

季节冻土区非饱和土体水-汽-热耦合迁移特征与高压输电塔基稳定性评价方法

Coupled water-vapour-heat migration characteristics of unsaturated soils in seasonal permafrost zones and the stability evaluation method of high-voltage transmission tower foundations

程志和 丛晟亦 刘杨 许天辉

Cheng Zhihe Cong Shengyi Liu Yang Xu Tianhui

(哈尔滨工业大学土木工程学院, 黑龙江哈尔滨 150090)

(SSchool of Civil Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang 150090, China)

摘要: 我国季节冻土区面积分布广泛, 高压输电线路的建设, 无可避免的要穿越这些季节冻土区。非饱和和冻土水热活动对高压输电线路塔基施工和运营等产生严重影响。调查发现: 输电线路塔基失稳模式主要存在冻胀和融沉两种, 冻结与春融期融雪作用下水热耦合迁移更加剧了冻害的发生。土体和水是冻害发生的核心要素, 其中水是进行质、能交换的主要驱动力, 土体水分变化反映了蒸发、入渗、径流、截留、渗漏等多界面的水文过程及土体水文性质。早期研究普遍认为水汽迁移在冻土中的水分传输占比很低, 可忽略不计, 因此以往研究多是基于饱和土或液态水开展土体冻胀特性的相关研究。相比于非冻结时期, 冻结期内由于土体孔隙中冰的存在会阻碍液态水迁移, 气态水在土体水分迁移中的影响会更加明显, 开展非饱和土体水汽热耦合研究对于厘清季节性冻土区土体水循环过程与高压输电塔基稳定性关联尤为关键。然而, 关于季节冻土区非饱和土体水-汽-热耦合迁移特征与高压输电塔基稳定性评价方法的研究现状及应加强研究的重点领域鲜有报道。鉴于此, 综述冻融和非冻融条件下非饱和土体水-汽-热耦合迁移理论的提出与发展过程, 阐述融雪或降雨作用下对非饱和冻土多场耦合研究的具体影响, 总结高压输电塔基失稳的物理机制与发生条件, 并从季节性冻土区研究实际需求的视角提出未来亟待加强研究的重点方向, 以期深化季节性冻土区非饱和土体水-汽-热耦合迁移理论以及解决季节性冻土区高压输电塔基稳定性分析和冻害防控相关实际问题提供科学依据。

关键词: 非饱和冻土; 季节性冻土区; 水-汽-热耦合模型; 输电塔基; 稳定性