



青藏铁路 拉萨河大桥

孙树礼 编著

铁路科技图书出版基金资助出版

青藏铁路 拉萨河大桥

孙树礼 编著

中国铁道出版社

2009年·北京

内 容 简 介

青藏铁路拉萨河大桥较好地适应了既要体现民族特色又要具有时代气息的特定环境而为世人关注。本书系统地总结了青藏铁路拉萨河大桥的技术成果。全书共分五章：第一章介绍自然环境与人文环境，第二章介绍桥式方案，第三章介绍设计及计算分析情况，第四章介绍模型试验及分析情况，第五章介绍施工情况。

本书图文并茂，内容丰富，可供从事铁路桥梁科研、设计、施工、建设管理、教育等相关人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

青藏铁路拉萨河大桥/孙树礼编著. —北京：中国铁道出版社，2009. 8

ISBN 978-7-113-10330-9

I. 青… II. 孙… III. 青藏高原-铁路工程：桥梁工程
IV. U448.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 126046 号

书 名：青藏铁路拉萨河大桥

作 者：孙树礼 编著

责任编辑：傅希刚 洪学英 电话：路(021)73142，市(010)51873142 电子信箱：fxg711@163.com

封面设计：冯龙彬

责任校对：张玉华

责任印制：郭向伟

出版发行：中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

网 址：<http://www.tdpress.com>

印 刷：北京盛通印刷股份有限公司

版 次：2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

开 本：880 mm × 1 230 mm 1/16 印张：15 字数：441 千

书 号：ISBN 978-7-113-10330-9/TU · 1050

定 价：98.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书，如有缺页、倒页、脱页者，请与本社读者服务部调换。

电 话：市电 (010) 51873170，路电 (021) 73170 (发行部)

打击盗版举报电话：市电 (010) 63549504，路电 (021) 73187

天路映彩虹
高原鑄輝煌

孫永福

二〇〇九年
五月十日

孙树礼

作者简介



1961年10月出生于河北省定兴县。1983年7月毕业于西南交通大学铁道工程专业，现任铁道第三勘察设计院集团有限公司副总经理兼总工程师，教授级高工，天津市授衔桥梁设计专家，中国交通运输协会城市轨道交通中青年专家。兼任天津市铁道学会常务副理事长、天津市咨询决策委员会委员、中国土木工程学会桥梁及结构工程分会理事、《世界桥梁》及《铁道标准设计》编委会委员。铁道部劳动模范。

孙树礼同志长期从事铁路、公路、市政桥梁的勘测设计及技术管理工作，在桥梁设计、科研及技术管理方面具有丰富的经验。主持或参加“上海苏州河闸桥主桥钢箱梁”、“济南枢纽北关特大桥——我国铁路桥梁中首次采用的SRC框架墩”、“大准铁路黄河桥（96+132+96）m大跨度无竖杆刚性钢桁梁柔性拱桥”、“严寒地区采用16Mnq的嫩江特大桥64m钢桁梁”、“哈大线鞍钢桥——铁路第一座斜交预弯型钢混凝土梁”、“天津彩虹桥3-168m简支下承式钢管混凝土拱桥”、“上海明珠线（54+128+54）m钢管混凝土拱预应力混凝土连续梁组合结构的漕溪路桥及（80+112+80）m双壁墩预应力混凝土连续刚构的中山西路桥”、“烟大铁路轮渡栈桥”、“青藏铁路拉萨河大桥”等项目设计与科研，同时主持“天津地铁一号线”、“津滨轻轨”以及“京津城际铁路”、“京沪高速铁路”等地方和国家大型重点建设项目。多个项目获得了国家或省部级奖励，其中已建成通车的京津城际铁路是我国第一条时速350km高速铁路，多项指标达到世界先进水平。

在国内期刊发表《青藏铁路拉萨河大桥设计关键技术及试验研究》、《连续梁拱组合桥梁设计关键技术对策研究》、《桥墩墩顶横向水平位移限值的研究》等论文10余篇，有很高的学术价值。

孙树礼同志获国家科技进步特等奖一项；省部级科技进步特等奖一项，一等奖三项，二等奖一项，三等奖一项，四等奖一项；省部级优秀设计五项；2007年获第九届詹天佑铁道科学技术成就奖。

