

大青山调角海子地区全新世 低温波动研究*

杨志荣

(湖南师范大学资源与环境学系 长沙 410006)

摘 要 根据调角海子剖面寒冻现象的野外观察与测量、室内测年分析及孢粉分析等资料,对调角海子地区全新世低温波动进行了探讨,并与邻近地区的多种研究资料进行了对比。经初步研究认为,大青山调角海子地区一万年以来的低温波动主要有 6 次,时代分别为 9 100 aBP ~ 8 800 aBP、8 000 aBP ~ 7 800 aBP、7 000 aBP ~ 6 900 aBP、6 000 aBP ~ 5 800 aBP、5 300 aBP ~ 4 700 aBP 和 3 100 aBP ~ 2 400 aBP,除第 2、4 次为弱低温波动,可能仅限于大青山地区外,其余均具有较为广泛的区域意义;每次低温波动的极端低温期较短,可能只有 50 年~60 年;低温波动时年气温只比现在下降了 1 ~ 3 。

关键词 大青山 全新世 低温波动
分 类 中图法 p931.4

全新世一万多年以来气候与环境变化的历史,是全球变化研究的主要内容之一。全新世气温波动变化的研究,是预测未来气候变化的重要依据。本文以调角海子剖面的资料为依据,对大青山地区全新世低温波动的期次、时间、幅度等问题进行初步探讨。

1 剖面寒冻、冰缘现象与低温波动

1.1 剖面概况

调角海子位于内蒙古自治区乌兰察布盟察哈尔右翼中旗,属于大青山中段灰腾梁玄武岩高台地上近百个小型全封闭湖泊之一,湖泊面积约 0.3 km²,湖面海拔 2 015 m。调角海子湖区年平均气温约 0 ,年降水量 350 mm 左右。湖区现代植被为山地草甸草原。

探坑剖面位于湖泊东北部的湖积平原上的湖边,深度 143 cm,沉积物主要由粉砂、粘土、淤泥、含砂砾石的泥炭及泥炭组成,为湖滨相和浅湖相沉积(图 1)。

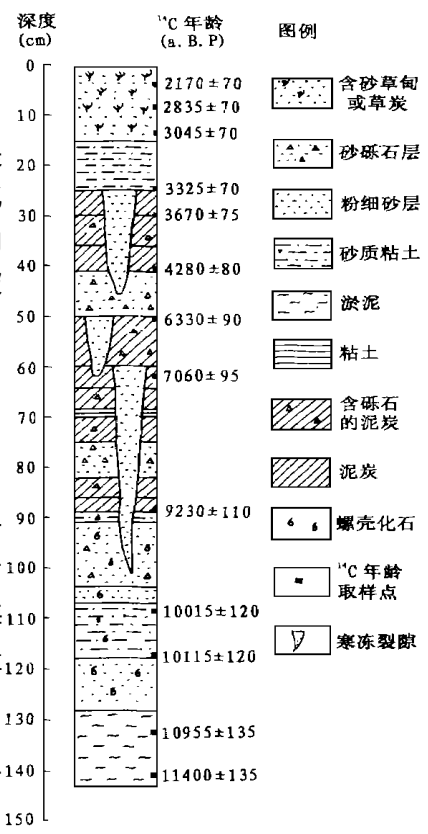


图 1 调角海子探坑剖面

Fig. 1 The test section of

Diaojiaohaizi lake

* 国家“八五”攀登计划资助项目(85-27-1)。史培军教授、方修琦博士参加了部分工作,谨此致谢。
收稿日期:1997-05-28,收到修改稿日期:1998-01-05

1.2 寒冻、冰缘现象分析

我们在调角海子同一剖面中发现了迭置的三期埋藏古砂楔 (或称寒冻裂隙), 为全新世低温波动的研究提供了很有价值的新材料 (图 1、表 1、表 2)。

表 1 三期埋藏古砂楔的特征

Tab. 1 The Characteristics of sand wedges in Diaojiaohaizi

期次*	埋深 (cm)	开口宽度 (cm)	高度 (cm)	充填物质	围岩性质
3	25	6	21	黑色粉砂	泥炭、砂砾层
2	50	5	12	黑色粉砂	含砾石的泥炭
1	61	6	41	黄色粉砂	泥炭、砂砾层

