

论文

青藏公路沿线冻土的地温特征及退化方式

金会军(1);赵林;王绍令;晋锐

(1)中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冻土工程国家重点实验室, 青藏高原冰冻圈观测试验研究站, 兰州 730000, 中国

摘要:

青藏高原多年冻土(以下简称冻土)具有地域分布广、厚度薄及稳定性差等特征. 过去几十年的气候变暖背景下, 冻土广泛退化, 地温升高, 夏季最大融化深度加深, 冬季冻结深度减小. 冻土已经产生下引式、上引式和侧引式退化. 冻土层厚度减薄, 或者在某些地区彻底消失. 冻土退化模式研究在冻土学、寒区工程和寒区环境管理方面具有重要意义. 由南至北穿越560 km冻土区的青藏公路沿线(简称青藏线)冻土在青藏高原腹地具有很好的代表性. 在水平方向上, 冻土退化在多年冻土下界附近的零星冻土分布区、融区边缘和岛状冻土区表现得更为明显. 当最大季节融化深度超过最大季节冻结深度时, 冻土开始下引式退化; 通常形成融化夹层, 造成多年冻土和季节冻结层不衔接. 当多年冻土层中地温梯度减小到小于下伏或周边融土层时, 则产生上引式或侧引式退化. 下引式退化进程可分为4个阶段: (1) 初始退化阶段, (2) 加速退化阶段, (3) 融化夹层阶段, (4) 最终多年冻土彻底融化为季节冻土阶段. 当多年冻土中地温梯度降至下伏融土层地温梯度以下时, 则产生上引式退化. 3种类型冻土温度曲线(稳定型、退化型和相变过渡型)展现了这些退化模式. 虽然存在不同地段和类型的地温特征, 三种退化模式的各种组合最终将使多年冻土消融, 转变成季节冻土. 过去25年来, 青藏线冻土年平均下引式退化速率变化在6~25 cm, 年平均上引式退化速率在12~30 cm, 零星多年冻土区年平均侧引式退化速率为62~94 cm. 这些观测结果超过所报道的过去20年来阿拉斯加亚北极不连续冻土区4 cm的年平均退化速率, 蒙古国不连续冻土区的4~7 cm的年平均退化速率, 以及雅库梯共和国亚北极和阿拉斯加北极稳定性冻土区退化速率.

关键词: 青藏高原 青藏公路 多年冻土 地温曲线 退化方式 地热梯度

收稿日期 2005-09-20 修回日期 1900-01-01 网络版发布日期 2006-11-20

DOI:

基金项目:

通讯作者: 金会军 Email: hjjin@lzb.ac.cn

作者简介:

本刊中的类似文章

1. 吴锡浩; 安芷生; 黄土高原黄土-古土壤序列与青藏高原隆升[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1996,26(2): 103-110
2. 李述训; 程国栋; 郭东信; 气候持续变暖条件下青藏高原多年冻土变化趋势数值模拟[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1996,26(4): 342-347
3. 潘裕生; 周伟明; 许荣华; 王东安; 张玉泉; 谢应雯; 陈挺; 恩罗辉; 昆仑山早古生代地质特征与演化[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1996,26(4): 302-307
4. 郑度; 青藏高原自然地域系统研究[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1996,26(4): 336-341
5. 林振耀; 赵昕奕; 青藏高原气温降水变化的空间特征[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1996,26(4): 354-358
6. 钟大赉; 丁林; 青藏高原的隆起过程及其机制探讨[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1996,26(4): 289-295
7. 董文杰; 汤懋苍; 青藏高原隆升和夷平过程的数值模型研究[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1997,27(1): 65-69
8. 蔡宏翔; 宋成骅; 刘经南; 青藏高原1993和1995年地壳运动与形变的GPS监测结果分析[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1997,27(3): 233-238
9. 孙东怀; 刘东生; 陈明扬; 安芷生; 中国黄土高原红粘土序列的磁性地层与气候变化[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1997,27(3): 265-270

扩展功能

本文信息

Supporting info

PDF(1765KB)

