



21世纪高等院校
土木与建筑专业“十二五”规划教材

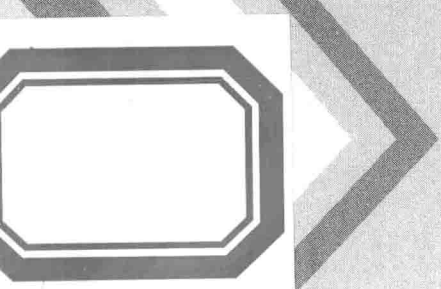
顾问：周 谦

路基路面工程

主编 张敏江 于 玲

主审 冯德成

中国建材工业出版社



 21 世纪高等院校土木与建筑专业“十二五”规划教材

路基路面工程

主 编 张敏江 于 玲
副主编 朱广山 杨国洲 张铁志
参 编 杨彦海 刘 峰 李明飞
主 审 冯德成

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

路基路面工程 / 张敏江, 于玲主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2013.8
21 世纪高等院校土木与建筑专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5160-0540-8

I. ①路… II. ①张… ②于… III. ①路基工程-高等学校-教材 ②路面-道路工程-高等学校-教材 IV. ①U416

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 180928 号

内 容 提 要

本书是根据路基路面工程教学大纲编写的, 全书共分为 15 章, 其主要内容为: 绪论, 路基工程总论, 路基设计, 路基路面排水设计, 路基防护与加固, 挡土墙设计, 路基施工, 路面工程总论, 路面基层, 沥青路面, 沥青路面设计, 水泥混凝土路面, 水泥混凝土路面设计, 路面使用状况及评价, 路面养护技术。

本书可作为高等学校道路桥梁与渡河工程专业及土木工程专业等相关专业教材, 也可供从事公路与城市道路建设与管理的相关技术人员参考。

路基路面工程

张敏江 于玲 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 24.5

字 数: 612 千字

版 次: 2013 年 8 月第 1 版

印 次: 2013 年 8 月第 1 次

定 价: 49.00 元

本社网址: www.jcbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。电话: (010) 88386906

对本书内容有任何疑问及建议, 请与本书责编联系。邮箱: jiaocaidayi51@sina.com

序

Preface

随着我国经济和社会的发展,公路交通越来越显示出其不可替代的作用。路基路面是公路的主体,高品质路面和路面使用寿命的保证离不开路基路面主体所发挥的作用。同时,交通量剧增,特别是重载交通对路基路面的作用,对路基路面材料设计、结构设计、施工质量、养护技术和管理等提出了更高的要求。

本教材正是基于这一要求,结合近年来我国在路基路面设计方面的理论、工程实践、不断出现的新材料和新技术编写而成。总结起来全书有如下特点:

1.全书内容编排紧凑,结构合理,论述清晰简洁。在知识体系完整的基础上,对目前路基路面工程中不常用的材料和结构进行简化处理。

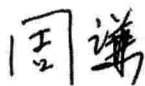
2.鉴于路基路面工程是一门实践性很强的课程,考虑到本教材的应用对象,在介绍基本原理和基本方法的基础上,加强了有关实践环节的介绍。

3.目前人们多关注路面结构的研究,这对于高等级公路来说是符合实际情况的,但对于普通公路来说,路基的排水、防护和加固处理技术的应用则显得更重要。本教材在这些方面进行了较为详细的介绍。

4.近年来,公路路面使用状况检测和评价,以及路基路面养护技术的研究得到普遍关注,各种基于环保、循环经济、绿色道路理念下的新材料、新技术不断涌现,为此本教材在第14章和第15章中就相关内容进行了较为详细

的介绍。

近年来,我国公路建设迅猛发展,有力地带动了路基路面工程设计理论和方法、施工与养护技术的更新和发展,新规范和新标准的不断出台是其发展的必然结果。作为教材也应适应这一发展,不断增加新内容,提高教材质量,从而保证本科教学的质量。

A handwritten signature in black ink, consisting of two characters: '同' (Tong) and '谦' (Jian).