编辑委员会

主 编：孙树礼

副 主 编：周四思

编 委：王 楨 乔 健 王召祐

李凤芹 陈后军 周铁征

李义兵 苏 伟 李敬增

张 雷 张成志 何 伟

图片编辑：张成志 程相茹

校 审：张耀聪 方根男

主编单位：铁道第三勘察设计院集团有限公司

前 言

2007 年中国铁路代表团在德国与同行进行技术交流时，席间德国专家打开了便携电脑，展示他心目中最美的中国铁路桥梁。湛蓝的天，雪白的云，巍然傲立的雪峰和清澈的河水，一座整体纯白色连拱桥宛如洁白的哈达，飘舞在宽阔的河面上——那就是青藏铁路拉萨河大桥。

拉萨河大桥距青藏铁路终点拉萨车站约 2 km，距拉萨市中心约 5 km，是世界首条海拔最高、线路最长、地质情况最复杂的高原铁路——青藏铁路的标志性工程之一。

拉萨河大桥孔跨布置为： $5-3 \times 32.7$ m 预应力混凝土连续箱梁 + $(36 + 72 + 108 + 72 + 36)$ m 钢管混凝土拱连续梁 + 3×32.7 m 预应力混凝土连续箱梁，全桥长 928.85 m。主桥采用钢管混凝土拱连续梁组合结构，引桥采用预应力混凝土连续箱梁。主桥五跨三拱的结构体系、108 m 中孔双层叠拱形式均为国内首次采用。系杆拱宛如洁白的哈达，飘舞在青山碧水间，变截面的连续箱梁仿佛连绵起伏的雪山，托起洁白的哈达。该桥型适应了既要体现民族特色又要具有时代气息的特定环境，并填补了国内大跨度下承式混凝土连续梁钢管叠拱组合结构铁路桥梁的空白。主桥桥墩采用变截面双圆柱墩，像牦牛的骨骼充满力度，并且与上部结构优美的曲线风格相统一；引桥桥墩采用雪莲花式的变截面圆端形墩，具有浓厚的西藏当地乡土人情风味。

拉萨河大桥设计新颖、独特，它的主梁采用双主纵梁实体截面，与钢管拱形成组合体系，不仅传力明确，而且竖向刚度大，施工及养护维修方便。考虑该桥所处的特殊地理气候条件，设计中按照少维修和免维护的设计理念成功开发了应用拱脚构造、新型铰轴式钢支座、新型吊杆锚固体体系。同时，工程中采用纤维混凝土拱脚、混凝土外涂装及钢结构长效涂装体系等综合措施，提高了桥梁的结构耐久性。施工中还采用先梁后拱、大节段吊装法施工，以减少现场焊接及拼装作业，保证了工程质量。

该桥于2003年5月开工建设,2005年6月竣工,2005年10月全线铺通开行工程列车,2006年3月开始货物列车工程试运行,2006年5月开始旅客列车不载客试运行,2006年7月1日青藏铁路全线开通。

拉萨河大桥的建成为神奇的雪域高原增添了又一道靓丽的风景。

该桥由铁道第三勘察设计院集团有限公司设计,中铁大桥局集团有限公司施工,天津大学、兰州交通大学、中铁大桥局集团武汉桥梁科学研究院有限公司、中南大学等单位参加了科研工作。

为全面总结青藏铁路拉萨河大桥的技术成果,铁道第三勘察设计院集团有限公司组织了《青藏铁路拉萨河大桥》一书的编写。全书共分五章,第一章介绍自然环境与人文环境,第二章介绍桥式方案,第三章介绍设计及计算分析情况,第四章介绍模型试验及分析情况,第五章介绍施工情况。

本书由孙树礼任主编,周四思任副主编。王 楨、乔 健、王召祐、李凤芹、陈后军、周铁征、李义兵、苏 伟、李敬增、张 雷、张成志、何伟参加编写。全书由孙树礼、周四思统稿,张成志、程相茹组织绘制了本书的插图,张耀聪、方根男教授级高工对本书进行了认真的校审。

中国工程院院士孙永福在青藏铁路拉萨河大桥设计、施工、科研全过程中都给予了支持和关注,多次莅临大桥建设工地现场指导,在本书编写过程中,又给予了很多的鼓励,并在百忙之中为该书题词,在此表示诚挚的谢意!

