

呼伦贝尔沙质草原风蚀坑的初步研究*

张德平^{1,2} 冯宗炜¹ 王效科¹ 孙宏伟³ 赵家明⁴ 胡日乐⁵

1. 中国科学院生态环境研究中心系统生态研究室, 北京 100085; 2. 呼伦贝尔市国土资源局, 内蒙古 呼伦贝尔 021008;
3. 内蒙古自治区第六地质矿产勘查开发院, 内蒙古 扎兰屯 162657; 4. 呼伦贝尔市环境科学研究所, 内蒙古 呼伦贝尔 021008;
5. 呼伦贝尔学院小学教育分院, 内蒙古 呼伦贝尔 021000

摘要 对呼伦贝尔沙质草原及风蚀坑调查、测量和分析结果发现: 呼伦贝尔3大沙带均由风蚀坑洼地及其坑后沙丘、残余背景沙质草原组成; 风蚀坑和坑后沙丘可根据形态特征、发展阶段、诱发原因分类; 风蚀坑多发生于迎风的阳坡上部, 分布和形态受诱发因子影响显著, 诱因主要是气候干旱化和人类大范围强度活动的耦合; 保护植被和土层珍稀资源以防止风蚀坑发生, 是防治沙质草原风蚀沙漠化的关键。

关键词 呼伦贝尔 沙质草原 风蚀坑 形态及成因 沙漠化

风蚀地貌是风沙地貌的主要类型之一, 国内外学者对风积地貌研究较多, 而对风蚀地貌研究偏少^[1,2]. 在沙漠化调查、监测、治理工作中, 注意力集中于流动沙丘及其所占面积比例以及沙丘的固定程度, 对风蚀形态未予足够关注. 研究土壤风蚀的学者主要侧重风蚀强度及其影响因素^[3], 以及土壤物质含量变化的定量研究^[4], 对风蚀形态注意不够. 20世纪80年代董光荣等根据风洞实验数据指出风蚀是土地沙漠化过程的重要组成部分和贯穿始终的首要环节^[5], 但缺乏野外风蚀资料的验证和支持.

呼伦贝尔沙质草原是我国目前由沙质草原向沙地演化的重要沙漠化地区, 已形成并保存有大量不同规模、形态和发展阶段的风蚀坑, 是进行野外风蚀研究的天然试验场地. 开展该区风蚀坑的研究, 对于说明风蚀坑的形成机理, 理解草原沙漠化发生发展过程, 评估风蚀坑的形成所反映的环境事件对草原演变的影响, 设计新的沙漠化监测和评估方法, 并最终为因地制宜调整草原利用方式防治沙漠

化提供方法依据具有重要的科学和现实意义.

1 研究区和方法

研究区位于呼伦贝尔沙质草原3大沙带北部(图1), 属温带半干旱草原气候. 年平均降水量240—350 mm, 多集中在7—9月且变率较大, 年平均气温-1—3℃. 冬季干燥寒冷, 春季少雨多大风, 夏季短促. 年大风日为20—40 d, 集中在春秋两季, 4—5月份多NW向风, 9—10月份多SW向风, 年平均风速4—5 m/s. 地面平均坡度0.005—0.02, 栗钙土土层厚度0.1—0.3 m, 下部普遍有钙富集层, 植物根系难以穿透. 沙带的固定、半固定沙丘上发育风沙土^[6]. 土层下伏母质为松散无胶结的上更新统海拉尔组含砾中—细砂、黄土状亚砂土和粉土, 平均厚度38 m. 选择典型风蚀区, 在野外调查基础上, 采用SOKKIA SET2110全站测量仪、铁锹、钢尺进行地形和土层结构、厚度测量, 并结合地形图、航片判读、社会经济调查, 对区内风蚀坑及其坑后积沙的形态特征、分布规律、形成原因

2006-02-13 收稿, 2006-04-10 收修改稿

* 国家自然科学基金(批准号: 40471013)、内蒙古自治区自然科学基金(批准号: 200308020512)和呼伦贝尔市农业攻关与社会发展项目(批准号: 2002-01-15)资助

E-mail: chaganchulu@126.com.cn

等进行了初步研究.

