutional process	121
Chapter 6 Granite mortars	125
6.1 Distribution and lithologic features	126
6.2 External characters of granite mortars	128
6.3 Evolutional stages of granite mortars	138
6.4 How mortars formed: a puzzle	142
6.4.1 Glacial theory — “moulins”	142
6.4.2 Wind erosion theory — “potholes”	142
6.5 Genesis analysis	143
6.6 Formation process	144
Chapter 7 Laws of granite landscapes and international comparison	147
7.1 Laws of genesis	148
7.1.1 The intrinsic jointing structure of granite	148
7.1.2 Local natural environment	148
7.2 Laws of distribution	148
7.3 International comparison	149
7.3.1 Granitefeatured geoparks or scenic spots	149
7.3.2 Typical granitefeatured scenicspots worldwide	151
7.3.3 Primary characters of granitefeatured scenicspots worldwide	154
7.3.4 Uniqueness and typicality of Hexigten Global Geopark	154
References	156
Summary	158
Postscript	168
Brief Introduction to the First Author	170

第一章

花岗岩体的属性特征



1.1 地理位置

中国克什克腾世界地质公园位于内蒙古自治区赤峰市西北部的克什克腾旗(简称克旗)境内,南接河北省围场县,西北与锡林郭勒盟相邻,地理坐标为东经 $116^{\circ} 30' 00'' \sim 118^{\circ} 20' 00''$,北纬 $42^{\circ} 20' 00'' \sim 44^{\circ} 10' 00''$ 。距锡林浩特仅151 km,距赤峰市210 km,距北京430 km,距呼和浩特739 km,距沈阳660 km(图1.1)。呼和浩特至海拉尔的东西大通道从克什克腾旗内通过。境内已基本形成集通铁路、呼海大通道、303国道、306国道、罕白公路与旗乡公路的交通网络。自旗政府所在地经棚镇至公园各个园区基本都有柏油路相通,交通状况良好。

中国克什克腾世界地质公园地处内蒙古高原东部、华北地台北缘,是晚古生代中朝板块和西伯利亚板块碰撞拼合区,演化至今属于大兴安岭、燕山山脉、浑善达克沙地三大地貌区的结合部,它横跨半湿润、半干旱和干旱三个气候区,也是东北植物区系、内蒙古植物区系和华北植物区系的交汇地带。独特的地质构造背景和复杂的地理景观,造就了公园内异常丰富的地质遗迹及生物资源,尤其是公园内的花岗岩景观类型丰富、形态多样,具有很高的科学价值。

