

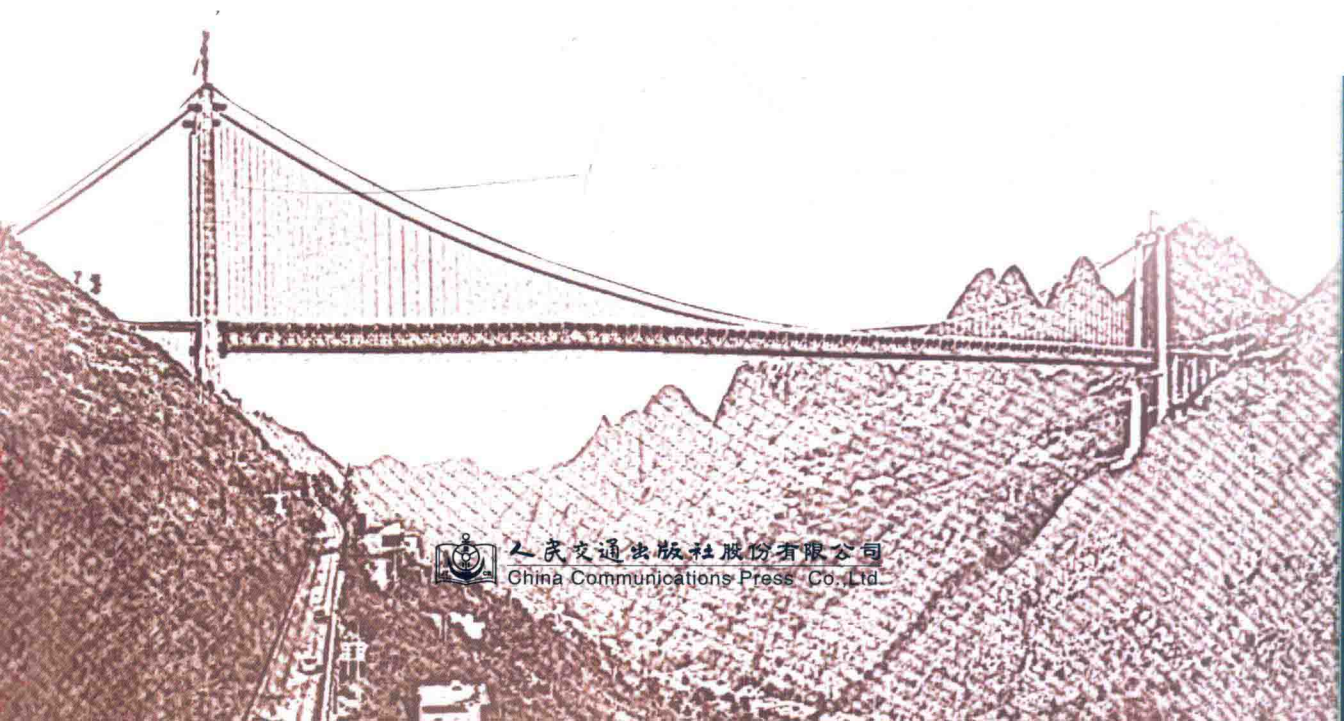
| 贵州省交通建设系列科技专著 |

贵州坝陵河大桥 建设关键技术

KEY TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION OF
THE BALING RIVER BRIDGE IN GUIZHOU

贵州省交通运输厅 组织编写

彭运动 罗 强 孟凡超 周 平 编著



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

贵州省交通建设系列科技专著

贵州坝陵河大桥 建设关键技术

贵州省交通运输厅 组织编写

彭运动 罗 强 孟凡超 周 平 编 著



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 摘 要

本书为“贵州省交通建设系列科技专著”中的一本。全书基于坝陵河大桥建设关键技术研究内容撰写,主要包括:大桥工程概况及设计,山区峡谷风场特性及风洞试验技术,加劲梁气动优化及抗风技术措施,钢桁加劲梁新型结构体系及架设新技术,钢桁加劲梁桥面吊机悬臂架设监控技术,隧道锚设计及施工新技术等。这些内容涵盖了坝陵河大桥建设过程中关键技术的基本理论、方法、内容、措施和最新的研究成果。

本书可供从事大跨径悬索桥科研、规划、设计、施工的专业人士参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

贵州坝陵河大桥建设关键技术 / 彭运动等编著; 贵州省交通运输厅组织编写. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2015. 11

(贵州省交通建设系列科技专著)

ISBN 978-7-114-12575-1

I. ①贵… II. ①彭… ②贵… III. ①悬索桥—桥梁结构—钢结构—贵州省 IV. ①U448. 25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 255390 号

贵州省交通建设系列科技专著

书 名: 贵州坝陵河大桥建设关键技术

著 者: 彭运动 罗 强 孟凡超 周 平

责任编辑: 周 宇 韩 帅

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: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 27.5

字 数: 630 千

版 次: 2015 年 11 月 第 1 版

印 次: 2015 年 11 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12575-1

定 价: 110.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)