* 从下向上, 分别编号为 1、2、3 期。

表 2 调角海子古砂楔¹⁴C 测年结果

Tab. 2 The Radio-Carbon dates of sand wedges in Diaojiaohaizi

期次	取样深度 (cm)	测年物质	¹⁴ C 年龄 (aBP) *
3	25 ~ 26	未分解泥炭	3325 ± 70
2	51 ~ 52	含砾石泥炭	6330 ± 90
1	63 ~ 64	未分解泥炭	7060 ± 95

* T_{1/2} = 5568 a, 未经树轮校正; ¹⁴C 年龄由北京师范大学¹⁴C 实验室测定。

表 2 中所列的¹⁴C 年龄均是接近于古砂楔开口处的地层的年龄, 因此, 初步推断三期古砂楔的时代分别为 3 325 aBP、< 6 330 aBP 和< 7 060 aBP。在下文的孢粉分析中, 我们又发现了对应于这三个时代的植被退化和气候波动, 说明上述对时代的初步推断是可信的。

1.3 寒冻、冰缘现象的气候意义

究竟将我国北方农牧交错地带大量发现的全新世冻融扰动构造确定为寒冻作用现象还是冰缘现象, 目前尚无一致的结论。大青山调角海子地区地势较高, 现今年平均气温即为 0 左右, 湖滨平原上发育了现代冻裂多边形构造, 如果全新世低温波动期降温几度, 则可以达到冰缘作用的气温条件, 因此, 调角海子三期小型古砂楔很可能是全新世低温波动期发育的冰缘现象。不管最后将其确定为冰缘现象还是寒冻作用现象, 它们所代表的全新世低温波动应该是存在的。

按围岩形态及楔体大小判断, 调角海子三期古砂楔均为小型砂楔。据研究, 在细粒土中, 原生土脉及砂楔在- 1.0 ~ - 2.0 的地温条件下即可形成, 与冰楔形成的条件存在着较大差异^[1], 又我国现代岛状多年冻土区南端的气温与地温之差约为 2 , 如果按这种标准推算, 则调角海子全新世低温波动时气温比现在低 3 ~ 4 。

梁凤仙等对我国青藏公路沿线的多边形——脉构造及其古气候意义进行了详细研究, 得到了寒冻裂隙深度与年平均地温的关系曲线^[2]。调角海子地区海拔 2 000 余米, 全新世低温波动时的气温、降水等环境条件可能与青藏公路沿线现代的环境条件相似。仍然采用气温与地温之差为 2 , 用梁凤仙的冻裂深度与地温的关系计算, 调角海子剖面下层砂楔所代表的气温比现在低 3 , 即- 3 左右, 中层裂隙代表的气温与现在相当, 上层裂隙所代表的气温比现在低 1 , 即- 1 左右。以上层和下层砂楔代表全新世低温波动时的气温, 则低温波动时只比现在低 1 ~ 3 。

我国东北多年冻土的研究表明，全新世新冰缘阶的冻土南界只比现代冻土南界向南推移了2个纬度^[3]。按我国中纬度每一纬度气温相差1℃计算，全新世新冰缘阶气温比现在低2℃左右，与上述的推算结果吻合。

综上所述，全新世寒冻和冰缘现象指示全新世低温波动时，气温比现在低2~3℃。如果将冰（砂）楔宽度理解为年龄和寒冻频率的指标，那么，全新世调角海子三期古砂楔所代表的低温期较短。Bery 和 Black (1996)、Black (1973、1975)、Mackay (1974) 分别对阿拉斯加、加拿大、南极大陆 400 个以上的冰楔和砂楔个体进行测量，得出了每年 1mm 的裂隙增长速率^[6]。如果按此速率计算，调角海子三期古砂楔代表的全新世低温波动的极端低温期均只有 50 a~60 a。

2 孢粉资料反映的全新世低温波动

2.1 孢粉分析

为了对全新世环境变化进行更为详细的研究，我们对调角海子含古砂楔的剖面进行了较高分辨率的采样，按每 1 cm 采一样品，共获得样品 143 块。样品的孢粉分析鉴定由中国科学院植物研究所杜乃秋先生完成。鉴定结果表明，该剖面孢粉含量丰富，除个别样品外，样品的孢粉含量一般在 10⁴ 粒/克以上，多者在 10⁵ 粒/克以上。用沉积速率对孢粉含量进行校正，然后用 Tilia 软件进行处理，结果如图 2、3 所示。