同时还对铁道部青藏铁路建设办公室朱振升常务副主任、铁道第三勘察设计院集团有限公司原工会主席王信阁先生、中铁大桥局集团有限公司总工程师秦顺全教授级高工、天津大学佟景伟教授、兰州交通大学副校长陈兴冲教授、中南大学郭向荣教授的大力协助,在此一并致谢。

由于编者水平所限,书中错漏之处在所难免,敬请同行们不吝赐教。



2009年5月

目 录

第一章 自然环境与人文环境	(1)
第一节 自然环境	(1)
第二节 人文环境	(6)
第二章 桥式方案	(10)
第一节 征集方案设计特点	(10)
第二节 钢管混凝土叠拱连续梁桥设计理念	(16)
第三章 设计及计算分析	(28)
第一节 总体设计	(28)
第二节 主桥上部结构	(31)
第三节 主桥施工方案设计	(64)
第四节 引桥上部结构	(70)
第五节 桥梁下部结构	(73)
第六节 地震反应分析及工程抗震措施	(77)
第七节 拉萨河大桥动力特性及行车性能分析	(93)
第八节 铰轴滑板钢支座设计	(103)
第九节 桥面系构造及养护维修设计	(111)
第四章 模型试验及分析	(115)
第一节 拱脚光弹性试验及有限元分析	(115)
第二节 吊索锚固体体系静动载试验	(130)
第三节 铰轴滑板钢支座模型试验及有限元分析	(163)

第五章 施 工	(187)
第一节 工程特点	(187)
第二节 总体施工方案	(188)
第三节 混凝土连续梁施工	(190)
第四节 钢管拱焊接	(193)
第五节 钢管拱架设	(195)
第六节 新型铰轴钢支座安装	(198)
第七节 施工阶段监控测试	(200)
第八节 C50 钢管混凝土配合比试验	(211)
第九节 围堰封底技术	(215)
参考文献	(218)
后 记	(219)

第一章 自然环境与人文环境

拉萨河大桥位于拉萨市郊，是青藏铁路进入圣地——古城拉萨的大门。独特的自然环境、文化传统和时代要求赋予了这座大桥特殊的色彩。在拉萨河大桥设计过程中，以满足使用要求为前提，追求桥梁与周围自然景观的协调，力求反映出西藏的文化内涵与时代风貌，体现出青藏铁路标志性工程的风采，努力达到建筑造型与桥梁结构的完美统一。

第一节 自然环境

一、桥 位

青藏铁路拉萨河大桥位于青藏铁路格拉段的末端、拉萨河河谷，距拉萨市市中心约 5 km（图 1—1—1）。北面为念青唐古拉山，山势陡峻，沿山有哲蚌寺、色拉寺等古建筑面江而立；南面靠近造耳峰等山岭，铁路过桥后穿越造耳峰隧道即到达拉萨火车站（约 2 km）；桥址以西为堆龙德庆县城和拉萨市经济技术开发区（柳梧新区）；桥址以东是拉萨市区，与布达拉宫古建筑群遥遥相对。该地区是著名的旅游风景区，山河壮丽、民族风情浓郁。

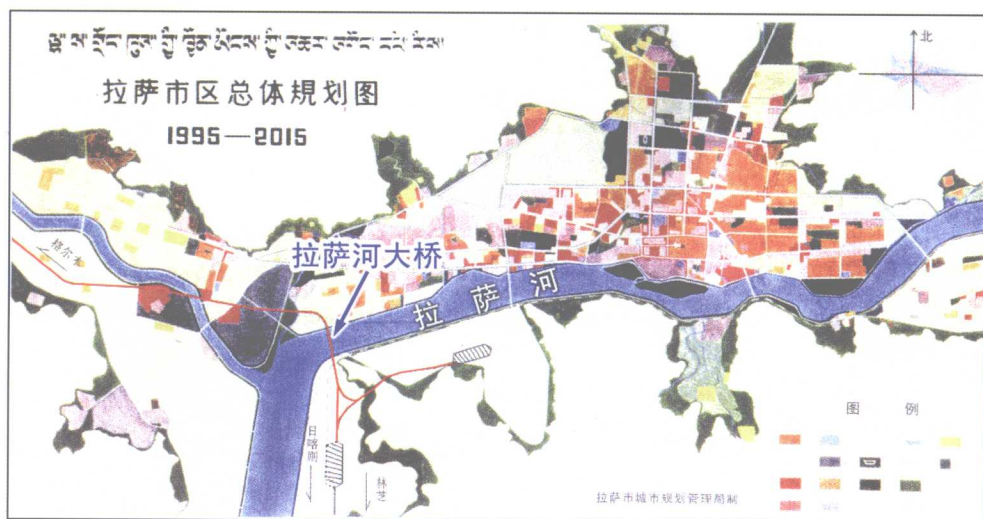


图 1—1—1 拉萨河大桥位置

桥址处河床宽阔，上游顺直，下游弯曲。DK2000 + 730 ~ 738 为拉萨河右岸河堤，大堤宽 7 m，迎水面由于砌片石铺砌。桥轴线与拉萨河基本正交。百年一遇的设计洪水位为 3 632.2 m，设计流量为 3 280 m³/s。

