

数字摄影测量技术 在内蒙古明代烽燧信息采集中的探索性应用

陈婷婷 著



非外借

数字摄影测量技术

在内蒙古明代烽燧信息采集中的探索性应用

陈婷婷 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

长城资源的数字化对提高文物的管理与保护、展示与利用,发挥文物资源的社会功能具有十分重要的意义。本书在2007—2010年开展的内蒙古自治区长城资源调查工作的基础上,依靠目前先进的低空数字摄影测量技术、倾斜摄影测量技术及实景三维建模技术,在2017年对内蒙古自治区清水河、凉城、和林格尔境内的典型明代烽燧遗址进行数字摄影测量信息采集探索性实验,结合地面人工信息采集,旨在提出一种从数字影像上快速提取长城地理信息的方法,为未来的长城资源数据库的建设奠定基础。

本书可供历史学、考古学、地理信息系统等专业的师生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字摄影测量技术在内蒙古明代烽燧信息采集中的探索性应用 / 陈婷婷等著.
—北京:科学出版社,2018.11

ISBN 978-7-03-059447-1

I. ①数… II. ①陈… III. ①数字摄影测量—应用—烽火台—研究—内蒙古—明代
IV. ①K878.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第255673号

责任编辑:任晓刚 / 责任校对:张怡君

责任印制:张克忠 / 书籍设计:北京美光设计制版有限公司

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>

北京画中画印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年11月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018年11月第一次印刷 印张:12 1/2

字数:250 000

定价:188.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

《数字摄影测量技术在内蒙古明代烽燧信息采集中的探索性应用》是内蒙古自治区文物保护中心明代烽燧信息采集项目的业务成果。项目实施与报告编写是以2007—2008年内蒙古自治区长城资源调查报告为基础，择典型地区，借助无人机航拍，运用数字摄影测量技术着重就明代烽燧信息进行采集与分析，一方面对长城资源调查报告中简略部分予以补充；另一方面冀望对明代烽燧10年后的变化进行一次比较分析，尝试探索一种长城资源信息采集的新模式。

文化遗产是社会文明发展的见证，拥有伟大的精神内涵，是传承历史文化、维系民族精神不可再生的珍贵资源。对于满足人民日益增长的美好生活需要、推动经济社会发展、增强国家文化软实力具有重大意义。保护和传承好这笔宝贵的财富是我们义不容辞的责任。

保护好文化遗产，首先应了解并掌握文化遗迹及其所处的环境，做好技术信息的收集工作。过去对文化遗迹的信息收集多依赖人工采集，工作量大、周期长、时效性不强、精确度不高，往往错过保护的最佳时机；文字、图表等存档方式，表达抽象且不容易直观反映遗迹真实风貌；照片、影像等存档形式，虽然形象直观，但缺少遗迹的时空背景关系，不利于大体量遗迹的保护。

当今高新技术成果正在为文化遗迹信息收集工作提供新的可能性，使其呈现出“大数据”的特点。采用无人机航拍数字信息采集技术，运用三维模型数字成果，建立文化遗迹的数字档案库，将传统宏观描述转化为数字化动态微观描述，数据从静态变为动态，增强档案的更新率和使用率，为文化遗

迹的保护、展示、监测及进一步研究提供更加科学的数据保证和技术支持，实现资源的整合与共享。

长城是世界上体量和规模最大的文化遗产，长城烽燧大多处于陡峭的山脊，保护难度大。通过无人机数字摄影测量技术，获取高分辨率图像，配合精准空间坐标形成三维模型，以视觉化方式呈现烽燧的原始状态，帮助文物保护单位精确了解烽燧现状，为日后的修缮、维护等工作提供预测数据，是一种高效而有益的探索。

文化遗产的数字化信息采集只是手段不是目的，对于文物保护来说仅仅是第一步。随着工作的深入，采集数据量的增大，更多技术的引入，采集的数据不仅可以作为准确的记录和存档工具，更能够作为保护的辅助手段加以利用，使感性认识更加全面客观、准确深入。

此次无人机航拍数字摄影测量技术在内蒙古明代烽燧信息采集中的应用是一次新技术与古遗迹的碰撞，是一次用现代科技丈量先人劳动成果的实践。每一次文化遗产保护的尝试都是一次与时间的较量，都将不断引发我们去探索与思考。

