



软土地基上高速公路

路基拼接关键技术

Key Technologies
of Embankment Widening
of Highway on Soft Foundation

张军辉 著



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

软土地基上高速公路 路基拼接关键技术

张军辉 著



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

内 容 提 要

本文根据笔者十多年的研究成果和对多条高速公路路基拼接技术服务的工程实践经验,对软土地基上的高速公路路基拼接关键技术进行总结。内容涵盖了软土地基上高速公路路基拼接的相互作用、差异沉降的控制指标和标准、拼接路基下硬壳层软土地基工程特性和软土地基处理、涵洞土压力计算和地基基础设计、老路基工作状态评价、新老路基结合部处治、路基沉降预测和预压荷载动态设计等关键技术。

本书可供从事公路设计、施工及科研的技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

软土地基上高速公路路基拼接关键技术 / 张军辉著

— 北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.12

ISBN 978-7-114-12725-0

I. ①软… II. ①张… III. ①高速公路—公路路基—
软土地基—路基工程 IV. ①TU471.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 319691 号

书 名:软土地基上高速公路路基拼接关键技术

著 作 者:张军辉

责任编辑:孙 玺 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:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:16.75

字 数:339 千

版 次:2016年6月 第1版

印 次:2016年6月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-12725-0

定 价:45.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

随着国民经济的快速发展,我国高速公路的建设十分迅猛。截至2014年年底,高速公路里程已超过11万公里。由于受建设时社会经济、水平、技术水平和建设思想的制约,在已经建成使用的高速公路中,绝大多数是双向四车道、六车道和八车道高速公路所占比例较低。目前有相当一部分已不能适应交通量增长和社会发展的要求,迫切需要扩大道路通行能力。解决这一问题有几种途径:一种是路网加密方案;一种是近距离新建高速公路;一种方法是老路加宽方案。路网加密方案工程投资大,对已建高速公路交通吸引有限,特别是加密公路建设规模较小时,对长大距离交通吸引甚微;近距离新建高速公路投资规模大,占用土地多,且容易造成路网分布不均;而老路加宽方案利用已建高速公路部分工程,占地拆迁较少,工程投资相对较小。现阶段我国高速公路扩建大多采用老路加宽的方案。自我国首条高速公路扩建工程——广佛高速公路加宽工程动工以来,先后有海南环岛东线、沪杭甬、沈大、沪宁、连霍、京港澳、昌樟等高等级公路相继局部或全线扩建加宽。结合国外经验及根据国家未来经济发展,可以断言,全国主要经济干线走廊带内远期将需要10条左右车道的高速公路的通行能力。因此,高速公路的扩建加宽将是21世纪我国公路建设亟待解决和必须解决的重要课题。

在我国尤其是东部沿海、内陆湖区已经建成使用的高速公路中,有相当一部分是修筑在软土地基上。由于软土固有复杂的工程特性,加之高速公路改扩建工程具有技术难度大、施工历时短、改扩建工程中需保障老路畅通等特点,使得软土地基上高速公路的加宽工程更加复杂。虽然我国目前已完成了超过6000km的高速公路改扩建工程,其中不乏软土地基上的高速公路改扩建工程,积累了较为丰富的工程实践经验,但针对软土地基上高速公路改扩建工程路基拼接的相互作用、差异沉降的控制指标和标准、拼接路基下硬壳层软土地基工程特性和软土地基处理、涵洞土压力计算和地基基础设计、老路基工作状态评价、新老路基结合部处治、路基沉降预测和预压荷载动态设计等关键技术的学术书籍较少。基于此,笔者根据十多年的研究成果和多条高速公路路基拼接技术服务的工程实践经验,对软土地基上高速公路路基拼接的关键技术进行总结,力求对我国高速公路加宽改造,尤其是南方软土地区高速公路路基拼接有所贡献。

全书共分为12章。第1章为绪论,介绍软土地基上高速公路改扩建工程的现状、技术难题、常见病害,并给出本书结构;第2章基于经典土力学,分析路堤拼接在地基中引起的附加应力,并给出沉降计算方法;第3章采用有限元方法分析路堤拼接性状;第4章基于第2章和第3章的研究成果,考虑高速公路路面的功能性、结构性要求,提出适用于高速公路改扩建工程