辽宁省交通厅公路管理局总工程师

前言

Foreword

“路基路面工程”是高等学校土木工程专业道桥方向道路桥梁与渡河工程专业必修的主要专业课程。本书是根据我国最新颁布的相关标准和规范编写的,在强调基本理论和方法叙述的同时,更加强调实际应用。

鉴于近年来路基路面工程新材料、新技术的不断涌现和快速发展,本书部分吸纳了本领域最新的科技成果,使学生能够在掌握基本理论和方法的基础上,了解该领域的最新发展动态,为学生适应今后的工作奠定基础。

众所周知,路基路面工程是一门理论和实践并重,工程实践性很强的课程。同时课程内容广泛,涉及的学科众多,如材料学、岩土工程、结构工程、机械工程、管理科学等。在实际教学过程中,要求教师必须根据学生自身条件、多数学生毕业后工作单位的性质,合理地选择讲授内容;在理论教学过程中,注重利用多媒体、教学录像、教学模型等手段,合理安排学生作业和课程设计,提高课堂教学效率;在实践课堂教学过程中,及时组织学生参观路基路面工程施工现场,以提高学生理论联系实际,解决实际工程问题的能力。

本书共分为 15 章,具体编写分工如下:第 1 章、第 8 章、第 11 章由沈阳建筑大学张敏江编写;第 2 章、第 3 章由沈阳建筑大学于玲编写;第 4 章、第 7 章由沈阳工业大学李明飞编写;第 5 章、第 6 章、第 9 章、第 10 章由沈阳建筑大学朱广山编写;第 12 章由河南城建学院杨国洲编写;第 13 章由辽宁科技大学张铁志编写;第 14 章由辽宁科技学院刘

峰编写;第 15 章由沈阳建筑大学杨彦海编写。

全书由沈阳建筑大学张敏江主编,哈尔滨工业大学冯德成主审。

本书采用国家法定计量单位,即国际单位制(SI)。

书中有错漏之处,希望相关院校师生及读者提出宝贵意见,以便及时修正。

编 者

目录 Contents

第 1 章 绪论 / 1

- 1.1 道路工程发展概况 / 1
- 1.2 路基路面工程的特点 / 1
- 1.3 影响路基路面稳定的因素 / 2
- 1.4 公路自然区划 / 3

第 2 章 路基工程总论 / 8

- 2.1 路基及其作用 / 8
- 2.2 路基土的分类和工程性质 / 8
- 2.3 路基水温状况及干湿类型 / 12
- 2.4 路基的常见病害及对路基的基本要求 / 15
- 2.5 路基的强度和稳定性 / 18
- 2.6 路基土的回弹模量 / 23

第 3 章 路基设计 / 30

- 3.1 一般路基设计 / 30
- 3.2 特殊路基设计 / 42

第 4 章 路基路面排水设计 / 64

- 4.1 概述 / 64
- 4.2 路基排水设计 / 65
- 4.3 路面排水设计 / 79
- 4.4 明渠的水力水文计算 / 87

4.5 暗沟的水力水文计算 / 90

第 5 章 路基防护与加固 / 95

5.1 概述 / 95

5.2 路基防护 / 96

5.3 路基抗水毁技术 / 99

5.4 地基加固 / 103

第 6 章 挡土墙设计 / 107

6.1 概述 / 107

6.2 挡土墙的布置与构造 / 111

6.3 重力式挡土墙设计 / 115

第 7 章 路基施工 / 150

7.1 概述 / 150

7.2 土质路基施工 / 152

7.3 石质路基施工 / 162

第 8 章 路面工程总论 / 169

8.1 路面的使用性能及对路面的要求 / 169

8.2 路面的结构及组成 / 172

8.3 路面面层的适用范围与分类 / 174

8.4 行车荷载对路面结构的作用 / 175

8.5 温度和湿度对路面结构的影响 / 183

第 9 章 路面基层 / 187

9.1 碎(砾)石基层 / 187

9.2 石灰稳定类基层 / 192

9.3 水泥稳定类基层 / 197

9.4 工业废渣稳定基层 / 201

第 10 章 沥青路面 / 204

- 10.1 概述 / 204
- 10.2 沥青路面材料的结构与力学特性 / 208
- 10.3 沥青路面的稳定性与耐久性 / 219
- 10.4 沥青路面的原材料 / 231
- 10.5 沥青混合料组成设计 / 239

第 11 章 沥青路面设计 / 252

- 11.1 概述 / 252
- 11.2 弹性层状体系理论简介 / 255
- 11.3 沥青路面结构组合设计 / 258
- 11.4 我国沥青路面设计方法 / 263
- 11.5 国外沥青路面设计方法简介 / 277