吉平

2018年4月27日

目 录

第一章	概述	/ 1
	第一节 采集区域内明代长城遗址	/ 3
	第二节 长城附属设施	/ 5
第二章	采集区自然地理概况	/ 8
第三章	采集设备与技术	/ 11
	第一节 主要设备	/ 12
	第二节 主要技术及其规范与标准	/ 17
第四章	工作规划	/ 20
	第一节 采集区规划	/ 22
	第二节 航摄方案	/ 24
第五章	数据采集	/ 27
	第一节 无人机航摄数据采集	/ 28
	第二节 人工地面信息采集	/ 47

第六章	数据处理	/ 51
第一节	数据检查与预处理	/ 52
第二节	倾斜摄影空中三角测量	/ 53
第三节	实景三维模型构建	/ 55
第四节	数字正射影像图数据生产	/ 57
第七章	数据成果质量评估	/ 59
第一节	质量验收标准	/ 60
第二节	航摄像控成果检查	/ 60
第三节	三维模型及数字正射影像图检查	/ 62
第四节	质量检查结果和问题处理	/ 63
第八章	采集成果综合展示	/ 65
第一节	采集结果	/ 66
第二节	成果展示	/ 67

第九章	数字测量技术在文物信息采集中的应用	/ 121
第一节	基于实景三维模型的明代烽燧信息 提取应用尝试	/ 122
第二节	数字摄影测量技术成果应用于长城烽燧 保护监测的构想	/ 137
第三节	内蒙古长城资源分级储存数据库构建	/ 161

第一章

概述

明代

辉煌

内蒙古长城修建历史悠久,据史料记载,战国时期赵、燕、秦最早在今内蒙古南部地区修建长城。秦统一以后,对长城进行扩建。汉、北魏、北齐、北周、隋、金、西夏、明都在内蒙古地区筑有长城,具有屯戍性质的坞、壁、障、塞、堡、城等相继发展成完备体系。现在内蒙古地区分布有燕(战国)、赵(战国)、秦(战国)、秦、西汉、东汉、北魏、隋、北宋、西夏、金、明12个时代的长城,墙体总长近8000km。内蒙古境内的长城墙体长度占全国长城墙体长度的1/3,是全国拥有长城时代最多、长度最长的省区。^①

内蒙古境内的长城遗迹主要分布在呼伦贝尔市、兴安盟、通辽市、赤峰市、锡林郭勒盟、乌兰察布市、呼和浩特市、包头市、巴彦淖尔市、鄂尔多斯市、乌海市、阿拉善盟12个盟市70余个旗县。^②其中,明长城遗址主要分布在乌兰察布市、呼和浩特市、鄂尔多斯市、乌海市、阿拉善盟。

为加强北方防御,明代自洪武朝至万历年间200余年的时间内,先后18次修筑长城,建立北方长城防御体系,并将长城沿线划分为九个防御区,重兵驻守,史称“九边”或“九镇”^③。明长城建置规模之大,是继秦皇、汉武之后任何一个朝代都不能与之比拟的,其防御工程技术也远远超过了以前历代所筑长城,建筑结构更加完善坚固。^④

内蒙古境内明长城遗址分布于内蒙古南部边缘,有南北两道长城,北边的一道在明初被称为大边、极边,修筑较早,起于洪武年间。至弘治年间,大边基本废弃。^⑤大边均在内蒙古境内,东端起自兴和县平顶山,西至清水河县黄河东岸为止,全长约350km。

南边的一道现为内蒙古自治区和山西省的分界线,北距大边2~50km,在明初称为二边或小边。亦于明初洪武、永乐年间开始修筑,但规模较小。大边废弃后,二边成为明朝对蒙古的主要防线,受到重视,开始大规模、长时间地增修,其规模远远超过大边,后来人们逐渐将二边称为大边,原大边称为二边。^⑥

①内蒙古自治区文化厅(文物局)主编:《内蒙古自治区志·文物志》,呼和浩特:内蒙古大学出版社,2014年。内蒙古自治区文化厅(文物局),内蒙古自治区文物考古研究所编著,《内蒙古自治区长城资源调查报告·明长城卷》上卷,北京:文物出版社,2013年。

②《内蒙古自治区志·文物志》,呼和浩特:内蒙古大学出版社,2014年。

③《明史·兵制》载:“初设辽东、宣府、大同、延绥四镇。继设宁夏、甘肃、蓟州三镇,而太原总兵治偏头,三边制府驻固原,亦称三镇,是为九边”。转引自华夏子编著:《明长城考实》,北京:档案出版社,1988年。