的差异沉降控制指标和标准;第5章和第6章分别就拼接路基下浅层地基处理和深层地基处理技术进行研究;第7章为高速公路改扩建工程中涵洞通道的土压力计算方法及地基基础设计;第8章为基于现场人工开挖和长期湿度测试的老路基工作状态评价与加固技术;第9章为加筋路堤的性状分析,提出加筋处治的技术措施;第10章为减小路基工后沉降的堆载预压动态设计方法;第11章为新老路基拼接的设计和施工,尤其包括了对南方软土地区分布的典型路基土填筑路堤拼接采取的技术措施;第12章为路基拼接工程的现场监测。

本书由长沙理工大学交通运输工程学院张军辉副教授著,获长沙理工大学出版资助。

本书的研究成果主要来源于笔者主持和参与的交通部西部交通科技项目(项目编号:2009318000062,2009319825090)、国家高技术研究发展计划(863计划)(项目编号:2012AA112504)、国家自然科学基金(项目编号:51108048,51478054)和江西省交通运输厅科技项目(项目编号:2013C0011),并引用了指导的硕士研究生江唯伟、梁忠善、张涛、尹志勇和周宇的硕士论文的部分内容。同时,博士研究生姚永胜,硕士研究生岑广明、湛叶娟、戴良良、张磊、江庆平、肖亚冲参与了部分绘图校核工作。最后,感谢人民交通出版社股份有限公司的编辑,为本书的出版付出了辛勤的劳动。

限于作者水平,书中疏漏和不足在所难免,恳请读者及同行批评指正。邮寄地址:湖南省长沙市万家丽南路二段960号长沙理工大学交通运输工程学院,邮编:410114。E-mail:zjhseu@163.com。

作者

2015年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 高速公路加宽的必要性	3
1.2 国外高速公路加宽工程发展概况	4
1.3 国内高速公路加宽工程发展概况	6
1.4 国内外软基上高速公路加宽工程对策分析	17
1.5 国内外现有技术知识产权和技术标准现状及分析	23
1.6 高速公路路基拼接常见病害及机理分析	24
1.7 本书主要内容及结构	27
本章参考文献	28
第 2 章 路堤拼接引起的地基附加应力及沉降特性分析	33
2.1 几种分布荷载作用下地基初始有效应力及超孔隙水压力分析	35
2.2 路堤拼接引起的地基初始有效应力及超孔隙水压力分析	39
2.3 路堤拼接引起的地基沉降特性分析	42
2.4 本章小结	47
本章参考文献	48
第 3 章 软土地基上路堤拼接性状的有限元分析	49
3.1 计算方法	51
3.2 有限元基本理论及计算模型的建立	51
3.3 计算结果分析	54
3.4 路堤拼接变形特性的影响因素分析	61
3.5 本章小结	69
本章参考文献	70
第 4 章 加宽工程差异沉降控制指标及标准研究	73
4.1 加宽工程差异沉降指标的建立	75
4.2 高等级公路加宽工程路面功能要求分析	75
4.3 高等级公路加宽工程路面结构要求分析	78
4.4 加宽工程差异沉降控制标准研究	82
4.5 加宽工程差异沉降控制标准的适用性分析	83
4.6 本章小结	85
本章参考文献	86
第 5 章 拼接路基硬壳层软土地基工程特性研究	87
5.1 硬壳层软土地基竖向附加应力计算研究	89
5.2 附加应力任意分布的双层地基一维线性固结理论研究	99

5.3 基于统一强度理论硬壳层软土地基承载力的确定	112
5.4 本章小结	115
本章参考文献	116
第6章 拼接路基深层软基处理技术研究	121
6.1 控沉疏桩复合地基力学性状分析	123
6.2 加宽工程软基处理方法选择研究	133
6.3 本章小结	140
本章参考文献	140
第7章 软土地基上埋式涵洞土压力计算及地基基础设计	145
7.1 软土地基上埋式箱涵土压力的离心模型试验	148
7.2 软土地基上埋式箱涵土压力的数值模拟	154
7.3 软土地基上埋式涵洞地基基础设计方法	159
7.4 本章小结	161
本章参考文献	161
第8章 老路基工作状态评价与加固	163
8.1 基于人工开挖的老路基边坡工作性能评价	165
8.2 基于轻型动力触探的老路基边坡工作性能评价	171
8.3 老路基边坡加固措施	174
8.4 路基改扩建综合排水技术	176
8.5 本章小结	180
本章参考文献	180
第9章 高速公路加宽工程加筋路堤的性状分析	183
9.1 加宽工程加筋路堤离心模型试验	185
9.2 加宽工程加筋路堤离心模型试验的有限元分析	188
9.3 土工格栅现场测试及分析	193
9.4 本章小结	195
本章参考文献	196
第10章 路基沉降预测及堆载预压动态设计	197
10.1 常用沉降预测方法	199
10.2 基于 MATLAB 的沉降预测方法可视化开发	205
10.3 路堤预压土高度的动态设计与施工	209
10.4 本章小结	217
本章参考文献	217
第11章 新老路基拼接的设计与施工	219
11.1 新老路基拼接设计	221
11.2 新老路基拼接施工关键技术	224
11.3 本章小结	244