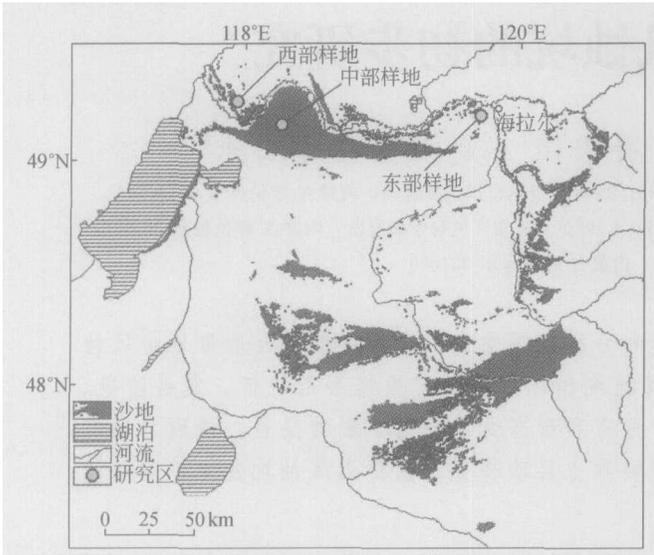


图1 呼伦贝尔沙质草原区沙地景观现状及研究区位置示意图
图中沙地包括裸沙和可识别的乔灌木植被不同程度固定的沙丘。
据2003年TM卫星影像目视解译获得

2 结果与分析

2.1 风蚀坑的基本形态

呼伦贝尔草原3大沙带均以规模大致相当、密度和联结程度不同的风蚀坑(洼地)及坑后沙丘与其间的平坦残余背景沙质草原相间为特色. 其中, 沙质草原风蚀坑由形成于沙质草原薄弱土层及其下伏松散沙沉积物上的风蚀沙坑, 以及被风从沙坑掏蚀搬运到邻接的坑外下风方向沉积形成的坑后沙丘两个基本要素组成, 平面形态大致呈椭圆形或扇形, 长轴与盛行风方向一致. 风蚀沙坑侧壁顶部为陡立的土层崩落面, 以下为崩落的土块和散沙自然堆积形成的坡面. 坑底通常为近椭球面形态, 当下蚀作用达到湿沙层或者散沙中的粉沙或粘土夹层时受阻变平. 由风蚀沙坑搬运出来的沙物质在风蚀沙坑的周围再沉积的坑后积沙, 形成低缓的类似抛物线形沙丘形态, 平均面积达风蚀沙坑的8倍(图2).

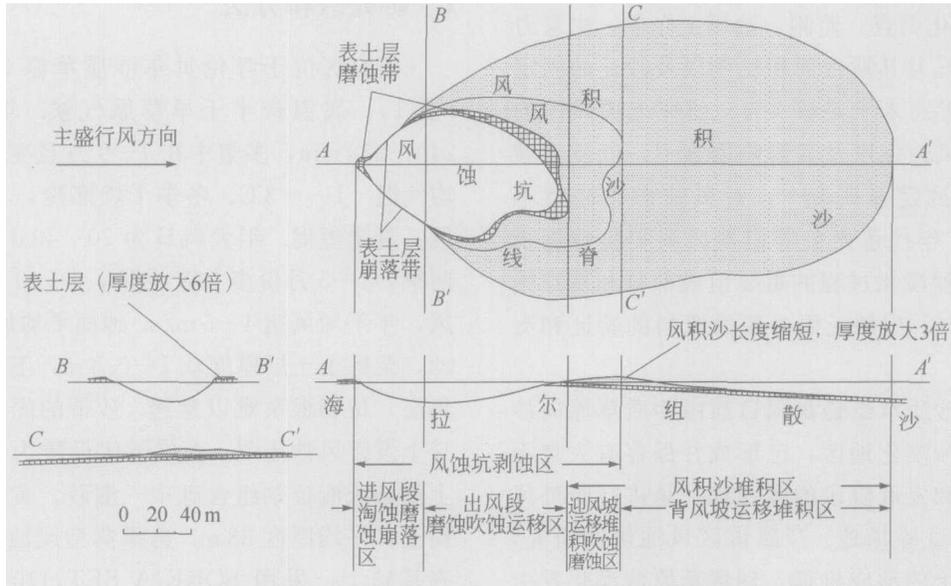


图2 呼伦贝尔沙质草原风蚀沙坑及坑后积沙的形态发育和要素划分
据实测结果改绘

现代风蚀沙坑的面积与其长度呈非直线相关(图3), 大型坑面积增加的主要贡献来自侧向发展. 裸地阶段风蚀坑方向性不明显, 但随着风蚀坑逐步发育, 长轴方向向盛行风方向集中. 风蚀沙坑的长: 宽: 深值随成因和发展阶段有规律地变化

(表1).

