

2008 年公路桥梁设计施工养护管理 论文集

◎ 《2008 年公路桥梁设计施工养护管理论文集》编委会



人民交通出版社
China Communications Press

2008 年公路桥梁设计施工 养护管理论文集

人民交通出版社

内 容 简 介

本论文集为人民交通出版社培训中心在给学员培训过程中征集的论文,内容涉及公路与桥梁设计、施工、养护和管理等。本书作为公路与桥梁一线技术人员的技术总结,所收录的论文较系统地反映了公路建设领域应用技术的最新发展情况和经验总结。具有一定的实用性和参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

2008 年公路桥梁设计施工养护管理论文集/
《2008 年公路桥梁设计施工养护管理论文集》编委会编.
—北京:人民交通出版社,2009.4
ISBN 978-7-114-07704-3

I. 2… II. 2… III. 公路桥—桥梁工程—文集 IV.
U488.14-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 053936 号

书 名: 2008 年公路桥梁设计施工养护管理论文集
著 作 者: 《2008 年公路桥梁设计施工养护管理论文集》编委会
责任编辑: 谢仁物 赵履榕
出版发行: 人民交通出版社
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)59757969,59757973
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京市密东印刷有限公司
开 本: 880×1230 1/16
印 张: 37.5
字 数: 958 千
版 次: 2009 年 4 月第 1 版
印 次: 2009 年 4 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-07704-3
印 数: 0001~2000 册
定 价: 90.00 元
(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

目 录

沥青路面产生不平整的原因及综合提高的措施	1
天津海河保定桥桥型设计构思和关键技术新探索	5
下承式钢坦拱桥的总体设计	17
薄壁高墩大跨度刚构桥的地震时程分析	23
天津中央大道永定新河大桥设计	29
城市桥梁景观设计	35
高墩大跨连续刚构桥稳定性分析	39
强震区曲线箱梁桥的抗震设计与分析	44
桥梁荷载效率系数优化研究	51
旧桥加宽改造工程与景观设计	56
河北大街立交主桥索塔及其锚固体体系设计	61
厦门海沧大桥地震响应分析	67
王顶堤立交通道桥改造主梁设计	75
慈海桥大型摩天轮基础分析与研究	82
天津市混凝土桥梁常见病害分析及维修加固案例	86
由汶川地震对桥梁的损毁引发的对桥梁抗震设计的思考	92
混凝土曲线连续箱梁设计方法研究	97
斜拉桥主塔转体施工	104
黄土区高边坡桥梁墩台设计	110
浅谈一种新型平面反对称异型拱在斜桥中的应用	115
南京六合区白果桥设计	119
桥梁上部结构加固研究与应用综述	126
大跨径桥梁钢箱梁顶板厚度的探讨	132
大跨度预应力混凝土连续刚构桥施工控制	135
某独斜塔双索面斜拉桥设计与研究	141
漯河市泰山路沙河彩虹桥吊杆更换设计施工	146
太原市火炬桥主桥抗震性能研究	153
基于抗震新规范下糯扎渡大桥的抗震验算	163
厦门海沧大桥钢桥面铺装技术探讨	168
312 国道苏州长江路立交改造方案	175
关于城市桥梁设计荷载的探讨	181
混凝土结构桥梁的耐久性设计	186
拱肋倾角对中承式系杆拱桥静力的影响	190
重庆嘉华嘉陵江大桥工程方案研究	195
浅谈疏港铁路分离式立交桥梁(板)预应力计算	204
桥型方案内力有限元分析及设计要点	212
普通混凝土和轻质混凝土高墩桥抗震性能及经济性比较	221

剖析公路工程投标报价方法	226
对桥(涵)台背回填过渡段施工方案的探讨	232
桥梁结构的抗震安全性评估	234
“荷载平衡法”在分段浇注的预应力混凝土连续箱梁设计中的应用	239
桥梁工程中大体积混凝土产生裂缝的原因与预防措施	246
关于路基压实度检测超百现象的探讨	251
论中小跨径公路桥梁典型成因病害与处治	260
青石铺桥检测评估	264
桥梁桩基础设计与施工过程中几个问题的探讨	268
止水帷幕人工挖孔灌注桩	273
临夏市大夏河桥加宽工程方案设计	276
湘潭四桥结构设计参数对其动力特性影响的研究	279
浅议高性能混凝土及其在桥梁工程中的应用	283
迪那2气田高墩T形刚构桥抗震分析	288
公路旧桥加固与管理	294
连霍高速公路洛阳至三门峡段(K695+600~K748+380)路面罩面立项报告	297
刚架拱桥增加横系梁加固研究	310
高速公路安全防护设施的病害分析与对策	314
采用实测弯沉指导路面结构的设计	321
刚性基层路面新结构研究	325
以人为本	329
隧道出口减光防眩设计	335
沥青路面保护工程实践	340
岩沥青路面性能研究与应用的若干问题	348
超声法在检测混凝土缺陷中的应用	356
深层水泥土搅拌桩对天津滨海地区软土地基的固化处理	361
混凝土面层龟裂产生机理及防治措施	364
钢筋混凝土构件裂缝计算的对比和研究	371
公路通行能力的设计研究	374
沥青路面早期病害的原因、类型及对策	377
某水电站公路隧洞围岩分类及施工技术探讨	384
高速公路冬季除雪防滑工作的探讨	388
北京市快速公交实施效果与经验总结	390
高速公路路线方案评价指标体系中社会评价研究	396
新型沥青路面雾封层材料的研究应用	400
沥青混凝土路面早期病害浅析	404
旧沥青路面现场冷再生基层施工工艺与质量控制	408
同步碎石封层技术在高速公路养护中的应用	412
沥青加铺层抗反射裂缝结构模拟试验研究	419
改性沥青在高速公路的应用发展	423
沥青路面产生不平整的原因及综合提高的措施	427
新型长寿命路面理念的实践及其相关技术	430