贵州省交通建设系列科技专著

编审委员会

主任：王秉清 陈志刚

副主任：罗 强 潘 海

委员：康厚荣 熊 文 龙平江 刘 彤 赵 伟

冯 伟 任 仁 杨贵平 张 胤 徐仕江

章友竞 刘金坤 许湘华 张 林 梅世龙

粟周瑜 丁志勇 李黔刚 母进伟 何志军

龙万学 邓卫东 杨建国 李华国 胡江碧

吴春颖 王丽铮 彭运动 郭忠印 彭元诚

刘学增 吴立坚 马旭东

总 主 编：罗 强

副总主编：康厚荣

总 序

Preface

古往今来,独特的地形地貌赋予贵州重峦叠嶂山高谷深的隽秀之美,但山阻水隔也桎梏着贵州经济社会发展的步伐。打破交通运输瓶颈,建设内捷外畅的现代综合交通运输体系,与全国同步迈向小康,一直是贵州人的夙愿。

改革开放特别是进入“十二五”以来,党中央、国务院及交通运输部等国家部委高度重视贵州经济社会发展。2012年年初,国务院出台支持贵州发展的国发2号文件,将贵州省经济社会发展的战略规划上升到国家层面。贵州省委、省政府立足当前、着眼长远,提出坚持把交通作为优先发展的重大战略,举全省之力加快交通基础设施建设。2012年以来,贵州省先后启动了高速公路建设、水运建设三年会战,普通国省干线公路建设攻坚,“四在农家·美丽乡村”小康路行动计划,“多彩贵州·最美高速”和“多彩贵州·平安高速”创建等一系列行动,志在“十二五”末,通过交通大建设一举打破大山的束缚,畅通经济发展的交通网络。

广大交通建设者紧紧抓住发展的历史机遇,凝心聚智,在广袤的黔山秀水之间,用光阴和汗水构筑贵州面向未来的交通新格局。“十二五”期间,全省交通基础设施建设将完成投资4500亿元,新建成高速公路3600公里,高速公路通车总里程将突破5100公里,全省88个县(市、区)将全部通高速公路。乌江、赤水河建成四级航道700公里,改写了贵州无高等级航道的历史。建成构皮滩水电站翻坝枢纽工程,实现乌江航道全线通航。曾经的黔道天堑正变成康庄大道,一张以高速公路为骨架、国省干线公路为支撑、县乡公路为脉络、小康路为基础的四级公路路网正在形成,“扬帆赴江海”指日可待。

围绕贵州交通发展中出现的科技需求,贵州省交通运输厅组织开展了一批省部级重大科研项目攻关,重点突破一批关键、共性技术难题,在支撑工程建设、引领行业创新发展方面成效显著。在山区复杂条件下大型桥梁建设技术方面,形成了千米级悬索桥、高墩大跨刚构桥和钢管混凝土拱桥等设计施工成套技术,有力支撑了坝陵河大桥、清水河大桥、鸭池河大桥、赫章大桥、木蓬大桥等一批世界级桥梁建设工程,实现了我省桥梁建设技术的大跨越;针对西部山区复杂地质地形条件,从勘察设计、建设施工、养护管理和生态环保等方面系统开展基础研究和

技术开发,形成一批山区高速公路修筑技术,其成果居国内先进水平,有力支撑了复杂山区环境下高速公路项目建设;在山区航道整治、船型标准、通航枢纽建设等方面取得的创新性成果,促进了贵州航运工程的发展;完成了“贵州乌蒙山区毕都高速公路安全保障科技示范工程”等交通运输部科技示范项目,有力推动了交通科技成果推广应用;以“互联网+便捷交通”推进智慧交通建设,率先开展智能交通云的建设和应用。交通运输科技成果连续3年获得贵州省科技进步和成果推广一等奖。

为展现在公路、水路和交通安全、信息化建设等方面取得的技术成就,促进技术交流,加大推广应用,贵州省交通运输厅组织编写了“贵州省交通建设系列科技专著”。这套科技专著的出版,对传承科技创新文化,提升交通科技水平,深入实施科技兴省战略,促进贵州经济社会快速发展,意义重大、影响深远。

交通成就千秋梦,东西南北贯黔中。编撰这套系列科技专著,付出的是艰辛、凝结的是智慧、反映的是成绩,折射了交通改变地理劣势、奋斗推动跨越的创新精神,存史价值较高,是一笔当代贵州的可贵财富。

王清

2015年10月

前言

Foreword

贵州省位于我国西南部高原山地,平均海拔在 1 100m 左右,地貌多为高原、山地、丘陵和盆地,其中 92.5% 的面积为山地和丘陵,是我国唯一没有平原支撑的省份。受大气环流及地形等影响,贵州山地和丘陵地区气候不稳定,灾害性天气种类较多。位于关岭县关索镇的坝陵河峡谷就处于贵州省多见的山地地带,峡谷两岸地势陡峭,河谷深达 400~600m,地形起伏很大。深凹的峡谷地势阻碍了峡谷两岸的交通,如果能在这样的一座峡谷上建设一座大桥,就可以使黄果树风景区到关岭县城的行驶里程缩短 20km,车程从 30min 缩短到 5min,带来可观的经济效益和社会效益。