桥址处地形平坦，地层单一，主要为卵石土，无不良地质，工程地质条件较好，最大冻结深度 26 cm。

桥址处地震基本烈度为八度。

二、水 文

(一) 流域概况

拉萨河是雅鲁藏布江的主要支流,发源于念青唐古拉山东段南麓,上源称麦地藏布,由北向南流,在错麦乡,东来的麦曲从左岸汇入后称为色荣藏布,在绒米乡下游,源出念青唐古拉山脉雪岭的桑曲从右岸汇入后称为热振藏布。在旁多乡,右岸乌鲁龙曲及扒曲同时汇入后称为拉萨河。在乃群附近,有源于念青唐古拉山雪岭北来的藏布曲从右岸汇入后南流,至曲水附近注入雅鲁藏布江。流域平均海拔高程在 4 500 m 左右,全流域面积为 32 471 km²,干流全长约为 551 km,主河槽平均坡度为 2.9‰。

拉萨河在旁多以上为峡谷区,两岸山坡陡峻;旁多至唐加段河谷宽 1~2 km,河道弯曲,岔流众多,主流摆动,主河槽宽 150~300 m,仅在直孔与唐加水文站间局部地段河槽下切形成 U 形深槽,坎高大于 6 m,主河槽宽仅 100 余米。自唐加以下直至曲水,河道扩散,岸坎消失,河谷宽在 2 km 以上,多岔流及沙洲,在拉萨市以下柳吾乡附近河谷宽达 4 km 以上,河床宽 500~2500 m,主流不稳定,属山区摆动性河流。拉萨河上游有旁多水文站,控制流域面积 15 728 km²;中游有唐加水文站,1963 年建成,控制流域面积 19 710 km²;下游有拉萨水文站,1955 年建成,流域面积 25 875 km²。拉萨河大桥位于拉萨河水文总站下游约 12 km 处,造耳峰与七一农场之间,桥址处控制流域面积 26 080 km²。

(二) 流域气候

拉萨河流域属高原温带半干旱气候区。太阳辐射强烈,日照时间长;夏季凉爽,冬季寒冷而干燥;无霜期短,干湿季分明,山地终年积雪。

根据流域内的气象站资料统计,流域内多年平均气温:拉萨水文站 7.8℃。极端最高气温发生在拉萨水文站,达 29.5℃。

根据拉萨水文站 1956~1998 年资料统计分析,最大年平均风速为 12 m/s,最大冻土深 0.26 m。

该流域降水受印度洋西南季风影响,孟加拉湾暖湿空气沿雅鲁藏布江河谷上溯,从拉萨河干流及支流雪绒藏布、墨竹马曲进入流域中。降水量的年际变化大,多年平均降水量为 480 mm;年内分配不均,6~9 月占全年的 80% 左右;空间分布也不均匀,东部大于西部,北部大于南部,墨竹玛曲、雪绒藏布为高值区。

(三) 河道概况

拉萨河河道迂回曲折,分段岔流多,水流紊乱,侧向侵蚀作用明显且强烈。拉萨市以下柳吾乡附近河谷宽达 4 km 以上,河床宽 500~2500 m,主流不稳定。桥址河段为典型的宽谷游荡型河流,河心滩极发育,洪水期河水切滩作用强烈,往往导致河道主流突然转入另一股岔流,形成新的主河槽,这是拉萨河游荡型的一种重要表现。桥址处河床宽阔,上游顺直,下游弯曲。河床中小石子、中细砂较多,为卵砾石河床;河床有采挖现象。拉萨河右岸河堤堤宽 7.0 m,迎水面用干砌片石铺砌。

由于桥址上游河段太阳岛、仙足岛上建筑物的修建,压缩了该河段的泄洪断面,洪水期易形成壅水,河水流速加大。

拉萨河目前尚无通航要求。

(四) 桥址河段水文特性

1. 暴雨、洪水特性

流域的暴雨量级不大,主要集中在 6~9 月,大面积强降雨过程出现的情况较少。根据拉萨水文站 1956~1998 年系列统计,最大一日雨量发生在 1980 年 6 月 22 日,达 55.1 mm;多年最大一日平均雨量为 29.8 mm。

全年洪水也主要集中在 6~9 月。1~4 月、12 月河水流量较枯,5 月出现融雪径流,流量较 4 月明显加大。9~11 月份处于退水段,河水流量较汛期减少,但仍然较丰。8 月份多年平均流量为 863 m³/s,是 1~4 月多年月平均流量 52.5 m³/s 的 16 倍。场次洪水洪量较大,洪水过程较为平坦,

