

“十二五”国家重点图书出版规划项目
交通运输建设科技丛书·公路基础设施建设与养护

Deformation Theory of
Cement Stabilized Sand-gravel Base
in Arid Desert Region Highway

干旱荒漠地区公路 水泥稳定砂砾基层变形理论



杨三强 刘 涛 编著
谭忆秋 洪 亮
郝培文 黄晓明 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



重点图书出版规划项目

—— 科技丛书 · 公路基础设施建设与养护
交通运输建设科技项目经费支持

干旱荒漠地区公路水泥稳定 砂砾基层变形理论

杨三强 刘 涛 谭忆秋 洪 亮 编著
郝培文 黄晓明 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书针对新疆干旱荒漠区水泥稳定基层的病害特性、变形机理、影响因素及预估模型等方面的研究,揭示了大温差条件下水泥稳定砂砾基层的收缩特性及水泥稳定砂砾的变形原因,确定了新疆地区骨架密实型抗裂结构水泥稳定砂砾的级配范围及适宜的水泥剂量,为水泥稳定砂砾基层设计、施工以及养护等方面,提供技术支持与理论支撑。本书共分为五章,分别为绪论、水稳基层病害特性分析、水泥对水稳层变形影响分析、水稳基层材料对比对水稳基层变形特性影响分析、水稳基层材料变形预估模型分析。

本书可供有关大专院校、科研单位、工程设计和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

干旱荒漠地区公路水泥稳定砂砾基层变形理论/杨三强等编著. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2014. 7

(交通运输建设科技丛书·公路基础设施建设与养护)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-114-11531-8

I. ①干… II. ①杨… III. ①干旱区—水泥稳定砂砾—路面基层—地基变形—研究—新疆②荒漠—水泥稳定砂砾—路面基层—地基变形—研究—新疆 IV.

①U416.213

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 151571 号

“十二五”国家重点图书出版规划项目

交通运输建设科技丛书·公路基础设施建设与养护

交通运输建设科技项目经费支持

书 名: 干旱荒漠地区公路水泥稳定砂砾基层变形理论

著 者: 杨三强, 刘 涛, 谭忆秋, 洪 亮

责任编辑: 曲 乐, 郑蕉林, 牛家鸣

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 11.25

字 数: 256 千

版 次: 2014 年 8 月 第 1 版

印 次: 2014 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11531-8

定 价: 33.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

交通运输建设科技丛书编审委员会

主 任：赵冲久

副主任：洪晓枫 袁 鹏

委 员：郑代珍 林 强 付光琼 赵之忠 石宝林 张劲泉
费维军 关昌余 张华庆 蒋树屏 沙爱民 郑健龙
唐伯明 孙立军 王 炜 张喜刚 吴 澎 韩 敏

总 序

近年来，交通运输行业认真贯彻落实党中央、国务院“稳增长、促改革、调结构、惠民生”的决策部署，重点改革力度加大，结构调整积极推进，交通运输科技攻关不断取得突破，促进了交通运输持续快速健康发展。目前，我国公路总里程、港口吞吐能力、全社会完成的公路客货运量、水路货运量和周转量等多项指标均居世界第一。交通运输事业的快速发展不仅在应对国际金融危机、保持经济平稳较快发展等方面发挥了重要作用，而且为改善民生、促进社会和谐作出了积极贡献。

长期以来，部党组始终把科技创新作为推进交通运输发展的重要动力，坚持科技工作面向需求，面向世界，面向未来，加大科技投入，强化科技管理，推进产学研相结合，开展重大科技研发和创新能力建设，取得了显著成效。通过广大科技工作者的不懈努力，在多年冻土、沙漠等特殊地质地区公路建设技术，特大跨径桥梁建设技术，特长隧道建设技术，深水航道整治技术和离岸深水筑港技术等方面取得重大突破和创新，获得了一系列具有国际领先水平的重大科技成果，显著提升了行业自主创新能力，有力支撑了重大工程建设，培养和造就了一批高素质的科技人才，为交通运输科学发展奠定了坚实基础。同时，部积极探索科技成果推广的新途径，通过实施科技示范工程，开展材料节约与循环利用专项行动计划，发布科技成果推广目录等多种方式，推动了科技成果更多更快地向现实生产力转化，营造了交通运输发展主动依靠科技创新，科技创新服务交通发展的良好氛围。