浅谈钻孔灌注桩基础的施工·····	434
半刚性沥青路面级配碎石过渡层抗裂性能分析·····	441
公路设计中人性化理念的具体体现·····	449
冷再生混合料路面基层的温缩特性研究·····	453
冷再生混合料路面基层水稳性及冰冻稳定性研究·····	457
冷再生混合料路面基层疲劳特性研究·····	461
浅谈连霍高速公路服务区改扩建工程桥梁拼宽设计与施工·····	466
湖北黄黄高速公路“白改黑”工程的实践与思考·····	470
浅谈钻孔桩基础施工的质量控制要点·····	475
现场热再生施工工艺及质量控制探讨·····	478
城市道路沥青路面水破坏原因及防治·····	484
后张扁锚部分预应力空心板梁的设计及经济性分析·····	487
宝天高速公路 BT17 标挖方边坡滑塌治理·····	491
使用最小二乘法进行旧路平面线形拟合的研究·····	495
浅析预应力混凝土空心板外观质量控制·····	503
乳化沥青厂拌冷再生工艺及应用·····	506
螺旋钢筋长度计算研究·····	510
农村公路养护工程实行招投标的适应性分析·····	514
关于县乡道路设计的相关内容探讨·····	519
关于公路养护管理模式的回顾与思考·····	524
日照市对外交通规划初探·····	529
浅谈公路建设的可持续发展·····	533
高速公路早期水损害分析与防治措施·····	536
加强养护管理 保护建设成果·····	541
公路交通可持续发展研究与探索·····	547
消除隐患珍爱生命安保工程铸就“平安路”·····	553
论城市立交分期建设的问题·····	557
我国快速公交系统(BRT)发展综述·····	561
3ds max 在公路设计中的应用·····	567
基于 Visual LISP 的图纸批量有序打印程序开发与应用·····	573
浅析施工企业的目标成本管理·····	577
郑焦晋高速公路车辙的成因分析和处治措施·····	582
CS 液注浆技术在浅埋隧道围岩加固中的应用·····	589



沥青路面产生不平整的原因及综合提高的措施

张福喜¹ 马前进¹ 李 伟²

(1. 郑州市公路勘察设计院 郑州 450006; 2. 贵州省交通科学研究所 贵阳 550003)

摘 要 沥青路面平整度是表征沥青路面使用性能的主要指标之一。本文对影响沥青路面平整度的因素进行了简要分析,并提出了相应的措施。

关键词 沥青路面 平整度 原因 措施

平整度是影响行车安全,行车舒适性以及运输效益等重要使用性能的因素之一。不平整的沥青路面会增大行车阻力,使车辆产生附加的振动作用,这种作用对路面施加冲击力,从而加剧路面和汽车机件的损坏和轮胎的磨损,并增大油料的消耗。因此,为了减少振动冲击力,提高行车速度和增进行车舒适性、安全性,应了解沥青路面产生不平整的原因并在施工中采取相应的处理措施。

1 产生不平整的原因主要有

(1)路基不均匀沉降。路基填料质量较差、半挖半填路基的接合部处理不当、路基的压实度不足、路基防护排水不完善等都会导致路基不均匀沉降。

(2)基层平整度不好。道路的路面结构是一个层状的结构体系,一般由面层、基层、底基层和垫层构成。在路面结构层中,下面一层的平整度直接影响着上面一层平整度的好坏,以往“基层不平面层调,下层不平上层找”的老方法,对平整度要求很高的高级公路来说是根本行不通的。基层施工不平整,无论怎样使面层摊铺平整,因压实后虚铺厚度不同,仍会导致路面的不平整。

(3)沥青混合料的影响。沥青混合料的级配设计是沥青路面施工关键,级配不合理,骨料偏大稳定性虽好,但路面密度不能保证,会影响路面平整度;骨料偏小稳定性差。料温对路面平整度影响也很大,料温过高,沥青炭化,路面不规则拖落;料温过低,沥青有结块现象,造成路面凹凸不平。施工路面过宽,整幅摊铺,由于送料器距离太远,造成混合料离析影响平整度。

(4)桥梁涵洞两端及桥梁伸缩缝的跳车。桥梁、涵洞的台背回填,由于压实不到位,会引起路基的压缩沉降。台背填料与台身的刚度差别较大,造成沉降不均匀。桥梁伸缩缝在选型和施工时考虑不周和处理不当,产生跳车现象。

(5)施工工艺水平低及机械设备的落后。施工过程中,工序衔接不紧,摊铺、碾压温度控制不严,接缝处理不当等整体施工工艺水平低,加之从拌和、运料到摊铺、碾压机械化程度水平较低,而且机械化施工的匹配与组合欠佳,检测手段落后或不及时,这些均对路面平整度产生不利影响。

2 改善平整度应注意的几个环节

2.1 防止路基不均匀沉降

(1)路堤填筑前应对原地面处理。先将路基范围内的地表草皮、腐殖土全部清除,坡面坡度较大时,应将坡面挖台阶,让新填料与老路堤连成一体,以防止路堤的滑动。



(2) 提高路堤填料质量。路堤填料一般应采用砂砾或塑性指数和含水量符合规范的土,不得使用含草皮土、有机土、生活垃圾及腐殖土等。并要控制最佳含水量,保证土料在最佳含水量下达到最佳压实度。

(3) 填土路基压实。路基施工时,应严格按现行《公路路基施工技术规范》的要求进行,并应通过试验路段来确定不同机具压实不同填料的最佳含水量、适宜的松铺厚度和最佳的机械配套和施工组织。

2.2 严格控制路面基层施工

(1) 严格控制基层高程和平整度。面层摊铺前认真清扫基层表面,确保基层表面整洁,没有松散浮料和杂质。认真抄平放线,确保基层高程和基准线高程准确无误。基层高程超过允许范围时,高处必须铲平,低处可用下面层补平。