然而,坝陵河谷的陡峭地势、地质条件、桥址区多发的灾害性气候、河谷的巨大宽度和深度都给大桥建设提出了巨大的挑战。在这座峡谷上建成的桥梁将成为贵州交通建设史上规模最大、标准最高、技术难度最大的桥梁。

经过 4 年时间,凝聚了 8 家企业和高校的研究成果,贵州坝陵河大桥终于在 2009 年 12 月 23 日正式通车。贵州坝陵河大桥主桥为 1 088m 钢桁架悬索桥,桥梁全长 2 237m,东塔高 186m,西塔高 201m,桥面至坝陵河水面 370m,全桥使用各类钢材约 6.5 万 t,用了 80 万个螺栓组,总投资 14.8 亿元,引桥采用 50m 预应力混凝土连续刚构,东岸引桥长 940.4m,西岸引桥长 200m,全桥浇筑混凝土约 25 万 m³,使用各类钢材约 6.5 万 t。这座大桥的建设过程创造了多个我国桥梁建设史上的新技术和方法,其成果已服务于多座我国同类桥梁。

坝陵河大桥位于镇胜高速公路上,是目前国内跨度最大、世界跨度第六的钢桁加劲梁悬索桥。它东接壮美的黄果树大瀑布、西临三国索马古道、南毗神秘的红岩天书、北靠滴水滩瀑布,而其本身在建成后也成了黄果树风景区的一道壮美风景。

本书基于交通运输部 2005 年西部交通建设科技项目“坝陵河特大桥梁建设关键技术研究”的成果,向读者呈现大桥的总体设计以及在大桥建设过程中面临的一系列关键技术难题及相关技术措施。寄望于为今后我国同类桥梁建设提供建设依据,并推动我国山区峡谷大跨径悬索桥的设计和施工水平。

本书分为 6 章,第 1 章主要介绍了坝陵河大桥工程建设与设计情况;第 2 章主要介绍了坝陵河大桥桥址峡谷风场特性、风参数实测情况、风场的数值模拟及风洞试验;第 3 章主要介绍了坝陵河大桥选取的加劲梁形式和气动优化措施;第 4 章主要介绍了钢桁加劲梁桥面吊机悬

臂架设技术;第5章主要介绍了坝陵河大桥施工监控技术;第6章主要介绍了坝陵河大桥隧道锚勘察、评价、设计和施工技术。

本书由彭运动、罗强组织撰写并统稿,其中第1章由彭运动、孟凡超、罗强撰写;第2章由周平、廖海黎撰写;第3章由刘高、门永斌撰写;第4章由纪为祥、蒋永生撰写;第5章由刘高、孔庆凯撰写;第6章由刘波撰写。在撰写过程中得到了马存明、王建新、李明水、马进、高衡、朱乐东、阮有力、覃宗华等的大力帮助与支持,在此表示感谢。

在编著过程中,难免有不详及作者未发现的不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2015年9月

目 录

Contents

第 1 章 引言	1
1.1 工程概况	1
1.2 大桥工程设计	12
1.3 面临的关键技术难题	32
第 2 章 山区峡谷风场特性及风洞试验技术	34
2.1 桥址峡谷风场特性、风参数实测	34
2.2 山区峡谷风场的数值和风洞试验模拟	90
第 3 章 加劲梁气动优化及抗风技术措施	102
3.1 加劲梁气动优化方案	104
3.2 山区峡谷地形条件下的加劲梁抗风新措施	109
3.3 改进后主梁断面效果	170
第 4 章 钢桁加劲梁新型结构体系及架设新技术	174
4.1 钢桁梁现有吊装技术分析	174
4.2 钢桁加劲梁新型结构体系	201
4.3 钢桁加劲梁架设新技术	211
第 5 章 钢桁加劲梁桥面吊机悬臂架设监控技术	244
5.1 钢桁加劲梁悬索桥计算理论	244
5.2 钢桁加劲梁施工监控技术	263
第 6 章 隧道锚设计及施工新技术	313
6.1 隧道锚勘察技术	313
6.2 隧道锚围岩质量评价及计算参数	360
6.3 隧道锚边坡整体稳定性分析	384
6.4 现场缩尺试验的尺度效应和极限承载力分析	402
6.5 隧道锚施工开挖仿真优化分析	409
参考文献	422

第1章

引 言

1.1 工程概况

1.1.1 建设的意义及必要性

贵州坝陵河大桥是沪瑞国道主干线贵州省境内镇宁至胜境关公路跨越坝陵河大峡谷的一座特大型桥梁,是镇胜高速公路的控制性工程。而沪瑞国道主干线是“五纵七横”国道主干线系统中的一横(GZ65),是西南地区通往华东地区的主要通道之一。镇宁至胜境关高速公路是GZ65公路在贵州省境内的重要路段,也是贵州省规划的“两纵两横四连线”公路主骨架的重要组成部分。坝陵河大桥通车后可缩短该段公路里程约20km,缩短行车时间约30min,对完善国道网络起着重要的作用。

同时,该桥距离世界闻名的黄果树风景区约7km。它的建成对我国国防建设、黔滇省区的经济开发和旅游事业的进一步发展,都起着举足轻重的作用,能实现良好的社会效益和显著的经济效益。