组织出版《交通运输建设科技丛书》，是深入实施创新驱动战略和科技强交战略，推进科技成果公开，加强科技成果推广应用的又一重要举措。该丛书分为公路基础设施建设与养护、水运基础设施建设与养护、安全与应急保障、运输服务和绿色交通等领域，将汇集交通运输建设科技项目研究形成的具有较高学术和应用价值的优秀专著。丛书的逐年出版和不断丰富，有助于集中展示和推广交通运输建设重大科技成果，传承科技创新文化，并促进高层次的技术交流、学术传播和专业人才培养。

今后一段时期是加快推进“四个交通”发展的关键时期，深入实施科技强交战略和创新驱动战略，是一项关系全局的基础性、引领性工程。希望广大交通运输科技工作者进一步解放思想、开拓创新，求真务实、奋发进取，以科技创新的新成效推动交通运输科学发展，为加快实现交通运输现代化而努力奋斗！

王 吕 顺

2014 年 7 月 28 日

前 言

新疆干旱荒漠区气候干燥、冬寒夏热，全疆平均年降水量仅 145mm，形成了极端干燥的大陆性气候。该地区许多地方最大昼夜温差为 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，年温差最大可达 70°C ，大温差特点明显，水泥稳定基层材料温缩和干缩裂缝将不可避免的产生。伴随着西部大开发和新疆建设资源大省的目标，现有道路重载交通现象非常严重，加之较为突出的气候环境使承重基层变形破坏严重，如何治理干旱荒漠地区特殊环境下水泥稳定基层所产生的病害，对延长道路使用寿命、降低与节约建设养护费用具有重要的现实意义。本书针对新疆干旱荒漠地区水泥稳定砂砾基层的病害特性、变形机理、影响因素及预估模型等方面研究，揭示了大温差条件下水泥稳定砂砾基层的收缩特性及水泥稳定砂砾的变形原因，确定了新疆地区骨架密实型抗裂结构水泥稳定砂砾的级配范围及适宜的水泥剂量，为水泥稳定砂砾基层设计、施工以及养护等方面提供技术支持与理论支撑。

本书内容依托交通运输部应用基础研究项目（重点平台）《干旱荒漠区大温差条件下水稳基层变形机理研究》进行编写，共分为五章。第一章从干旱荒漠区大温差条件下水泥稳定基层研究现状入手，分析了研究中存在的主要问题。第二章针对新疆地区南疆、北疆以及东疆片区水泥稳定砂砾基层铺筑及使用状况进行系统调查，结合探地雷达检测等方法，详细总结分析了各片区水泥稳定基层原材料、配合比与施工工艺，各片区水泥稳定基层病害特点以及主要影响因素。第三章针对水泥对水泥稳定基层变形机理影响进行了研究。研究结合室内、外试验，依托 S327 线将军庙至北山煤窑、G216 线五彩湾至大黄山高速公路试验段工程，对水泥干缩、温缩特性，以及水泥对水泥稳定砂砾混合料收缩变形的影响进行了深入分析。提出了双掺外加剂的水泥收缩改善措施，揭示了大温差条件下水泥砂浆的收缩特性，提出了水泥品种的选择方法。第四章针对新疆地区常用的水泥稳定砂砾基层筑路材料物理、化学差异性，开展了水泥稳定砂砾基层材料配比对水泥稳定砂砾基层变形特性影响分析。确定了新疆地区不同级配抗裂结构水泥稳定砂砾基层适宜的水泥剂量；对水泥稳定砂砾集料振动与击实成型进行了对比分析，提出了相应的水泥稳定砂砾基层混合料击实方法；通过干燥收缩、温度收缩