(2) 采取场拌摊铺施工,严格采用分料斗上料,保证成品混合料的水泥剂量、含水量、级配符合设计要求且一直不变,并保证有足够的拌和能力连续摊铺。

(3) 水泥碎石铺装必须采用摊铺机作业。由于水泥稳定碎石压实厚度达 20cm,在摊铺机的选择上要满足以下要求:第一,摊铺机要有足够大的功率以保证摊铺的稳定性。第二,摊铺机的松铺厚度要达到 25cm 以上。第三,具有一定的夯实功能。

2.3 沥青混合料质量的控制

(1) 沥青混合料的组合设计。沥青混合料的组合设计应根据公路等级和业主要求,经过目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证三个阶段调试后,确定各种骨料、粉料和沥青的最佳配合比。

(2) 沥青混合料在拌和运输过程中质量控制。采用高性能拌和设备,确定拌和时间、精确控制沥青用量和混合料的加热温度,以消除花白料和离析料的产生。同时还应根据拌和能力、摊铺能力、运距和施工条件减小运输和摊铺过程中集料与温度离析造成的影响。施工环境温度低或运距较远时,应用篷布遮盖沥青混合料,保持混合料的温度。雨季施工时,运料车应有防雨篷布。

2.4 提高沥青路面机械摊铺工艺

(1) 为尽量消除基层表面的不平整,下面层应采用固定弦线基准(俗称“走钢丝”)进行摊铺;中、上面层采用超声波平衡梁基准进行摊铺。

(2) 合理确定拌和、运输能力,保证摊铺机缓慢、均匀、连续摊铺。摊铺机从起动到正常摊铺是一个渐变的过程,由于混合料阻力的影响,大约运行 3~8m 才能达到正常。因而减少停顿,并保持一个恒定的速度是保证摊铺平整的关键。

(3) 严格控制螺旋分料器的转速。其两侧应保持有不少于送料器高度 2/3 的混合料,并保证在摊铺机全宽度断面上不发生离析。

(4) 减少摊铺机停机次数和缩短停机时间。摊铺机停机频繁或停机时间偏长,都会使松铺层热混合料在熨平板装置的自重作用下下沉。尤其是在混合料油石比偏大、温度偏高、级配偏细时更为明显,使路面出现台阶,不平整。

(5) 履带摊铺机两侧履带松紧应一致,应维持在 2.5~5cm 之间。过松或两侧松紧不等将导致摊铺机走偏,摊铺速度产生脉动,铺面出现搓板现象。

(6) 被顶推的料车的制动太紧,使摊铺机负荷加大,发动机将因超载降速而影响摊铺机行驶速度的稳定性,造成摊铺机速度频繁地改变。另外,如料车因倒退而撞击了摊铺机,使机身行进中突然加载,造成铺面出现凸楞。



2.5 接缝的处理

(1)纵向接缝。两条摊铺带相接处,搭接的宽度应前后一致。接缝有冷接缝和热接缝两种,施工中尽可能采用热接缝。摊铺带的边缘都必须齐整,这就要求机械在直线上或弯道上行驶始终保持正确位置。为此,可沿摊铺带一侧敷设一根导向线,并在机械上安置一根带链条的悬杆,驾驶员只要注视所悬链条对准导向线行驶即可。对于宽度大于12m的路面施工,可采用两台摊铺机一前一后同步摊铺,以消除摊铺机过宽造成混合料离析现象。

(2)横向接缝。路面施工应尽量减少摊铺机停机现象,减少横向接缝。相邻两幅及上下层的横向接缝均应错位1m以上。横向接缝有斜接缝和平接缝两种。高速公路、一级公路的中下层的横向接缝可采用斜接缝,在上面层应采用垂直的平接缝,其他等级公路的各层均可采用斜接缝。

2.6 桥头、涵洞两端及伸缩缝的处理措施

(1)桥头设计过渡段。在一定长度范围内铺设过渡性路面或设置搭板,可以使在柔性结构路段产生的较大沉降通过过渡段至桥涵结构物上,车辆行驶就不至于产生跳车。

(2)台背填料的选择。在挖方地段的台背回填部位,因场地特别窄小,可选用当地的石渣、砂砾等优质填料;在高填方的拱涵及涵洞与侧墙的相接部位,尽量选用内摩擦角大的填料进行填筑,而且施工时应注意填料土压的平衡,不发生偏移,以免造成工程事故。

(3)设置排水设施。在靠近构筑物背后设置必要的地下排水设施,也可在桥台与填方结合处及过渡段的路面下设置垫层,防止路面下渗水进入填方,对中间为砂砾填料、两侧为土类填料的填方与加固地基的连接处做纵向集水管和横向排水管,以排泄填方与加固地基之间的下渗水。

2.7 提高碾压质量,减小碾压过程中的附加不平整。

在沥青混凝土路面的施工中,碾压质量的高低对平整度有直接影响。碾压过程中产生的附加不平整是指由于混合料推移和压路机操作不当而直接引起的路面隆起或凹陷。碾压推移则是碾压轮为克服滚动阻力而对混合料作用的切向推力。这种推力在从动轮上比驱动较大,而且主要表现在初压阶段,可以通过提高摊铺初密度,采用双驱轮碾压和控制好碾压温度等措施来减小碾压推移。压路机操作必须采用阶梯形错轮碾压和过渡区重叠碾压模式。在碾压过程中禁止急剧地起步制动,同时应避免在热铺层上停机、漏压或过压,注意在变换方向时停止振动。

2.8 提高施工人员素质和责任心

外因是变化的条件,内因是变化的依据。任何科学的工艺和先进的设备都离不开人的主观因素。在沥青路面施工中,人为因素特别是施工人员素质和责任心对路面质量的影响也是至关重要的。现场技术人员、质检员、现场监理员要切实发挥出应有的作用,施工人员应具有高度的责任感,保证按施工规范施工,对混合料的拌和、运输、摊铺、碾压以及接缝处理等一系列环节,要层层把关,并成立质量管理小组,加强各施工人员及机械操作手的质量意识,并贯穿于整个施工过程。