在技术层面上,坝陵河大桥是贵州交通建设史上规模最大、标准最高、技术难度最大的桥梁。它的建成对多年封闭的西部大开发,在桥梁技术创新、设计理念、先进施工工艺的引进和开发、综合技术水平的提升,都具有很强的现实意义和深远的历史意义。

坝陵河大桥的科研成果积极为工程建设服务,均已运用到依托工程的各项建设中。坝陵河大桥的技术创新成果已为国内多座同类桥梁的建设所借鉴,包括甘肃刘家峡大桥等。大桥工程取得了多项拥有自主知识产权的技术创新成果。大桥的顺利建成使我国山区峡谷大跨径悬索桥的设计和施工水平得到了提升,并开创了全新的施工工法。随着我国交通建设的快速发展,21世纪前期我国山区公路建设突飞猛进,在复杂地质条件下修建的跨越大峡谷以及各种天然屏障的特大型桥梁会越来越多,而悬索桥又以其优越的跨越性能成为桥梁结构形式的首选,因此坝陵河大桥的创新成果将有重要的现实意义,将推动山区大跨径悬索桥建设的技术进步,经济和社会效益显著,推广应用前进广阔。

坝陵河大桥建设创新技术取得的主要经济效益如下:

- (1)与缆索吊机方案相比,该项目采用桥面吊机施工可节省设备投入2 230万元。
- (2)气动翼板采用桥梁新型工程塑料PPS(Polyphenylene sulfide),比铝合金可节省材料投入1 900万元。

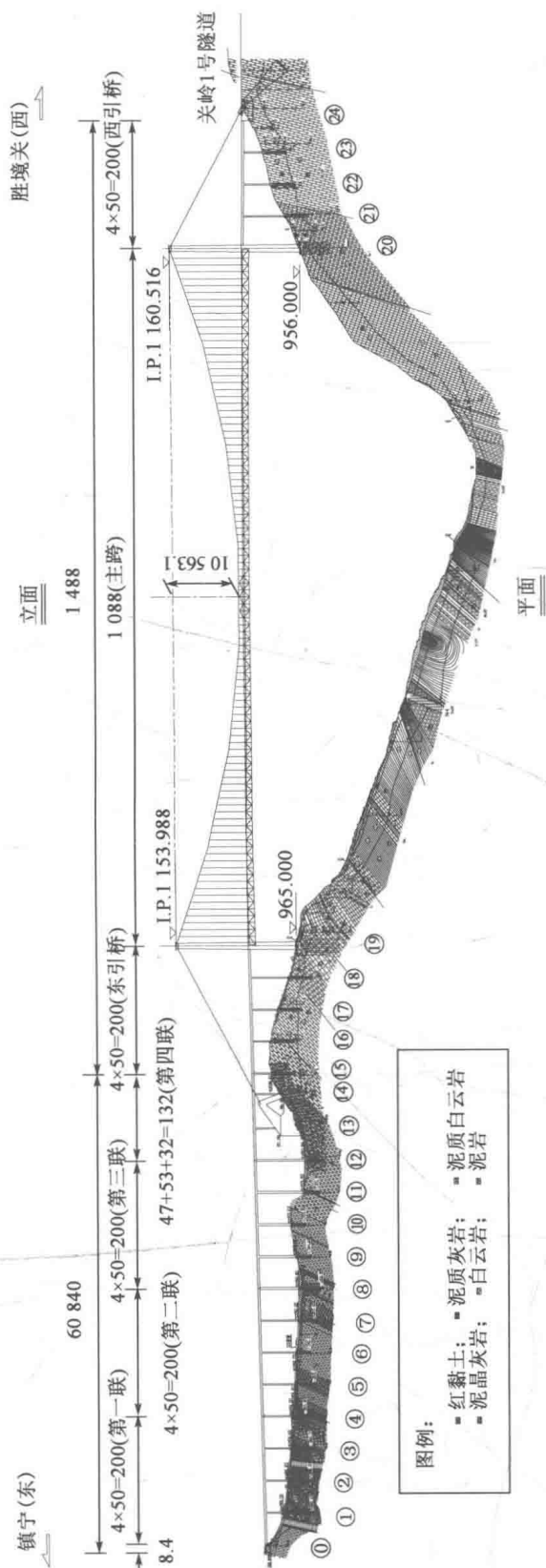


图1.1 坝陵河大桥立面图(上游侧)(尺寸单位: m)

(3)采用隧道锚比重立锚,节省混凝土用量约 5.0 万 m^3 ,节省造价 1 500 万元,同时减轻了对环境的污染。

(4)飞艇法进行先导索牵引,比采用直升机或火箭炮法节省 40 万元。

(5)采用柔性中央扣比阻尼器可节省 800 万元,如果相比较后期养护,节省费用更多。通过技术创新,该项目的科研成果直接节省费用约 6 470 万元,经济效果明显。

坝陵河大桥的工程范围包括大花哨大桥、东引桥、跨径 1 088m 的主桥、西引桥、交通工程等沿线设施和桥头公园,全桥总长 2 231m。如图 1.1、图 1.2 所示。



图 1.2 坝陵河大桥全景照(下游侧)