为多峰连续型,持续时间为 15~20 天。洪水主要由暴雨形成,其中也包括一部分融雪径流和地下水出流。

据拉萨水文站实测记录,最大洪峰发生在 1962 年,达 $2830 \text{ m}^3/\text{s}$;最小洪峰发生在 1986 年,为 $848 \text{ m}^3/\text{s}$ 。前者为后者的 3.3 倍。洪峰实测系列中小于 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ 的年份只有 1986 年和 1983 年,其他年份都大于 $1000 \text{ m}^3/\text{s}$;多年均值为 $1720 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

除了汛期以降雨为主的洪水外,也有春季融雪形成的洪水,但是量级远远小于前者,不会形成灾害性洪水。

2. 泥沙与冰情

根据拉萨水文站 1956 年至今的资料分析,拉萨河泥沙含量较低,属低沙河流。实测资料表明:多年平均输沙量为 93.1 万 t,多年平均含沙量 $0.1 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

据拉萨水文站的观测资料,拉萨河城区段在每年的 12 月~翌年 2 月上旬有流冰花存在。

(五) 桥渡水文特征值

1. 设计洪峰流量

(1) 调查洪水资料

1989~1992 年,西藏自治区水利局、水利部松辽委在进行拉萨河流域规划时,会同拉萨市水电局、拉萨市水资源勘测局、拉萨市水利学会对拉萨水文站的历史洪水进行了大量调查,得到较为可靠的洪水调查成果,见表 1—1—1。

表 1—1—1 拉萨水文站附近历史洪水调查成果表

年 份	1917	1927
洪峰流量 (m^3/s)	3860~3650	3350
可靠程度	较可靠	可靠

经调查,可得到的有关历史洪水的描述如下:

1961 年 6 月 11 日《西藏日报》报道:“根据西藏史籍记载和访问老人时的介绍,五百多年来,共有四次大洪水淹没拉萨市区。即五百年前、二百年前、一百年前、六十多年前。其中以五百年前和六十多年前两次洪水最大,几乎淹没了拉萨市区,八廓街低洼处需乘牛皮船才能通过,其他地方也得提衣涉水”;

1927 年洪水使“现保存的石塔淹没 20 cm”;

1962 年实测洪水的最高水位高出市区各主要街道约 0.2~1.6 m。

根据上述情况及历史文献资料,初步考证得到各洪水重现期的调查结果,见表 1—1—2。

表 1—1—2 拉萨水文站附近历史洪水经验频率调查确定表

年 份	洪峰流量 (m^3/s)	考 证 期 排 位	考证期频率	采用频率 (%)
1917	3860~3650	从 1961 年以前 500 年 (1998 年以前约 538 年) 排位 3~5, 1917 年至今排位 1	$3 \sim 5/539 \sim 1/84$	0.56~1.2
1927	3350	从 1961 年以前 500 年 (1998 年以前约 538 年) 排位 6, 1917 年至今排位 2	$6/539 \sim 2/84$	1.11~2.4

(2) 计算成果

依据拉萨水文站 1956~1998 年流量系列并考虑 1917 年和 1927 年历史洪水,按不连续系列公式计算,采用 P—Ⅲ 曲线,经适线求得设计洪峰流量,成果见表 1—1—3。

表 1—1—3 拉萨水文站洪峰流量计算成果

适 线 成 果			不同重现期设计洪峰流量 (m^3/s)				
均值	C_v	C_s/C_v	300	100	50	20	10
1770	0.33	3	4000	3540	3260	2870	2550

长江水利委员会对《拉萨河城区中段防洪工程可行性研究报告》的审查意见（长计〔2001〕147号），同意依据拉萨水文站 1956～1998 年流量系列并考虑 1917 年、1927 年历史洪水，综合分析的拉萨水文站年最大洪峰流量频率计算成果。

拉萨河大桥桥位上游 26.46 km 处右岸建有纳金水电站，目前仍然是拉萨市的主要供电单位，由于水坝坝身存在局部变形和漏水的情况，因此须进行溃坝流量计算。纳金水电站设计标准为 50 年设计，200 年校核；装机 7500 kW，设计水头 11.5 m，设计流量 $100.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ，水库正常水位 3617.2 m，水库最低水位 3616.3 m，设计水位（50 年一遇）3618.34 m，校核洪水位（200 年一遇）3618.52 m，正常水位时水库库容 740 万 m^3 ，设计水位时水库库容 988 万 m^3 ，水库死库容 544 万 m^3 ，水库有效库容 196 万 m^3 ，设计水位时水库水面面积 2.39 km^2 ；设计等级Ⅲ级，最大坝高 11.48 m，坝顶长度 4080 m，泄洪最大流量 $2680 \text{ m}^3/\text{s}$ （50 年一遇）及 $3460 \text{ m}^3/\text{s}$ （200 年一遇），泄洪堰最大宽度 500 m。