试验, 以及 CT 扫描分析, 提出了干旱荒漠区骨架密实型抗裂结构水泥稳定砂砾基层级配范围。第五章通过灰关联理论确定了水泥稳定砂砾基层材料干燥收缩变形、温度收缩变形影响因素及影响程度排序, 建立了水泥稳定砂砾基层收缩应变的预估模型, 揭示了大温差条件下水泥稳定砂砾基层的变形过程。

本书介绍的干旱荒漠区水泥稳定基层病害特性以及治理对策, 水泥稳定基层变形特性影响分析, 建立的水泥稳定基层收缩应变预估模型, 不仅揭示了大温差条件下水泥稳定基层变形过程, 而且对该地区水泥稳定砂砾基层设计、施工以及养护等方面也具有借鉴意义。本书可供有关大专院校、科研单位、工程设计和管理人员参考使用。

作 者

2014 年 5 月

目 录

第一章 绪论	001
第二章 水稳基层病害特性分析	003
第一节 水稳基层典型路段调查	003
第二节 水稳基层病害特性分析	042
第三节 结论	049
第三章 水泥对水稳基层变形影响分析	050
第一节 原材料及试验方法	050
第二节 水泥胶砂试件收缩特性分析	059
第三节 水泥与水稳砂砾收缩特性灰关联分析	067
第四节 水泥收缩特性选型分析	071
第五节 水泥收缩改善试验分析	074
第六节 结论	085
第四章 水稳基层材料对比水稳基层变形特性影响分析	087
第一节 水稳基层集料特性对变形影响分析	087
第二节 水稳基层材料试件成型方式研究	098
第三节 水稳基层集料级配对变形影响分析	103
第四节 试验路铺筑分析	134
第五节 结论	136
第五章 水稳基层材料变形预估模型分析	138
第一节 水稳基层材料变形特性的影响因素分析	138
第二节 水稳基层材料变形预估模型分析	155
第三节 水稳基层材料变形预估模型验证分析	162
第四节 结论	164
参考文献	165

第一章 绪 论

改革开放以来,我国西北干旱荒漠区公路建设取得了长足的进展,建设成就有目共睹。特别是近 20 年来,新疆维吾尔自治区干旱荒漠区公路的通车里程及路网等级都有了较大提高。在已建成的公路中,大部分道路采用了水泥稳定(以下简称“水稳”)基层路面结构,并且取得了较好的使用效果。如 G216 线吐鲁番—乌鲁木齐—大黄山高等级公路,除部分路段由于软土地基的沉降而出现损坏外,大部分路段没有发生严重的结构性破坏。但是由于新疆高等级公路建设起步较晚,筑路材料、施工技术水平等方面还存在着较多的问题,加之新疆干旱荒漠地区恶劣的大温差(极寒、极热交替循环)环境和应力疲劳破坏,导致半刚性基层出现大量由变形破坏引起的反射裂缝,诱发了多种严重道路病害,成为干旱荒漠地区道路的重要破坏形式。调查研究表明,目前新疆地区不同等级公路(高速公路及一、二级公路)因大温差导致的路基、路面低温开裂和高温膨胀变形病害占到病害总数的 70% 以上(尤其以 G30 线连霍高速小草湖至达坂城段高温膨胀病害和 G218 线那拉提段低温开裂病害为显著代表),且近些年仍有扩大的趋势。

伴随着西部大开发和新疆建设资源大省的目标,现有道路重载交通现象非常严重,加之恶劣的气候环境使承重基层变形破坏现象突出,如何解决新疆干旱及大温差特殊环境下水泥稳定砂砾基层材料指标、水泥稳定砂砾基层结构类型及其配合比设计,对降低及节约建设养护费用具有重大意义。鉴于我国干旱及大温差特殊环境下的水泥稳定砂砾基层病害严重,设计和施工又缺乏有针对性的地区行业指南和规范,因此开展干旱荒漠地区公路水泥稳定砂砾基层变形理论研究迫在眉睫。