1.1.2 大桥建设自然条件

坝陵河大桥桥址两岸地势陡峭,起伏变化急剧。峡谷宽约 2 000m,深切达 600m,桥面距谷底约 370m,谷底坝陵河水面很窄,约 10 米多宽,平时流量很小,汛期流量也不大。桥址区位于我国西南地区康滇地带的东部边缘(图 1.3),桥址区灾害性气候主要为雷暴、雷雨、强风、大雾。两岸地质破碎,岩石节理发育,溶洞较多,是典型的喀斯特地貌形态。



图 1.3 坝陵河大桥地理位置

1)地形地貌

坝陵河大桥桥址区地形为碳酸盐岩沿岩层走向形成峰峦连绵起伏的山体和深切沟谷,山体沿坝陵河河岸平行展布。河谷两岸峰体多呈锥状,峰锥之间常形成“V”字形或马鞍形地形。碎屑岩地层则形成宽达 800m 的河谷。两岸地形呈不对称展布,东岸河谷地形宽缓,地形坡度 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$,局部达 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$;西岸地形较陡,地形坡度 $40^{\circ}\sim 70^{\circ}$,近河谷一带多为陡崖。桥位区最高峰体海拔高程为 1 303.30m,在桥轴线上最低高程(河床)为 673.10m,最大高差为 630.20m。

坝陵河大桥桥位区地貌属于构造剥蚀、溶蚀中低山峡谷。岩石建造类型以碳酸盐岩与陆源碎屑岩互层,以碳酸盐岩构成峡谷的谷坡,以碎屑岩互层构成谷底及缓坡为基本特征。地貌的显著特点是受构造及岩性控制,河谷走向与地质构造基本一致。坝陵河由北向南径流,河床紧临西岸谷坡,并以线状水流侵蚀作用为主,溶蚀作用为辅。

2)工程地质

(1)褶皱与断层

坝陵河大桥桥址区及其外围属扬子准地台黔北台隆六盘水断陷威宁北西向构造变形区。主体构造线为 NW,有一系列紧束褶皱及逆断层同期派生。其中郎岱向斜之次级褶曲—坡舟倒转向斜(图 1.4,桥址区主体构造)贯穿于桥址区,轴向 $N30^{\circ}W$,与坝陵河走向近于平行,核部位于坝陵河东岸坡,轴面倾向 $N60^{\circ}E$,倾角 70° ,北西端跷起,南东端撒开扬起。由于强烈挤压应力的作用,倒转向斜西岸地层倾向曾由正常序转为倒转序,后经长期剥蚀后,方呈现今河谷坡面地层产状,即北东翼为倒转翼,南西翼北段为正常翼,南段在 K 线附近局部为倒转翼(图 1.4)。据地面调绘,由倒转向斜轴心向两翼出露地层依次为把南组(T_{3b})、赖石斜组(T_{3ls})、竹杆坡组(T_{2z})和杨柳井组(T_{2y}),均为整合接触关系。

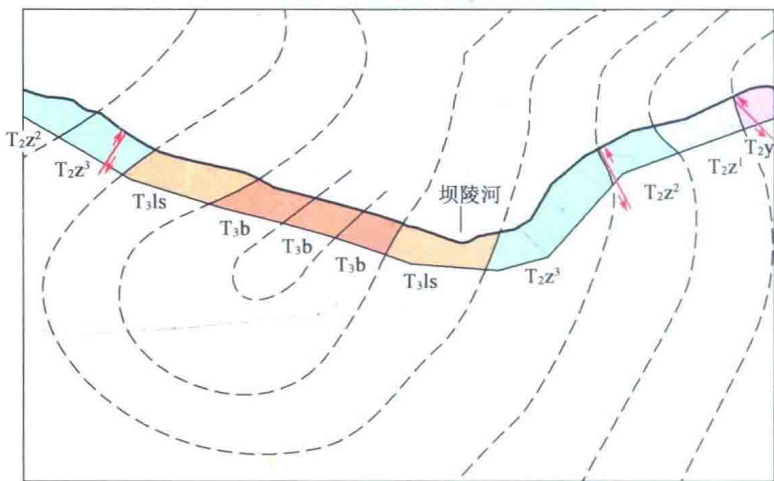


图 1.4 坡舟倒转向斜横剖面示意图

桥位近场区分布有关岭断裂(F_2)、断桥断裂(F_3)、纳骂—木寨断裂带(F_4)、安庄坡断裂(F_5)(图 1.5)。其中纳骂—木寨断裂带(F_4)距桥址区较近,与桥址区断裂关系密切。勘察区分布的断裂构造基本属 F_4 断层的派生构造。

