

公路路面设计与施工

GONGLU LUMIAN SHEJI YU SHIGONG

尹如军 吕西方 主编



黄河水利出版社

公路路面设计与施工

尹如军 吕西方 主编

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书共分两篇,主要包括:绪论,路面设计资料及参数的确定,常用的路面基层、底基层和垫层,沥青路面设计,水泥混凝土路面设计,路面基层、底基层施工,沥青路面施工,水泥混凝土路面施工,滑模施工技术。

本书可作为公路工程技术人员学习用书,也可供相关专业教学使用,或作为有关专业继续教育与职业培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

公路路面设计与施工/尹如军,吕西方主编. — 郑州:
黄河水利出版社, 2005.9

ISBN 7-80621-973-0

I.公… II.①尹…②吕… III.公路-路面-设计
②公路-路面-工程施工 IV.U416.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 106748 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮编:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail:yrp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:16.5

字数:378 千字

印数:1—3 500

版次:2005 年 9 月第 1 版

印次:2005 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-973-0/U·15

定价:30.00 元

《公路路面设计与施工》编委会

主 编：尹如军 吕西方

副 主 编：高建立 王 玮

编写人员：宁金成 高建华 郑志超 吕应臣

王 永 郑立宝 韩 杰

前 言

“十五”期间,交通行业各项工作取得了显著成绩,交通基础设施建设尤其是公路建设持续快速发展。近年来,随着全国公路总里程的迅猛增加,我国沥青路面和水泥混凝土路面均有较大发展,科学研究水平与修筑技术水平也不断提高。新修订的《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2002)、《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)相继颁布实施,这就给公路技术人员在实际工作中提出更高的要求。为了解决工程技术人员在工作中面临的实际问题,保证公路建设质量,我们编写了此书。

本书是根据最新出版的公路路面各种工作技术标准、规范和准则而编写的。在编写过程中,我们查阅了大量的国内外公路设计和施工方面的有关资料,结合了工程实践和国内外最新研究成果,力争反映该领域最新的科学技术成就,并重视理论与实际相结合,重视设计和施工技术的可操作性、经济性,充分考虑了不同层次读者的需求。

本书共分两篇,第一篇为路面设计,第二篇为路面施工。本书由河南省路桥工程集团有限公司、中原高速公路股份有限公司、河南交通职业技术学院、温县公路局和河南高速公路发展有限责任公司的尹如军、吕西方、高建立、王玮、宁金成、高建华、郑志超、吕应臣、王永、郑立宝、韩杰等编写。全书由尹如军、吕西方主编并统稿,由长安大学陈忠达教授负责审稿。

由于作者水平有限,书中未尽完善之处恳请专家和同行提出宝贵意见,以便及时修改。

编 者

2005年8月

目 录

前言

第一篇 路面设计

第一章 绪论	(3)
第一节 我国公路路面工程发展概况	(3)
第二节 路面面层与分类	(5)
第三节 路面结构分层及功能	(6)
第二章 路面设计资料及参数的确定	(9)
第一节 公路自然区划与土基干湿类型	(9)
第二节 行车荷载及环境因素影响	(13)
第三节 路面力学特性和设计参数	(20)
第三章 常用的路面基层、底基层和垫层	(28)
第一节 碎石、砾石类结构层	(28)
第二节 稳定土基层与垫层	(30)
第四章 沥青路面设计	(36)
第一节 概述	(36)
第二节 沥青路面设计理论及指标	(38)
第三节 标准轴载与轴次换算	(43)
第四节 沥青路面结构设计	(46)
第五节 新建沥青路面的结构厚度计算	(52)
第六节 原有路面补强设计	(56)
第五章 水泥混凝土路面设计	(63)
第一节 水泥混凝土路面构造	(63)
第二节 水泥混凝土路面力学特性及设计理论	(74)
第三节 普通水泥混凝土路面板厚计算	(80)
第四节 其他类型的水泥混凝土路面简介	(90)

第二篇 路面施工

第一章 绪论	(97)
第一节 路面施工的准备工作的	(97)
第二节 基层施工的主要技术要求	(98)
第三节 基层材料的适用范围	(101)