[HTML全文](OKB)

参考文献[PDF]

参考文献

服务与反馈

把本文推荐给朋友

加入我的书架

加入引用管理器

引用本文

Email Alert

文章反馈

浏览反馈信息

本文关键词相关文章

▶ 青藏高原

▶ 青藏公路

▶ 多年冻土

▶ 地温曲线

▶ 退化方式

▶ 地热梯度

本文作者相关文章

▶ 金会军

▶ 赵林

▶ 王绍令

▶ 晋锐

PubMed

Article by

Article by

Article by

Article by

10. 朱文耀;程宗颐;熊永清;许华冠;黄立人;.利用GPS技术监测青藏高原地壳运动的初步结果[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1997,27(5): 385-389
11. 施雅风;汤懋苍;马玉贞;.青藏高原二期隆升与亚洲季风孕育关系探讨[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1998,28(3): 263-271
12. 安芷生;王苏民;吴锡浩;陈明扬;孙东怀;刘秀铭;王富葆;李力;孙有斌;周卫建;周杰;刘晓东;鹿化煜;张云翔;董光荣;强小科.中国黄土高原的风积证据:晚新生代北半球大冰期开始及青藏高原的隆升驱动[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1998,28(6): 481-490
13. 谢树成;姚檀栋;康世昌;段克勤;徐柏青;L.G.Thompson;.青藏高原希夏邦马峰地区冰雪有机质的气候与环境意义[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1999,29(5): 457-465
14. 丁林;钟大赉;.西藏南迦巴瓦峰地区高压麻粒岩相变质作用特征及其构造地质意义[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 1999,29(5): 385-397
15. 胥颐;刘福田;刘建华;孙若昧;何建坤;.中国大陆西北造山带及其毗邻盆地的地震层析成像\*[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2000,30(2): 113-122
16. 江新胜;潘忠习;付清平;.白垩纪时期东亚大气环流格局初探\*[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2000,30(5): 526-532
17. 张玉泉;谢应雯;李献华;邱华宁;赵振华;梁华英;钟孙霖;.青藏高原东部钾玄岩系岩浆岩同位素特征:岩石成因及其构造意义[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2000,30(5): 493-498
18. 吴敬禄;G. H. Schleser;王苏民;A. Lücke;李世杰;夏威夷;施雅风;.青藏高原东部兴措湖近0.2 ka来的气候定量复原[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(12): 1024-1030
19. 方小敏;吕连清;杨胜利;李吉均;安芷生;蒋平安;陈秀玲;.昆仑山黄土与中国西部沙漠发育和高原隆升\*[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(3): 177-184
20. 田立德;姚檀栋;孙维贞;M. Stievenard;J. Jouzel;.青藏高原南北降水中 $\delta D$ 和 $\delta^{18}O$ 关系及水汽循环\*[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(3): 214-220
21. 赵平;陈隆勋;.35年来青藏高原大气热源气候特征及其与中国降水的关系\*[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(4): 327-332
22. 章新平;中尾 正义;姚檀栋;韩健康;谢自楚;.青藏高原及其毗邻地区降水中稳定同位素成分的时空变化\*[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(5): 353-362
23. 效存德;姚檀栋;秦大河;K. Seko;蒲健辰;盛文坤;.青藏高原雪冰电导率与降水碱度以及大气粉尘载荷变化的关系\*[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(5): 362-371