3 结语

沥青路面平整度是施工机械、操作水平、人员素质的综合反映,路面平整度要达到行车舒适这一要求,必须从路基施工准备阶段就开始重视,控制好路基高程、压实度、平整度,逐层向上严格按照规范施工,并完善施工工艺和施工方法,提高施工质量,才能从源头上根本解决问题。总之,只有树立质量意识,树立品牌意识,有严密的组织体系,科学的管理手段,才能保证路面平整度,提高工程质量。



参 考 文 献

- [1] JTJ 034—2000 公路路面基层施工技术规范. 北京:人民交通出版社,2000
- [2] JTG F40—2004 公路沥青路面施工技术规范. 北京:人民交通出版社,2004
- [3] 邵明建. 沥青路面机械化施工技术与质量控制. 北京:人民交通出版社,2001
- [4] 邓学钧. 路基路面工程. 北京:人民交通出版社,2004



天津海河保定桥桥型设计构思和关键技术新探索

李 伟 谢 斌 刘旭锴

(天津市市政工程设计研究院 天津 300051)

摘 要 保定桥是天津海河综合开发改造的重要工程,为独斜塔单索面稀索体系斜拉桥。本文介绍了该桥的设计构思以及对“独、斜塔单索面稀索体系斜拉桥”中关键技术问题的深入研究,并总结出适合城市斜拉桥的设计方法和施工工艺,取得了一定的经济效益和社会效益。本文通过介绍保定桥较好的设计理念和成功的技术创新,希望能为今后同类斜拉桥的设计开阔思路,提供帮助。

关键词 桥型设计构思 单索面稀索独斜塔斜拉桥 大墩位梁式锚箱 钢—混组合式桥塔

1 引言

海河系天津的母亲河,自三岔口起,横贯市内六区和东丽、津南区,向东部塘沽区汇入渤海,全长72km,是神话故事“哪吒闹海”的发源地,乾隆下江南路过三岔口得到“老龙头”美号的地方。它记载着天津的历史,孕育了天津的文明,发展并见证着天津的经济繁荣,是天津独一无二的标志。

2002年底天津市委、市政府通过了海河综合开发总体规划:用3~5年时间,将海河建成独具特色、国际一流的服务型经济带、景观带和文化带,使之不仅具有防洪、排沥、通航、景观功能,还具备旅游、休闲、发展三产服务业的功能。

保定桥位于海河总体规划的中心商务区内,是一座既满足交通功能和又具有独特景观效果的桥梁。作为海河开发重点工程,保定桥连接了海河开发的CBD核心节点——西岸和平区小白楼与东岸南站的交通,是构成天津市中心商业区的重要组成部分(图1、图2)。

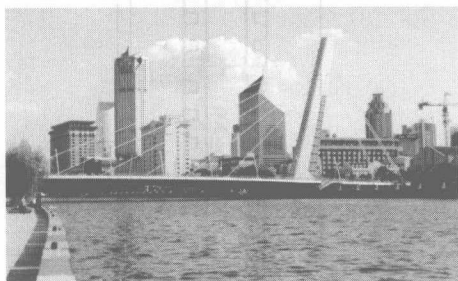


图1 保定桥日景照片

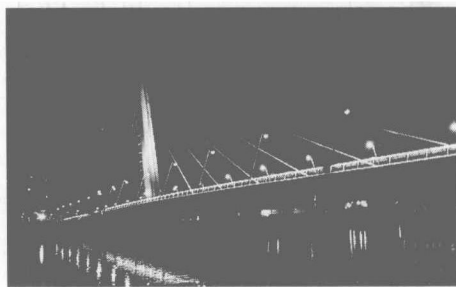


图2 保定桥夜景照片

2 工程简介

该桥为独塔斜拉桥,一跨跨越海河以及规划的海河东路(地下隧道),桥梁全长231m,桥跨布置为 $(51\text{m}+120\text{m})+2\times 30\text{m}$,其中主桥长171m,为独斜塔单索面稀索斜拉桥,引桥为 $2\times 30\text{m}$ 预应力连续箱梁。桥梁是机非混合桥,双向四车道,另在主桥两侧设有观光人行道,主桥宽30~27.5m,引桥宽28~26.1m。桥梁设计荷载为城-B;人群荷载为 4.0kN/m^2 ;地震基本烈度为7度,按8度设防;主桥重要性系数为1.7。

主桥主梁与主塔固结,全桥为刚构体系(图3)。主梁采用钢与混凝土组合结构。即主跨采用钢箱梁结构,边跨采用预应力混凝土箱梁结构。其中主跨钢箱梁采用扁平闭口流线型,正交异性钢桥面。