2.2 风蚀坑的形态变化、分布规律及成因

风蚀坑根据其几何形态和组合特征可分为卵圆形、串珠状、带状或槽状等简单类型, 以及裸地型、

表1 呼伦贝尔沙质草原北部现代风蚀沙坑及风蚀坑沙斑平均形态指标

| 发展阶段 | 成因类型 | 风蚀沙坑 | | | | | 风蚀坑沙斑 | | | | |
|------|------|-------|------|-----|---------|-----------|-------|-------|------|-----------|-----------|
| | | 长/m | 宽/m | 深/m | 长:宽:深 | 长轴方位角/(°) | 长/m | 宽/m | 丘高/m | 长:宽:高 | 长轴方位角/(°) |
| 裸地斑块 | 翻耕 | 33.9 | 21.3 | 1.0 | 32:21:1 | 115.1 | | | | | |
| | 道路 | 27.0 | 13.4 | 0.8 | 32:16:1 | 115.0 | | | | | |
| | 复合 | 19.1 | 10.6 | 0.6 | 32:18:1 | 118.2 | | | | | |
| | 平均 | 26.7 | 15.1 | 0.8 | 33:19:1 | 116.1 | | | | | |
| 活跃发展 | 翻耕 | 58.9 | 36.5 | 4.2 | 14:9:1 | 97.9 | 154.3 | 70.0 | 1.1 | 140:64:1 | 85.7 |
| | 道路 | 78.1 | 33.4 | 4.5 | 18:7:1 | 100.4 | 247.0 | 111.7 | 1.6 | 152:68:1 | 93.0 |
| | 复合 | 84.6 | 44.8 | 4.8 | 18:9:1 | 102.4 | 324.0 | 140.7 | 2.6 | 127:55:1 | 106.8 |
| | 平均 | 73.9 | 38.2 | 4.5 | 16:8:1 | 100.2 | 241.8 | 107.5 | 1.8 | 140:62:1 | 95.2 |
| 固定 | 翻耕 | 21.6 | 16.0 | 1.2 | 18:13:1 | 91.8 | | | | | |
| | 道路 | 30.8 | 17.6 | 1.8 | 17:10:1 | 109.1 | 74.2 | 34.2 | 0.7 | 102:47:1 | 87.1 |
| | 不明 | 58.4 | 32.8 | 2.2 | 26:15:1 | 116.2 | 288.8 | 119.7 | 1.2 | 245:101:1 | 97.6 |
| | 平均 | 36.9 | 22.1 | 1.7 | 20:13:1 | 105.7 | | | | | |
| 活化 | 翻耕 | 37.3 | 25.1 | 2.5 | 15:10:1 | 64.6 | 82.3 | 38.7 | 0.9 | 88:42:1 | 98.6 |
| | 道路 | 54.8 | 26.3 | 2.3 | 24:12:1 | 104.5 | 88.0 | 48.2 | 0.9 | 95:52:1 | 93.3 |
| | 复合 | 48.5 | 32.9 | 2.8 | 17:12:1 | 104.1 | 130.9 | 65.8 | 1.4 | 92:46:1 | 101.9 |
| | 平均 | 46.9 | 28.1 | 2.5 | 19:11:1 | 91.1 | 100.4 | 50.9 | 1.1 | 92:47:1 | 97.9 |
| 消亡 | 不明 | 140.1 | 72.8 | 4.4 | 32:17:1 | 127.4 | 370.2 | 150.5 | 3.6 | 103:42:1 | 119.8 |
| | 平均 | 64.9 | 35.3 | 2.8 | 24:14:1 | 108.1 | 237.5 | 103 | 2.2 | 112:50:1 | 104.3 |