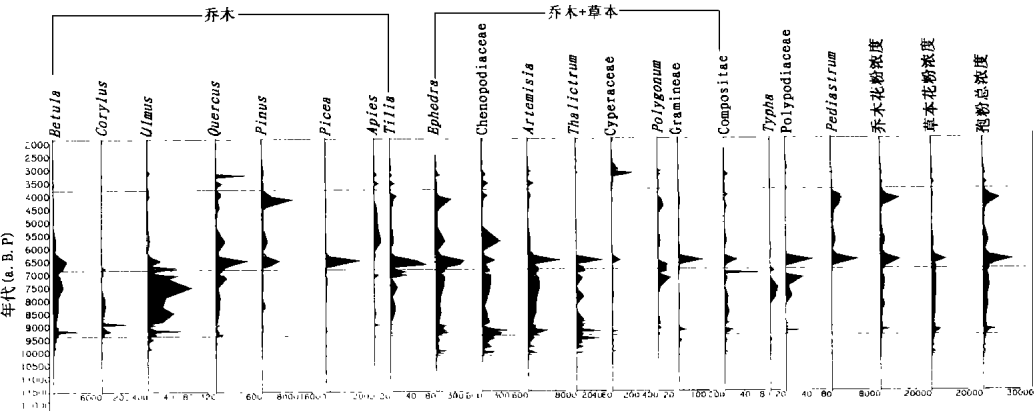


图 2 调角海子剖面孢粉浓度（粒/克）图式

Fig. 2 Sporo-pollen concentration diagram of Diaojiaohaizi section

2.2 植被变化与气候波动

综合图 2 和图 3 有序聚类的分析结果，可将全新世植被与环境变化分为 5 个时期。
A 期 (11 500 aBP ~ 10 170 aBP) 以草本花粉为主，而且孢粉浓度极低，表明当时植被极为稀疏，气候还相当寒冷。
B 期 (10 170 aBP ~ 9 400 aBP) 孢粉浓度大幅度增加，植被开始繁盛起来。首先繁盛起来的是蒿、藜、麻黄等耐旱的草本和小灌木植物，乔木一般还很少，最初侵入的乔木只有少量的桦树，当时的植被与现代大兴安岭西南麓的桦林草原相当。
C 期 (9 400 aBP ~ 6 850 aBP) 气候开始真正变得较为适宜，乔木和草本植物同时获得

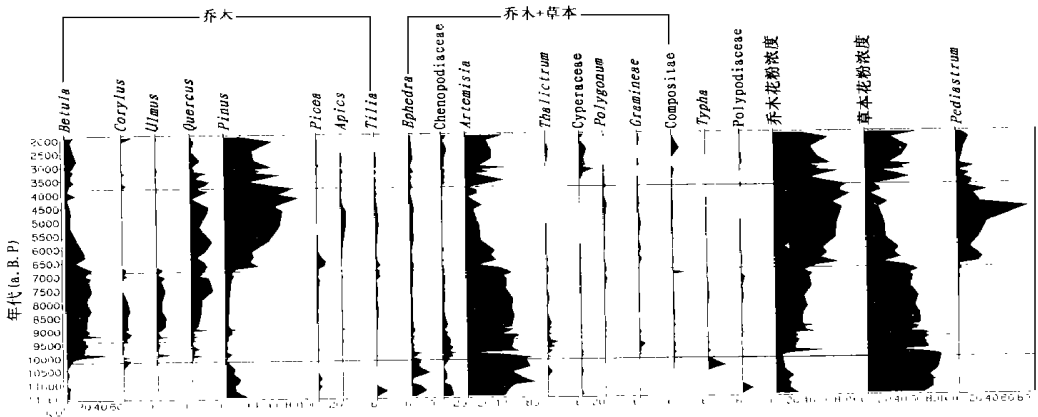


图 3 调角海子剖面孢粉百分比图式

Fig.3 Spore-pollen percentage diagram of Diaojiaohaizi section

了较大发展,尤其是乔木花粉浓度迅速增加,百分含量也从 30% 增加到 50%,其中以桦占绝对优势,榛、榆、栎也得到了一定发展;草本植物仍以蒿、藜、麻黄为主,但其百分含量比前期下降,而地榆、唐松草、莎草科、禾本科、菊科等中生草本植物获得了一定的发展。孢粉反映此期植被总体上为生长桦树和少量其它夏绿乔、灌木的森林草原,显示气候以温湿为特征。当时的植被可与现代大兴安岭东南麓和小兴安岭南麓的森林草原类比。