第 12 章 水泥混凝土路面 / 284

- 12.1 概述 / 284
- 12.2 水泥混凝土路面构造 / 285
- 12.3 水泥混凝土路面的原材料 / 293
- 12.4 路面混凝土配合比 / 299
- 12.5 水泥混凝土路面施工与质量控制 / 304

第 13 章 水泥混凝土路面设计 / 314

- 13.1 弹性地基板体系理论 / 314
- 13.2 水泥混凝土路面荷载应力分析 / 317
- 13.3 温度应力分析 / 324
- 13.4 水泥混凝土路面可靠度设计 / 327
- 13.5 其他类型水泥混凝土路面简介 / 336

第 14 章 路面使用状况及评价 / 339

- 14.1 路面的使用性能及其评价 / 339
- 14.2 路面行驶质量评价 / 342
- 14.3 路面结构损坏状况评价 / 345
- 14.4 路面抗滑性能评价 / 348
- 14.5 路面结构承载能力的评定 / 350
- 14.6 路面管理系统 / 355

第 15 章 路面养护技术 / 361

- 15.1 沥青路面养护技术 / 361
- 15.2 水泥混凝土路面养护技术 / 373

参考文献 / 382

第 1 章 绪 论

● 学习重点

本章概略介绍我国道路工程发展概况,宏观地介绍路基路面工程的特点及影响路基路面稳定的因素,以及我国公路自然区划的基本情况。

1.1 道路工程发展概况

我国道路与桥梁的修筑具有悠久的发展历史,在世界上曾处于领先地位,在道路交通史上留下了光辉的篇章。据《史记》记载,早在 4000 多年前,中国已有了车和行车的路。商代开始有驿道传送。西周开创了以都市为中心的道路体系,还建立了比较完善的道路管理制度。到秦代道路总里程达到 1.2 万多公里。西汉时期道路交通呈现出更加繁荣的景象,特别是连接欧亚大陆的“丝绸之路”的开通,为东西方经济文化交流做出了贡献。唐代建成了以长安城为中心约 2.2 万多公里的驿道网。

近百年来由于帝国主义列强的侵略和掠夺,束缚了生产力的发展,近代中国道路发展十分缓慢。清末,在原有驿道上修建了一些很简陋的公路。1912—1949 年新中国成立前,公路有了初步发展,全国先后共修建了 13 万公里公路。这些公路大多标准很低,设施简陋,路况很差。到 1949 年能够维持通车的仅有 8 万公里,全国有 $\frac{1}{3}$ 的县不通公路,西藏地区没有一条公路。

新中国成立以来,我国进入了社会主义建设的伟大时代。由于工农业生产迅速发展,人民生活逐步提高,尤其是建立和发展了汽车工业和石油工业,使我国公路交通事业得到了迅速发展。特别是改革开放以来,公路建设也开创了崭新的局面。截至 2010 年,我国公路总里程达到 400 万公里,其中高速公路达 8.5 万公里,国道为 16.4 万公里,省道为 26.9 万公里。

路基路面直接承受行驶车辆的作用,是道路工程的重要组成部分。我国古代曾以条石、块石或石板等铺筑道路路面,以提供人畜以及人力、畜力车辆的运行。进入 20 世纪后,随着汽车工业和交通运输的发展,对路基路面提出了更高的技术要求。现代路基路面工程主要研究路基路面结构体和外部环境因素之间的相互作用规律,以此提出公路、城市道路和机场道路路基路面材料和结构的设计原理与设计方法以及施工、养护、维修和管理技术等。

1.2 路基路面工程的特点

路基和路面是道路的主要工程结构物。路基位于路面结构层以下,是按设计要求开挖或填筑的岩土结构物。路面位于路基之上且直接承受交通荷载及各种环境因素的作用,是经过

人工选定的各种材料,经过摊铺、碾压及养生而成的层状结构物。

路基是路面结构的基础,坚固而又稳定的路基为路面结构长期承受汽车荷载提供了重要的保证,而路面结构层的存在又保护了路基,使之避免了直接经受车辆和大气的破坏作用,长期处于稳定状态。路基和路面相辅相成,实际上是不可分离的整体,应综合考虑它们的工程特点,综合解决两者的强度、稳定性等工程技术问题。