主塔采用钢与混凝土结合的形式,塔高50m,塔柱向西侧倾斜 75° (图4、图5)。

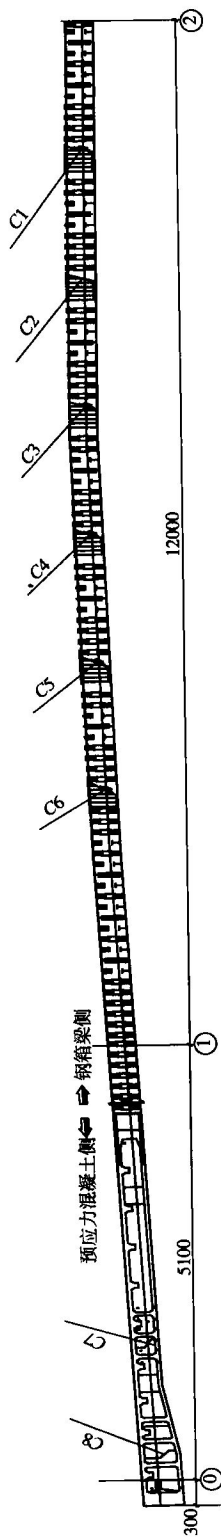


图3 主梁立面图

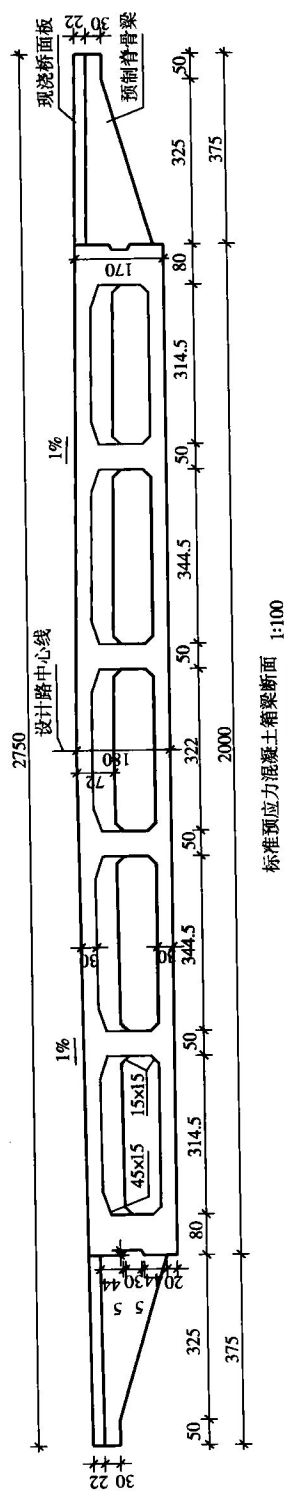


图 4 预应力混凝土横断面图

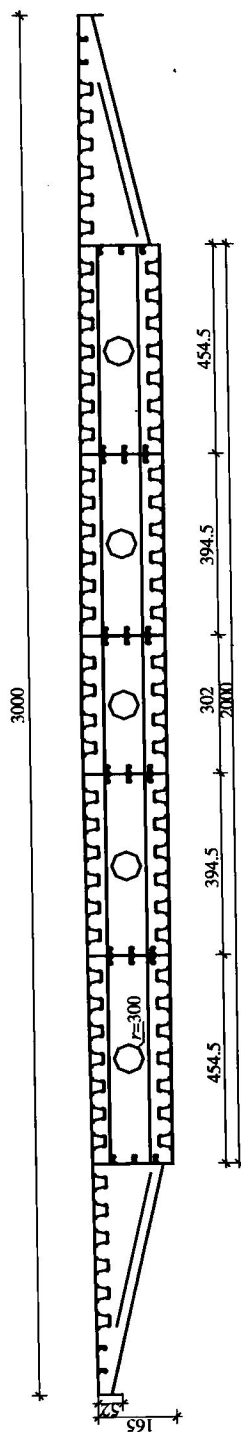


图5 钢箱梁横断面图



斜拉索采用稀索体系高强度平行钢丝,呈单索面布置。主跨共6根索,索距15m,边跨共2对索,索距13m。塔柱无索区为混凝土薄壁箱型断面,锚索区为钢箱梁结构,拉索与主塔之间采用钢锚箱连接。主塔塔形刚劲简约,一面设计了透光窗,塔身内安装了白色的亮度可控的发光板(图6、图7)。

3 设计构思

保定桥的设计构思力求体现出“力量之美,通达之美,流畅之美,和谐之美”。在桥型选择上采用源于环境的造型构思方法,通过对自然和人文环境的挖掘,提炼出具有当地代表性和象征意义的设计元素,形成既能满足结构受力又能满足景观要求的桥梁造型。

天津市历史悠久,文化底蕴深厚、源远流长。保定桥西岸为历史风貌区,东岸是现代化城区,也是未来的CBD核心区。考虑到周边的地理环境、中西文化、海河定位、结构受力等特定因素,如何将东西两岸完美融合在一起(即将历史与未来、远古与现代、中西方文化的联结),显然是本桥桥型造型选择的难点和重点。

3.1 历史渊源

清末,八国联军入侵中国。天津作为京师之门户,既是对外政治军事外交经济各种冲突和对抗的前沿,也是古老帝国与外部世界对话和对接的窗口。因此在解放北路、小白楼、五大道附近形成了英、美、法、意等各国的租界地,建造了许多异国风格建筑物,传入了西方文化,在天津发展史中扮演了重要角色,现已列为天津市文物重点保护地区。本工程道路起点位置就是西岸小白楼、解放北路地区。

3.2 现代发展

现小白楼、解放北路地区还是天津市成熟的商业、金融区,各大银行天津分行的总部均设于此。今后还将大面积地整合土地建设金融城,在未来将焕发出新的活力。其东岸南站地区为旧城改造的现代化城区,也是即将诞生的新的城市中央商务金融区,为天津提供现代服务业的发展平台。本工程道路终点位置就是河东六纬路。

3.3 历史与现代的对话

保定桥的造型设计采取了光滑的流线型设计,充满现代气息。海河西岸桥头倾斜的“风帆”形斜拉桥主塔,强调了桥梁在城市建筑群中的方向性,寓意着把现代化进程的大船带到即将诞生的新兴城市中央商务金融区,寓意天津——这座国际化大都市,正乘风破浪、驶向繁荣的未来。其不同凡响的造型、如诗般的意境和进取(特别)的寓意,使得本桥成为海河上具有世界名桥特质的一道独特靓丽的风景线。该项目满足了天津海河综合改造的总体规划要求,体现了现代桥梁建设的先进技术和设计理念。

3.4 人文环境与生态环境并重

城市桥梁建造可以创造美丽的人文景观,但工程建设对自然生态的影响是不容忽视的问题。保定桥地处海河,如若建桥后由于水中设有桥墩,增大了阻水面积,如若不采取可行的措施,必然会影响海河泄洪能力,降低通航效果,故设计时采取了一跨过河,河中不设墩柱基础的方案。