交通部在“七五”、“八五”、“九五”攻关期间开展了新疆半刚性基层筑路材料、路用性能研究,新疆稠油沥青路面关键技术,新疆高等级公路半刚性基层沥青路面典型结构研究,新疆干线公路路基、路面改造技术研究,以及近几年来依托干旱荒漠区公路工程技术交通行业重点实验室(乌鲁木齐)分别立项的“干旱荒漠区大温差条件下水稳基层变形机理研究”(重点实验室专项研究课题)、“新疆地区公路路面覆盖效应对路基性能影响研究”(西部交通建设科技项目)以及“新疆干线公路网沥青路面建设关键技术研究”(西部交通建设科技项目)等科研项目。目前这些项目已经取得了大量科研成果,部分科研成果在 G30 线赛里木湖—果子沟高速公路、G217 线天山公路(独山子—库车)改造工程中得到较好应用。

依托“新疆高等级公路半刚性基层沥青路面典型结构的研究”,通过对半刚性基层沥青路面的跟踪调查和室内、外试验的开展,提出了不同气候区、不同土基等级和不同交通等级公路半刚性基层沥青路面的典型结构及设计指南。根据气候综合影响系数,确定了半刚性基层结



构及设计指南,半刚性基层沥青路面结构及厚度方法、关键技术指标。该成果已在公路设计、养护、施工中开始应用,对于高等级公路,每公里平均节省造价 25.5 万元,经济效益显著。

依托“新疆地区公路路面覆盖效应对路基性能影响研究”课题,通过野外调研、室内试验以及依托工程观测分析,提炼出工程材料差异与路基、路面沉降规律,编制出新疆地区公路路面覆盖效应选材与指标设计指南,该成果可科学指导大温差地区路基、路面筑路材料设计及施工。

依托交通运输部西部交通建设科技项目“新疆干线公路沥青路面关键技术研究”课题,通过野外调查和集料与结合料指标试验,以及在 G30 线赛里木湖—果子沟高速公路、G217 线天山公路(独山子—库车段)改造工程中得到较好应用,该成果可科学指导大温差地区沥青路面筑路材料设计及施工。

基于上述水泥稳定基层设计方法、材料指标、配合比设计、病害类型、病害处置措施、水稳基层施工工艺及质量控制等相关研究基础,本书重点结合干旱荒漠区与大温差两个特殊因素,就水稳基层变形理论进行系统分析,具体从以下四点进行阐述:

(1) 干旱荒漠区水稳基层病害特性分析

- ①水稳基层病害类型,反射裂缝破坏特点分析;
- ②新建水稳基层温缩裂缝破坏特点,降温幅度与水稳基层温缩裂缝病害关联性分析;
- ③新建水稳基层干缩裂缝破坏特点,失水量与水稳基层干缩裂缝病害关联性分析。

(2) 干旱荒漠区水稳基层水泥对水稳变形理论分析

- ①干缩、温缩特性试验方法研究;
- ②水泥选型研究;
- ③水泥水化过程低温收缩改善试验研究。

(3) 干旱荒漠区水稳材料配比对水稳变形特性影响分析

- ①水泥配比(掺量、水灰比)研究;
- ②水稳基层集料特性对变形影响研究;
- ③水稳基层集料级配对变形影响研究。

(4) 干旱荒漠区水稳基层材料变形预估模型分析

- ①水稳基层材料变形特性的影响因素分析;
- ②水稳基层材料变形预估模型研究;
- ③水稳基层材料变形预估模型验证研究。

第二章 水稳基层病害特性分析

新疆路面基层主要采用水泥稳定砂砾基层结构,本书针对新疆南疆、东疆、北疆地区水稳基层典型路段,进行筑路材料、配合比、施工工艺和现场使用状况调查,进而分析该地区水泥稳定砂砾基层病害特性。

第一节 水稳基层典型路段调查

为了全面分析干旱荒漠区水泥稳定砂砾基层病害的特点,针对干旱荒漠区多条高速公路水稳基层的设计、施工和使用现状进行了调查,从中又对不同的气候区域选取了多条典型路段进行重点调查分析。通过参阅设计、施工文件,并对公路病害实地调查,了解现有高速公路水稳砂砾基层采用砂砾的基本性质、级配、水泥种类及剂量等;掌握水稳砂砾基层施工工艺、压实、养生方法和施工控制指标;调查水稳砂砾基层沥青路面的主要病害类型、裂缝间距等。通过调查分析,可以对干旱荒漠区大温差条件下水稳砂砾基层应用现状进行评价。