值得注意的是,孢粉反映此期植被出现过 3 次明显的退化波动。9 100 aBP ~ 8 800 aBP,乔木、草本及水生植物的孢粉浓度几乎同时出现一个低谷,孢粉总浓度从 10 285 粒/克迅速降至 1 933 粒/克,乔木花粉也从 5 090 粒/克减至 640 粒/克,植被从森林草原退化为干草原或疏林草原,代表了一次明显的气候冷干波动。8 000 aBP ~ 7 800 aBP 的植被退化波动相对较弱,植被退化为疏林草原。7 000 aBP ~ 6 900 aBP 的植被退化波动再次加强,植被退化为干草原,这次植被退化波动正好与调角海子剖面的下层古砂楔相对应。

D 期 (6 850 aBP ~ 3 800 aBP) 气候仍以温暖湿润为主,植被以针阔叶混交林和针叶林为主。特别是 6 850 aBP ~ 6 300 aBP 各主要孢粉类型的浓度几乎整齐一致地出现全剖面的峰值,而且木本植物百分比迅速上升到 70% ~ 80%,草本植物百分比相应地下降,孢粉显示此期植被为针阔叶混交林,其中混生栎、云杉、榆、椴、胡桃等,代表了全新世气候最适宜鼎盛期。4 650 aBP ~ 3 800 aBP 许多孢粉类型又出现剖面中的第二个峰值,特别是油松在此期获得了全面发展,其占花粉的百分比几乎达到 80% ~ 90%,与之伴生的有少量的桦、栎、椴,草本以蒿、麻黄、藜科为主,孢粉显示此期为仅次于气候最适宜鼎盛期的植被繁盛期。

与上述植被繁盛形成鲜明对照的是 6 300 aBP ~ 6 000 aBP 和 5 300 aBP ~ 4 700 aBP 两次出现明显的植被退化。6 300 aBP ~ 6 000 aBP,孢粉总浓度从前期的 24 600 粒/克迅速减少到 1 976 粒/克,乔木花粉浓度也从 10 718 粒/克迅速减少到 1 021 粒/克,且木本植物百分含量下降,草本百分含量上升,显示此期植被退化为疏林草原,为一次气候的冷干波动,此次波动又与调角海子中层砂楔对应。5 300 aBP ~ 4 700 aBP,与前期相比,此期孢粉浓度再次大幅度下降,花粉总浓度下降至 1 180 粒/克,木本植物花粉下降至 580 粒/克,孢粉浓度显示此期植被非常稀疏,虽然乔木花粉仍占花粉总数 (木本+草本) 的 80% 以上,但并

不表明有大量乔木生长,当时可能仅有零星生长的松树,草本植物种类也很少,显示此期为全新世中期持续时间最长、最严重的植被退化时期,也是一次持续时间最长的气候冷干波动。

E 期 (3 800 aBP ~ 1 900 aBP) 孢粉浓度显著减少,而且这种减少是永久性的,以后再也未恢复到 3 800 aBP 以前的水平,植被总体退化为疏林草原和干草原,这次植被的全面衰退,标志着全新世中期暖湿气候的结束。

3 800 aBP ~ 3 100 aBP 为中全新世向晚全新世过渡的气候波动时期,植被在森林草原到干草原之间波动。3 100 aBP ~ 2 400 aBP 出现一万年以来孢粉浓度的最低点,乔木完全退出了调角海子地区,孢粉显示当时仅生长极少量的蒿、藜、麻黄、莎草等草本植物,植被极为稀疏,与现代荒漠草原的环境相似,气候明显恶化,特别是气候的干燥度大幅度增加,调角海子上层砂楔正好与此次气候的冷干波动对应。2 400 aBP ~ 1 900 aBP 孢粉浓度又有回升,气候稍有好转。