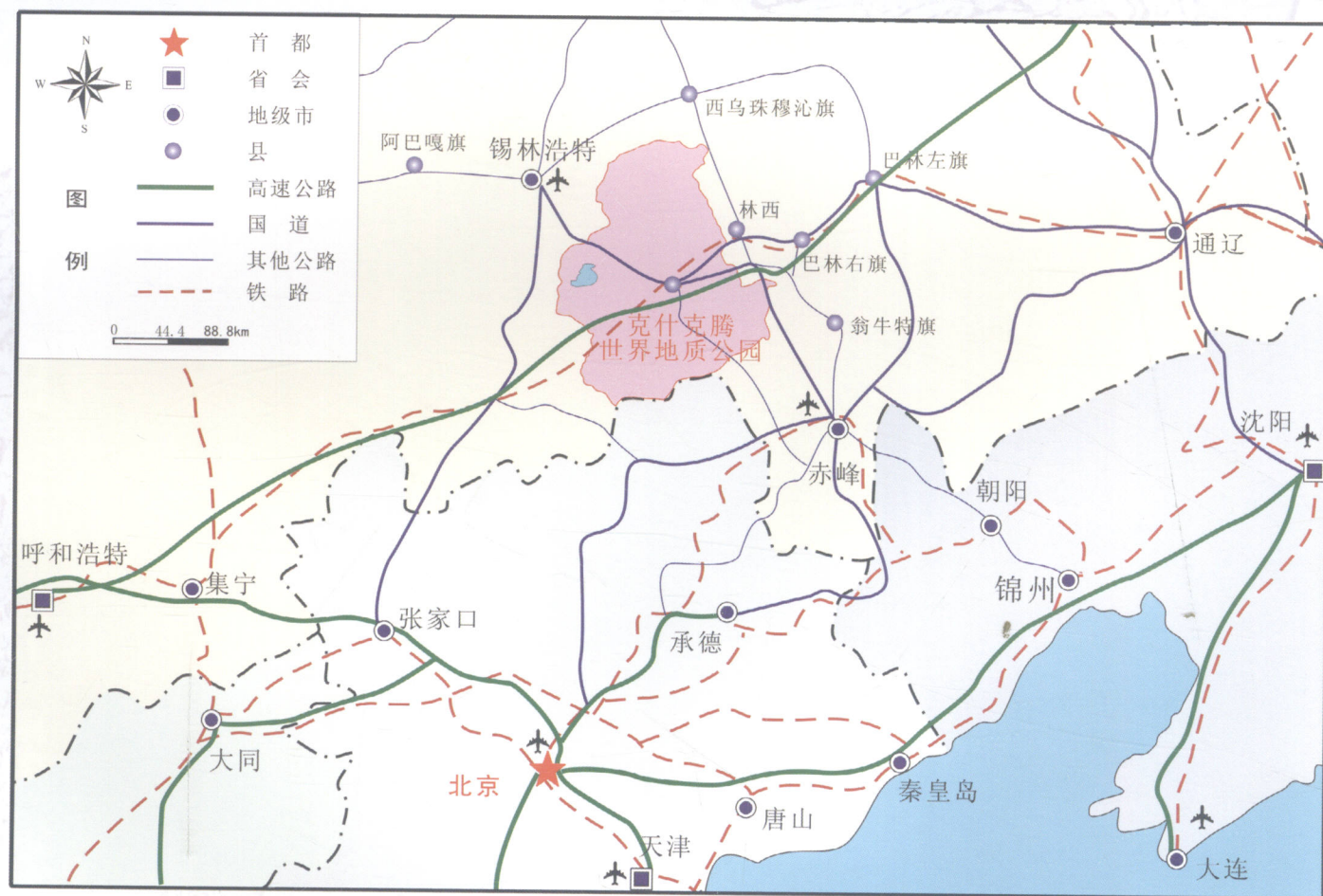


图1.1 地质公园外围交通图 Fig.1.1 Traffic map of the geopark's periphery

1.2 公园的侵入岩

公园内侵入岩发育, 分布广泛, 且呈条带状展布。侵入岩的形成经历了自早二叠世至早白垩世漫长的地质过程 (图 1.2)。

据该区1:5万区域地质调查报告资料, 早二叠世侵入岩主要分布在西拉木伦河一线, 东西向展布。主要由英云闪长岩、石英闪长岩、二长花岗岩和片麻状黑云母二长花岗岩, 片麻状二云母二长花岗岩, 片麻状白云母二长花岗岩组成, 属同造山花岗岩。晚二叠世侵入岩主要分布于白音察干布和浑迪、斯衣未黑、馒头梁子等地, 以及西拉木伦河南岸的兰家营子、燕窝铺等地。岩性为闪长岩、石英闪长岩和黑云母花岗岩。晚二叠世—早三叠世侵入岩分布于西里庙—达青牧场深断裂带内。为黑云母二长花岗岩、二云母二长花岗岩、白云母花岗岩系列, 为造山花岗岩。晚三叠世侵入岩呈带状断续分布于林西县

兰家营子、新林镇—五十家子—白音诺一线。北东分布, 早期为基性中基性岩, 以岩株或岩瘤状产出, 晚期为花岗闪长岩、二长花岗岩系列, 以岩基状产出, 分布于早期基性岩带的北西侧。

中侏罗世花岗岩体以板山吐岩体为代表, 呈不规则状展布于兰家营子北二间房东侧, 岩基状产出, 为二长花岗岩系列。晚侏罗世侵入岩最发育, 多以岩基产出, 有的则构成破火山的中央侵入相, 长轴为北东向。代表性岩体有黄岗梁、二零四岩体、北大山岩体、景峰岩体和野来改沟里岩体等, 为二长花岗岩系列、黑云母花岗岩系列和钾长花岗岩系列。早白垩世侵入岩主要分布于白音板沟门、孤榆树、白音沙那一线, 呈北东或北北东向。除白音板沟门岩体(景峰岩体的一部分)呈岩基状产出外, 其余岩体均为岩株或岩瘤状产出。