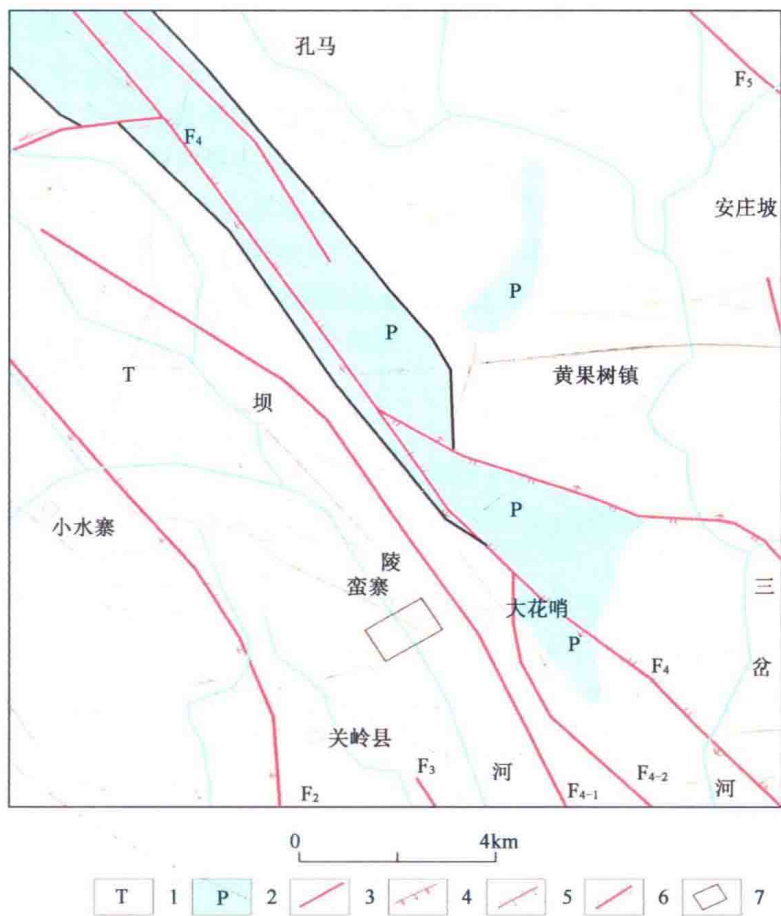


图 1.5 坝陵河大桥桥址区域地质构造略图

1-三叠系;2-二叠系;3-早、中更新世断裂;4-正断层;5-逆断层;6-平移断层;7-桥址区断层名称:F₂ 关岭断裂;F₃ 断桥断裂;F₁ 纳骂—木寨断裂带;F₅ 安庄坡断裂

工程地质调绘及钻孔资料证实,桥址区内发现 8 条规模不等的断层,经与区域断裂构造对比分析后,得知其构造性质、活动特点以及断层角砾岩带与区域性断层纳骂—木寨断裂带(F₁)十分相近,加之在断层带内未见后期脉岩穿插及角砾新破坏等痕迹,故认为桥区内的断裂同属中更新世以前活动断裂,归属为纳骂—木寨断裂的派生构造体系。

(2)地层岩性

①新构造运动。

坝陵河大桥桥址区处于相对比较稳定的扬子准地台,自三叠纪末以来地壳以间歇性上升为主。燕山期、喜山期岩浆频繁活动,未波及本区。桥址区内未见一处岩浆岩或火山岩,一些规模较大的断层带内亦未见晚期热液活动影响的迹象。自第四纪以来均以大面积间歇性掀斜隆升运动为特征,与此相应的侵蚀与沉积作用更迭发生,形成阶梯状叠置的多级夷平面或河流阶地,易溶岩地区溶蚀地貌呈带状分布。自晚更新世以来,地壳逐渐趋于稳定,在升降差异影响下,局部沉积、局部冲刷,致使晚更新世地层分布不连续,厚度薄,全新统沉积零星。并且,近场区数条断裂均系压性或压扭性老断裂,对其地质现象观察及断层带物质年龄测定结果,均表

明为中更新世以前活动断裂,晚更新世以来已停止活动。从地层分布、构造活动迹象以及山川水势展布关系看,桥址区新构造运动不活跃。

②地震活动性。

由于桥址区新构造运动并不强烈,因此地震活动强度也不高。桥位所在区域处于新生代以来相对稳定的华南断块区内部,不存在发生强震的块体边界构造,因此发生 6.5 级以上强震的可能性很小。桥位区地震影响主要来自鲜水河—滇东地震带,该带自 1886~2001 年经历了 4 个平静活跃期,其周期为 20~30 年,其中活跃期为 3~20 年,平静期为 7~10 年。目前正处于 1988 年以来的第 4 个活跃期。历史上坝陵河大桥场地曾多次遭受中强地震的影响,其中有 9 次达 V 度或 V 度以上。通过地震震级、距离、衰减关系计算,场地最大地震基本烈度为 VI 度,设计基本地震加速度值为 $0.05g$ 。

③岩组划分及岩土体单元划分。

根据岩土类别和岩石强度,按《公路工程地质勘察规范》(JTJ 064—1998)表 G02-1 将桥址区岩土划分为 5 类工程地质岩组,即第四系松散岩组、极软岩组、软质岩组、硬质岩组和极硬岩组。

根据岩土体成因类型及工程特性,将土体划分为 1 个大层和 2 个亚层。岩体按成因时代、岩性差异及工程特性划分为 7 个大层,然后根据其风化程度划分为 22 个亚层,分别为:红黏土、碎石、块石、漂石、全风化泥岩、强风化泥岩、弱风化泥岩、微风化泥岩、全风化砂岩、强风化砂岩、弱风化砂岩、微风化砂岩、强风化砂质灰岩、弱风化砂质灰岩、微风化砂质灰岩、全风化泥质灰岩、强风化泥质灰岩、弱风化泥质灰岩、微风化泥质灰岩、强风化泥晶灰岩、弱风化泥晶灰岩、微风化泥晶灰岩、弱风化白云岩、白云质灰岩、全风化断层角砾岩、强风化断层角砾岩和弱风化断层角砾岩。