综上所述,全新世一万多年以来,植被几经荣衰,变化是明显的,反映气候也经历了多次温湿与冷干的波动。

3 区域对比与小结

一次气候的低温波动或冷干波动,应该不是局部的现象,通过区域对比可找出气候变化的规律,反过来又可证明单点重建的真实性。

(1) 调角海子孢粉分析显示 9 100 aBP ~ 8 800 aBP 为全新世一万年以来第一次明显的低温波动。岱海石门水库于 9 000 aBP 前后发育了冻融褶曲^[5];大青山五当召第一条石线(S₁)的时代约为 8 850 aBP ~ 8 500 aBP^[6];鄂尔多斯高原全新世早期冻融褶曲的时代为 9 000 aBP ~ 8 000 aBP^[7];施雅风等通过对祁连山敦德冰芯的研究,强调了 8 900 aBP ~ 8 700 aBP 的强低温事件^[8]。

(2) 在调角海子剖面中发现了 8 000 aBP ~ 7 800 aBP 的弱低温波动。在国内尚未见此期低温波动的报道,仅杨怀仁等初步推断我国 8 200 aBP 左右是气候演化中的一个冷峰,但 G. H. Denton 等根据北半球冰川进退等气候指标的研究,明确指出北半球 8 200 aBP ~ 7 000 aBP 为全新世第一新冰期,且冷峰出现在 7 800 aBP 左右^[9]。可见,调角海子剖面发现的这一弱的低温波动,可能仍然是北半球气温变化的反映,但在我国是否存在,还有待发现和补充资料。

(3) 调角海子剖面揭示 7 000 aBP ~ 6 900 aBP 为一次明显的气候冷干波动。岱海沟沿发育了此期的冻融褶曲^[10];岱海石门水库测值年代为 $8\,385 \pm 120$ aBP 的冻融褶曲,其发育时代也很可能在 7 000 aBP 左右;在鄂尔多斯和陕西中北部的地层分析中也发现了 7 000 aBP 左右的低温期^[7,11]。在北美阿拉斯加的费尔班克斯,也有一个同时发育三层古冰楔的剖面,最上一层古冰楔的¹⁴C 年龄为 $6\,970 \pm 135$ aBP,时代正好与调角海子剖面下层古砂楔对应^[12]。

(4) 调角海子剖面揭示 6 000 aBP ~ 5 800 aBP 为一次弱低温波动。大青山第二石线(S₂)主要发育在 6 000 aBP 前后;我国北方农牧交错带仰韶农业文化在此时期出现衰落^[13]。此次低温波动是否仅局限于大青山地区,或者影响的范围有多大,还有待深入研究。

(5) 5 300 aBP ~ 4 700 aBP 是全新世强低温波动时期。岱海东河沿、公沟沿、鄂尔多斯萨拉乌苏河流域发育了此期的冻融褶曲。杨子庚等、孔昭宸等分别在河北平原东部和北京大王庄剖面发现了 5 500 aBP ~ 5 000 aBP 的低温事件^[14, 15]; 施雅风等在敦德冰芯研究中, 获得了 5 300 aBP 的冷峰; 北方农牧交错带仰韶后期 (5 500 aBP ~ 5 000 aBP) 人类文明进程受到严重挫折^[13]; Denton 等对北半球新冰期进行研究, 认为 5 800 aBP ~ 4 900 aBP 为一次新冰期, 且冷峰在 5 300 aBP。

(6) 3 100 aBP ~ 2 400 aBP 为全新世又一较强的气候冷干波动时期。岱海石门水库、瓦匠沟、锡林浩特等地发育了此期的冻融褶曲; 大青山于 3 500 aBP ~ 2 640 aBP 发育了第三条古石线 (S_3); 鄂尔多斯此期的寒冰裂隙及冻融褶曲普遍发育; 北方农牧交错带于此期出现古文化断层或古文化性质的跃变^[13]; Denton 等所称的全新世第三新冰期的年代为 3 300 aBP ~ 2 400 aBP。

(7) 调角海子古砂楔的冻裂深度指示全新世低温波动期年气温只比现在下降了 1 ~ 3 °C, 这与人根据全新世“冰缘现象”获得的下降 5 ~ 8 °C 的结论相差较大, 但却与根据我国东北多年冻土南界推移研究所得的结论一致。

(8) 调角海子古砂楔所反映的全新世低温波动的极端低温期较短, 一般只有 50 年 ~ 60 年, 但由植被、古土壤、考古记录等反映的低温波动期较长, 达 100 年 ~ 700 年, 这显然是由于这几类代用资料不如寒冻现象对气温变化那样敏感的缘故。例如, 植被的反应便是以拉长时限、减小气温振幅的方式出现的。