路基路面工程是道路工程的主要组成部分,工程数量十分可观,例如平原微丘区的三级公路,每公里土石方数量约 $8000 \sim 16000 \text{m}^3$,山岭、重丘区的三级公路,每公里土石方数量可达 $20000 \sim 60000 \text{m}^3$,对于高速公路,数量更为可观。路面结构在道路造价中所占比例很大,一般都要达到 30% 左右。因此精心设计、精心施工,使路基路面能长时期具备良好的使用性能,对节约投资,提高运输效益,具有十分重要的意义。

路基路面是一线形工程,有的公路延续数百公里,甚至上千公里。公路沿线地形起伏,地质、地貌、气象特征多变,再加上沿线城镇经济发达程度与交通繁忙程度不一,因此决定了路基路面工程复杂多变的特点。工程技术人员必须掌握广博的知识,善于识别各种变化的环境因素,恰当地进行处理,建造出理想的路基路面工程结构。

现代化公路运输,不仅要求道路能全天候通行车辆,而且要求车辆能以一定的速度,安全、舒适而经济地在道路上运行,这就要求路面具有良好的使用性能,提供良好的行驶条件和服务水平。

为了保证公路与城市道路最大限度地满足车辆运行的要求,提高车速、增强安全性和舒适性,降低运输成本和延长道路使用年限,要求路基路面具有承载能力、稳定性、耐久性、表面平整度和表面抗滑性能。

1.3 影响路基路面稳定的因素

道路是线形结构物,长期暴露在各种自然环境之中,其稳定性也必然受到不同自然条件的影响。因此,必须在深入调查公路沿线的自然条件的基础上,从总体到局部路段对自然情况进行分析研究,掌握其对路基路面稳定性的影响程度,因地制宜地采取有效的工程措施,以确保路基路面具有足够的强度和稳定性。路基路面的稳定性通常与下列因素有关。

1.3.1 地理条件

道路沿线的地形、地貌和海拔高度不仅影响路线的选定,也影响路基与路面设计。平原、丘陵、山岭各区地势不同,路基的水温状况也不同。平原区地势平坦,排水困难,地表易积水,地下水位相应较高,因而路基需要保持一定的最小填土高度,路面结构层应选择水稳定性良好的材料,并采用一定的结构排水设施;丘陵区 and 山岭区,地势起伏较大,路基路面排水设计至关重要,否则会导致稳定性下降,导致路基路面破坏现象。

1.3.2 地质条件

公路沿线的地质条件,如岩石的类型和风化情况,地质构造情况(如裂隙发育程度,岩层产状,有无软弱夹层,断层发育情况),以及不良地质现象发育情况都对路基路面的稳定性有一定的影响。

1.3.3 气候条件

气候条件,如气温、降水、湿度、冰冻深度、日照、蒸发量、风向、风力等都会影响公路沿线地面水和地下水的状况,以此影响路基路面的水温情况。

季节性气候的变化,可以引起路基路面的水温状况随之变化。有的地区气候还受地形的影响(如山顶与山脚、山南坡与山北坡气候有很大的差别),这些因素都会显著地影响路基路面的稳定性。

1.3.4 水文和水文地质条件

水文条件如公路沿线地表水的排泄,河流洪水位、常水位,有无地表积水和积水时期的长短,河岸的淤积情况等。水文地质条件如地下水位,地下水移动的规律,有无层间水、裂隙水、泉水等。所有这些地面水及地下水都会影响路基路面的稳定性,如果处理不当,常会引起各种病害。

1.3.5 路基土的类型

不同类型的路基土具有不同的工程性质,其路基的强度与稳定性也存在差别。粗粒土强度构成以内摩擦力为主,强度高,受水的影响小。细砂土在渗流情况下,容易流动,形成流砂。黏粒成分多的土,强度形成以黏聚力为主,其强度随密实程度的不同变化较大,并随湿度的增大而降低。粉土类土毛细现象强烈,路基路面的强度和承载力随着毛细水上升、湿度增大而下降。在负温度坡差作用下,水分通过毛细作用移动并积聚,使局部土层湿度大幅度增加,造成路基冻胀,最后导致路基翻浆,路面结构层断裂等各种破坏。

1.4 公路自然区划

我国地域辽阔,不同地理位置自然条件相差很大(南方湿热、北方干冷、东部雨水充沛、西部降雨稀少),必须区分不同地理位置、自然条件对道路工程的影响的差异,以便在设计、施工、养护采取合适的参数和技术措施,确保路基路面的强度和稳定性。