④含水岩组划分及地下水类型。

桥址区地下水分布主要受岩性及构造所控制。在地貌上形成以碎屑岩构成的河谷谷底及东岸的缓坡为弱含水层,含基岩裂隙水。以碳酸盐岩构成的河谷谷坡为富水层,含岩溶水。岩溶水分布因构造和岩性差异,具有条带性和分布不均匀的特点。桥区内岩组按含水性可分为:碳酸盐岩为岩溶裂隙含水层;泥质灰岩局部夹泥岩为弱含水层;泥岩局部夹砂岩、灰岩含水性极弱,为相对隔水层。根据含水介质特征及水动力条件,区内地下水类型主要为碳酸盐岩岩溶裂隙水和基岩裂隙水。

(3)不良地质现象

桥址区的不良地质有岩溶、软弱结构面、滑坡、岩堆和危岩,在此进行简述。

①岩溶及地下水水质评价。

据地面地质调绘,桥位区表层岩溶形态以溶沟、溶槽为主,其规模不大,宽度多小于 0.5m,个别部位见岩溶竖井,如 1 号竖井,宽 1~9m,长轴 18m,深 23.5m,形如葫芦状(图 1.6),但该竖井不在大桥轴线范围之内,且属古岩溶,现已停止发育,对大桥无影响。

钻孔结果探知有 10 个钻孔不同程度的遇有溶洞或溶隙,钻孔溶洞、溶隙发育率为 7%(溶洞和溶隙总长/钻孔总深),大于 0.5m 溶洞出现的概率为 56%,大于 1.0m 者比率为 38.5%,大于 2.0m 者比率为 18%,以小于 1m 者较为普遍。洞穴充填情况统计全充填者为 87%,空洞比率为 13%,洞穴以封闭型为主。另外,各钻孔最低溶隙下的钻孔控制深度最小为 5m,最大

为 47.90m,一般为 7~15m。在钻探控制深度内,现有溶洞深度下 7~15m 深度段内基本不存在洞高 0.5m 以上的岩溶洞穴。结合区域资料,场区发育大规模溶洞的可能性小。

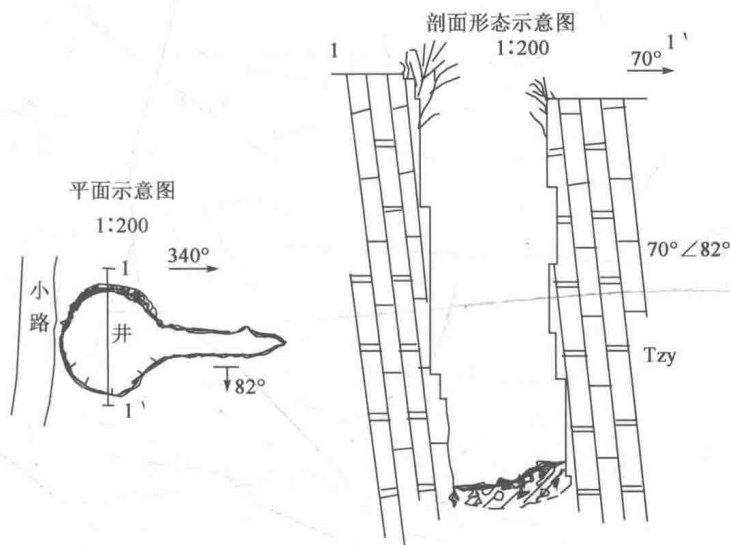


图 1.6 1 号竖井实测

为查明溶洞在水平及垂直方向的发育情况,钻探的同时开展了物理勘察。从物探结果看,在其所探明的深度范围(地表下 50~100m)内,未发现大规模的岩溶洞穴的异常点,仅在地表可见的岩溶竖井上方,物探揭示清晰,同时间接证明在碳酸盐岩桥址区内形成大规模溶洞的可能性不大。

钻探、地面调绘和物探所获得的资料成果基本吻合,结果表明场地岩溶水主要分布于河谷两岸,分布不均,呈脉状岩溶管道,埋藏深度较大,以岩溶泉的形式出露并排泄于坝陵河。受大气降水补给,地下水径流路径较短,总体流向坝陵河,对桥基施工影响较小。

勘察过程中,在桥址区范围内分别采取了东西两岸岩溶水各 1 件,基岩裂隙水 1 件和坝陵河河水样 1 件进行室内腐蚀性水质分析,经判定,场区地下水及地表水对混凝土结构均无腐蚀性。

② 软弱结构面。

场区内有 4 条断裂通过拟建桥轴线。3 条断裂带宽度从几米到数十米,断层角砾岩多为钙质胶结,中心为泥钙质胶结,断层旁侧裂隙带岩溶发育,其强度较两侧围岩明显减弱。另一条断裂带角砾岩为泥钙质胶结,岩芯破碎,与围岩力学强度差异不大。