本章参考文献	244
第 12 章 高速公路加宽工程性状的现场监测	247
12.1 加宽路基施工动态控制标准	249
12.2 沉降观测	250
12.3 加宽工程观测断面布设与技术设计	255
12.4 加宽工程沉降观测外业	256
12.5 资料整理	257
12.6 本章小结	258
本章参考文献	258
索引	259

第1章 绪 论

- ⇒ 1.1 高速公路加宽的必要性
- ⇒ 1.2 国外高速公路加宽工程发展概况
- ⇒ 1.3 国内高速公路加宽工程发展概况
- ⇒ 1.4 国内外软基上高速公路加宽工程对策分析
- ⇒ 1.5 国内外现有技术知识产权和技术标准现状及分析
- ⇒ 1.6 高速公路路基拼接常见病害及机理分析
- ⇒ 1.7 本书主要内容及结构

1.1 高速公路加宽的必要性

1.1.1 促进国民经济又好又快发展的需要

改革开放以来,我国交通基础设施建设迈上新台阶,迎来了高速公路发展的新时代。截至2014年底,高速公路通车里程已达11.19万公里,但其中大部分为双向四车道。

随着国民经济的发展,公路客货运输持续快速增长,1995—2014年间,客运量最多增长3.4倍,货运量增长3.5倍,如图1.1所示。汽车保有量大幅增加,相当比例的高速公路通行能力已无法满足要求,1995—2014年间,汽车保有量增长14倍,如图1.2所示。经常造成交通拥堵,甚至引发恶性交通事故(图1.3),严重制约了社会经济发展。因此,加快高速公路网的升级改造、提高重要路段的通行能力已迫在眉睫。