根据纳金水电站坝体平面布置及断面形态，如果发生溃坝，其形式最有可能为在 3334m 顺河坝范围内发生横向局部溃决。经计算，溃坝流量为 $4005 \text{ m}^3/\text{s}$ ，与该桥三百年一遇检算流量 $4000 \text{ m}^3/\text{s}$ 很接近。

2. 设计、检算流量和水位

（1）拉萨水文站水位—流量关系线

拉萨河市区段属宽谷型河道，河床中有很厚的堆积物。

拉萨水文站有 20 世纪 50 年代以来的实际观测资料。对比同一水位下的过流能力，20 世纪 60 年代～80 年代总趋势是逐渐增加，河道下切明显。相应的拉萨市的防洪警戒也从 5.60 m（相对高程，下同）下调到 5.40 m，直到现在的 5.20 m。

20 世纪 90 年代以来，河流的下切与淤积都不是特别明显。对比分析 1991 年和 1998 年的两次大水过程及历年水位流量资料表明，河道冲淤变化不是很大。

因此，根据近十年来的年最大水位—流量点绘，取其外包线作为设计的水位—流量关系线成果，见表 1—1—4。

表 1—1—4 拉萨水文站水位—流量关系计算成果

水位 (m)	4.07	4.66	5.11	5.45	5.67	5.81	5.92	6.01
流量 (m^3/s)	500	100	1500	2000	2500	3000	3500	4000

注：高程为相对高程

（2）水面线

拉萨水文站有 1956～1998 年的实测资料，以拉萨水文站实测资料推算的各频率设计洪水位作为水面线计算的依据，断面资料采用拉萨市水电局在 2001 年汛期实测的资料，用天然河道水面线计算方法计算，推算桥址河段百年一遇水面线比降为 1.606‰。

（3）设计水位

2001 年定测拉萨河流量计算采用铁一院 1977 年科研队《青藏铁路高平原地区大中河流洪水调查报告》成果，根据铁一院推荐的公式 $Q_{1\%} = 5.33F^{0.63}$ 计算；利用数理统计法验证，得桥址处设计流量 $Q_{1\%} = 3280 \text{ m}^3/\text{s}$ ，计算桥址处设计水位 $H_{1\%} = 3632.2 \text{ m}$ 。北京市水利规划设计研究院在进行拉萨河堤防改造工程设计时，对该河段做了详尽的水文分析，并编制了水文分析专题报告，他们计算的百年洪水流量为 $3540 \text{ m}^3/\text{s}$ ，计算桥址处设计水位 $H_{1\%} = 3632.39 \text{ m}$ 。铁一院建议采用桥址处设计流量 $Q_{1/100} = 3280 \text{ m}^3/\text{s}$ ，2001 年 8 月 29 日与西藏自治区计委汇报情况时，拉萨市水利局提供并建议采用桥址处设计流量 $Q_{1/100} = 3540 \text{ m}^3/\text{s}$ ，故拉萨河大桥设计按 $Q_{1/100} = 3540 \text{ m}^3/\text{s}$ 进行水文计算。

三、地 质

桥址处地形较为平坦，地势开阔，拉萨河右岸为菜地、树林及卵砾石荒地；左岸为造耳峰，基岩裸露，植被稀少，岸坎陡峭，岸坎高约 13m。拉萨河是雅鲁藏布江的一条支流，拉萨河河床地形变化

较大,沟坎相间,水深浅不一;河中有两处漫滩分布。桥址毗邻拉萨市,有公路相通,交通较为便利。

(一) 地层岩性及特征

工点内的地层主要为第四系全新统冲积层及下白垩系的石英岩,地层详述如下:

(1) 人工填筑卵石土 (Q_4^{ml7}): 青灰色,灰白色,厚度 2~3m,分布于拉萨河右岸河堤,为砌筑拉萨河河堤而形成。主要成分为花岗岩,粒径 20~80 mm 的约占 10%, 80~200 mm 的约占 15%,大于 200 mm 的约占 60%。稍密,潮湿。