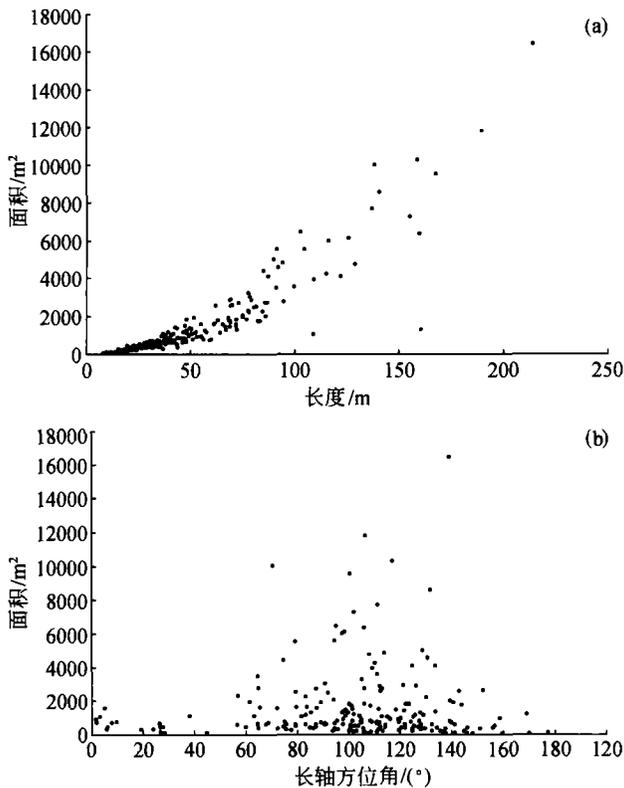


图3 呼伦贝尔沙质草原风蚀沙坑的面积与长度(a)、面积与长轴方位角(b)的关系

肾形、花朵状、葫芦状、掌状、方形等复合型共9种(图4);根据发育阶段分为活跃发展的、固定或消亡的、活化的风蚀坑;根据成因分为自然形成的和人类活动诱发的风蚀坑,后者可以进一步分为翻耕、道路、人居复合3种类型.风蚀坑后积沙可以根据平面形态、厚度、相互关联程度分为沙影,沙席和沙丘.

分布于坡地、平地、梁岗丘等地带的风蚀坑分别占总数的60%,22%,17%.坡地风蚀坑有48%分布于SW坡,20%分布于S坡,27%分布于NW,N,NE坡(表2).坡地风蚀坑的54%位于坡地上部,31%位于中部,15%位于下部(表3).SW坡上部风蚀坑高发生率与水分条件差、风蚀强度比较大、植被发育差、土层薄有关(表4).野外调查发现87%的风蚀坑为人类活动引发,其中翻耕、道路、人类定居活动诱发的风蚀坑分别占35.8%,34.8%,16%.NW,N,NE坡风蚀坑的73%为道路引起.平地风蚀坑的89%为道路、翻耕、人类定居活动引起.