④华夏子编著:《明长城考实》,北京:档案出版社,1988年。

⑤内蒙古自治区文物考古研究所编著:《呼和浩特文化遗产》,北京:文物出版社,2014年。

⑥内蒙古自治区文物考古研究所编著:《呼和浩特文化遗产》,北京:文物出版社,2014年。

今内蒙古境内大边和二边长城遗址分别归明朝“九边”中的大同镇、山西镇（太原镇）、延绥镇（榆林镇）和宁夏镇管辖。^①大同镇管领的长城，东起自河北省怀安县马市口的镇口台，向西行经兴和、丰镇、凉城、和林格尔县南境，至清水河县丫角山为止。山西镇（今山西省偏关镇）管领的长城，东起自清水河县丫角山，西行至黄河东岸的老牛湾墩为止。两段长城多数为今内蒙古与山西的分界线，总计长380km。延绥镇（今陕西省榆林市）管领的长城，其东端起点在准格尔旗大占村的黄河西岸，长约10km，墙体土筑。宁夏镇管领的长城，在今内蒙古与宁夏交界地带共有3段，分别位于鄂托克前旗南部、乌海市巴音亥乡、银川市与阿拉善左旗交界的二关，合计长约70km。^②

本次信息采集调查区域主要分布于内蒙古明代长城遗址大边段和林格尔县、凉城县、兴和县区域内，二边段仅涉及和林格尔县局部和清水河县区域。

第一节 采集区域内明代长城遗址

和林格尔县境内明长城大边位于内蒙古与山西省交界处，明长城大边自东由乌兰察布市凉城县进入呼和浩特市和林格尔县，向西南蜿蜒于丘陵漫坡之上，经山保岱村、上红台村，一直攀沿至黑台山顶，后又翻越青草毛山，跨过驴圈沟，扎入好来沟。过好来沟后又经梁家十五号村、丈房塔村、黑台子村、油房沟村、大西沟村，过盘山进入清水河县。^③

明长城二边也自东由乌兰察布市凉城县进入呼和浩特市和林格尔县，过苍头河后向西南延伸，经二十三村、四十二村和右玉县的二十五湾村，至转角台。随后折向东南，大约经行1km后，又折向西南，沿途经前海子洼村、后海子洼村、十二沟村、磨扇凹村至桦林山。翻过桦林山之后转而向下，在桦林山脚下分为两支。一支为主墙体，向南延伸至山西省右玉县的三十二村后，折向西南，经三十八村、四十二村，至十三边村。另一支为附属墙体，向南延伸，至十三边村与主墙体汇

①内蒙古自治区文化厅（文物局），内蒙古自治区文物考古研究所编著：《内蒙古自治区长城资源调查报告·明长城卷》上卷，北京：文物出版社，2013年。

②内蒙古自治区文化厅（文物局）主编：《内蒙古自治区志·文物志》，呼和浩特：内蒙古大学出版社，2014年。

③内蒙古自治区文物考古研究所编著：《呼和浩特文化遗产》，北京：文物出版社，2014年。

合。汇合后的长城墙体继续向西南延伸，至右玉县云石堡，地势转而平缓，山势起伏不大，墙体基本修建在平地之上。过云石堡，主墙体继续在山脉上向西南蜿蜒，经韭菜沟村、口子村、大沙口村，止于楼沟村南0.5km处。这里是两省（自治区）、四县^①（区）的交界处，亦是和林格尔县明长城的终点。^②

和林格尔县境内大边有烽火台13座、关堡1座、敌台13座、无马面。二边有烽火台17座、关堡1座、敌台113座、马面49座。^③

清水河县内明长城大边位于县境内东南部，自东由和林格尔县盘山顺势而下进入清水河县，在低山丘陵地区穿行，经韭菜庄乡后窑子村、孔读林村、两辑牛村、魏四窑村、高家山村、石胡梁村、边墙壕村，至五道峁村墙体消失。

明长城二边从和林格尔县楼沟村过五洞山进入清水河县七墩沟村。之后又继续向西南延伸，经板申沟村、福心沟村、十七坡村、小岔子村、头墩村，经过窑子上村后，继续向西南延伸，至十七沟村东南0.4km处折而向南，经平鲁区的帐贵窑子、寺回口等村庄至小七墩村，又折向西南，一直延伸至清水河县的口子上村。