1.4.1 区划的原则和分级

1. 区划的原则

为区分自然区域的筑路特征,经过长期的研究,我国制定了《公路自然区划标准》(JTJ 003—1986),其区划的原则有:

(1)道路工程特征相似性的原则。在同一区域内,在同样的自然条件下筑路具有相似性。例如:北方不利季节主要在春融时期,有翻浆病害;南方不利季节主要在雨季,有冲刷水毁等病害。

(2)地表气候区划差异性的原则。地表气候是地带性差异与非地带性差异的综合结果。

地带性差异:地表气候随当地纬度而变化。如北冷、南暖。

非地带性差异:纬度相同的地区,地表高程变化引起地表气候的变化。如青藏高原比东部沿海地区寒冷得多。

(3)自然因素中既有综合又有主导作用的原则。自然气候的变化是各种因素综合作用的结果,但其中有某种因素起主导作用。例如:道路冻害是水和温度综合作用的结果,南方有水无冷不会有冻害;西北干旱区与东北潮湿区同样有负温,但前者的冻害轻于后者,说明水起主导作用。

2. 分级

我国公路自然区划分为三个等级。

(1)一级区划:按大范围地理地貌差异将全国划分为以下7个一级自然区。

I区——北部多年冻土区;

II区——东部湿润季冻区;

III区——黄土高原干湿过渡区;

IV区——东南湿热区;

V区——西南潮暖区;

VI区——西北干旱区;

VII区——青藏高寒区。

一级区划分的依据为:①全年均温 -2°C 等值线,1月份 0°C 均温等值线;②1000m、3000m两条等高线;③黄土高原的筑路特殊性。详见图1-1和表1-1。

(2)二级区划:在一级区划的基础上,将全国划分为52个二级区(33个二级区、19个副区),详见图1-1和表1-1。

二级区划划分的主要指标:

