

- Internet Explorer is missing updates required to properly view this site. Click here to update... (<https://www.microsoft.com/windows/internet-explorer/default.aspx>)
- 您的浏览器已禁用JavaScript,(da)启(kai)用才能正常访问!



中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences

中国科学院大学

(<http://www.ucas.ac.cn>) | 中国科学院大学新闻  
首页 (/index.php) / 要闻速递 (/index.php/wysd) / 教学园地 (/index.php/jxyd) / 科研动态 (/index.php/kydd) / 通知公告 (/index.php/tzgg) / 院所专页 (/index.php/yysy) / 院所动态 (/index.php/yysd) / 视频新闻 (/index.php/spxy) / 科研人物 (/index.php/kyrw) / 管理教育 (/index.php/glyj) / 传媒聚焦 (/index.php/cmjj)

## 国科大博士生导师高晓清团队在冻土中未冻水成因研究中获进展

- 西北生态环境资源研究院 (兰州分院)
- 创建于 2020-12-11
- 425

中国科学院西北生态环境资源研究院研究员 (简称西北研究院)、中国科学院大学博士研究生导师高晓清团队在地学高影响期刊 *Water resources research* 上在线发表题为 *Modeling the Unfrozen Water Content of Frozen Soil Based on the Absorption Effects of Clay Surfaces* 的研究论文, 阐明了表面效应、吸附作用以及双电层作用在未冻水的形成中的作用和机理。

冻土中未冻水含量的变化影响着寒区冻土的冻融循环、水文循环, 陆气之间的水分和能量交换, 植被生长以及土体的结构强度。目前, 未冻水的成因包括毛细作用、表面效应、吸附作用和双电层结构。除了毛细作用外, 少有研究讨论其他各种作用在冻土未冻水形成中的贡献, 以及这些作用之间的区别和联系。这直接影响着未冻水的建模和含量的计算, 间接制约了冻土未冻水模型在气候、水文、生态和工程等领域的应用。

为了解决上述问题, 该研究假设极低温度下 (低于  $-18^{\circ}\text{C}$ ) 的未冻水为黏土表面双电层中的吸附层溶液, 双电层范围内吸附层外的未冻水为扩散层溶液, 双电层外的未冻水为毛细水 (图1)。基于此假设, 建立了自变量为温度、比表面积和双电层参数的未冻水理论模型。考虑到理论模型的输入参数多且难以获取, 该研究对双电层的影响因子展开了细致的分析和讨论。在此基础上将理论模型简化为仅需要温度和比表面积参数化模型。在一定温度范围内 ( $-1.5^{\circ}\text{C}$  到  $-20^{\circ}\text{C}$ ), 参数化模型的结果与实验数据非常吻合 (图2), 支持了该假设条件, 即黏土表面的双电层溶液是未冻水的主要组成部分。理论模型、参数化模型与现有半经验模型在数学结构上的相似性进一步表明黏土的表面效应是冻土未冻水的主要成因。

该研究解释了表面效应、吸附力和双电层结构的区别和联系。表面效应为黏土表面分子和负电荷的综合效应。吸附力为黏土表面效应产生的一种综合作用力。吸附力的性质和大小随着表面距离发生变化。在黏土颗粒表面, 黏土分子产生范德华力和化学力, 负电荷产生静电力。当表面距离小于吸附层厚度时, 未冻水受到的吸附力为范德华力、化学力和静电力的合力。当表面距离大于吸附层厚度、小于双电层厚度时, 未冻水受到的吸附力为静电力。静电力随着表面距离呈幂指数衰减。静电力的分布特征造成了未冻水中离子浓度的梯度变化。而溶液离子浓度与其冻结温度呈线性关系。这就阐明了未冻水溶液离子浓度的梯度变化在未冻水含量随温度呈指数变化关系中的作用机理。

西北研究院靳潇博士为论文第一作者, 杨文副研究员为通讯作者, 西北研究院高晓清研究员, 李振朝副研究员、蒋俊霞博士、中科院大气物理研究所赵剑琦副研究员参与该项研究。该研究获国家重点研发项目 (2018YFB1502800)、国家自然科学基金 (41475018, 41675017) 等共同资助。

文章链接

(<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020WR027482>)