第二章 路面基层、底基层施工	(106)
第一节 路面基层、底基层、垫层常用材料及配合比设计	(106)
第二节 常用路面基层、底基层的施工程序和施工要点	(120)
第三节 路面基层、底基层施工质量控制及检查验收	(154)
第三章 沥青路面施工	(162)
第一节 沥青路面的分类	(162)
第二节 沥青路面的基层要求及材料	(166)
第三节 热拌沥青混合料路面施工	(178)
第四节 沥青表面处治与封层施工	(195)
第五节 沥青贯入式路面施工	(199)
第六节 冷拌沥青混合料路面施工	(203)
第七节 透层、粘层施工	(204)
第八节 其他沥青铺装工程施工	(206)
第九节 施工质量管理与检查验收	(209)
第四章 水泥混凝土路面施工	(221)
第一节 水泥混凝土路面所用材料要求	(221)
第二节 水泥混凝土路面的各种施工方法、程序和要点	(227)
第三节 水泥混凝土路面施工质量控制与监督验收	(232)
第四节 水泥混凝土路面的病害及处治	(235)
第五章 滑模施工技术	(237)
第一节 概述	(237)
第二节 滑模摊铺工艺流程及机械设备配置	(238)
第三节 基准线设置与混凝土搅拌及运输	(242)
第四节 滑模摊铺水泥混凝土路面施工要点	(245)
第五节 滑模摊铺水泥混凝土路面施工质量控制与检查验收	(250)
参考文献	(254)

第一篇 路面设计

第一章 绪 论

第一节 我国公路路面工程发展概况

路面结构主要是供车辆行驶使用的,随着社会经济和交通量的发展,路基路面工程技术也在不断发展。古代的路面主要以条石、块石或石板等铺筑,其强度、刚度低,平整度差,只能供马车和人力车通行。20 世纪初,第一辆汽车在德国诞生,才开始铺筑真正意义上的供汽车行驶的现代路面。20 世纪 20 年代初,汽车进入我国后,我国开始铺筑砂石路面,并在少数大城市开始铺筑沥青、水泥混凝土和块料等高级和次高级路面。但是直到 1949 年新中国成立前夕,我国也仅有高级和次高级路面 315km。新中国成立后,尤其是改革开放后的近 30 年来,我国高等级公路建设蓬勃发展,截止到 2004 年,我国公路通车总里程达 185.6 万 km,其中高速公路通车里程已突破 3.42 万 km。另外,还有待建高速公路 1.5 万 km。高等级公路的建设,不断地推动着路面工程技术的进步和发展。

一、路面材料和结构

我国路面材料和结构的发展大致经历了 3 个阶段。

(一)第一阶段

第一阶段以恢复原有的公路和加快建设一些干线道路,以及解决通车问题为特征。这个阶段的特点是:①公路交通量小,车辆轴载小,路线和路面等级低,主要以中级路面解决晴雨通车问题。②路面施工水平较低,主要采用当地各种粒料、人工砸制碎(砾)石、软质石料、碎砖、碎石土等铺筑路面。③路面结构主要是泥结碎石和级配碎(砾)石路面,路面厚度为 10cm 左右。

(二)第二阶段

在第二阶段公路里程快速增长。该阶段以改善路面行驶质量,提高车速,减轻养护为特征。在这个阶段,随着交通量的增长,我国开始推行使用渣油表面处治。早期的渣油表面处治大多直接铺筑于泥结碎石和级配碎(砾)石基层之上,由于它的铺筑阻止了路面基层材料和土基中水分的蒸发,从而使得这一结构的强度、刚度和稳定性受到影响,使路面容易产生变形和破坏。为了提高和保证基层的水稳定性,随后研制了泥灰结碎石和级配砾石掺灰,一些道路开始试用水泥稳定砂砾和水泥稳定碎石,有些地区采用了含土量和塑性指数均符合规范严格要求的级配碎(砾)石和干压碎石,从而提高了路面基层强度和水稳定性,延长渣油表面处治的使用寿命。这个阶段路面结构的代表是渣油表面处治和石灰土基层路面。

(三)第三阶段

在第三阶段交通量迅速增长。该阶段以提高路线和路面等级,改建和新建高等级公

路,开始建设高速公路为特征。由于交通量大,车辆轴载及重车比例增大,我国开始采用沥青铺筑较厚的贯入式面层、沥青碎石面层和沥青混凝土面层。在高等级公路上,则进一步要求采用质量好的沥青铺筑优质沥青混凝土面层,以提高路面的使用性能和耐久性。与此同时,由于水泥混凝土路面强度高,稳定性好,耐久而且能很好地适应重载、高速、大交通量的要求,因而在一些城市道路、工矿道路、机场跑道已大量修筑了水泥混凝土路面。而且在高等级公路建设中,水泥混凝土路面里程也在迅速增长。这个阶段的路面基层材料,尤其是高等级公路路面基层,要求采用新的、强度更高的材料和施工工艺,采用无机结合料和工业废渣稳定集料或稳定土的所谓半刚性基层成为路面基层的突出代表。除少数水泥混凝土路面外,目前国内高等级公路大多采用半刚性基层沥青路面这一结构形式。