3.5 力与美的结合

本桥采用了形如风帆的单索面独斜塔斜拉桥形式,倾斜的、刚劲简约的塔型设计,无论鸟瞰或侧视,均神似即将远洋的船舶风帆,在静态的受力体系和非常稳定的构筑物中隐含着运动的趋势,倾斜塔

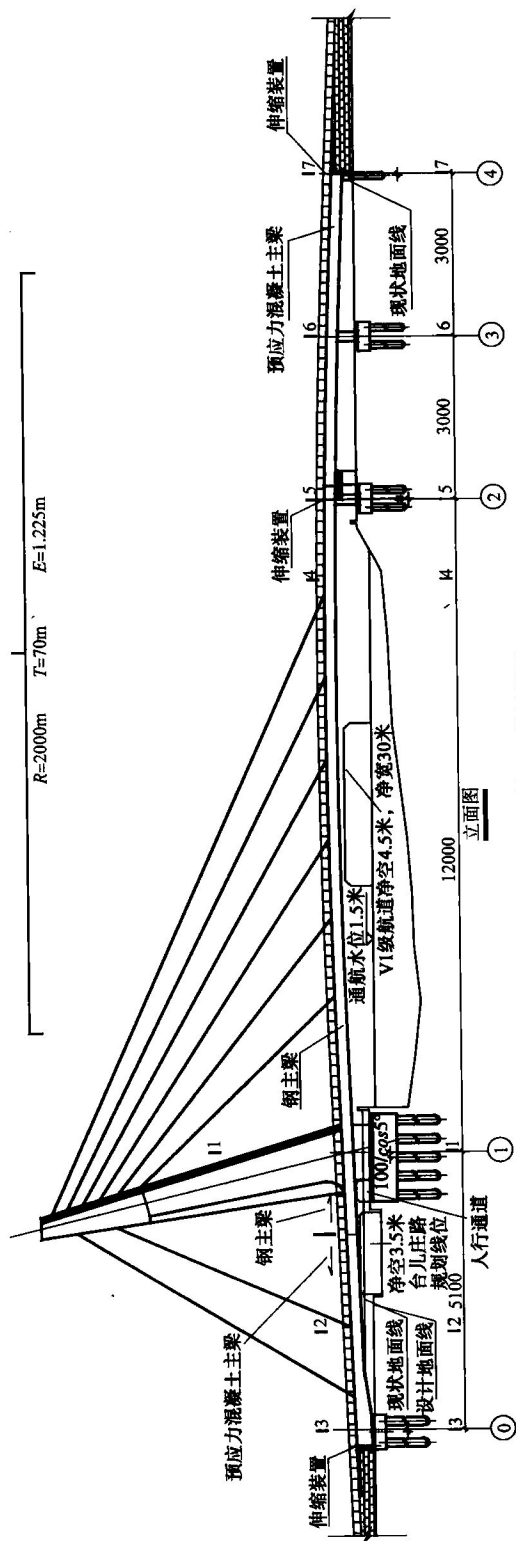


图6 保定桥主桥立面设计简图

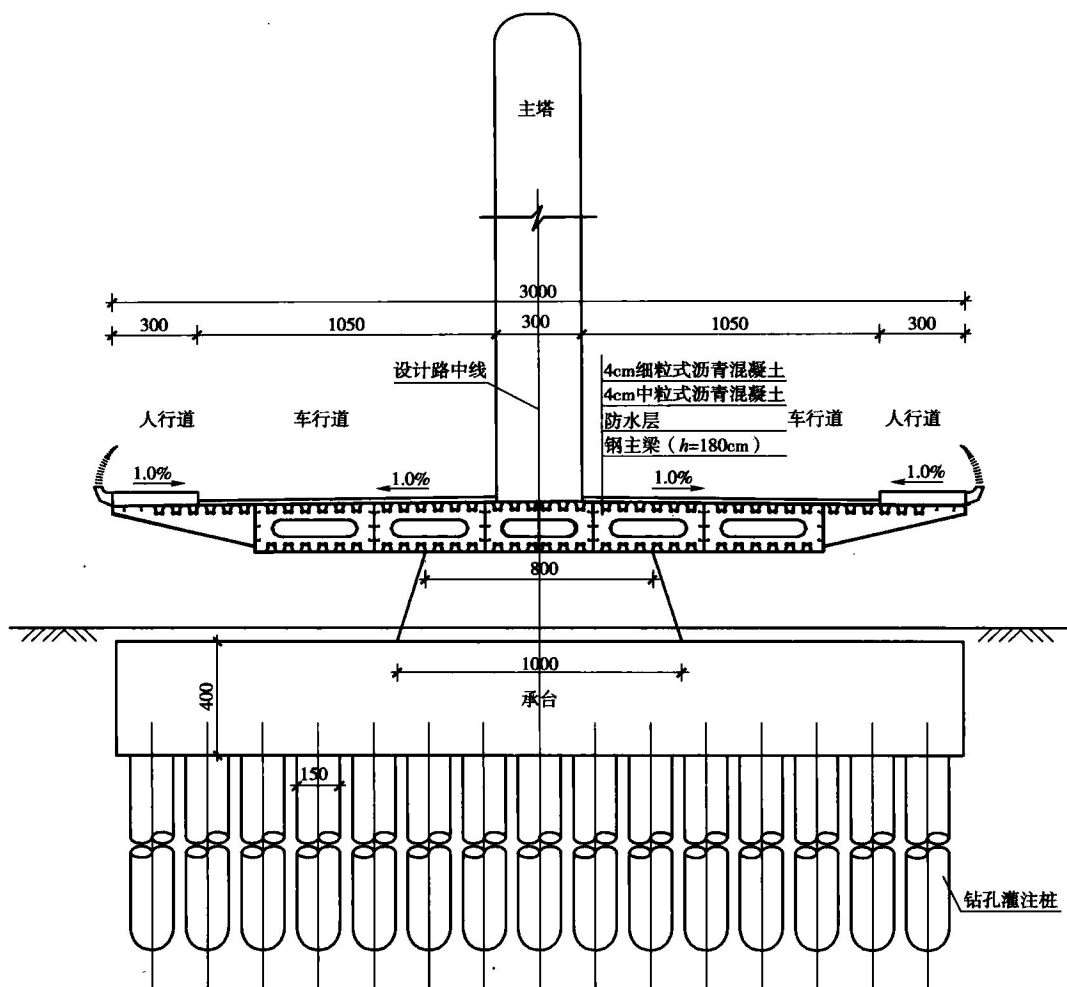


图7 保定桥主桥横断面设计简图

身自重与上构恒载及车辆荷载之间构成的动态平衡关系,充分展现了动静态相和谐的桥梁新景观,改变了传统审美观念,丰富了观赏者的审美意趣。此外,在不对称具有运动感的桥梁中充分利用结构自重作为荷载的平衡机制,营造出从动感而回归稳定平衡的氛围,体现了设计者深厚的力学、美学设计功底。

3.6 整体与局部的统一

根据地域环境特点,充分考虑色彩的协调、统一,选择了白—银灰—浅灰绿—深灰绿的色彩系列。用和谐的颜色和材料质感烘托和强调桥梁的整体造型。桥体外侧采用轻钢龙骨、银灰色铝塑板,桥体外侧光带采用高分子材料透光板,内装暖黄色LED发光板,桥梁钢拉索为柔性树脂加玻璃纤维基层,LED发光体,外包柔性保护树脂。中照度的白光照亮极具现代感的塔身,暖黄色的光带勾勒出桥梁和拉索的线条。简单的颜色和较低的面亮度,既符合周围大环境的现代化大都市氛围,又与休闲幽静的海河两岸带状公园呼应(图8)。

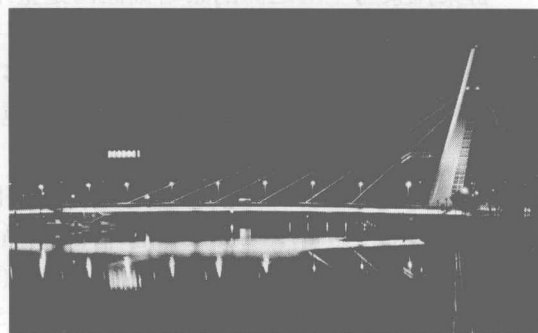


图8 保定桥夜景灯光照片



4 关键技术新探索

在总结国内外多座斜拉桥建设经验的基础上,我们对“独、斜塔单索面稀索体系斜拉桥”中长期困扰设计的共性技术性难题和具有本桥特色的个性关键技术问题进行了大量专项课题的探索与研究,提出了切实可行的对策措施,并结合本工程对适合城市斜拉桥的设计方法和施工工艺进行了积极的探索与研究,以求降低工程造价和节省工期。

4.1 钢—混凝土组合式桥塔的设计

