

1 绪 论

1.1 问题的提出

新疆生产建设兵团（以下简称兵团）为开发新疆、建设新疆，使沙漠变绿洲，茫茫戈壁变良田，在一穷二白的基础上建立了农、牧、工、商等为一体的大型国有企业，为新疆的经济发展和边疆稳定繁荣做出了巨大贡献。

但是新疆特殊的“三山夹两盆”（三山：阿勒泰山、天山、昆仑山；两盆：准噶尔盆地、塔里木盆地）地理环境，且两大沙漠（古尔班通古特沙漠、塔克拉玛干沙漠）横亘其中，造成新疆地区气候严寒，冬季时间较长，一般情况下负温长达 5~6 个月，冬季漫长，夏季炎热，春秋两季不明显。新疆地区的土地基本上是围绕河流形成绿洲，居民和主要经济区大部分分布在靠近三山两坡的坡角和冲积平原上。新疆兵团由于历史原因，为了保家卫国、屯垦戍边，在茫茫戈壁滩和沼泽地、沙漠周边开垦出土地，并经过兵团几代人的改良，形成现在的沃野千里，并使兵团垦区成为新疆的主要产粮、棉、油、工、商等经济区。但是垦区大部分都处于戈壁滩、沼泽地带、沙漠周边或边

新疆垦区公路盐胀和冻胀病害防治技术

境线上，其中有 58 个边境团场、38 个一线边境农场沿 2100 km 边境线分布，其大部分团场是在盐碱地、戈壁滩以及沙漠中开垦出来的，处于“水到头、路到头”的环境，其地质状况和气候条件等均比新疆其他地方恶劣，一般比同地区冬季冷、夏季热，且公路盐胀和冻胀病害普遍存在，垦区是盐胀和冻胀病害的“高发区”。这些地区交通落后已严重制约兵团垦区生产力的发展和人民生活水平的提高。在改革开放后特别是在西部大开发的影响下，兵团垦区近几年的道路质量，特别是道路里程有了明显的改善，但因道路等级低，随之而来的公路冻胀和盐胀病害使得公路使用品质大大下降。为解决垦区内公路冻胀和盐胀病害问题，我们在交通部科技项目“新疆兵团垦区公路盐胀和冻胀病害防治技术应用研究”课题中，重点分析了垦区公路冻胀和盐胀病害产生的机理，在对国内外、区内外公路冻胀和盐胀防治技术的调查基础上，通过垦区公路的调查研究，提出适用于垦区内防治冻胀和盐胀病害最经济的措施，进而为兵团垦区的公路建设利用当地材料防治公路盐胀和冻胀病害提供思路和方向，这对兵团垦区节省公路建设资金、降低筑路成本、减少公路养护维修费用，加快垦区公路建设和兵团经济的“二次腾飞”具有重要的现实意义。

结合兵团所处地区的特点：垦区盐渍化较为严重、冬季低温极低，并且

低温持续时间很长，公路等级较低（大部分为三、四级公路）。因此为降低道路维修费用，增强公路使用品质，延长公路使用年限，在借鉴国内外防治公路冻胀和盐胀技术的经验和成果的基础上，利用当地丰富的材料进行公路病害防治是本研究研究的方向。本研究研究的目的就是将目前国内外对于盐胀和冻胀防治研究的新技术、新成果应用到等级低、造价低的兵团垦区公路建设中，充分利用垦区内现有的筑路材料，因地制宜，提出适合兵团垦区公路建设的方法，寻找行之有效、针对性强的治理方案，对兵团垦区公路盐胀和冻胀病害加以防治，并以较小的投资获得较大的经济效益和社会效益，促进兵团垦区经济可持续发展，为今后兵团垦区公路勘测设计、施工及公路病害防治提供可靠依据。

1.2 国内研究现状

我国幅员辽阔，各地自然条件与经济状况差异较大，造成筑路条件的差异性较大。国内对公路冻胀问题有所研究，但是主要针对冻胀发生的机理分析和影响因素的研究较多，而对防治冻胀病害的治理措施方面基本是笼统叙述，至于各种处理措施的应用范围和应用效果等方面的研究成果较少；另外，针对多年冻土研究较多，如我国对川藏公路和青藏铁路沿线多年冻土正在研

新疆垦区公路盐胀和冻胀病害防治技术

究。我国的路基施工技术规范中对冻土地区施工也有所表述，但对于新疆地区干旱少雨、严寒且温差较大，特别是兵团垦区特殊的地理环境及公路级别较低（大多为三级或以下等级公路）、道路的路面面层较薄（一般为 3 cm）等情况研究不足，其预防措施有一定的局限性，针对性不强，并且未形成系统的研究理论，参照性不足，未能形成在垦区内全面推广应用的条件。