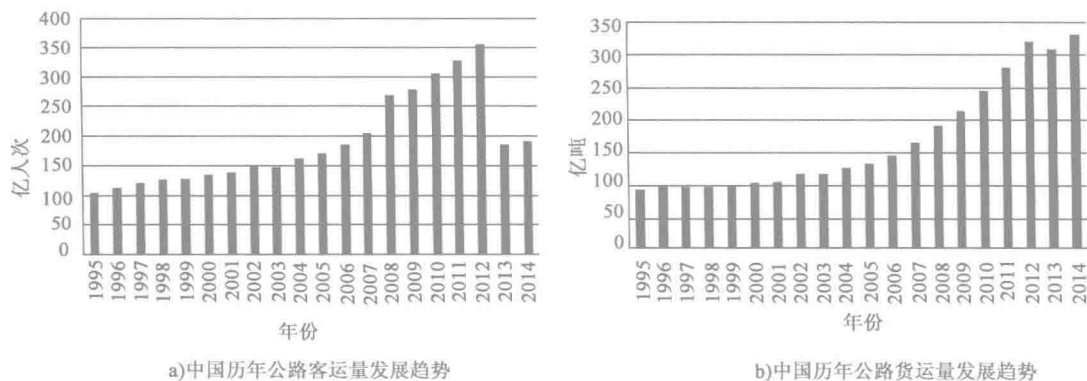


图 1.1 中国 1995—2014 年公路客运量和货运量发展趋势

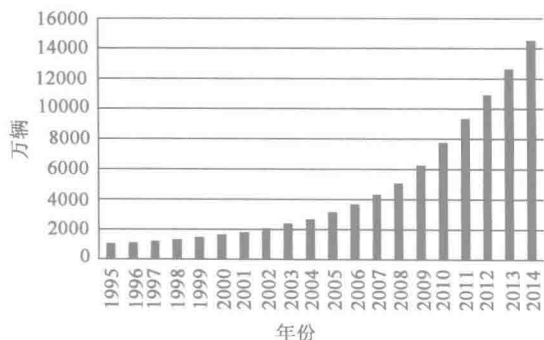


图 1.2 中国 1995—2014 年汽车保有量发展趋势



图 1.3 通行能力不足引发的交通事故

1.1.2 发展低碳经济,走资源节约和环境友好型交通发展之路的需要

节约资源、保护环境是我国的基本国策。道路建设与维护消耗大量资源,占用土地,污染环境。因此,交通行业是资源占用和能源消耗性行业,也是建设资源节约型、环境友好型社会的重点攻关领域。

通过原有高速公路的改扩建,拓宽道路、增加车道,提高通行能力,以适应交通量快速增长的需要。与新建高速公路比较,将大大减少土地资源占用、降低建设成本。此外,高速公路改扩建工程将产生大量的废旧路面材料,通过开发这些废旧材料的循环再生利用技术,既可节约沥青、石料等原材料资源,亦可减少工程垃圾,保护环境。

1.2 国外高速公路加宽工程发展概况

1930年,德国修建了从波恩至科隆的高速公路,世界第一条高速公路自此诞生。高速公路因其行车速度快、通行能力大、经济效益高、行车舒适安全等特点备受世界各国青睐。高速公路已成为世界各国实现交通现代化的一个主要标志。高速公路通车里程已经成为衡量一个国家或地区经济发达程度的一项重要指标。

总体上说,由于西方发达国家早在20世纪30年代就开始修建、改造高速公路,对于高速公路的改扩建已经有了比较系统、完备的认识。随着技术的进步和对环境重视程度的提高,国外高速公路改扩建由过去简单地考虑满足交通功能的思维模式转变为考虑交通、生态、环境、经济、技术、社会影响等综合效益的扩建模式,从单目标问题转化为多目标综合寻优问题。下面以美国和日本在高速公路改扩建方面的经验为例进行介绍^[1]。

1.2.1 美国高速公路改扩建

美国在高速公路建设上取得的成就是有目共睹的。第二次世界大战以后,因国防需要,美国开始在国内大规模地建设高速公路。到20世纪60年代中期,美国的高速公路网基本成形。由于国情不同,美国的土地利用政策相对宽松,因此高速公路建设具备很好的前瞻性,在公路设计和建设中坚持长远的观点。例如,美国高速公路的中央分隔带通常设计的较宽:1956年国家州际公路和国防公路集合设计标准中规定城区高速公路中央分隔带宽4.9m,乡村区高速公路的中央分隔带宽11m;1967年出版的AASHTO规范中推荐的最小中央分隔带宽为18~24m,靠近城区的中央分隔带宽为7~8m。较宽的中央分隔带既便于排水、管线布设和交通安全设施等的布置,也便于将来的道路拓宽。

随着经济的发展及交通量的不断增加,从20世纪70年代中期至80年代中期,美国掀起

了一股大规模的高速公路改扩建热潮。出于对环境保护的考虑,联邦政府非常赞同对旧线进行拓宽扩建。由于美国的路基拓宽改造一般在中央分隔带内进行,所以新老路面的沉降差异问题并不突出。

在此期间,对扩建方案的研究主要针对具体项目中的工程技术问题,类似我国目前所处的高速公路改扩建初期阶段。随着对高速公路扩建问题探索的深入,美国科学院交通运输研究委员会(TRB组织)于1983年在美国召开了高速公路扩建工程专题国际会议。该会议比较完整地总结了发达国家近10年来对高速公路扩建的技术方法,主要集中在结构拼接和施工方法上的总结,而对于高速公路改扩建的方案设计、比选以及线形设计等问题几乎没有涉及。1983年,美国 Jack E. Leisch 在 ITE Journal 上发表了名为《高速公路改扩建设计特点和方案研究》的论文,较为系统地论述了在高速公路改建拓宽中,几何线形设计方面普遍遇到的问题,尤其是对立交设计作了很精辟地总结。