据统计,目前全世界已建成的各类斜拉桥 300 多座,而斜拉桥桥塔均使用混凝土或钢结构材料。本桥首次采用钢—混凝土组合式桥塔,将桥塔下部设计为混凝土结构,主要承担由弯矩引起的压应力。桥塔上部锚固区设计为钢结构,承担索力产生的主拉应力,这种结构充分发挥了两种不同性质的材料特性,扬长避短、协同工作,以取得最大的技术、经济效益。

主塔分为三段:下塔柱为梯形实体墩结构,承台位置截面尺寸为 $10.1 \times 10\text{m}$,梁底位置截面尺寸为 $10.1 \times 8.0\text{m}$;桥面以上塔高 52.0m ,其中无索区高度 31m ,锚索区高度为 21m 。上塔柱无索区为薄臂柱,采用混凝土箱形断面,外形尺寸为 $9.868 \times 3.0 \sim 6.296 \times 3.0\text{m}$,塔壁厚顺桥向 1.6m ,横桥向 1.0m ,主跨侧采用园弧形式;上塔柱锚索区为钢箱梁结构,断面外形尺寸 $6.296 \times 3.0 \sim 4.0 \times 3.0\text{m}$,钢箱梁钢板厚度 35mm 。主塔钢与混凝土结合处设置结合段,结合段内浇筑混凝土,待混凝土达到设计强度后张拉预应力粗钢筋及混凝土主梁中的纵向预应力钢绞线(图 9 ~ 图 14)。

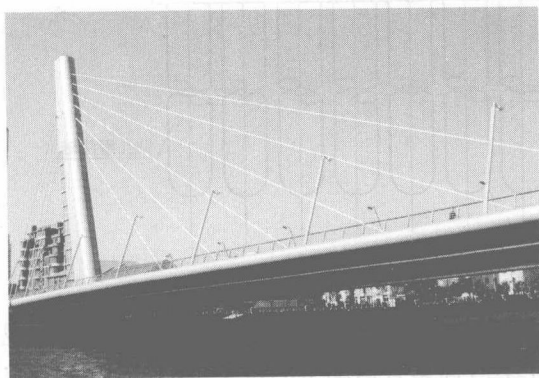


图 9 钢—混组合式桥塔照片



图 10 桥塔钢结构段施工照片

4.2 将大吨位梁式锚箱应用于独塔单索面钢箱梁斜拉桥中

桥梁拉索与主塔之间的索塔锚固区是整个桥传递索力的重要结构,索塔锚固区承受强大的集中荷载,构造和受力非常复杂,是设计的关键点之一。保定桥钢梁侧锚固的斜拉索最大设计索力为 $8\,800\text{kN}$,已大于苏通长江大桥、南京长江二桥和日本多多罗大桥的最大设计索力。其研究的主要意义不言而喻。虽然本桥跨度不大,但稀索体系等造成的大吨位索力节点设计,将为今后更大跨度大吨位索力的设计提供有价值的参考实例。