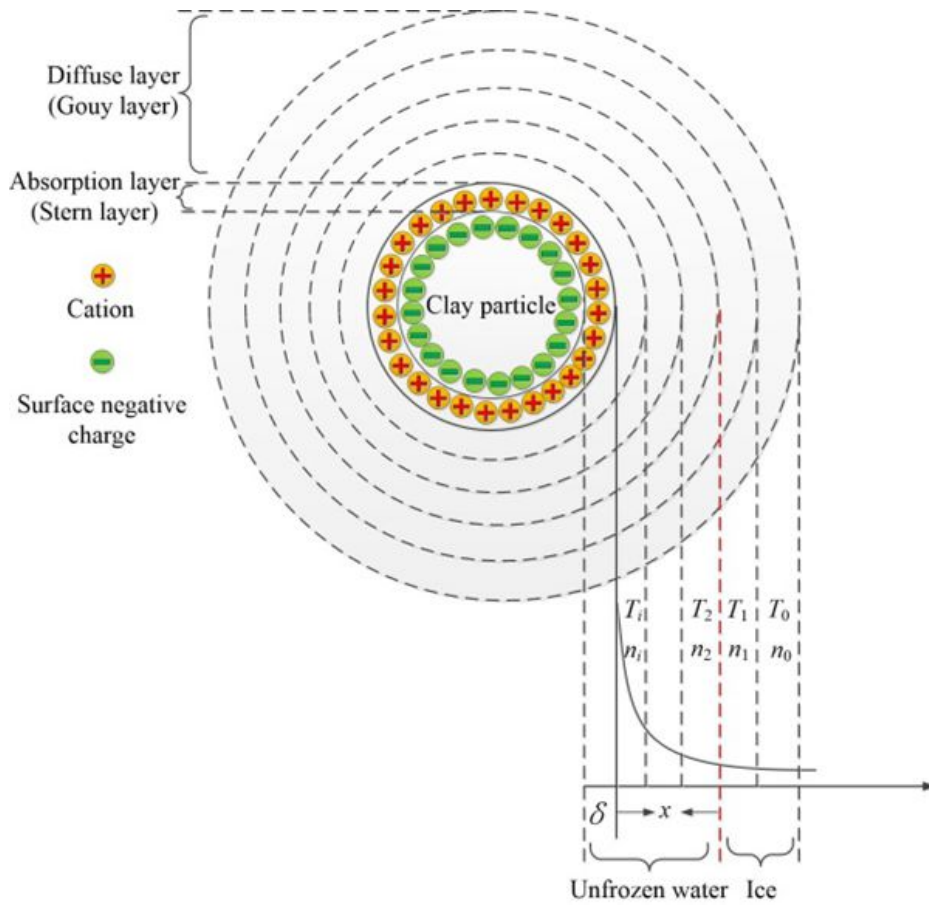


图1 黏土颗粒表面未冻水的双电层结构

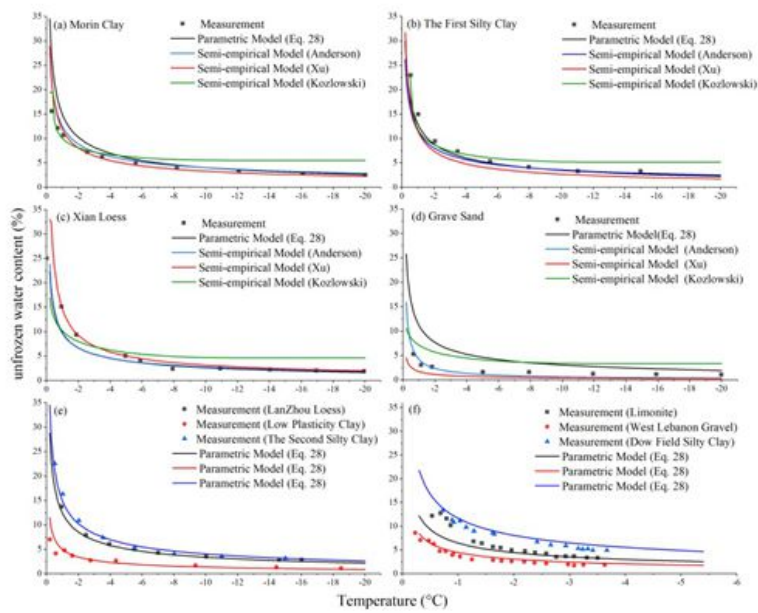


图2 参数化模型、半经验模型的结果和实测未冻水含量的比较

责任编辑：脱畅

分享到：QQ空间新浪微博腾讯微博人人网微信