1)潮湿系数 K :为年降雨量和年蒸发量的比值,定义式为

$$K = \frac{R(\text{年降雨量})}{Z(\text{年蒸发量})} \quad (1-1)$$

按潮湿系数 K 的大小分为6级,见表1-2。

2)地貌、气候特征、自然病害因素。

(3)三级区划。是二级区划的具体化,划分方法有两种:一种是以水热、地理和地貌为依据;另一种是以地表的地貌、水文和土质为依据,由各省市,自治区自行划定。

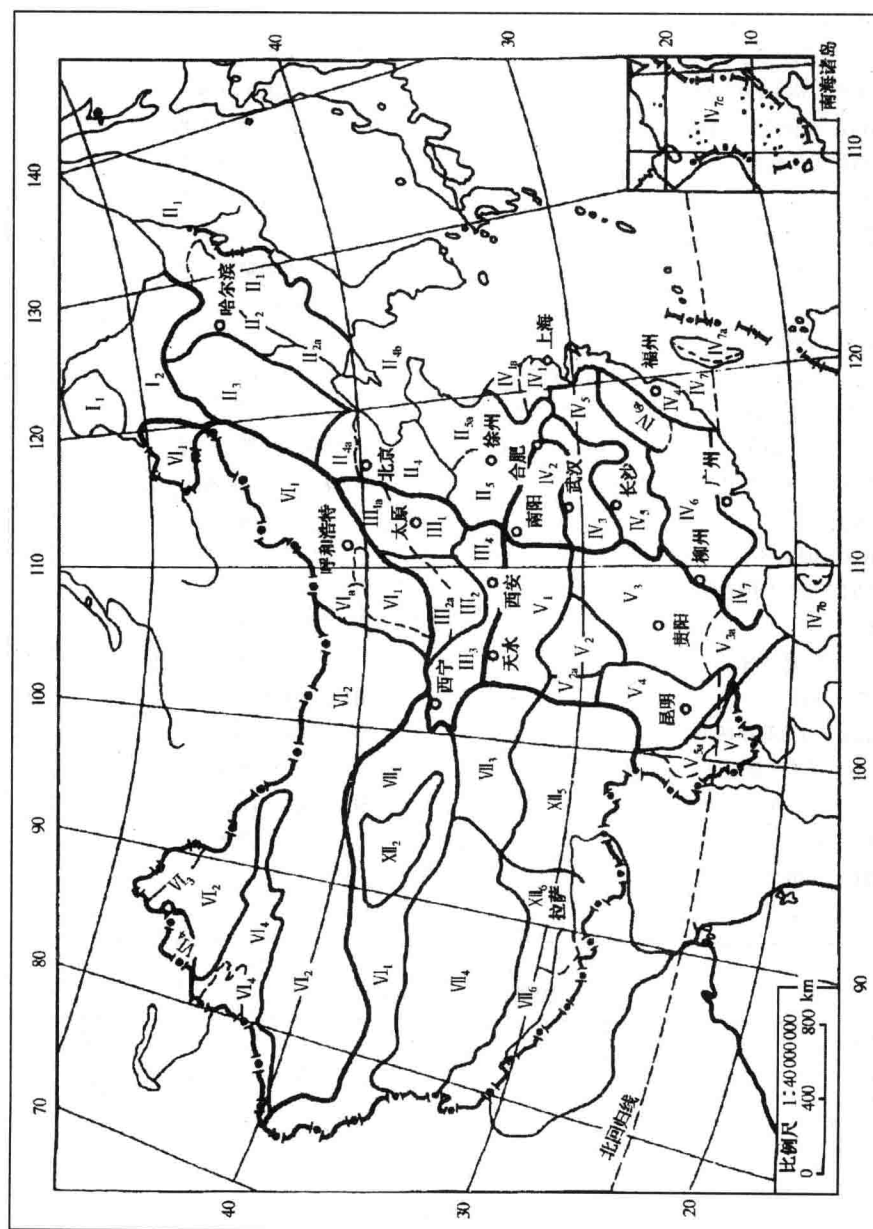


图1-1 全国公路自然区划

表 1-1

公路自然区划名称

I 北部多年冻土区	IV ₇ 华南沿海台风区
I ₁ 连续多年冻土区	IV _{7a} 台湾山地副区
I ₂ 岛状多年冻土区	IV _{7b} 海南岛西部润干副区
II 东部湿润季冻区	IV _{7c} 南海诸岛副区
II ₁ 东北东部山地润湿季冻区	V 西南潮暖区
II _{1a} 三江平原副区	V ₁ 秦巴山地湿润区
II ₂ 东北中部山前平原重冻区	V ₂ 四川盆地中湿区
II _{2a} 辽河平原冻融交替副区	V _{2a} 雅安、乐山过湿区
II ₃ 东北西部润干冻区	V ₃ 山西、贵州山地过湿区
II ₄ 海滦中冻区	V ₄ 川、滇、黔高原干湿交替区
II _{4a} 冀北山地副区	V ₅ 滇西横断山地区
II _{4b} 旅大丘陵副区	V _{5a} 大理副区
II ₅ 鲁豫轻冻区	VI 西北干旱区
II _{5a} 山东丘陵副区	VI ₁ 内蒙草原中干区
III 黄土高原干湿过渡区	VI _{1a} 河套副区
III ₁ 山西山地、盆地中冻区	VI ₂ 绿洲、荒漠区
III _{1a} 雁北张宣副区	VI ₃ 阿尔泰山地冻土区
III ₂ 陕北典型黄土高原中冻区	VI ₄ 天山-界山山地区
III _{2a} 榆林副区	VI _{4a} 塔城副区
III ₃ 甘东黄土山地区	VI _{4b} 伊犁河谷副区
III ₄ 黄渭间山地、盆地轻冻区	VII 青藏高寒区
IV 东南湿热区	VII ₁ 祁连-昆仑山地区
IV ₁ 长江下游平原湿润区	VII ₂ 柴达木荒漠区
IV _{1a} 盐城副区	VII ₃ 河源山原草甸区
IV ₂ 江淮丘陵、山地润湿区	VII ₄ 羌塘高原冻土区
IV ₃ 长江中游平原中湿区	VII ₅ 川藏高山峡谷区
IV ₄ 浙闽沿海山地中湿区	VII ₆ 藏南高山台地区
IV ₅ 江南丘陵过湿区	VII _{6a} 拉萨副区
IV ₆ 武夷南岭山地过湿区	
IV _{6a} 武夷副区	

表 1-2

二级区划干湿类型

潮湿系数 K	分级	干湿类型
$K > 2.0$	1	过湿
$2.0 \geq K > 1.5$	2	中湿
$1.5 \geq K > 1.0$	3	润湿
$1.0 \geq K > 0.5$	4	润干
$0.5 \geq K > 0.25$	5	中干
$K \leq 0.25$	6	过干