本桥主跨为单索面稀索钢箱梁斜拉桥。主跨共 6 根索,索距 15m ,边跨共 2 对索,索距 13m 。由于单索面斜拉桥拉索对主梁抗扭不起作用,横隔板设计较密,间距为 1.25m ,以增加主梁的抗扭刚度。主梁梁高仅 1.8m ,除去必要的构造空间,锚箱顺桥向尺寸很有限。综合考虑这些因素,在国内首次将梁式锚箱应用于独塔单索面钢箱梁斜拉桥中(图 15、图 16)。

保定桥拉索锚固结构采用有限元方法分析拉索锚固区受力状况,以有代表性的主梁节段为研究对象,建立三维有限元模型,并取各施工阶段和成桥阶段最不利索力为计算用索力,计算分析拉索锚固区



的最大应力、应力分布规律,找出拉索锚固区的最不利受力状态的关键构件和部位,根据计算分析结果对斜拉桥拉索锚固区的细部构造设计提出改进措施(图 17 ~ 图 20)。

由于钢锚盒的受力特性以局部受力为主,其应力分布状态十分复杂,在计算过程中边界条件的假定和模型简化,都会给计算带来一定误差。为确保结构安全,在采用有限元法反复计算、优化结构的基础上,采用 1:1 模型对钢锚箱进行的模拟加载试验,以验证钢锚箱的设计合理性(图 21 ~ 图 25)。

同时,还采用非线性接触有限元方法,对拉索锚固区的构造形式、传力机理和应力集中现象进行了分析研究。通过数值分析和模型试验两种方法相互验证,以取得锚箱结构的合理形式,保证索力传递明确,应力幅度较小,应力集中区域较小。这些研究成果以及大吨位梁式锚固区的试验成功,使修建更大跨度斜拉桥成为可能。

4.3 边中跨比的突破

一般斜拉桥的边中跨比在 0.25 ~ 0.5 之间,多为 0.4 左右,本桥为适应海河两岸环境,避免加大边跨造成“破路建桥”现象,本桥取用了 0.212 5。为解决边墩产生负反力问题,边跨采用了预应力混凝土箱梁,并加大断面,这样既提供桥梁刚度又提供了重量进行压重,并在最外侧的边跨孔进行压重,以满足连续梁状态(施工)及斜拉桥状态(运营)的受力需要。

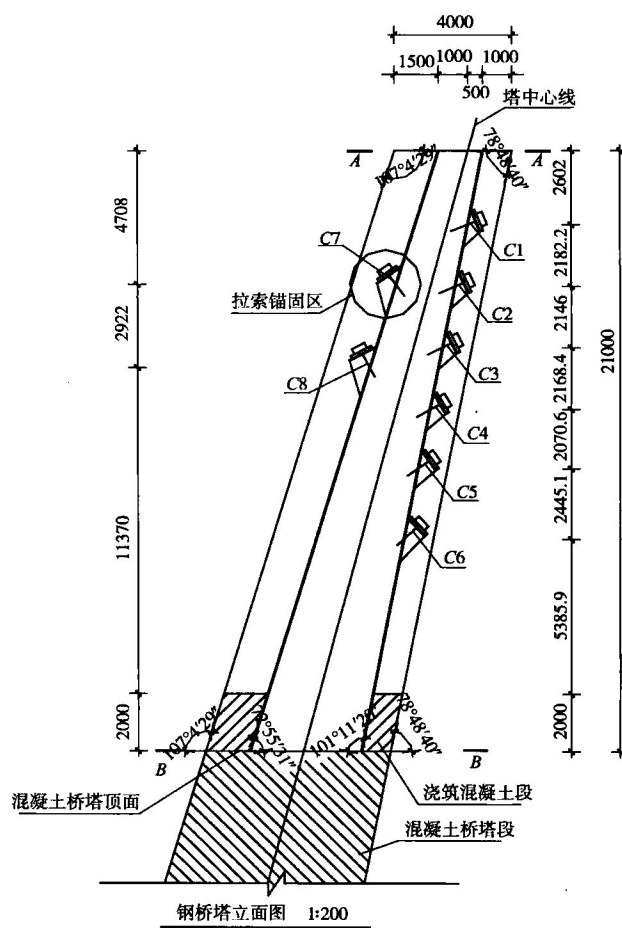


图 11 钢桥塔立面图

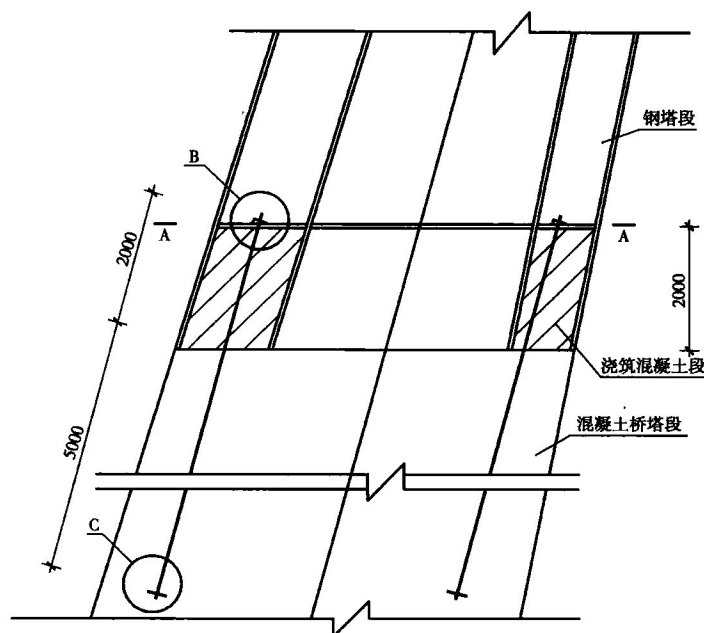


图 12 桥塔结合段立面图