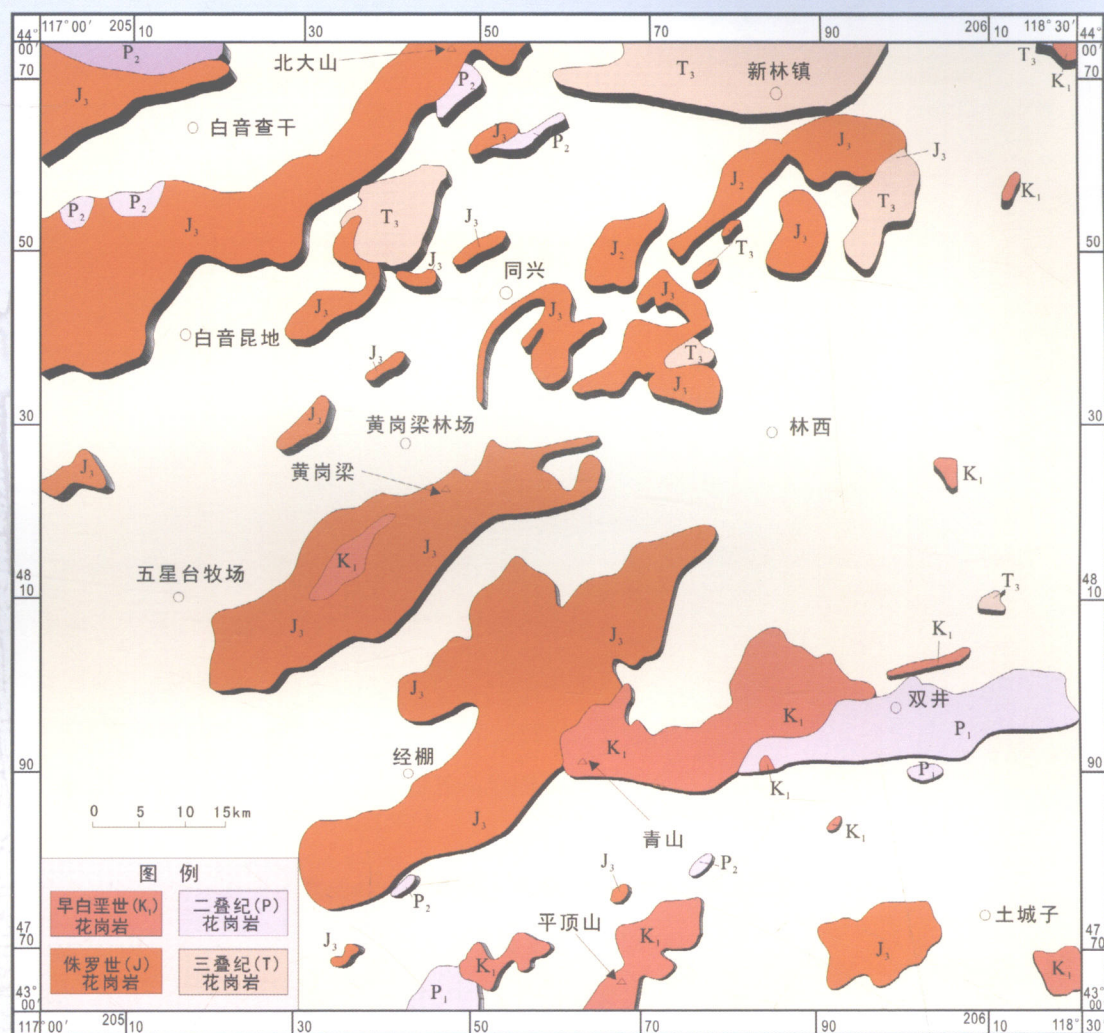


图 1.2 侵入岩区域分布图

Fig.1.2 The distribution of intrusive rocks

1.3 公园内侵入岩的形成背景

形成克什克腾世界地质公园内的花岗岩基本上都是燕山晚期侵入的。其侵入与该地区的整个地质背景演化密切相关。克什克腾世界地质公园整体上属于以大兴安岭山脉、内蒙古高原、燕山山脉为主体所组成的中国东部大兴安岭—内蒙古—燕山造山带，该造山带是一个以太古宙—早古生代演化为背景，以晚古生代晚期—中生代演化为主体而形成的复合型造山带（王瑜，1999）。大兴安岭—内蒙古—燕山造山带造山作用过程包括晚二叠世以来西伯利亚和中朝陆块之间洋盆的消失，陆—弧—弧—陆的碰撞、拼贴及整个碰撞过程和其后长期的岩石圈各圈层的收缩作用、伸展作用、平移—剪切作用、深层次的韧性剪切滑脱作用，以及下地壳—上地幔的热事件。

