

西北研究院冻土中未冻水成因研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/12034.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

近日，中国科学院西北生态环境资源研究院高晓清团队在 *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*

的学术论文，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°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）。基于这一假设，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°C 到 -20°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。

西北研究院博士靳潇为论文第一作者，副研究员杨文为论文通讯作者。西北研究院研究员高晓清，副研究员李振朝、博士蒋俊霞，以及中科院大气物理研究所副研究员赵剑琦参与研究。研究工作获国家重点研发项目、国家自然科学基金等共资助。

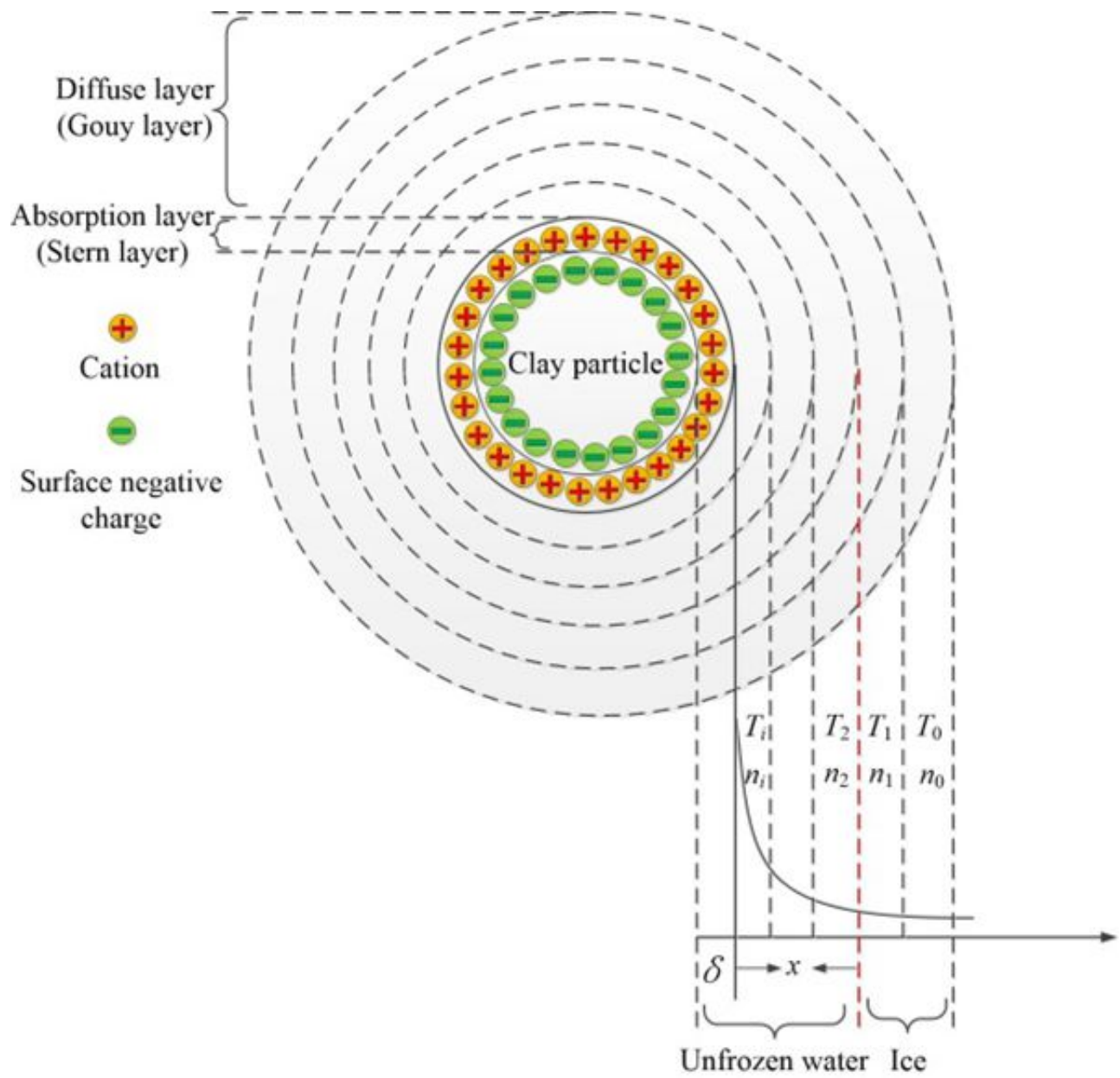


图1.黏土颗粒表面未冻水的双电层结构

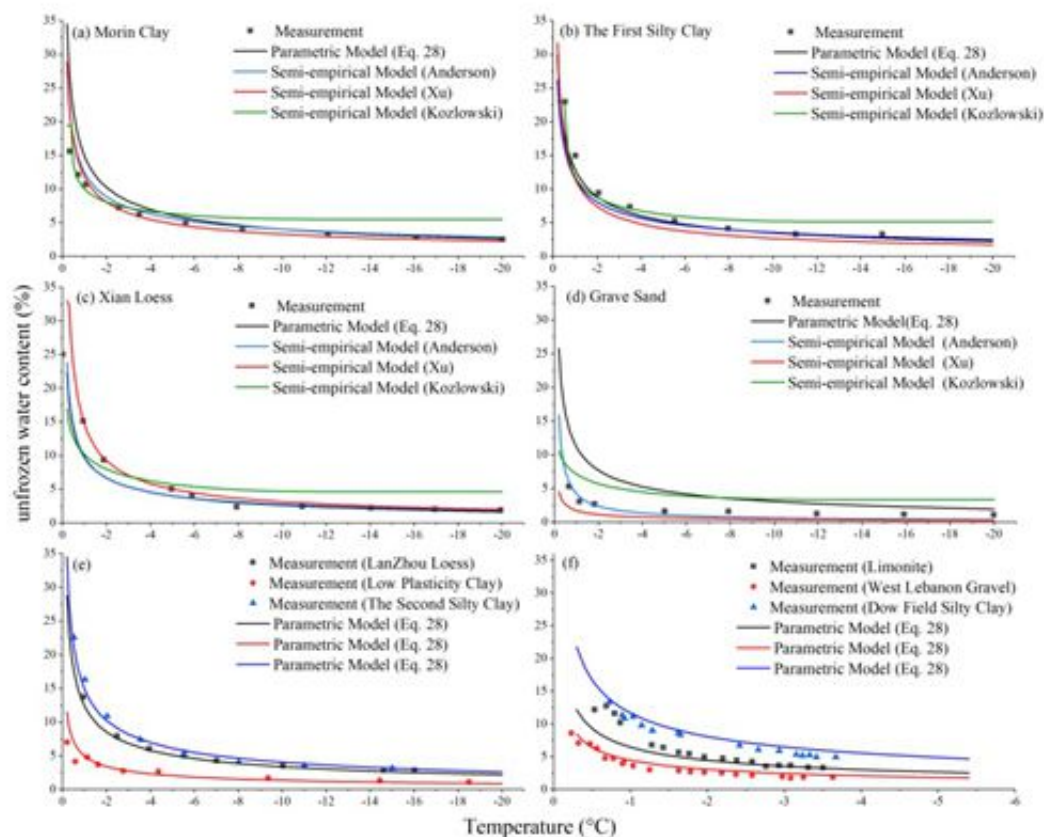


图2.参数化模型、半经验模型的结果和实测未冻水含量的比较

研究团队单位：西北生态环境资源研究院

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发