在口子上村，长城墙体分为三道，向西、西南、南三个方向延伸。向西延伸的墙体，在清水河县水草沟村向西北方向拐了一个弧度，转而向南延伸，在山西偏关县野羊洼村西北0.6km处与从西北至东南走向的柏羊岭长城和野羊洼长城相接。这段长城的南边的山脊上另有一道向西南延伸的长城，此段墙体线路较直，止于柏羊岭2号堡北20m处，与西北至东南走向的柏羊岭长城相接。从口子山村分开的向西、向西南延伸的墙体，在野羊洼村西北0.6km处汇合后继续向西南延伸，至偏关县境内的小元峁村折而向西，经偏关县窑洼、后南海子、前南海子、许家湾等村庄，至偏关县水泉堡，折向西北。此后墙体弯弯曲曲向前延伸，时而转为西南，时而拐为西北，经清水河县正胡梁村、水门塔村、望雨梁村，最后止于黄河岸边的老龙湾。

从口子上村分出的第三道墙体向南延伸，经老洼沟村、五眼井村和阴王沟村，至柏羊岭村东南0.5km，折而向西北延伸。在阴王沟西北1km，从这段长城墙体上又岔处一支，向南延伸，伸入山西境内。^④

①内蒙古自治区和山西省；山西省朔州市平鲁区和右玉县、内蒙古自治区和林格尔县和清水河县。

②内蒙古自治区文物考古研究所编著：《呼和浩特文化遗产》，北京：文物出版社，2014年。

③内蒙古自治区文化厅（文物局），内蒙古自治区文物考古研究所编著：《内蒙古自治区长城资源调查报告·明长城卷》上卷，北京：文物出版社，2013年。

④内蒙古自治区文物考古研究所编著：《呼和浩特文化遗产》，北京：文物出版社，2014年。

清水河县境内大边有烽火台29座、关堡1座、敌台1座、无马面；二边有烽火台48座、关堡3座、敌台243座、马面253座。^①

兴和县境内的明长城遗址为明长城大边段，位于兴和县南部。东北起自兴和县店子镇南口村西北1.8km处的一座敌台，为明城二边和大边相接处。长城自此向西南延伸，越山峦、跨沟壑，蜿蜒于山脊之上，至五台山向西北急折，抵头道边，在此又折向西南，经牧厂沟村、双墩梁村，山岔沟村，沿葛虎窑村南，过苏木山折向西北，经三道边村直奔平顶山而上，沿兴和至丰镇市界向西北延伸，沿途经过丰镇市的朱宏窑村、平顶山村、郭家坡村，再向西北越过狼头山，进入丰镇市境内。^②

兴和县境内大边有烽火台12座、无关堡，敌台24座。^③

凉城县境内有两段明长城，主干部分属大边，自东北向西南横穿凉城县全境。墙体自丰镇市进入天成乡，经十一号村、十三号村、七号村、安家营子村，至干草忽洞村沿岱海南岸的高山坡地向西南经东沙梁村，蜿蜒于王墓山端；跨步量河，沿二甲地村南、马圈沟村南、牛路沟村西进入丘陵地区，经毛家窑村、前窑子村、大五号村、前六号村、牛心窑村、旧双古城乡、郭丁窑子村、后圪针沟村，过雷劈山，跨浑河，沿二道边村西北进入和林格尔县。在凉城县南部与右玉县交界处，还分布有另一段长约80km的明长城，属于二边。^④