从20世纪80年代末至今,环境与公共关系对高速公路改建项目的重要性越来越突出。美国在高速公路改扩建方面的研究,越来越多地侧重扩建项目如何减少对自然环境和公众生活的影响,如何有效地与公众进行沟通,如何在工程中利用先进的技术等方面,在改扩建项目的方案设计、比选、施工区道路安全性和施工区的交通组织等方面的技术日臻成熟。

1.2.2 日本高速公路改扩建

日本于20世纪60年代初开始建设高速公路。到了20世纪80年代,陆续建成了名神、中央、东名、首都、阪神等干线高速公路,初步形成了高速公路干线网络。此后,开始大力兴建与干线交叉的支线高标准道路。目前,日本全国高速公路总里程接近8000km,最终目标是在全国建成总长度为11520km的高速公路网络。

日本的高速公路建设也经历了高速发展、注重提高质量、兼顾维修保养出精品三个阶段。和美国一样,日本的公路部门非常重视前期的规划工作,充分体现以人为本和经济实用的原则,为后续的改扩建留有余量,提供了较好的扩建条件。在技术方面,日本国内的施工企业非常注重技术创新工作,在路基处理、路基拼接、桥梁拼接和立交拓宽等方面,总结了很多实用的技术。概括来讲,日本在高速公路改扩建中积累的经验主要有以下三个方面。

(1) 路基处理技术

日本多数地区属火山地貌,少部分地区为盆地和海相沉积平原,深软土地基分布较广。由于高速公路规划建设线路多呈南北纵向分布,少量为东西横断走向。道路所穿越的地区基本为山区、峡谷,软土地基处理量较小,因此,在道路新建和扩建中对局部软土地段一般不作深层地基处理,而基本采用水泥或石灰进行土质改良、提前预压或用轻质填料进行路基填筑,以减少路基工后沉降。用轻质填料进行路基填筑是日本在高速公路扩建中总结的实用技术。目

前,日本的轻质路基填料主要有两种类型:一种是空气泡沫砂浆和空气泡沫轻质稳定土;另一种是发泡聚苯乙烯块颗粒土。该技术的成功应用加快了道路新建和扩建施工进度,缩短了施工周期,具有较好的综合效益,近年来被广泛推荐使用。

(2) 路基拼接技术

由于受地理条件限制,日本现已建成通车的高速公路中隧道和桥梁所占比例较大,填筑路基段大多位于山间峡谷,依山体而建。因此,根据地形条件,除少数一般的平原、丘陵挖填方路段采用两侧拼接加宽的方式外,其他路段多以单侧拼接加宽为主,局部路段的隧道、桥梁和路基采取分离新建的做法。由于对路基段的拼接应用了轻质填料技术,所以在拼接过程中一般不对原路基进行大面积开挖台阶和复压,从而加快了扩建的速度。

(3) 排水性沥青混凝土路面技术

在路面新材料应用方面,目前日本正在全国范围内大力推广排水性沥青混凝土路面。路面结构为:4cm 排水性沥青混凝土面层+6cm 沥青防水层+20cm 沥青处治基层+10~20cm 水泥处治底基层。其面层所用石料一般选用坚质砂岩,10~13mm 粒径石料占 70%~80%,砂占 10%~15%,矿粉占 5%,树脂沥青占 5%,空隙率达 20%。从面层渗透的水在防水层表面排至路基边沟。尽管此种路面结构的建设成本比一般沥青路面高,但由于排水性沥青混凝土路面的摩擦系数较高且能降低行车噪声,消除普通路面车辆雨天行驶产生的尾雾现象,并具有较高的抗车辙能力,从而提高了道路的安全系数和行车的舒适性。因此,日本道路公团要求所有新建及改建的路面均采用此结构。

此外,国外公路加宽工程主要还有荷兰鹿特丹(Rotterdam)—安特卫普(Antwerp)的 A16 号公路^[2-4]、阿姆斯特丹(Amsterdam)—乌得勒支(Utrecht)的 A2 号公路^[5]、芬兰赫尔辛基(Helsinki)—Mikonkorpi 公路^[2]、韩国 1 号高速公路^[6]、德国开姆尼茨(Chemnitz)—德累斯顿(Dresden)的 A4 号联邦高速公路等。