24. 崔之久;李德文;冯金良;刘耕年;李洪江;.覆盖型岩溶、风化壳与岩溶(双层)夷平面\*[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(6): 510-519
25. 赵志军;方小敏;李吉均;.祁连山北缘酒泉盆地晚新生代磁性地层[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 195-201
26. 许志琴;杨经绥;姜枚;袁学诚;李海兵;薛光琦;钱辉;.青藏高原北部东昆仑-羌塘地区的岩石圈结构及岩石圈剪切断层[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 1-7
27. 侯增谦;李振清;曲晓明;高永丰;华力臣;郑绵平;李胜荣;袁万明;.0.5 Ma以来的青藏高原隆升过程——来自冈底斯带热水活动的证据[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 27-33
28. 杨经绥;孟繁聪;张建新;李海兵;.重新认识阿尔金断裂东段红柳峡火山岩的时代及构造意义[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 83-89
29. 刘池洋;杨兴科;任战利;赖绍聪;陈刚;赵红格;魏永佩;郑孟林;王成善;.藏北羌塘盆地查桑地区构造格局与演化[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 14-19
30. 罗照华;肖序常;曹永清;莫宣学;苏尚国;邓晋福;张文会;.青藏高原北缘新生代幔源岩浆活动及构造运动性质[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 8-13
31. 马晓冰;孔祥儒;刘宏兵;闫永利;.青藏高原东部大地电磁测深探测结果[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 72-76
32. 高锐;李朋武;李秋生;管焯;史大年;孔祥儒;刘宏兵;.青藏高原北缘碰撞变形的深部过程——深地震探测成果之启示[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 66-71
33. 邓万明.西羌塘第三纪钠质基性火山岩的地球化学特征及成因探讨[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 43-54
34. 崔之久;李德文;刘耕年;冯金良;张威;.湘桂黔滇藏红色岩溶风化壳的性质与夷平面的形成环境[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 134-141
35. 傅开道;高军平;方小敏;李吉均;.祁连山区中西段沉积物粒径和青藏高原隆升关系模型[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 169-174
36. 邓晋福;莫宣学;罗照华;汪洋;赵海玲;赵志丹;苏尚国;喻学惠;.青藏高原岩石圈不均一性及其动力学意义[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 55-60
37. 宋春晖;方小敏;李吉均;高军平;赵志军;范马洁;.青藏高原北缘酒西盆地13 Ma以来沉积演化与构造隆升[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 155-162
38. 吕连清;方小敏;J. A. Mason;李吉均;安芷生;.8.1 Ma以来朝那黄土-红黏土剖面粒度揭示的冬季风与北半球高纬气候的耦合演化[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 149-154
39. 颜茂都;方小敏;陈诗越;杨胜利;吕连清;李吉均;安芷生;.青藏高原更新世黄土磁化率和磁性地层与高原重大气候变化事件[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 182-186
40. 李栋梁;季国良;吕兰芝;.青藏高原地面加热场强度对北半球大气环流和中国天气气候异常的影响研究[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 312-319
41. 陈隆勋;李薇;赵平;.青藏高原冬季热状况对赤道太平洋纬向风异常的影响[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 320-326