凉城县境内大边有烽火台33座、无关堡、敌台6座、无马面；二边有烽火台2座、无关堡、敌台67座、马面50座。^⑤

第二节 长城附属设施

烽火台、敌台、马面、关堡等属长城附属设施，是长城体系营建中不可缺失的组成部分，与长城本体夯筑墙体共同形成一整套完备的防御工事。长城附属设施直

①内蒙古自治区文化厅（文物局），内蒙古自治区文物考古研究所编著：《内蒙古自治区长城资源调查报告·明长城卷（上卷）》，北京：文物出版社，2013年。

②内蒙古自治区文物考古研究所编著：《乌兰察布文化遗产》，北京：文物出版社，2014年。

③内蒙古自治区文化厅（文物局），内蒙古自治区文物考古研究所编著：《内蒙古自治区长城资源调查报告·明长城卷（上卷）》，北京：文物出版社，2013年。

④内蒙古自治区文物考古研究所编著：《乌兰察布文化遗产》，北京：文物出版社，2014年。

⑤内蒙古自治区文化厅（文物局），内蒙古自治区文物考古研究所编著：《内蒙古自治区长城资源调查报告·明长城卷》上卷，北京：文物出版社，2013年。

接影响长城防御功能的发挥，可以说是长城防御功能的重要保障。特别是明代，伴随着生产力的提高、建筑水平的进步，明长城防御系统的修筑可谓前朝无法媲美。

故本次长城信息采集以内蒙古境内明代长城烽燧为重点采集对象，考虑到距离、功能与形制的特点，将沿途敌台、马面共同作为长城附属设施一并纳入本次信息采集范围，下面就采集目标试做简单梳理与介绍。

一、烽火台

长城沿线的烽火台是古代军事通信联络的主要方式。汉代以前烽火台并不多见，直到西汉时期，烽火台大量出现。烽火台的修建，形成了快速的军情传递系统，是长城从初创走向成熟和完善的重要标志。^①内蒙古境内明长城沿线的烽火台多建在山顶或沟谷两侧视野开阔的地方，在长城墙体南北两侧均有分布。根据烽火台的平面形制，可分为平面呈矩形和圆形两种。平面呈矩形的烽火台原始外观呈覆斗状，是内蒙古明代长城沿线烽火台的主要形制；平面呈圆形的烽火台原始外观呈圆柱或圆台状，只在乌兰察布市、呼和浩特市明长城二边沿线有发现。由于坍塌破坏，多数烽火台的外观发生了变化，除覆斗状、圆柱状、圆台状之外，还有覆钵状、圆锥状、土丘状以及不规则形等。内蒙古境内烽火台以夯筑为主，有土堆筑或土石堆筑、土石混筑、毛石干垒。就内部结构而言，烽火台可划分为实心 and 空心两类，内蒙古境内明长城沿线烽火台多为实心，只有乌兰察布市、呼和浩特市明长城大边、二边沿线发现有空心烽火台，尤以二边南侧居多。^②

二、敌台

长城敌台也称敌楼，是跨城墙而建的墩台，高出城墙之上，长城敌台是整个长城防御体系的一部分，它与墙台、烽火台等建筑密切配合。在没有烽火台的地带，敌台也为传烽之地。在边军驻守上，敌台也成为坚强堡垒。遇敌入犯登台迎战，台上备有军器、辎重，并且守兵居高临下，使敌军不能近台，即使敌军突入边墙，敌台守军依然可以据台固守，射击敌人的侧翼和后方。敌台之下，另有驻屯军队和台上守军配合作战，令敌人无法拆墙入犯。敌台的修筑，大大加强了长城的防御功能。^③

①景爱：《关于长城附属设施调查的有关问题》，《中国文物科学研究》2007年第3期。

②内蒙古自治区文化厅（文物局），内蒙古自治区文物考古研究所编著：《内蒙古自治区长城资源调查报告·明长城卷》上卷，北京：文物出版社，2013年。

③孟昭永，《明长城敌台建筑形制分类》，《文物春秋》1998年第2期。

明长城上的敌台均骑墙而建，一般平面呈矩形，剖面呈梯形，由于坍塌损毁，现存外形有覆斗形、覆钵形、圆锥状、土丘状和不规则形等。敌台的构筑材料主要是就地取材的黄土、灰土、褐土、沙土及砖石等，构筑方法有土夯筑、土堆筑、土石混筑及毛石干垒等几种类型。按内部结构划分，敌台可分为实心 and 空心两类。内蒙古境内的明长城上的敌台以实心为主，空心敌台集中分布在乌兰察布市、呼和浩特市明长城二边沿线；且境内部分敌台带有台基、围院、壕沟、建筑基址、附燧等，带台基的敌台在乌兰察布市、呼和浩特市明长城大边和二边比较多见。^①

三、马面

马面仅见于乌兰察布市、呼和浩特市明长城二边沿线，倚墙体外侧而建，一般平面呈矩形，剖面呈梯形，多数与长城墙体同高，部分高出长城墙体1-3m。马面的构筑较为简单，构筑方式往往与所在墙体的构筑方式相同，可分为夯筑和土石混筑两种。夯筑马面占绝大多数，材质以黄土为主，有的内部夹有碎石和沙砾。土石混筑马面的构造一般分为内外三层，内部黄土夯筑，外层包砌条石、青砖、白灰勾缝，中间部分一层黄土一层砂石交错堆积填充，较为疏松。^②