一、调查内容及方法

采用人工调查和探地雷达检测调查方法。主要调查水稳层筑路材料、配合比、施工工艺、现场病害等。

1. 人工调查法

在新疆干旱荒漠区的东疆、北疆、南疆各片区,采用人工调查统计沥青路面及水稳基层裂缝(主要是横向贯通裂缝)数量,并计算裂缝率。

2. 探地雷达法

探地雷达法(Ground Penetrating Radar Method)是利用探地雷达发射天线向目标体发射高频脉冲电磁波,由接收天线接收目标体的反射电磁波,从而得到探测目标体空间位置和分布的一种地球物理探测方法。其实际是利用目标体及周围介质的电磁波反射特性,对目标体内部的构造和缺陷(或其他不均匀体)进行探测。探地雷达工作示意图,如图 2-1 所示。

探地雷达是近年来新兴的一种地下探测与混凝土构筑物无损检测新技术,它是利用宽频带高频电磁波信号探测介质结构位置和分布的非破坏性探测仪器,是目前国内外用于测量水泥混凝土内部缺陷的最先进、最便捷的仪器之一。其特点是天线屏蔽抗干扰性强,探测范围广,分辨率高,具有实时数据处理和信号增强功能,可进行连续透视扫描,现场实时显示二维黑白或彩色图像。

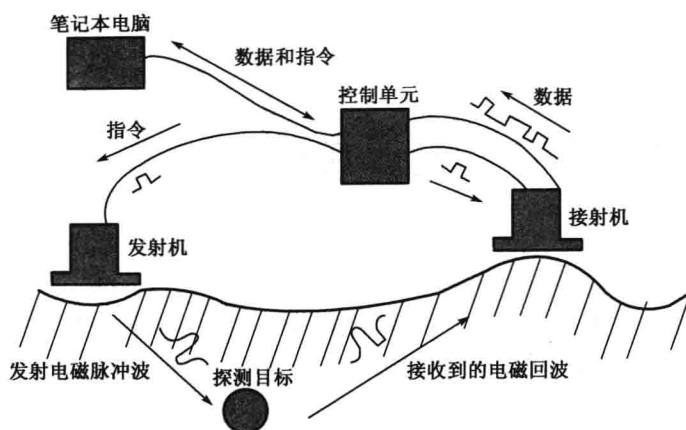


图 2-1 探地雷达工作示意图

二、调查原则

1. 地质地貌和气候差异性原则

新疆地域辽阔,“三山夹两盆”的构造地貌以山地和盆地为主要地貌类型;具有典型的大陆性干旱气候,且气候既有山区与平原的差异,也有南北疆纬度的差异;不同地域的气候、水文地质、岩土类型和植被等其他自然条件的垂直地带性和水平地带性差异明显,这些自然条件的差异对南疆、北疆和东疆的水稳基层路用性能提出不同的要求。

我国《公路自然区划标准》(JTJ 2003—1986)中,新疆包括两个一级自然区划,即Ⅵ西北干旱区和Ⅶ青藏高寒区。其中Ⅵ西北干旱区中包含三个副区,Ⅵ2 绿洲—荒漠区、Ⅵ3 阿尔泰山地冻土区和Ⅵ4 天山—界山山地区(包括Ⅵ4a 塔城副区和Ⅵ4b 伊犁河谷副区);Ⅶ青藏高寒区包括Ⅶ1 祁连—昆仑山山地区。同时西部项目《新疆公路自然区划及环境参数研究》中根据气候、地貌类型、地质等参数把新疆划分为 27 个三级自然区划。

我国《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ F40—2004)中的沥青路面使用性能气候分区,把新疆划分 7 个气候分区,1-1-4 夏炎热冬严寒干旱,1-2-4 夏炎热冬寒干旱,1-3-4 夏炎热冬冷干旱,2-1-4 夏热冬严寒干旱,2-2-2 夏热冬寒湿润(面积极少),2-2-3 夏热冬寒半干(面积较少),2-2-4 夏热冬寒干旱。