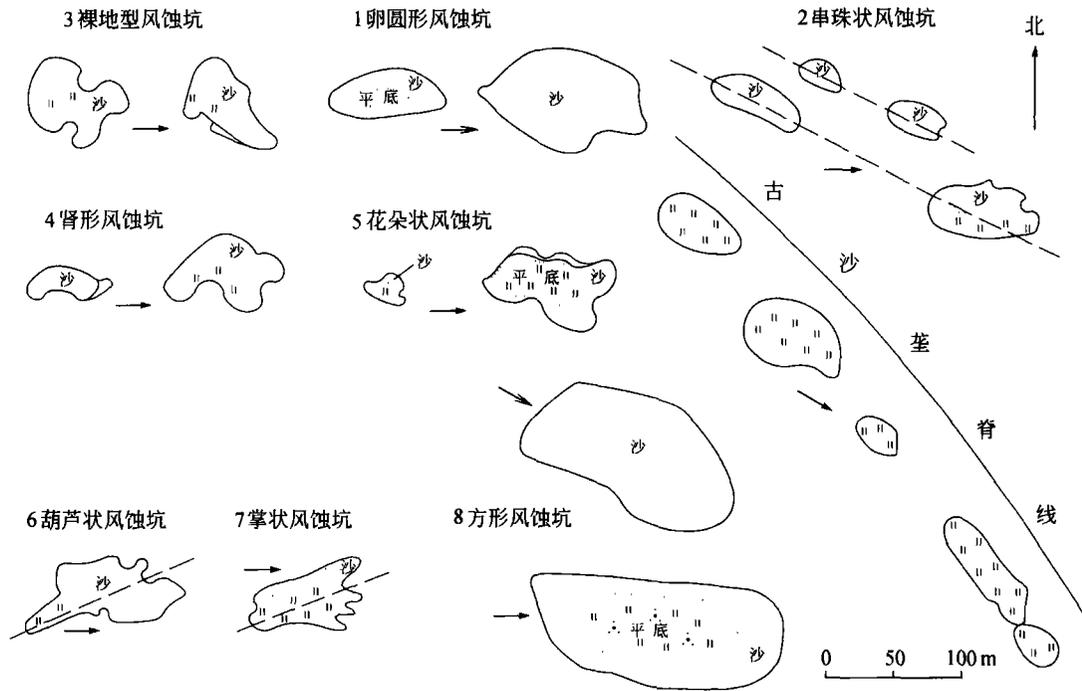


图4 呼伦贝尔沙质草原风蚀沙坑的形态分类

根据实测结果改绘、综合。1—2为简单类型风蚀坑，3—8为复合类型风蚀坑

→主风向 ——固定沙丘风蚀边界 - - -旧路辙 □□草被 ——风蚀坑边界

□灌丛植被或坑壁界限 □坑壁及坑底裸沙

表2 呼伦贝尔沙质草原北部各微地貌部位不同规模风蚀坑的分布

| 风蚀坑及规模 | 微地貌部位及风蚀坑数量 | | | | | | | | | | | 合计 | | |
|-------------------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | 坡地 | | | | | | | 高地 | | | 平地 | | 低地 | |
| | W | NW | N | NE | E | SE | S | SW | 梁 | 岗 | 丘 | | 洼地 | 谷地 |
| 小型(长度<40 m) | 3 | 4 | 4 | 1 | | | 13 | 26 | 4 | 9 | 1 | 24 | 1 | 90 |
| 中型(长度40 m—<70 m) | | 4 | 5 | 1 | | 1 | 5 | 13 | 7 | | 1 | 8 | | 45 |
| 大型(长度70 m—<100 m) | | | 1 | 2 | | | 1 | 1 | 5 | 1 | | 3 | | 15 |
| 巨型(长度≥100 m) | | | 1 | | 3 | | | | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 11 |
| 小计 | 3 | 10 | 11 | 5 | | 2 | 19 | 46 | 14 | 10 | 4 | 36 | 1 | |
| 合计 | | | | | 96 | | | | | 28 | | 36 | 1 | 161 |

表3 呼伦贝尔沙质草原北部各倾斜方向坡地不同部位风蚀坑的分布

| 坡地部位 | 坡地倾斜方向及风蚀坑数量 | | | | | | | | 合计 |
|------|--------------|----|---|----|---|----|----|----|----|
| | W | NW | N | NE | E | SE | S | SW | |
| 上部 | 3 | 2 | 6 | 1 | | 2 | 6 | 32 | 52 |
| 中部 | | 2 | 5 | 4 | | | 10 | 9 | 30 |
| 下部 | | 6 | | | | | 3 | 5 | 14 |

表4 呼伦贝尔沙质草原北部各微地貌部位地表土层平均厚度

| 微地貌部位 | S坡 | 梁岗丘 | W(迎风)坡 | 平地 | N坡 | E(背风)坡 | 洼谷地 |
|--------|------|------|--------|-----|------|--------|-----|
| 土层厚度/m | 0.15 | 0.21 | 0.22 | 0.3 | 0.31 | 0.33 | 0.4 |

3 讨论与结论

与旧路辙伴生的现代风蚀坑后沙丘被再次风蚀之后,显露出原始地表土层保存的垄沟以及最多

可达3个方向的犁痕,表明道路和翻耕在先,风蚀坑形成同期或稍后.考虑到该区曾在1960年大范围开垦耕地,随即于1962年由于“黑风暴”的爆发弃耕^[7],以及当地居民讲述的关于海拉尔西侧草原反复开垦和弃耕的经历¹⁾.可以确定本区成串分布规模较大的道路型风蚀坑,以及弃耕地中广泛分布的裸地型风蚀坑集中发生年代应当为机动车和机械化大型农具大规模引进草原之后,即大开荒的20世纪60年代初期到70年代初期.这与Li等运用释光测年技术得到的海拉尔河沙带完工、哈日干图两个剖面顶部的沙层形成年龄为40a的结果一致^[8].表明现代风蚀坑的大规模发生是干旱、多大风的恶劣自然环境背景,与人类开垦草原的大范围、高强度干扰土层活动相耦合的环境事件引起的.