①内蒙古自治区文化厅（文物局），内蒙古自治区文物考古研究所编著：《内蒙古自治区长城资源调查报告·明长城卷》上卷，北京：文物出版社，2013年。

②内蒙古自治区文化厅（文物局），内蒙古自治区文物考古研究所编著：《内蒙古自治区长城资源调查报告·明长城卷》上卷，北京：文物出版社，2013年。

第二章

采集区自然地理概况

凉城县位于内蒙古高原东南端、西北黄土高原东北边缘。地貌复杂多样，多以山地丘陵为主，环山怀湖，盆地镶嵌。地理坐标为东经 $112^{\circ}02'$ – $113^{\circ}02'$ ，北纬 $40^{\circ}10'$ – $40^{\circ}50'$ ，地处阴山南麓和黄土高原东北边缘，位于内蒙古中南部、乌兰察布市南部，是内蒙古、晋、冀三省区交界地带的中心，东临丰镇市，南与山西省左云县、右玉县毗邻，北与卓资县接壤，西与呼和浩特市和林县交界，总面积 2494km^2 。属中温带半干旱大陆性季风气候，年平均气温 $2\sim 5^{\circ}\text{C}$ ；全年极端最低气温 -34.3°C ，极端最高气温 39.3°C 。1月份最冷，平均气温 -13°C ，7月份最热，平均气温 20.5°C 。年平均降水量 392.37mm 。^①

兴和县位于内蒙古自治区乌兰察布市东南部。地理坐标为北纬 $40^{\circ}26'40''$ – $41^{\circ}26'27''$ ，东经 $113^{\circ}21'9''$ – $114^{\circ}7'47''$ 。南北长约 109km ，东西较窄，约 67km ，总面积为 3518km^2 。兴和县东西窄，南北长，中间凹，形似蝙蝠。山川相间、河滩穿插。南部为山区，群山起伏，沟壑交错；北部为丘陵区，丘陵起伏如浪，中部为河川区，河滩穿插、开阔平坦。平均海拔 1500m 左右。气候属于中温带大陆性季风气候，年平均气温为 4.2°C 。一年四季大风不断，主风向常随季节变化。冬春季蒙古高压偏西风，夏秋季太平洋高压偏东、偏南风，年平均风速为 3.8m/s 。年平均降水量为 409.4mm 。^②

和林格尔县位于内蒙古自治区中南部，为自治区首府呼和浩特市所辖旗县之一。地理坐标北纬 $39^{\circ}58'$ – $40^{\circ}41'$ ，东经 $111^{\circ}26'$ – $112^{\circ}18'$ 。北靠呼和浩特市赛罕区、土默特左旗，西连托克托县，南接清水河县，东南接山西省右玉县，东与凉城县、山西省左云县毗邻，总面积为 3436km^2 。和林格尔县境内地形总趋势是东南高，西北低。地形由山地、丘陵、平原组成。境内的山为中低山，海拔最高 2031m ；丘陵地带最高海拔 $1200\sim 1400\text{m}$ ，平原向西北倾斜，略有起伏，最低海拔 1020m 。山区沟谷发育，多呈V形谷，地势险峻。丘陵多为黄土丘陵，由于冲刷切割，形成千沟万壑。全县地处中温带，属西北高原大陆性气候，其主要特征是干旱、多风、寒冷，日照充足，温差大，冬季漫长而寒冷，夏季时短而温热，春季升温快，秋季降温烈。从东向西的年平均气温在 $3.5\sim 6.5^{\circ}\text{C}$ 。主要灾害性天气是寒潮、大风、春旱、春冻。境内不同地区的年降雨量相差较大，雨量由东向西递减。本县常年多西北风，间有西南风，平均风力为2级，最大风力8级，最大风速为 24.5m/s 。受地形的影响，本县雨量分布不均，即由西向东逐渐增多，西部平原区 350mm ，中部丘陵区 420mm ，东部山区 500mm 左右。^③

①《凉城县志》编纂委员会编：《凉城县志》，呼和浩特：内蒙古人民出版社，1993年。

②《兴和县志》编纂委会：《兴和县志》，海拉尔：内蒙古文化出版社，2004年。

③《和林格尔县志》编纂委员会：《和林格尔县志》，呼和浩特：内蒙古人民出版社，1993年。