由于国外高速公路设计时充分考虑了后期交通量的增加,采用了较宽的中央分隔带,新老路基结合部带来的差异沉降问题不明显,因此,值得借鉴的地方不多。

1.3 国内高速公路加宽工程发展概况

自我国首条高速公路加宽工程——广佛高速公路加宽工程动工以来,先后有海南环岛东线、沪杭甬、哈大、沈大、沪宁、南京绕城等高速公路相继局部或全线扩建加宽。

1.3.1 广佛高速公路加宽工程

广佛高速公路加宽工程从起点至雅瑶立交段,全长 6.864km,按高速公路八车道标准加

宽扩建,两侧各加宽两条车道,全宽达 41m;雅瑶立交至终点谢边段,全长 6.971km,按高速公路六车道标准加宽扩建,两侧各加宽一条车道,全宽达 33.5m。加宽工程从 1997 年 10 月开工,到 1999 年 12 月完工,成为全国首条高速公路加宽扩建工程^[7-9]。其主要技术要点及效果包括以下五个方面:

(1) 软基处理

广佛高速公路全线累计共有软土地基段 5562m,软土层厚度达 10~20m,主要是淤泥质细(粉)砂软弱层。老路下的软基采用袋装砂井结合砂垫层排水固结处理,经过近十年的沉降,路基范围内的软基已充分固结并趋于稳定。考虑到新路基的工期短、不可中断交通和软基范围广等特点,采用水泥粉喷桩快速固结软基,并结合砂垫层形成复合地基,提高地基整体强度。

粉喷桩施工由外向内分两阶段逐步施工:第一阶段按 1:0.8 的坡率开挖老路边坡,整平压实形成工作面后进行外层粉喷桩施工,待粉喷桩成型检验合格后进入第二阶段施工,按 1:0.5 的坡率继续开挖边坡,整平压实后再进行内侧粉喷桩施工。桩的直径为 50cm,桩间距分布里密外疏,其中新建路面下采用 1.2m 间距梅花桩形布置,靠近新路坡脚处采用 1.8~2.3m 的间距布置。

砂垫层严格按照设计要求施工,与老路堤的砂垫层连通。地下水丰富路段增设土工布包碎石作盲沟,确保路基排水畅通。

(2) 路基处治措施

老路边坡采用清除表土后再挖台阶的方法进行衔接,严格按照施工规范中对新老路基衔接的要求开挖台阶,而且台阶数量尽可能多,为新老路基衔接提供更多接触面,更利于新老路基的结合。在部分填方较高的路段采用逐步开挖的方式施工,同时做好排水与安全防护工作。

在软基处理和填土过程中始终用塑料布封闭开挖出露的老路堤坡面。

为减小不均匀沉降和提高新路基的稳定性,使应力传递更合理,在复合地基上铺设两层土工格栅。土工格栅横向铺设,两层之间填筑 50cm 风化土。对软基与非软基接头部位用两层 15m 长土工格栅搭接过渡,其中软基处理段搭入 5m,非软基段搭入 10m。

在路槽纵向铺设 2m 宽跨施工缝的土工格栅,格栅嵌入老路面的宽度为 1.05m,以加强新老路基的横向联系,减少裂缝反射。

严格控制新老路基结合部(大型压路机的压实施工死角)的压实,对该处用打夯机分薄层压实填筑。

(3) 施工动态控制

软基处理施工期从 1997 年 9 月至 12 月,施工完成后设点观测沉降量,期间每增加一层填土观测一次,填土结束后每个月观测一次,连续观测至 1999 年 10 月完工通车为止。

(4)路面处治措施

将老路面边缘 60cm 宽范围内呈疏松状态的沥青混凝土面层和水泥稳定基层挖除,在新路面施工时一起回填压实,结合路槽跨施工缝设计土工格栅来增强路面整体性。

(5)路基拼接效果

广佛高速公路加宽工程竣工投入运营后,道路通行能力大幅提高,高峰期交通量达 110000 辆/昼夜。在繁重的交通量作用下,加宽工程的质量状况良好。2000 年 11 月对加宽工程缺陷责任期路况调查资料表明,新建路基基本稳定,无显著下沉或开裂,新路面没有出现积水现象和因设计或施工原因导致的破损。2003 年 7 月,广佛高速公路路面状况明显下降,出现了横向裂缝、网裂、坑槽等病害,但基本没有出现因路基拼接、差异沉降造成的路表纵向裂缝和反坡,初步说明处理方法和措施是合适的。