对于公路盐胀病害，国内已经进行了研究，特别是青海交通厅及新疆交通厅对盐渍土病害进行了较为系统的研究，新疆交通厅颁布了《新疆盐渍土地区公路路基路面设计与施工规范》，但这些成果主要针对三级或以上等级干线公路。而对于兵团垦区公路等级低，造价低，气候、地理环境更为恶劣的特点，这些成果有待于进一步的补充完善，并在垦区公路上研究应用。新疆兵团勘测规划设计研究院、兵团农一师交通局及相关单位虽然对公路盐胀和冻胀防治做了一些初步的研究，但由于缺少经费、专家少、研究范围窄，缺少必要的实测数据及理论分析，未形成系统全面的研究成果，致使兵团垦区公路盐胀和冻胀病害问题至今仍然为垦区公路建设中的主要技术难题。因此将目前国内外先进的防治盐胀和冻胀技术应用到兵团垦区低等级、低造价公路，从而减少和消除盐胀和冻胀病害，降低公路造价，为今后垦区公路建设提供科学的依据是极为必要的。

1.3 研究过程

本研究 2005 年 5 月立项, 2005 年 6 月 24 日在新疆乌鲁木齐市通过了本项目可研报告的专家评审, 并于 2005 年 9 月 9 日与交通部科技教育司签订了合同。2005 年 7~10 月, 在农八师新西线采用风积沙隔断层作为防治冻胀、盐胀病害试验路进行研究, 使得研究小组对采用风积沙防治冻胀及盐胀病害的可行性、应用效果及经济性等有了一定的认识, 并初步形成了系统的整治方案; 2005 年 7 月至 2006 年 7 月, 依托等级较高的二级公路——农一师阿塔公路 (S207 线), 对利用风积沙垫层、砂砾石料垫层和土工隔栅以及水泥稳定砂砾基层这些综合措施防治久治不愈的盐胀和冻胀病害进行了系统的试验研究, 通过该试验路的修建以及观测, 课题组通过总结, 提出了等级较高、道路水文地质情况较差的路段防治冻胀和盐胀病害的治理措施及思路。并且通过该两条试验路的试验分析以及运行观测, 提出了利用垦区内储量较为丰富的风积沙进行公路病害防治的措施及思路。

为了研究公路盐胀和冻胀病害产生的机理, 研究小组对本公司在交通部西部交通建设科技项目研究中的盐渍土试槽的资料进行了系统的分析研究, 提出了对待公路盐胀盐渍土的处理措施。为了进一步较为系统地研究公路冻

新疆垦区公路盐胀和冻胀病害防治技术

胀、盐胀防治技术，研究小组成员赴陕西进行了调研，并取得了大量的研究资料及文献，为研究研究提供了方向。

为了分析垦区公路盐胀和冻胀病害程度，课题组分别在 2006 年 3 月和 12 月、2007 年 3 月和 4 月对垦区南北疆的主要团场 20 余条道路进行调查，通过分析提出了垦区内公路盐胀和冻胀病害评估分析成果。为了进一步对垦区公路盐胀和冻胀病害防治技术进行分析研究，课题组对所调查的道路和试验路段进行了跟踪调查、分析和研究，通过总结和系统分析从而形成本课题防治技术应用的研究报告。

1.4 研究内容与技术路线

1.4.1 研究内容

本课题的主要研究内容分为三个部分。第一部分兵团垦区公路盐胀和冻胀病害分析评估，通过试验路的修筑和大量的路况调查、取样分析，系统地研究了垦区公路冻胀和盐胀病害的分布特征、病害特征，在此基础上提出了垦区公路盐胀和冻胀病害的评价。第二部分是盐胀、冻胀、盐胀及冻胀综合病害的机理分析及研究，在对国内外大量试验研究资料的调查分析以及对盐渍土试槽的数据进一步分析的基础上，结合兵团垦区特点，对垦区内公路冻胀及盐胀病害形成的原因、影响因素、形成机理、产生病害的形式以及国内外目前常用的防治措施等面进行了系统的分析和研究，为垦区公路防治盐胀和冻胀病害的技术应用提供了理论基础，这也是本课题的基础。第三部分是垦区公路盐胀和冻胀病害防治技术的应用研究，通过试验路的修筑及调查资料的分析，对垦区适用的防治冻胀及盐胀病害的技术措施进行了归类和总结，并对各种防治措施的适用条件和技术要求等方面进行了研究。具体研究内容概括如下。