42. 李维亮;于胜民;青藏高原地区气溶胶的时空分布特征及其辐射强迫和气候效应的数值模拟[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 300-307
43. 羊向东;王苏民;夏威岚;李万春;.典型对应分析在青藏高原现代湖泊硅藻与环境研究中的应用[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 273-279
44. 李万春;李世杰;尹宇;季江;濮培民;.青藏高原腹地半混合型湖泊的发现及其意义[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 269-272
45. 吴艳宏;王苏民;夏威岚;朱育新;尹宇;.青藏高原中部0.2 ka来的环境变化[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 264-268
46. 李炳元;王苏民;朱立平;李元芳;.12 kaBP前后青藏高原湖泊环境[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 258-263
47. 贾玉连;施雅风;王苏民;蒋雪中;李世杰;王爱军;李徐生;.40 ka以来青藏高原的4次湖涨期及其形成机制初探[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 241-251
48. 尹宇;李万春;羊向东;王苏民;李世杰;夏威岚;.特异湖浪介对水化学环境因子的形态学响应[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 252-257
49. 吕厚远;王苏民;吴乃琴;童国榜;羊向东;沈才明;李世杰;朱立平;旺罗;.青藏高原错鄂湖2.8 Ma来的孢粉记录[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 234-240
50. 田立德;姚檀栋;A. Numaguti;段克勤;.青藏高原南部季风降水中稳定同位素波动与水汽输送过程[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 215-220
51. 郭光剑;潘保田;李吉均;管清玉;刘志刚;.祁连山东段0.83 Ma以来的构造-气候事件[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2001,31(S1): 202-208
52. 段安民;刘屹岷;吴国雄.4~6月青藏高原热状况与盛夏东亚降水和大气环流的异常[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2003,33(10): 997-1004
53. 赵平;陈隆勋;周秀骥;巩远发;韩余.末次盛冰期东亚气候的数值模拟[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2003,33(6): 557-562
54. 王椿镛.川西藏东地区的地壳P波速度结构 [J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2003,33(S1): 181-181
55. 孙洁;.青藏高原东缘地壳、上地幔电性结构探测及其构造意义 [J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2003,33(S1): 173-173
56. 张艳武;吕世华;冯起;黄静;胡泽勇;.青藏高原单点陆面过程模拟试验[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2003,33(S1): 108-114
57. 吴庆举;曾融生;赵天津.喜马拉雅-青藏高原的上地幔倾斜构造与陆-陆碰撞过程[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(10): 919-925
58. 赵国泽;汤吉;詹艳;陈小斌;卓贤军;王继军;宣飞;邓前辉;赵俊猛.青藏高原东北缘地壳电性结构和地块变形关系的研究[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(10): 908-918
59. 范代读;李从先;K. Yokoyama;周保春;李保华;王强;杨守业;邓兵;吴国瑄.长江三角洲晚新生代地层独居石年龄谱与长江贯通时间研究[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(11): 1015-1022
60. 方小敏;赵志军;李吉均;颜茂都;潘保田;宋春晖;戴霜.祁连山北缘老君庙背斜晚新生代磁性地层与高原北部隆升[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(2): 97-106
61. 马玉贞;方小敏;李吉均;吴福莉;张军.西酒盆地晚第三纪-第四纪早期植被与气候变化[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(2): 107-116
62. 沈吉;吕厚远;王苏民;陈诗越;羊向东;吴艳宏;朱照宇.错鄂孔深钻揭示的青藏高原中部2.8 MaBP以来环境演化及其对构造事件响应[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(4): 359-366
63. 南卓铜;李述训;程国栋.未来50与100 a青藏高原多年冻土变化情景预测[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(6): 528-534
64. 邱铸鼎;李传夔.中国哺乳动物区系的演变与青藏高原的抬升[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(9): 845-854
65. 鹿化煜;安芷生;王晓勇;谭红兵;朱日祥;马海州;李珍;苗晓东;王先彦.最近14 Ma青藏高原东北缘阶段性隆升的地貌证据[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(9): 855-864
66. 张宪洲;石培礼;刘允芬;欧阳华;.青藏高原高寒草原生态系统土壤CO<sub>2</sub>排放及其碳平衡[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(S2 ): 193-199
67. 徐玲玲;张宪洲;石培礼;于贵瑞;.青藏高原高寒草甸生态系统表观量子产额和表观最大光合速率的确定[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2004,34(S2 ): 125-130
68. 姚檀栋;郭学军;Lonnie Thompson;段克勤;王宁练;蒲建辰;徐柏青;杨晓新;孙维贞.青藏高原冰芯过去100年 $\delta^{18}\text{O}$ 记录与温度变化[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2006,36(1): 1-8
69. 王先彦;鹿化煜;李峻峰;王晓勇;赵景波;黄宝春;李珍.青藏高原东北缘中新世红色土状堆积序列的成因及其对亚洲干旱过程的指示[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2006,36(3): 261-272
70. 赖绍聪;秦江锋;李永飞;隆平.青藏高原木荷日王新生代火火山岩地球化学及Sr-Nd-Pb同位素组成--底侵基性岩浆地幔源区性质的探讨[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2007,37(3): 308-318
71. 王建;G. Raisbeck;徐孝彬;F. Yiou;白世彪.青藏高原东南部沙鲁里山南端第四纪冰川作用的<sup>10</sup>Be年代学研究[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2006,36(8): 706-712
72. 吴艳宏;王苏民;侯新花;.青藏高原中部错鄂全新世湖泊沉积物年代学研究[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2006,36(8): 713-722
73. 王根绪;李元寿;吴青柏;王一博.青藏高原冻土区冻土与植被的关系及其对高寒生态系统的影响[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2006,36(8): 743-754
74. 王宁练;姚檀栋;蒲建辰;张永亮;孙维贞.青藏高原北部马兰冰芯记录的近千年来气候环境变化[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2006,36(8): 723-732