2011 年,《新疆公路沥青路面设计指导手册》在总结、吸收、归纳新疆科研单位历年课题研究成果的基础上完成,新疆沥青路面气候分区综合考虑了部颁规范中高、低温和降雨的因素,将全疆分为四个气候区,即Ⅰ区:水稳及冻稳区;Ⅱ区:低温抗裂区;Ⅲ区:高低温过渡区;Ⅳ区:高温抗车辙区。不同的气候区内,7 月最高温度、极端最低气温、年降雨量、昼夜温差、季节温差和降雨量等都存在较大的差异性。

遵循新疆南疆、北疆和东疆地区不同的地质地貌和气候降雨差异性原则,结合新疆气候分区区划,选取了具有代表性路段开展调查。

2. 温差差异性原则

新疆夏炎热冬寒冷,年、日温差都较大。疆内有创全国最高气温 49.6℃ 的吐鲁番,也有创

全国最低气温-51.5℃的阿勒泰地区富蕴县。北疆冬季可长达5个月,南疆不足4个月;北疆北部和西部夏季仅为2个月,南疆和吐鲁番盆地分别为4个月和5个月。春季升温快,但极不稳定,多有寒潮侵袭造成回寒,春秋多大风,在南疆形成风沙、浮尘天气;夏季气温稳定变化小,南疆夏季降水占全年降水量的三分之二,北疆降水四季较均匀;入秋气温下降显著,各地气温平均每月下降10℃左右;冬季北疆在山区至盆地边缘积雪丰富,易产生雪害,受逆温层影响中低山区气温较盆地高,除风口外冬季少有大风。

新疆年平均气温差异很大。表现出北疆低于南疆,山区低于平原,且有随海拔高度增加而递减的特点。既有年平均气温高达15℃的吐鲁番盆地,也有年平均气温低至-5.2℃的天山高山区。年平均气温北疆平均为5~8℃,南疆平原为10~12℃。

冬季气温南北疆差异较大,1月份平均气温分别为-10℃和-17℃;夏季气温南北疆相差不大,7月份平均气温北疆为20~25℃,南疆为25~27℃;春、秋季月平均气温变化剧烈,但以春季变化幅度为最大。

山地夏季气温具有明显的垂直递减现象。海拔每上升1000m温度降低6~8℃;山地冬季气温有递增现象,以天山北坡最为明显,海拔每上升1000m气温增加3~5℃,逆温层最大厚度达3000m,历时5个月。天山南坡和昆仑山北坡在冬季也有逆温现象,但逆温层厚度较薄,存在时间短。阿尔泰山南坡,冬季逆温现象不明显。

因此,遵循新疆不同地区温差差异性原则,选取南疆、北疆、东疆地区温差具有代表性路段开展调查。

3. 设计、施工差异性原则

选取新疆南疆、北疆、东疆地区筑路材料、水稳材料配合比、施工工艺、交通、道路使用状况等具有代表性的路段,开展水稳基层病害调查。

4. 病害产生时间性原则

水稳基层病害发生与使用时间的长短有着密切的关系,水稳施工期间干缩裂缝可以直接发现并采用相应的防治措施。水稳基层温缩裂缝需通过其上铺筑沥青面层后的横向规则反射裂缝表现。因此选取新建和已建水稳基层道路使用性能进行调查。

三、新疆干旱荒漠区温差调查

温差包括季节温差、昼夜温差和年温差。针对新疆南疆、北疆、东疆不同气候地区,利用全疆气象站资料,收集整理新疆各片区温差数据(表2-1、表2-2)。

新疆干旱荒漠区季节温差数据(单位:℃) 表 2-1

序号	地区	站名	一季度	二季度	三季度	四季度	季节温差
1	北疆地区	哈巴河	-10.8	14.2	18.9	-3.3	29.6
2		黑山头	-9.3	12.2	16.6	-3.9	25.9
3		吉木乃	-9.5	12.5	17.4	-3.7	26.9
4		布尔津	-11.7	15.0	18.9	-4.0	30.6
5		福海	-13.6	15.2	19.5	-4.8	33.1
6		阿勒泰	-11.8	14.4	18.9	-4.0	30.7