1.3.2 海南环岛东线高速公路加宽工程

海南环岛东线高速公路加宽工程分两期进行,一期工程(海口—琼海段)86.15km 于 1996 年 11 月正式动工,1998 年 3 月建成通车。二期工程(琼海—三亚段)分两阶段进行,1998 年 6 月,二期工程(琼海—陵水段)108km 正式动工,2000 年 1 月建成通车;2000 年中旬,二期工程(陵水—三亚段)57km 正式动工,全部工程于 2001 年 9 月建成通车^[10]。其主要技术要点及效果包括以下四个方面:

(1)软基处理

对于 3m 深度的软基,一般换填适当厚度的砂垫层或级配碎石垫层。对于 3m 以上深度的软基,采用粉喷桩、粉喷桩加反压护道或粉喷桩加预压处理。粉喷桩要求至少 7d 龄期后才可逐渐填筑土方。填土时要严格控制填土厚度和压实度标准。

(2)路基处治措施

新老路基结合部开挖台阶。在原有半幅左侧路堤边坡处,从坡脚向上挖成 1.0~1.5m、内倾 2%~4%的反向台阶。坡脚附近的台阶宽一些,通常为 2~3m。然后逐渐填筑新路基,台阶部位需及时和重点碾压。部分路段提高路基压实度标准。填方路段,把规范规定的 90%压实度区提高到 93%,93%区提高到 95%,95%区提高到 96%;挖方路段,路堑路床压实度要求达到 96%。

对于 4m 的填方路基、底基层下以及桥涵的台背处,在新老结合部设置塑料土工格栅。

(3)施工动态控制

软基路堤填筑过程中要做好沉降和稳定观测,并严格限制施工填料和加载速度。路基加载速度应控制沉降量小于 1.5cm/d,水平位移量小于 0.5cm/d,待路基沉降基本趋于稳定后才能修筑路面。

(4)路基拼接效果

2002年12月,经海南省高速公路工程验收小组验收,海南环岛东线高速公路(左幅)加宽工程被评定为优良工程。加宽工程新老路基拼接处基本无异常现象,仅在大茅隧道引道分离的高填路堤处沥青路面因压实度等原因出现约200m纵缝及约20条横缝,加宽工程拼接总体效果良好。

1.3.3 沈大高速公路加宽工程

2002年5月28日,沈阳至大连高速公路加宽改造工程全线开工。沈大高速公路原为四车道,路基宽度26m,加宽改造后为八车道,设计时速120km,基本沿两侧加宽,局部单侧加宽,路基宽度42m。加宽改造工程全长348km,投资额近79亿元,2004年9月建成通车^[11-14]。其主要技术要点及效果包括以下四个方面:

(1)软基处理

试验段采用了塑料排水板+土工布+砂砾、粉喷桩结合石渣和直接铺筑70cm石渣三种处理方案。

对于软土层较薄路段,采用抛石填筑;对于软土层较厚路段,采用塑料排水板或粉喷桩处理。粉喷桩桩径为0.5m,间距为1.4m,正三角形布置,桩长一般为8~12m。

(2)路基处治措施

老路路基边坡面开挖成台阶状,高度不大于80cm,底面向路中心横坡为3%,并挖至与原路面齐平。挖到一定高度后再挖下一个台阶,避免施工时边坡塌落。原边坡垂直厚度30cm的边坡土一次性清除,移至加宽路基的坡脚外,做加宽路基的培肩土用。

在路基顶面以下20cm处铺设一层土工格栅,宽度6m,每延米纵横断裂荷载分别为60kN/m、20kN/m,同时路基内台阶处铺设2~3层土工格栅,增加新老路基的结合,并改善路基土体的应力状态。

选用与老路基相同或物理力学指标高的碎石土、砾石土、山皮土、石渣等材料填筑新路基。通过大吨位振动压路机、冲击式压路机来碾压土体以及增加碾压遍数来减少土体本身孔隙率,增加路基压实度,减少路基本身沉降。

当加宽部位路基填至路基顶面80cm时,把原路硬路肩挖除,然后检查原路基填料是否符合要求(表1.1),如符合,进行填筑。

路基填料强度要求

表 1.1

路基顶面以下 深度(m)	上路床	下路床	上路堤	下路堤	零填或零挖
	0~30	30~80	80~150	150以下	—
最小强度 CBR	8	5	4	3	—
最大粒径(cm)	10	10	15	15	10