1. 垦区公路盐胀和冻胀病害调查及分析评估

新疆垦区公路盐胀和冻胀病害防治技术

通过对垦区南北疆 6 个师 20 余条公路的路况调查以及试验分析, 针对不同公路产生病害的特征及其处理措施的对比分析, 总结出垦区公路冻胀及盐胀病害的地理分布特征以及病害特征, 为垦区公路防治冻胀和盐胀病害技术的应用提供依据。

2. 垦区公路冻胀影响因素及机理研究

影响垦区公路冻胀的主要影响因素为土质、水分、温度、路面结构和土中盐分的含量等, 但以土质、水分和温度为主。因此结合垦区公路所处的地理位置环境及气候条件, 对各种影响因素进行了分析研究; 在此基础上分析了公路冻胀的机理, 并结合垦区特点, 对垦区公路产生冻胀的原因进行了系统分析研究; 在调查国内外治理冻胀的方法基础上, 对各种防治方法进行了简单的阐述。

3. 垦区公路盐胀影响因素及机理研究

对盐渍土盐胀病害的特征及盐胀的影响因素和机理方面, 结合垦区的特点做了系统的分析研究, 并结合盐渍土试槽资料的进一步分析, 在此基础上对盐胀温度、盐胀变化趋势及特征、隔断层的设置以及盐胀与冻深的关系等进行了研究。

4. 垦区公路冻胀和盐胀综合病害研究

通过对垦区公路冻胀和盐胀的比较分析，研究了冻胀和盐胀的共同点及区别；通过理论分析研究，提出了季节性冰冻盐渍土地区土体变形破坏的阶段划分及其特征；并结合垦区特点，分析了冰冻盐渍土地区土体变形的影响因素；在此基础上通过理论分析研究了冰冻盐渍土地区公路变形破坏的受力状况及其特征；重点研究了盐胀和冻胀破坏对水泥稳定砂砾基层的影响。

5. 垦区公路防治冻胀和盐胀病害技术应用研究

通过对垦区 17 条调查公路调查分析以及 2 条试验道路的修筑和应用效果观测，对垦区公路冻胀及盐胀病害的防治措施进行汇总总结，系统分析研究了风积沙隔断层、土工布隔断层、降低水位法、增强路面强度及综合措施的应用，重点研究了风积沙隔断层用于冻胀和盐胀防治的可行性、应用范围、使用要求，提出了垦区公路风积沙隔断层的铺设厚度及适用条件；并对土工布隔断法防治冻胀及盐胀病害的应用进行分析研究，提出了土工布隔断层的适用范围和铺设位置。

6. 垦区公路防治冻胀及盐胀试验工程应用研究

通过农八师新西线进一步充实和验证风积沙隔断层的应用条件和应用要求，分析其经济性；依托农一师阿塔公路（S207 线）研究风积沙隔断层、砂砾石料隔断层、土工隔栅及水泥稳定砂砾基层的综合措施防治冻胀和盐胀病害。

新疆垦区公路盐胀和冻胀病害防治技术

1.4.2 技术路线

(1) 对兵团垦区南北疆 6 个师的公路病害状况进行广泛的调查，分析评价垦区公路的病害。

(2) 通过对垦区内盐渍土病害路段的试验检测，分析盐胀病害的发生规律及对垦区公路评价提供依据。

(3) 结合垦区特点对垦区公路产生冻胀的因素、条件、病害特征进行了系统的研究，并对防治措施做了简单汇总说明。

(4) 在调查研究的基础上，根据垦区的地理、地质及气候条件，从理论上对垦区公路盐胀的影响因素、病害特征、盐胀机理等进行研究。通过对盐渍土试槽的试验及观测，分析研究了地面温度和路基降温的关系、降温和盐胀的关系等。

(5) 结合垦区冰冻盐渍土地区的地理环境、气候条件，分析研究了冻胀和盐胀病害的共同点及区别；探讨了冰冻盐渍土地区土体变形破坏的阶段划分，定性分析了冰冻盐渍土地区冻胀和盐胀变形破坏的受力特征；在调查的基础上分析研究了冻胀和盐胀对水泥稳定砂砾基层的影响因素及破坏特征，并提出了防治措施。

(6) 利用农八师新西线试验路段的修筑，系统研究了风积沙隔断层防治