需要指出的是,随着交通量的不断增长、车速的不断提高和轴载的明显增大,对沥青路面强度、抗车辙和低温收缩等变形性能、沥青路面上行车的安全和降低噪声的要求也越来越高。因此,一些新的沥青混合料或新的表面层结构已经开始推广应用,如沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)和多孔隙沥青混凝土或开级配磨耗层等。

二、路面设计理论与方法

路面设计理论与方法经历了从经验法到理论法的发展过程。我国自 20 世纪 70 年代开始研究适合我国国情的理论设计法,并取得了系统实用的成果。如柔性路面设计采用以多层弹性层状体系理论为基础,以路表回弹弯沉值为设计控制指标,并对层底弯拉应力和上层破裂面剪应力进行验算的设计方法。刚性路面设计采用弹性半无限地基上小挠度薄板理论为基础,以混凝土疲劳强度为控制指标,采用有限元位移法分析结果进行设计。目前,我国已制定出一套适用于我国实际情况的沥青路面和水泥混凝土路面的设计方法和设计参数,它们随着高等级公路的建设不断地在实践中得到完善。为了使我国的路面结构设计能适应交通参数和结构参数不可避免的变异性,使路面设计与路面施工有机地结合起来,实现路面结构设计和计算从传统定值型向概率型转变,国家“八五”重点科技项目——“沥青路面结构的可靠性研究”和“水泥混凝土路面结构可靠性的研究”圆满完成并取得了重大成果。今后,在路面设计理论方面,应用弹、黏、塑性体系理论对沥青路面结构进行分析研究,同时考虑路面环境因素、材料、造价、使用性能评价、寿命估计、维修管理、运输效益等因素,把它们有机结合起来作为一个总的设计系统,运用电子计算机技术以获得更为优化和技术经济合理的路面设计结果。

三、路面施工技术

随着高等级公路的建设,近年来,路面施工设备、工艺方面也有了很大发展。“七五”、“八五”期间,我国沥青路面施工机械的发展尤为突出。我国生产的 400t/h 稳定土厂拌设备和稳定土拌和机、240t/h 沥青混凝土搅拌设备、8m 摊铺宽度高密度沥青混凝土摊铺机、沥青洒布车、沥青稀浆封层机等产品,其技术水平已达到 20 世纪 90 年代初国外先进水平。沥青路面施工已实现了各机械设备合理地选型配套,有机地组合在一起,进行科学的组织管理,并已实现沥青路面施工的机械化。水泥混凝土路面施工技术也发展较快,从传统的小型机具施工到目前高等级公路建设中的轨道式摊铺机施工、滑模式摊铺机施工,以

及新的施工工艺如水泥混凝土路面真空吸水工艺等,不仅提高了施工生产效率,而且保证了水泥混凝土的质量。

四、路面测试与评价技术

路面测试方面,各公路与城市道路部门研制了多种路面检测仪器装置,其中包括弯沉仪、曲率半径仪、平整度仪、摩擦系数仪、透水仪等,并制定了不同类型路面现场测试规程以及验收技术规范。此外,沥青混合料的路用性能,如流变、低温收缩、抗老化、高温抗车辙和低温抗裂性能等试验方法和性能评价技术也取得了良好的成果。

随着科学技术的进步,一些更快捷、准确、简便、先进的检测新技术开始在路基路面工程中推广使用。例如:用于弯沉检测的自动弯沉仪和落锤式弯沉仪;用于平整度检测的颠簸累积仪和激光平整度仪;用于抗滑性能检测的横向力系数测定车和测定路面构造深度的激光构造深度仪;用于路面厚度无损检测和探伤的路面雷达测试系统等。在路面检测技术发展的同时,近年来路面评价与路面养护管理系统的研究已取得较大成果,并应用于实际。