(2) 粉、细砂 (Q_4^{al4}): 灰黄色,厚度 0.5~2m,分布于拉萨河堤右面的大部分地表及呈透镜体状分布于卵石层中。矿物成分为长石、石英、云母,颗粒较均,砂质不纯。地表粉、细砂含较多的植物根系,松散,潮湿~饱和;卵石层中的细砂,稍密,饱和, $\sigma_0 = 190$ kPa。

(3) 中、砾砂 (Q_4^{al5}): 灰黄色、灰褐色,厚度 0.5~4.0m,呈透镜体状分布于卵石层中。矿物成分为长石、石英、云母。颗粒不均,砂质不纯,含 10%~20% 的卵砾石。稍密,饱和,中砂, $\sigma_0 = 330$ kPa; 砾砂, $\sigma_0 = 390$ kPa。

(4) 圆砾土 (Q_4^{al6}): 青灰色,厚度 1~5m,呈透镜体状分布于卵石层中,浑圆状。矿物成分以砂岩、花岗岩、石英岩为主,粒径组成: 2~20 mm 的约占 45%, 20~60 mm 的约占 15%,大于 60 mm 的约占 20%,余为杂粒砂充填,中密,饱和, $\sigma_0 = 400$ kPa。

(5) 卵石土 (Q_4^{al7}): 青灰色,为该工点的主要地层,厚度大于 40m,浑圆状。矿物成分以砂岩、花岗岩、石英岩为主,粒径组成: 2~20 mm 的约占 15%, 20~60 mm 的约占 40%, 60~200 mm 的约占 30%,余为杂粒砂充填,中密,饱和, $\sigma_0 = 600$ kPa。

(6) 漂石土 (Q_4^{al8}): 灰白色,厚度 1~5m,呈透镜体状分布于拉萨台附近的卵石土层中,圆棱状。矿物成分为石英岩,粒径以 100~300 mm 为主。饱和, $\sigma_0 = 800$ kPa。

(7) 石英岩 (K_1^{qu}): 出露于拉萨台,灰白色。主要矿物成分为石英,岩质坚硬,变晶结构,块状构造,弱风化,节理发育。节理产状: J_1 —— $S65^\circ W/75^\circ N$,间距 1~5m,延伸 3~5m,微张; J_2 —— $N28^\circ W/75^\circ S$,间距 1~3m,延伸 1~2m,微张。弱风化,风化层厚 1~2m, $\sigma_0 = 600$ kPa; 完整基岩, $\sigma_0 = 1000$ kPa。

(二) 工程地质评价

通过对地层岩性及特征的综合分析,作出拉萨河大桥工程地质评价如下:

- (1) 该工点内地形平坦,局部略有起伏,地层较为单一,无不良地质,工程地质条件良好;
- (2) 该工点地震动峰值加速度为 0.20g,相当于地震基本烈度八度;地震动反应谱特征周期为 0.45 s;
- (3) 最大季节冻土深度为 26 cm;
- (4) 基坑临时开挖边坡率: 卵石土为 1:1,需支护;石英岩为 1:0.5,需支护;
- (5) 建议 1 号~22 号桥墩采用桩基基础。在施工时应特别注意 6 号墩和 20 号墩地下残留的钻孔套管(因为套管脱扣,无法拔出),并采取相应的处理措施;
- (6) 拉萨台采用明挖基础,基础置于完整基岩中;
- (7) 22 号墩施工时应注意地层中的大漂石;
- (8) 由于该工点内细砂及中砂夹层埋深大于 20 m,根据规范要求,不考虑液化;
- (9) 雨季施工时应注意防洪,在水上进行施工时应注意安全。

(三) 水文地质评价

该工点内地表水主要为拉萨河水。拉萨河是山区河流,为常年流水,水量较大,流速快。受大气降水及上游雪山上的冰雪融水的补给,流量受季节的影响较大,夏秋为洪水期,冬春为枯水期。地下水主要为第四系孔隙潜水,受大气降水及拉萨河水的补给,水量丰富,河漫滩及右岸地下水水位 0~1.0 m。根据初测取水化验结果,工点内水质较好,对圬工无侵蚀性。

第二节 人文环境

西藏地处世界上最大最高的青藏高原,平均海拔四千米以上,南隔喜马拉雅山脉与印度、尼泊尔、锡金、不丹、缅甸等国接壤,北部和东部与新疆、青海、四川、云南等省区为邻,面积 120 多万平方公里。西藏是以藏族为主体的民族自治区,其他还有汉族、回族、门巴族、珞巴族等。独特的地理环境造就了独一无二的雪域风光,使西藏素有“雪域高原”之称,其巍然傲立的雪峰,浩瀚如镜的明湖,七彩炫目的阳光,延绵不绝的草场,辉煌玄妙的寺庙,任择一二都可成为撼人心魄的华美篇章。