全区层面有 3 类,分别为中厚层易溶岩层面、薄层泥质灰岩层面和砂岩、泥岩层面。

中厚层易溶岩层面岩性为中厚层泥晶质岩、泥灰岩、砂质灰岩,由于层间岩溶发育,如溶隙、溶洞等,致使层面凹凸起伏,张开度增大,特别是处在陡坡地形情况下,往往构成不稳定岩体的切割破裂面,也是崩塌、坠落、危岩产生的基本条件。

薄层泥质灰岩层面为薄层泥质灰岩间夹褐黄色黏土岩薄层,因易风化、软化容易形成层间的软弱结构面,由于层薄与泥灰岩间互出现,从整体上看对岩体稳定性影响不大。

砂岩、泥岩层面为碎屑岩,由于水动力分选作用,层面多平整光滑,闭合度好,特别在遇水膨胀后层间挤压紧密,岩体完整性好,力学强度较为均匀。

由于岩组软硬多变,加之历次构造切割影响,致使不同岩层不同构造部位节理变化不同,坚硬岩组节理发育,软岩类因风化或塑性变形,其节理多闭合不显或被风化土层所掩盖。

从全区节理分布趋势看,大略有以下特点:一是主要发育方向有2组(走向NW和NE),构成共轭节理组,其锐角恰为场区构造主挤压应力方向;二是共轭剪切节理受后期追踪张裂影响,部分节理产状变化大,且走向延伸差;三是节理壁面多见次生碳酸盐淋积薄膜,部分被溶蚀成溶槽或溶沟,被次生红黏土混碎石充填,反映了节理面岩溶发展较为缓慢。

③滑坡。

桥址区共有两处滑坡,均位于东岸。HP1小型浅层(图1.7)主滑方向250°,滑体长40m,宽40m,厚2m,体积约为3200m³,为小型浅层土层滑坡。滑体为松散堆积物,沿基岩面滑动。滑坡造成一户村民住宅开裂,后缘地面拉张裂缝宽20~40cm,走向160°,呈弧形延伸,错落坎高约1m。滑坡后缘地面坡度为10°,前缘地形较陡,坡度为40°,该滑坡处于极限平衡状态。HP2中型浅层古滑坡(图1.8)前缘至坝陵河床,使河流弯曲,后缘为高度约5m的陡坡,主滑方向270°,滑体长120m,平均宽100m,平均厚约7m,体积约84000m³,为中型浅层滑坡,滑体为第四系覆盖层,滑面为岩、土层接触带,滑床为泥岩,地面坡度普遍为15°,仅后缘平台处地形缓,坡度为10°,未发现变形迹象,滑坡体处于稳定状态。前缘受河流的侵蚀冲刷,局部存在边岸坍塌。

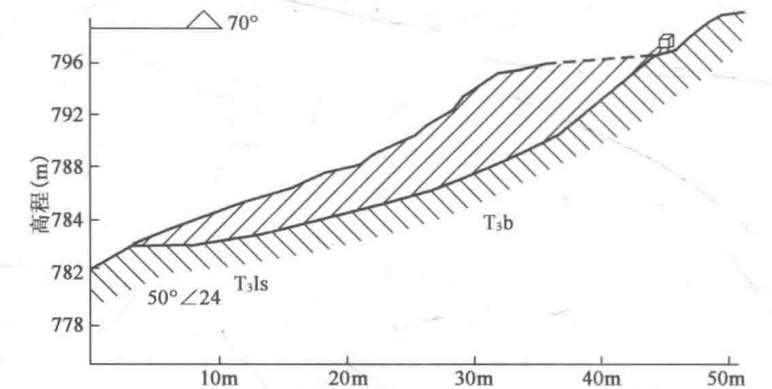


图 1.7 HP1 滑坡纵剖面

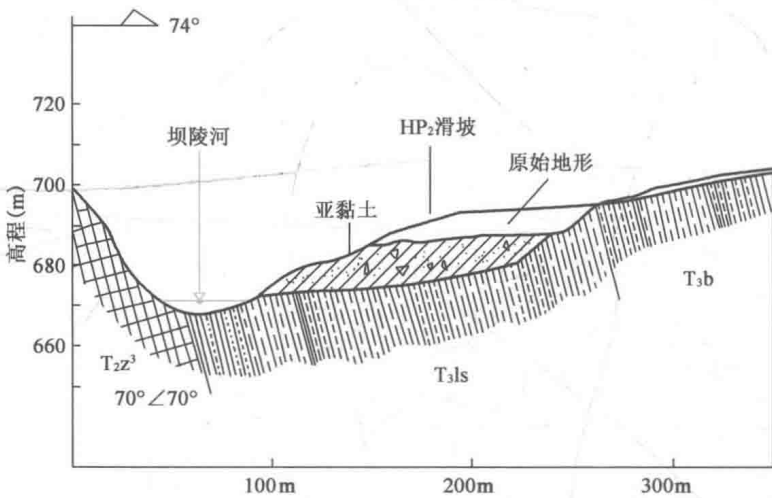


图 1.8 HP2 滑坡纵剖面