大陆岩石圈形成演化受对流地幔控制，故大多地质学家提出花岗岩实际上是大陆岩石圈生长过程的产物，是对流地幔（软流圈）物质向地壳输入的产物，因此，壳—幔相互作用，特别是下地壳、岩石圈地幔/软流圈系统相互作用对花岗岩有重要的控制作用，而软流圈地幔作用过程制约壳—幔作用，因此，花岗岩浆的发育和演化受软流圈地幔作用过程的控制。

大兴安岭—内蒙古—燕山造山带花岗岩的形成也与该地区的软流圈地幔上涌作用密切相关。软流圈整体形态呈现非常复杂的非层状的构造，它与岩石圈之间没有明显界面，而是表现出两者相互交接、侵吞的过渡性质。据肖庆辉（2006）横穿中国大陆北纬48°软流圈、岩石圈结构图（图1.3）可以看出，大兴安岭—内蒙古—燕山造山带是一个软流圈非常不均匀的地区，也是软流圈—岩石圈相互作用很强烈的地区，在相互作用中存在多种动力，导致在大兴安岭—内蒙古—燕山造山带的地质构造复杂、地质景观多样化。

大兴安岭山脉和燕山山脉分别在克什克腾世界地质公园东北和西南与内蒙古高原交汇，大兴安岭—内蒙古—燕山造山带的复杂地质过程在地质公园得到充分体现，中生代后期该区因软流圈上涌的影响，发生了底侵作用和壳—幔交换作用，并使这里的岩石圈地幔部分发生细颈化的趋势，克什克腾旗作为西部大陆的一部分，也发生了强烈的岩浆

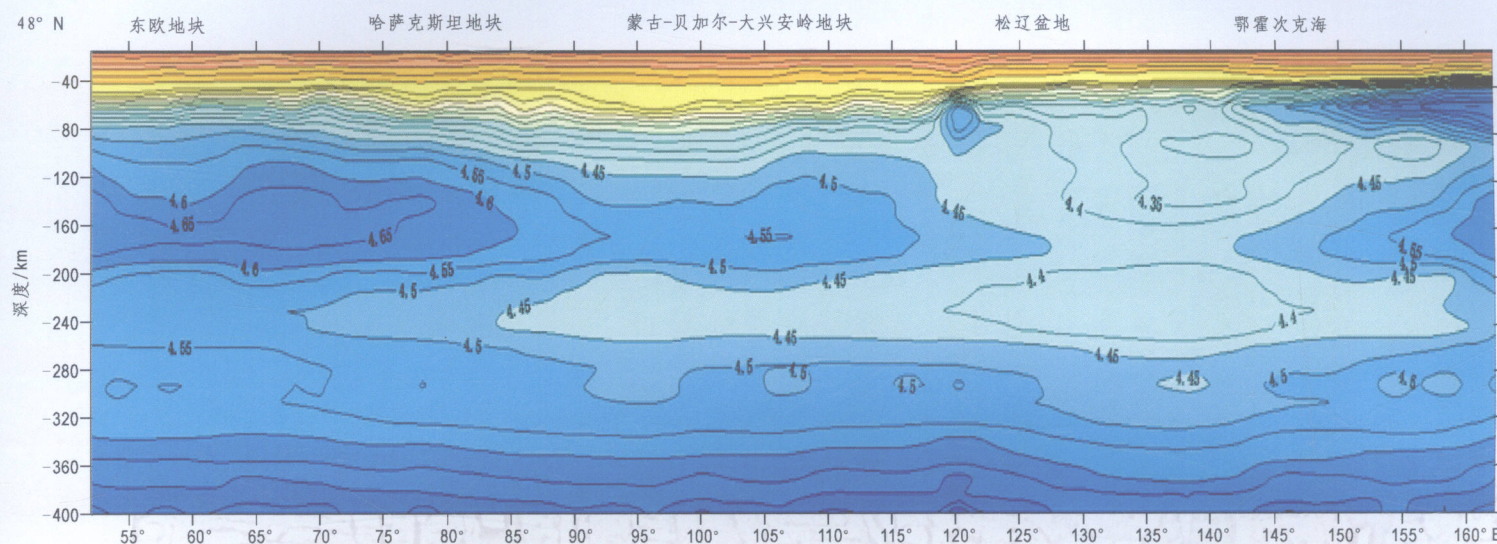


图 1.3 横穿中国大陆北纬 48° 软流圈、岩石圈结构图
(据递增 X 波反演得出) (肖庆辉, 2006)

Fig.1.3 Constructional drawing of the asthenosphere and lithosphere across northern latitude 48° , Chinese mainland
(based on inversion of x wave progression)
(Xiao Qinghui, 2006)