青藏高原的风光如图 1—2—1 所示。



图 1—2—1 青藏高原风光

拉萨市是西藏自治区的首府,是一座有 1300 多年历史的文化名城。拉萨位于青藏高原的中部,海拔 3 650 m,是世界上海拔最高的城市之一,面积近 3 万 km²,人口约 40 万。拉萨市有古迹 200 多处,大昭寺、小昭寺、布达拉宫、甘丹寺、哲蚌寺、色拉寺、罗布林卡等著名建筑都是著名的旅游景点,纳木错、德中温泉和林周、墨竹工卡自然保护区是主要的自然风景区。

“拉萨”在藏语中为“圣地”或“佛地”之意,长期以来就是西藏政治、经济、文化和宗教的中心,金碧辉煌、雄伟壮丽的布达拉宫,是至高无上政教合一政权的象征。早在公元 7 世纪,松赞干布兼并邻近部落、统一西藏后,就从雅隆迁都逻娑(即今拉萨),建立吐蕃王朝。1951 年 5 月 23 日,西藏和平解放,拉萨城进入了新的时代。1960 年,国务院正式批准拉萨为地级市,1982 年又将其定为首批公布的 24 座国家历史文化名城之一。

拉萨古称“惹萨”,藏语中称“山羊”为“惹”,称“土”为“萨”。相传公元 7 世纪,唐朝文成公主嫁到吐蕃时,这里还是一片荒草沙滩,后为建造大昭寺和小昭寺用山羊驮土填卧塘。寺庙建好后,传教僧人和前来朝佛的人增多,围绕大昭寺周围便先后建起了不少旅店和居民房屋,形成了以大昭寺为中心的旧城区雏形。同时松赞干布又在红山扩建宫室(即今布达拉宫),于是,拉萨河谷平原上宫殿陆续兴建,显赫中外的高原名城从此形成。“惹萨”也逐渐变成了人们心中的“圣地”,成为当时西藏宗教、政治、经济、文化的中心。在一般人的印象中,拉萨是由布达拉宫、八廓街(八角街)、大昭寺、色拉寺、哲蚌寺以及拉萨河构成的,但西藏人认为,严格意义上的“拉萨”应是指大昭寺和围绕大昭寺而建立起来的八廓街,只有到了大昭寺和八廓街,才算到了真正的拉萨。如今拉萨城东一带尚保持着古城拉萨的精髓。

大昭寺和八廓街风景如图 1—2—2 和 1—2—3 所示。



图 1—2—2 大昭寺



图 1—2—3 八廓街

早在公元 7 世纪，佛教从唐朝和尼泊尔传入西藏。到公元 10 世纪，佛教在西藏再度兴起，并形成独具特色的藏传佛教。宗教生活是藏族社会生活中的重要组成部分。寺院建筑既是宗教活动的中心，又是文化传播场所，集中体现了藏族人民在长期实践中所创造和积累的工程技术和文化艺术的精华，在建筑结构、材料、装饰等方面都独具特色，其建筑内部画栋雕梁、帷幔交织；外部采用金顶、角兽、法轮等具有浓厚宗教色彩的镏金装饰；屋顶多为平顶和歇山顶。在建筑形式上，既使用了汉族建筑的若干形式，又保留了藏族建筑的许多传统手法，表现了兄弟民族建筑艺术的交流与融合。在建筑色彩方面，红、白两色使用较多，给人以庄严、凝重之感。另外，值得一提的是，在寺院建筑的细部雕饰上往往使用寓意着吉祥、威严的动物图案，表现了远古时期这里的人们对于自然力量的崇尚与依赖；同时也大量使用宗教色彩浓厚的标识，使建筑中融入了不少宗教理念和文化心理。其中以布达拉宫最具代表性，如图 1—2—4 所示。

以布达拉宫和八廓街为中心的拉萨新城，北至色拉寺，西至堆龙德庆县。纵目眺望拉萨城，邮电大楼、新闻大楼、拉萨饭店、西藏宾馆及各色建筑物星罗棋布，互为参错，连绵绵绵，一片新辉。站在布达拉宫顶上俯瞰拉萨全城，整个拉萨市区到处是一片片掩映在绿树中的新式楼房，唯八廓街一带飘扬着经幡（图 1—2—5），荡漾着桑烟。在这里，密布着颇具民族风格的房屋和街道，聚集着来自藏区各地的人们，他们中许多人仍然穿着本民族的传统服装，那仿佛从不离手的转经筒和念珠显然表明佛教实际上已成为一种生活方式。