参 考 文 献

- 1 郭东信. 我国历史冻土研究的若干进展及其问题. 冰川冻土, 1988, 10(3) 300 ~ 303
- 2 梁凤仙等. 青藏公路沿线的多边形——脉构造及其古气候意义. 冰川冻土, 1984, 6(4) 49 ~ 60
- 3 谢又予等. 试论东北多年冻土形成的气候条件及其演化. 冰川冻土, 1985, 19(4) 323 ~ 329
- 4 崔之久. 试论多年冻土的冰缘标志及冰川与冰缘作用的关系. 冰川冻土, 1980, 2(2) 1 ~ 6
- 5 李容全. 中国北方冰缘与分期. 第四纪研究, 1990 (2) 125 ~ 136
- 6 崔之久等. 内蒙大青山全新世冰缘现象及环境演变. 冰川冻土, 1992, 14(4) 325 ~ 331
- 7 史培军. 地理环境演变研究的理论与实践. 北京 科学出版社, 1991 136 ~ 137
- 8 施雅风等. 中国全新世大暖期的气候波动与重要事件. 中国科学(B 辑), 1992 (12) 1300 ~ 1308
- 9 Denton G H et al. Holocene climatic variations— their pattern and possible cause. Quaternary Research, 1973, 3 155 ~ 205
- 10 周廷儒等. 华北更新世最后冰期以来的气候变迁. 北京师范大学学报, 1982 (1) 77 ~ 88
- 11 孙建中等. 黄土高原第四纪. 北京 科学出版社, 1991 186 ~ 205
- 12 Washburn A L. Geocryology. Edward Arnold (publisher) Ltd, 1979.
- 13 杨志荣等. 我国北方农牧交错带人类活动与环境的关系. 北京师范大学学报, 1996 (3) 415 ~ 420
- 14 杨子庚等. 试论河北平原东部第四纪地质几个基本问题. 地质学报, 1979, 53(4) 264 ~ 279
- 15 孔昭宸等. 北京地区 10000 年以来的植物群发展和气候变迁. 植物学报, 1982, 24(2) 172 ~ 181

A STUDY ON THE LOW TEMPERATURE FLUCTUATIONS
SINCE THE HOLOCENE IN DIAOJIAOHAIZI LAKE AREA,
DAQINGSHA MOUNTAINS, INNER MONGOLIA

Yang Zhirong

(*Geography Department, Hunan Normal University, Changsha 410006*)

Abstract

Based on field observation and measurement of periglacial phenomena, radio-carbon dates and sporo-pollen analysis of the samples from the Diaojiaohaizi section, this paper has inquired into the low temperature fluctuations in the Holocene in Daqingshan Mountains. The researches in the paper come into the conclusions as follows:

(1) There are six times low temperature fluctuations in the Holocene including those in 9100 aBP ~ 8800 aBP, 8000 aBP ~ 7800 aBP, 7000 aBP ~ 6900 aBP, 6000 aBP ~ 5800 aBP, 5300 aBP ~ 4700 aBP, and 3100 aBP ~ 2400 aBP. They have extensive regional significance except the 2nd and the 4th fluctuations which are relatively weak and confined to Daqingshan Mountains.

(2) Comparing the sand wedge developing conditions of three stages in the Holocene in Diaojiaohaizi section with the sand (ice) wedge developing conditions in Qinghai- Xizhang Plateau and the environmental conditions in the southern boundary of modern perennial frozen earth area in northeastern China, this paper hold that the annual temperature of the cold stages if the Holocene was only 1 ~ 3 lower than that of today, which is different from the conclusions of other researchers.

(3) The characteristics of the sand wedge in Diaojiaohaizi section indicated that the extreme low temperature interval in the cold stages if the Holocene was short, which was only 50 ~ 60 years. However, the low temperature interval indicated by vegetation, paleosoil and archaeological materials was relatively long, which was generally 100 ~ 700 years. This is clearly due to the sensitive difference of those proxy data.

Key words Daqingshan Mountains, Holocene, low temperature fluctuation

作 者 简 介

杨志荣, 男, 1962年11月生, 博士, 副教授, 主要从事环境演变与可持续发展方面的研究, 已发表“我国北方农牧交错带人类活动与环境的关系”等论文近30篇。