第二节 路面面层与分类

一、路面的类型

通常可按路面面层的使用品质、材料组成类型以及结构强度和稳定性,将路面分为 4 种类型,见表 1-1。

表 1-1 路面面层类型及适用范围	
面 层 类 型	适用范围
沥青混凝土	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
水泥混凝土	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
沥青贯入、沥青碎石、沥青表面处治	三级公路、四级公路
砂石路面	四级公路

二、路面的分类

路面的类型一般按路面所使用的主要材料划分,如水泥混凝土路面、沥青路面、砂石路面等。但在进行路面结构设计时,从路面结构在行车荷载作用下的力学特性出发,可将路面划分为柔性路面、刚性路面和半刚性路面 3 类。

(一)柔性路面

柔性路面结构整体刚度较小,在行车荷载作用下产生的弯沉变形较大,路面结构层抗弯拉强度较低,行车荷载通过各结构层传递给土基,因而使土基承受较大的单位压力。路基路面结构主要靠抗压强度、抗剪强度承受行车荷载的作用。柔性路面主要为各种未经

处治的粒料基层和各类沥青面层、碎(砾)石面层或块石面层组成的路面结构。

(二)刚性路面

刚性路面主要指水泥混凝土做面层或基层的路面结构。与柔性路面相比,水泥混凝土具有抗压、抗弯拉强度高和弹性模量高的特点,它的板体刚度较大,具有较大的扩散应力能力。

因此,在车辆荷载作用下,通过板体传递给基层或土基的单位压力要比柔性路面小得多。

(三)半刚性路面

用水泥、石灰、粉煤灰等无机结合料稳定土或碎(砾)石而修筑的基层,称为半刚性基层。半刚性基层初期强度和刚度较小,具有柔性路面力学性质;后期强度和刚度增长幅度较大,具有刚性路面力学性质,但是最终的强度和刚度仍远小于水泥混凝土。由半刚性基层和铺筑在它上面的沥青面层所组成的路面结构称为半刚性路面。

需要加以说明的是,刚性路面、柔性路面和半刚性路面是从结构设计方法出发,以力学特性作为划分原则的,这种划分没有绝对的定量界限。随着材料科学的发展,刚性路面与柔性路面间的区别会变得模糊,如水泥混凝土添加聚合物,使得它在保留高强度的同时又降低了刚度,具有柔性路面的特性;而沥青改性的研究使得沥青混凝土随着气候的变化而变化的力学性质更加趋于稳定,从而具有刚性路面的特性。这说明不同的路面类型是处于发展和相互转化中的。

第三节 路面结构分层及功能

一、沥青路面结构层的划分

由于行车荷载对路面的作用随着深度的增加而逐渐减弱,同时,路基的温度和湿度状况也会影响路面的工作状况,因此从受力情况、自然因素等对路面作用程度的不同以及经济的角度考虑,一般将路面分成面层、基层、底基层和垫层来铺筑,如图 1-1 所示。

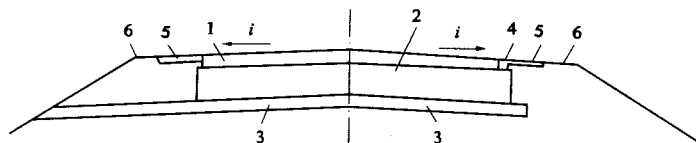


图 1-1 路面层次结构划分示意

i—路拱横坡度;1—面层;2—基层(有时包括底基层);3—垫层;4—路缘石;5—加固路肩;6—土路肩

(一)面层

面层是直接承受车轮荷载反复作用和自然因素影响的结构层,可由一至三层组成,即表面层、中面层和下面层。表面层应根据使用要求设置抗滑耐磨、密实稳定的沥青层;中面层和下面层应根据公路等级、沥青层厚度、气候条件等选择适当的沥青结构层。沥青面层分为沥青混凝土、热拌沥青碎石、乳化沥青碎石混合料、沥青贯入式、沥青表面处治 5 种

类型。

(二)基层

基层是设置在面层之下,并与面层一起将车轮荷载的反复作用传布到底基层、垫层、土基,起主要承重作用的层次。基层应具有足够的强度和稳定性,在冰冻地区还要求其具有一定的抗冻性。一般公路的基层宽度每侧宜比面层宽 25cm。