75. 来庆洲;丁林;王宏伟;岳雅慧;蔡福龙.青藏高原东部边界扩展过程的磷灰石裂变径迹热历史制约[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2006,36(9): 785-796
76. 万日金;吴国雄.江南春雨的气候成因机制研究[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2006,36(10): 936-950
77. 陶贞;沈承德;高全洲;孙彦敏;易惟熙;李英年.高寒草甸土壤有机碳储量和CO<sub>2</sub>通量 [J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2007,37(4): 553-563
78. 吴艳宏 Andreas Lücke Bernd Wünnemann 李世杰 王苏民.青藏高原中部全新世气候变化的湖泊沉积地球化学记录[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2007,37(9): 1185-1191
79. 勾晓华;陈发虎;杨梅学;Gordon Jacoby;方克艳;田沁花;张永.青藏高原东北部树木年轮记录揭示的最高最低温的非对称变化[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2007,37(11): 1480-1492
80. 陈贺海;汉景泰;丁仲礼;孙会国;郭正府.藏南乌郁盆地晚新生代沉积序列的时代及其区域构造意义[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2007,37(12): 1617-1624
81. 王椿镛;楼海;吕智勇;吴建平;常利军;戴仕贵;尤惠川;唐方头; L. Zhu; P. Silver.青藏高原东部地壳上地幔S波速度结构—下地壳流的深部环境[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(1): 22-32
82. 苗运法;方小敏;宋之琛;吴福莉;韩文霞.青藏高原北部始新世孢粉记录与古环境变化[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(2): 187-196
83. 徐锡伟;闻学泽;陈桂华;于贵华.巴颜喀拉地块东部龙日坝断裂带的发现及其大地构造意义[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(5): 529-542
84. 何宏林;池田安隆;何玉林;东乡正美;陈杰;陈长云;田力正好;越後智雄;冈田真介.新生的大凉山断裂带—鲜水河-小江断裂系中段的裁弯取直 [J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(5): 564-574
85. 华维, 范广洲, 周定文, 倪长健, 李学敏, 王永立, 刘雅勤, 黄先伦.青藏高原植被变化与地表热源及中国降水关系的初步分析[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(6): 732-740
86. 徐锡伟 于贵华 马文涛 林传勇 Yann Klinger??0Paul Tapponnier.昆仑山地震( $M_w$ 7.8)破裂行为、变形局部化特征及其构造内涵讨论[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(7): 785-796
87. 田立德 马凌龙 余武生 刘忠方 尹常亮 赵中平 唐威 王瑜.青藏高原东部玉树降水中稳定同位素季节变化与水汽输送[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(8): 986-992
88. 占瑞芬 李建平.青藏高原和热带西北太平洋大气热源在亚洲地区夏季平流层-对流层水汽交换的年代际变化中的作用[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(8): 1028-1040
89. 国家重大科学工程“中国地壳运动观测网络”项目组.GPS测定的2008年汶川Ms 8.0级地震的同震位移场[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(10): 1195-1206
90. 王二七 孟庆任.对龙门山中生代和新生代构造演化的讨论[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(10): 1221-1223
91. 张克信 王国灿 曹凯 刘超 向树元 洪汉烈 寇晓虎 徐亚东 陈奋宁 孟艳宁 陈锐明.青藏高原新生代主要隆升事件: 沉积响应与热年代学记录[J]. 中国科学D辑: 地球科学, 2008,38(12): 1575-1588

文章评论

反馈人	<input type="text"/>	邮箱地址	<input type="text"/>
反馈标题	<input type="text"/>	验证码	<input type="text"/> 9892