侵入和火山喷发,这就是著称于世的燕山运动。为底侵作用和壳—幔交换作用提供了必要前提。晚侏罗世,该地区火山活动最为活跃,与火山岩紧密伴生,发生了晚侏罗世的深成岩侵位。由于大陆岩石圈内部伸展作用引起大规模的火山爆发,而火山的爆发进一步提高了上地壳的渗透性,为后期的岩浆侵位和大量岩脉的形成提供了条件。岩浆活动的这种阶段性或脉动性可能反映了软流圈上涌导致下地壳底部大面积底侵作用的阶段性。

由图 1.3 可以看出,受大兴安岭地块和松辽盆地之间一小型陆块的影响,在大兴安岭—内蒙古—燕山造山带的东侧形成了一个巨大的软流圈柱,也是软流圈运动的一个通道入口,所以软流圈垂直运动和水平运动强烈,在研究区的东部形成了大量的花岗岩,岩石圈发生垂向增生,而在西部,软流圈厚度变化薄,以水平运动为主间有垂直运动,故以火山喷发为主,间有岩浆侵入和微弱的垂向增生,因此,研究区的花岗岩分布规律是东多西少,也造成了东高西低的地貌格局。但因为大兴安岭山脉与燕山山脉的形成时代早晚差异,自北而南,地质公园花岗岩侵入时代也早晚有别,偏向大兴安岭山脉的北大山早于其南的青山、曼陀山和更南边偏于燕山山脉的平顶山。

1.4 国内外花岗岩景观概况

地貌和景观存在一定的区别。地理学上把地表自然地理要素(如气候、地形、水文、土壤、植物、动物)的综合情况称地理景观。人们常把各种地形泛称地貌景观。地貌则指地表外貌各种形态的总称。花岗岩景观则指以花岗岩地形为主体、综合了其他地理要素、外动力地质作用形成的各种具有一定观赏性和美学价值的景观。

1.4.1 国内外花岗岩景观总体特征

花岗岩本是地下深处形成的岩浆岩类,后因构造隆升以及长期的侵蚀作用而出露地表。花岗岩在地表分布广泛,可占地表火成岩面积的20%~25%。国内外地质、地理学家对花岗岩地貌研究认为主要有两种:一是形成高山峻岭;二是形成雄伟浑圆的山体 and 低矮的丘陵岗地。前者为构造侵蚀的花岗岩峰林地貌,这种地貌主要发育在高差大的山区,由岩株状的花岗岩体组成。花岗岩岩石裸露,岩体内多组断裂和节理发育,受冰川或流水强烈切割和风化剥蚀后形成了雄伟高耸、峰峦重叠、谷深坡陡的奇峰深壑。这类花岗岩类型如中国的黄山、九华山、天柱山、华山花岗岩等。后者由穹窿状的花岗岩体形成,岩体上常发育红色风化壳,经风化剥蚀后形成雄伟浑圆状山体,如中国海南岛的五指山和克什克腾世界地质公园的黄岗梁(图1.4)。更多的是众所周知的石蛋地貌。石蛋地貌是花岗岩中的节理不断受到侵蚀和风化,使岩体分离成一块块单独的大岩块,经球状风化后形成的。石蛋地貌在世界各地均可见到,其中在中国华南沿海地区更为发育。大的石蛋直径达25m以上,小的1m左右,如中国厦门的鼓浪屿就好像由石蛋堆成的。在中国黄山天都峰上的4块仙桃石和鸡公峰前的“天鹅孵蛋”也是花岗岩石蛋景观。

1.4.2 克什克腾世界地质公园内的花岗岩景观总体特征

在克什克腾世界地质公园,出露了大量花岗岩,尤其是晚侏罗世至白垩纪侵入的花岗岩,经过漫长的地质历史演化和外力地质作用的改造,形成了类型多样的花岗岩景观。在前面所述及的高山峻岭和浑圆山体地貌基础上又形成了许多亚类的花岗岩景观。有由于风化剥蚀、重力崩塌等形成的青山花岗岩峰林地貌、有由于球状风化等形成的曼陀山花岗岩石蛋形地貌、更有世界罕见的、展现出一种成层性特征的花岗岩石林地貌以及一种发育于平坦花岗岩山顶的花岗岩岩白地貌。而且,由于第四纪冰川作用的影响,在克什克腾世界地质公园形成了许多以花岗岩为载体的古冰川地貌。以形态命名的花岗岩石林、峰丛、峰林、孤峰及孤丘与岩溶地貌在形态上有相似性,是暴露于地表的