按所用的材料,基层可分为有结合料稳定类(有机结合料、无机结合料)和无结合料的粒料类(嵌锁型、级配型)。具体分类见表 1-2。

表 1-2 各种常用基层、底基层类型

类型			主要内容
有机结合料稳定类			包括热拌沥青碎石或乳化沥青碎石混合料、沥青贯入碎石等
无机结合料稳定类	水泥稳定类		包括水泥稳定砂粒、砂砾土、碎石土、未筛碎石、石屑、石渣、高炉矿渣、钢渣等
	石灰稳定类		包括石灰稳定土(石灰土)、天然砂砾土、天然碎石土,以及用石灰稳定级配砂砾、级配碎石和矿渣等
	工业废渣稳定类	石灰粉煤灰类	包括石灰粉煤灰(二灰)、石灰粉煤灰土(二灰土)、二灰砂、二灰砂砾、二灰碎石、二灰矿渣等
		石灰煤渣类	包括石灰煤渣、石灰煤渣土、石灰煤渣碎石、石灰煤渣砂砾、石灰煤渣矿渣等
		水泥煤渣类	包括水泥粉煤灰稳定砂砾、碎石及砂等
无结合料的粒料类	嵌锁型		包括结碎石、泥灰结碎石、填隙碎石等
	级配型		包括级配碎石、级配砾石、级配砂砾等

(三)底基层

底基层是设置在基层之下,并与面层、基层一起承受车轮荷载反复作用,起次要承重作用的层次。底基层材料的强度指标要求比基层材料略低。一般公路的底基层宽度每侧宜比基层宽 15cm。在多雨地区,透水性好的粒料底基层,宜铺至路基全宽,以利于排水。底基层可分为无机结合料稳定类和无结合料的粒料类。具体分类见表 1-2。

基层、底基层视公路等级或交通量的需要可设置一层或两层。当基层或底基较厚需分两层施工时,可分别称为上基层、下基层或上底基层、下底基层。

(四)垫层

垫层是底基层和土基之间的层次,它的主要作用是加强土基、改善基层的工作条件。垫层往往是为蓄水、排水、隔热、防冻等目的而设置的,所以通常设在路基处于潮湿和过湿以及有冰冻翻浆的路段。在地下水位较高地区铺设的、能起隔水作用的垫层称为隔离层;在冰冻较深地区铺设的、能起防冻作用的垫层称为防冻层。此外,垫层还能扩散由基层传下来的应力,以减小土基的应力和变形;而且它也能阻止路基土挤入基层中,从而保证了基层的结构性能。

修筑垫层所用的材料,强度要求不一定很高,但水稳性和隔热性要好。常用来修筑垫

层的材料有两类:一类是用散粒料,如砂、砾石和炉渣等,组成的透水性垫层;另一类是由整体性材料,如石灰土或炉渣石灰土等,组成的稳定性垫层。

高速公路和一、二级公路的排水垫层应铺至和路基同宽,以利路面结构排水,保证路基稳定。三、四级公路的垫层宽度要比底基层两侧至少宽 25cm。

应当指出的是,不是任何路面结构都需要上述几个层次,而应根据具体情况设定路面结构。而且,层次的划分也不是一成不变的,例如,在道路改建中,旧路的面层则可成为新路面的基层。

第二章 路面设计资料及参数的确定

第一节 公路自然区划与土基干湿类型

一、公路自然区划

中国公路自然区划是根据全国范围的实际资料,通过分析,归纳各区域筑路差异性的规律来划分的。可将我国公路自然区划分为 3 个等级,作为指导路基和路面设计、施工、养护工作的依据。

(一)一级区划

一级区划以大范围内的热量和冰冻作用对公路的影响为标准,采用温度为主要指标,将全国划分为 7 个一级区:

- I——北部多年冻土区;
- II——东部湿润季冻区;
- III——黄土高原干湿过渡区;
- IV——东南湿热区;
- V——西南潮暖区;
- VI——西北干旱区;
- VII——青藏高寒区。

(二)二级区划

二级区划以气候和地形为主导因素,在一级区划的基础上以潮湿系数(降水量同蒸发量的比值)为主要指标,将全国划分为 33 个二级区和 19 个副区。

(三)三级区划

三级区划是在二级区划基础上的进一步划分。三级区划可由各地根据气候、地理、地貌等条件,并结合当地筑路经验自行划定。

一级区划和二级区划的界线,即全国公路自然区划图,见图 2-1。

二、土基干湿类型

土质路基的干湿类型影响其强度与稳定性,正确区分土基的干湿类型,是搞好路基路面设计的前提,土基干湿类型可分为干燥、中湿、潮湿和过湿 4 种。这 4 种类型表示路基工作时,路基土所处的含水状态。