1989年呼伦贝尔草原的沙漠化土地总面积为8065 km²,2000年为20893 km²,11年间增长了159%^[9,10].相应地1986年至1996年,呼伦贝尔新开垦耕地3613 km²,耕地面积增加了34.8%,耕地重心向西北移动了33.5 km^[11].新增耕地的79.7%来自沙质草原区东南部沙漠化土地分布面积最广、沙漠化危险性最大的新巴尔虎左旗和鄂温克族自治旗的沙质草原^[11,12].而在面积不断缩小的草原区,1989到1999牧业年度大小牲畜头数却从271万头只增加到480万头只^{[13,2)},并且目前正在推行项目带动饲料地建设的新一轮草原开垦.呼伦贝尔草原植被及生态地质环境又一次面临人类干扰活动持续快速增强的空前压力.

呼伦贝尔草原沙漠化表现形式主要是风蚀坑扩展和坑后流沙漫延.而风蚀坑是坑后积沙的“源”.在治理沙漠化土地时,不能只注意各种活动程度不同的积沙形态,应当首先并重点对其“源”区的风蚀形态给予充分重视,否则将是事倍功半.

风蚀坑发生的关键是地表植被和土层的破坏,地表植被和土层是沙质草原区脆弱的生态系统和珍稀的自然资源.应当继承草原文化的优良传统^[14],将植被和土层保护作为生态保护和自然资源利用的

基本原则贯穿于草原区一切人类活动中,这样才能从根本上防止土地风蚀和沙漠化的发生和发展.

致谢 研究工作得到内蒙古自治区测绘局吴齐文、刘秀、沈亮、王承安,呼伦贝尔市国土资源局张秀林,林业局张德柱等的大力支持和协助.参加野外工作的还有王志民、王国安、吴俊军、孟志涛、金维林、文德子、李林等.董光荣研究员、哈斯博士对研究工作和论文撰写给予了热情指导.作者在此深表谢忱.

参 考 文 献

- 1 吴正,等.风沙地貌与治沙工程学.北京:科学出版社,2003,117—118
- 2 庄燕美,哈斯.沙丘风蚀坑的形态及动力过程的研究进展.干旱区地理,2005,28(5):632—637
- 3 董治宝,李振山,严平.国外土壤风蚀的研究历史与特点.中国沙漠,1995,15(1):100—104
- 4 申建友,董光荣,李长治,等.沙漠化与土壤物质含量变化.中国沙漠,1992,12(1):40—48
- 5 董光荣,李长治,金炯,等.关于土壤风蚀风洞模拟实验的某些结果.科学通报,1987,32:297—301
- 6 戴旭.呼伦贝尔草原土地类型的初步研究.地理学报,1980,35:33—34
- 7 陈永宗.呼伦贝尔高平原地区风沙地貌的初步研究.地理集刊第13号.北京:科学出版社,1981,73—84
- 8 Li S H, Sun J M, Zhao H. Optical dating of dune sands in the northeastern deserts of China. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2002, 181: 419—429
- 9 朱震达,刘恕,邸醒民.中国的沙漠化及其治理.北京:科学出版社,1989,12
- 10 王涛,吴薇,薛娴,等.中国北方沙漠化土地时空演变分析.中国沙漠,2003,23(3):230—235
- 11 王秀兰.基于遥感的呼伦贝尔盟农牧业土地利用变化及其对地区农业持续发展影响的研究.地理科学进展,1999,18(4):322—329
- 12 封建民,王涛.呼伦贝尔草原沙漠化现状及历史演变研究.干旱区地理,2004,27(3):356—360
- 13 呼伦贝尔盟志编撰委员会.呼伦贝尔盟志.海拉尔:内蒙古文化出版社,1999,810—811
- 14 葛根高娃,乌云巴图.生态论理学视野中的蒙古族生态文化.内蒙古大学学报(人文社会科学版),2002,34(4):3—9

1) 据武书增,1923年生,1955年来到布敦朝硕(海拉尔西侧的陈巴尔虎旗草原,1958年改建为以渔业和牧业为主的51社):1964年至1966年大面积开荒种菜种瓜.当时雨勤不给水.1966年至1970年风沙活动最甚.1967年政府派工作队将耕种者全部赶走.当时种地的多为海拉尔老户.来时路只有南北两条,近年发展愈来愈多

2) 呼伦贝尔盟统计局.呼伦贝尔盟统计年鉴.海拉尔,1999