续上表

序号	地区	站名	一季度	二季度	三季度	四季度	季节温差
7	北疆地区	富蕴	-14.8	14.2	18.7	-6.2	33.5
8		塔城	-7.2	15.3	19.9	-0.8	27.1
9		裕民	-6.7	15.2	20.2	-0.7	26.8
10		额敏	-8.6	15.4	20.0	-1.4	28.6
11		和布克赛尔	-9.2	11.6	16.2	-4.3	25.3
12		青河	-16.1	11.6	15.7	-8.9	31.8
13		阿拉山口	-8.5	19.4	24.4	-0.4	33.0
14		博乐	-9.9	16.5	20.4	-2.3	30.4
15		托里	-8.2	13.1	18.2	-2.4	26.4
16		克拉玛依	-9.1	19.5	24.4	-0.9	33.4
17		北塔山	-9.6	10.2	15.0	-4.5	24.6
18		霍尔果斯	-3.1	17.2	21.4	2.7	24.5
19		霍城	-1.9	18.1	21.9	2.9	23.8
20		温泉	-9.9	12.5	16.8	-3.9	26.7
21		精河	-8.8	18.4	22.3	-1.0	31.1
22		乌苏	-9.0	18.7	23.2	-1.3	32.1
23		炮台	-11.1	18.5	22.5	-2.4	33.6
24		石河子	-9.4	18.0	21.8	-2.0	31.1
25		沙湾	-9.3	18.3	22.6	-1.5	31.8
26		乌兰乌苏	-8.7	18.8	21.9	-1.4	30.6
27		玛纳斯	-9.9	18.1	22.0	-2.1	31.8
28		蔡家湖	-11.9	17.9	22.1	-3.7	33.9
29		呼图壁	-10.2	18.0	22.2	-2.3	32.3
30		昌吉	-9.4	17.7	22.0	-1.9	31.4
31		米泉	-8.3	18.2	22.9	-1.0	31.2
32		阜康	-9.8	18.2	22.3	-2.0	32.2
33		吉木萨尔	-9.2	17.5	21.9	-2.1	31.1
34		奇台	-11.7	15.7	20.1	-4.1	31.8
35		察布查尔	-5.1	17.1	20.6	1.3	25.7
36		伊犁	-3.9	16.8	20.6	1.9	24.5
37		伊宁	-3.9	16.8	20.6	1.9	24.5
38		巩留	-4.7	15.9	19.2	1.2	23.9
39		新源	-2.9	15.5	19.5	2.6	22.4
40		昭苏	-8.1	9.6	13.7	-2.5	21.7
41		特克斯	-6.1	13.2	16.8	-0.6	22.9