我国现行公路路面设计规范中规定,对于原有路基的干湿类型以实测不利季节路床表面以下 80cm 深度内土的平均稠度 w_c ,再按照表 2-1 沥青路面土基干湿状态的稠度建议值确定。对于设计中的新建公路,当路基尚未建成,无法确定平均稠度时,可根据自然区划、

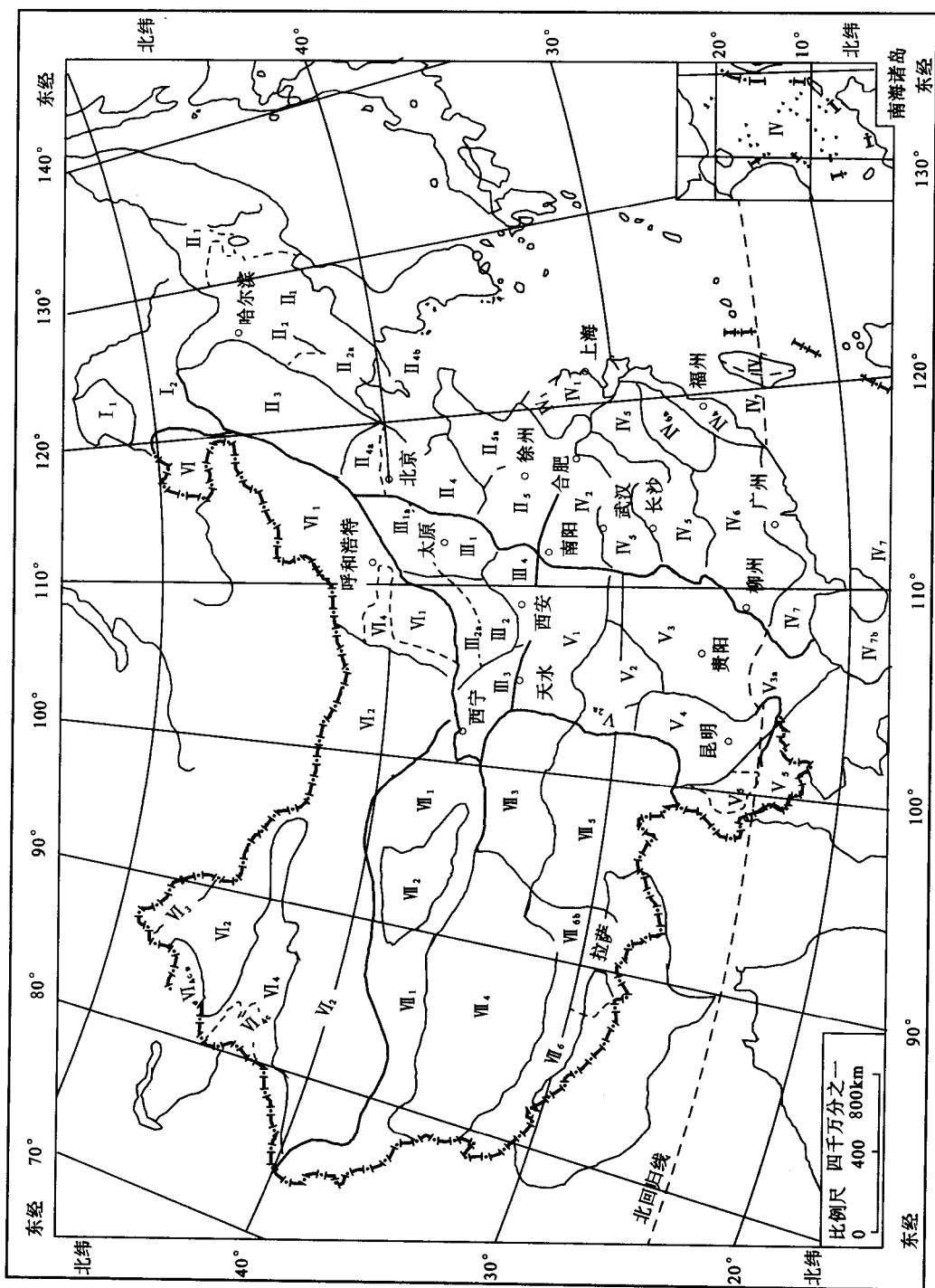


图 2-1 全国公路自然区划图