续上表

序号	地区	站名	一季度	二季度	三季度	四季度	季节温差
42	北疆地区	乌鲁木齐	-8.7	16.4	21.3	-1.8	30.0
43		小渠子	-8.3	8.3	12.7	-3.6	20.9
44		巴仑台	-4.2	13.9	17.0	-0.5	21.2
45		天山大西沟	-13.5	-0.9	3.5	-9.5	17.0
46		天池	-9.3	7.8	12.9	-3.1	22.2
47		达坂城	-5.7	14.6	18.8	-1.0	24.6
48		木垒	-7.9	13.4	18.1	-2.3	26.0
49	东疆地区	托克逊	0.2	25.0	28.2	3.3	28.0
50		吐鲁番东坎	0.4	25.9	29.5	3.8	29.0
51		吐鲁番	0.3	25.4	28.8	3.2	28.6
52		鄯善	-2.0	22.2	25.5	1.3	27.5
53		巴里坤	-12.2	10.9	15.0	-6.3	27.2
54		淖毛湖	-4.3	21.0	25.3	-0.1	29.6
55		伊吾	-8.2	11.7	15.7	-3.9	23.8
56		哈密	-3.7	19.6	23.6	0.2	27.3
57		七角井	-3.8	18.7	23.8	0.4	27.6
58		十三间房	-1.3	21.2	26.4	3.0	27.7
59		库米什	-4.6	19.3	23.6	-0.5	28.2
60	南疆地区	巴音布鲁克	-19.9	5.0	8.8	-11.5	28.7
61		和静	-3.7	18.1	21.2	0.3	24.9
62		焉耆	-4.6	17.4	20.6	-0.1	25.2
63		和硕	-19.7	17.9	21.0	-0.2	40.7
64		乌什	-2.3	17.1	20.1	1.4	22.4
65		阿克苏	-1.3	18.8	21.6	2.1	22.8
66		温宿	-1.1	19.0	21.5	2.5	22.7
67		拜城	-4.9	16.9	19.7	-0.4	24.6
68		新和	-0.9	19.5	22.4	2.4	23.3
69		沙雅	-0.6	20.0	23.0	2.6	23.7
70		轮台	-1.0	19.9	23.1	2.3	24.1
71		库车	-0.7	19.8	23.3	2.8	24.0
72		尉犁	-1.8	20.2	23.4	1.3	25.2
73		库尔勒	-0.4	20.5	24.0	2.8	24.4
74		吐尔杂特	-12.5	1.4	6.2	-8.4	18.7
75		阿图什	1.1	21.1	25.0	5.0	23.8
76		乌恰	-3.6	13.8	18.1	0.7	21.7

续上表

序号	地区	站名	一季度	二季度	三季度	四季度	季节温差
77	新疆地区	伽师	0.5	19.9	23.0	3.6	22.5
78		阿克陶	-0.9	21.9	26.0	2.0	26.9
79		喀什	0.4	19.7	23.2	4.2	22.8
80		阿合奇	-4.5	13.6	17.1	-0.2	21.6
81		巴楚	0.3	20.7	23.8	3.4	23.5
82		岳普湖	0.4	19.9	23.4	3.6	23.0
83		柯坪	-0.6	20.3	23.8	3.1	24.4
84		阿瓦提	-0.9	19.3	21.9	2.1	22.8
85		阿拉尔	-1.2	19.9	22.5	1.9	23.7
86		铁干里克	-1.8	20.4	23.8	1.4	25.6
87		若羌	-0.8	20.8	24.6	2.4	25.4
88		英吉沙	0.4	19.8	23.3	4.0	22.8
89		塔什库尔干	-6.9	9.7	14.5	-3.2	21.5
90		麦盖提	0.8	20.1	22.7	3.5	21.8
91		莎车	0.6	19.8	22.7	3.7	22.1
92		叶城	0.8	19.5	22.4	4.1	21.5
93		泽普	0.6	19.5	22.1	3.7	21.5
94		皮山	1.0	20.4	23.2	4.1	22.2
95		策勒	1.5	20.6	22.9	3.9	21.5
96		墨玉	1.6	20.0	22.3	4.1	20.7
97		和田	1.6	20.5	23.4	4.7	21.7
98		民丰	0.5	20.0	22.7	3.1	22.2
99		安德河	-1.5	19.9	23.2	1.1	24.7
100		且末	-1.4	19.2	22.5	1.6	23.9
101		于田	1.0	19.7	22.3	3.6	21.3
102		红柳河	-6.8	14.3	19.4	-2.9	26.2
103		塔中	-0.9	22.1	26.0	1.9	26.9

新疆片区温差数据及降雨量

表 2-2

三级区划	片 区	地 名	年极端最低 气温(℃)	7 月年平均最高 气温(℃)	温差 (℃)	降水量 (mm)
VI2-A	北疆	哈巴河	-43.8	28.2	72	186.2
VI2-A		布尔津	-46.7	25.5	72.2	139.3
VI2-A		福海	-42.7	29.1	71.8	123.2
VI2-A		和布克赛尔	-33.6	25.4	59	145.6
VI2-A		阿拉山口	-34.4	34.8	69.2	110.6