

西南山区复杂岩土工程 研究与实践

——瀑布沟水电站汉源新县城移民迁建工程

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

主 编 李文纲 陈卫东 张廷柱 梁 宇

副主编 苏鹏云 文继涛 安世泽 余江展



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

西南山区复杂岩土工程 研究与实践

——瀑布沟水电站汉源新县城移民迁建工程

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

主 编 李文纲 陈卫东 张廷柱 梁 宇

副主编 苏鹏云 文继涛 安世泽 余江展



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

本书以瀑布沟水电站汉源新县城移民迁建工程为例,对西南山区复杂岩土工程的实践进行了系统的总结与研究,内容分为4篇。第1篇概论,介绍了汉源新县城的规划、选址、勘察设计研究的基本情况。第2篇岩土工程勘察,从区域地质环境、场地工程地质条件研究入手,分别对汉源新县城工程建设所涉及的岩质顺向斜坡、高切坡、滑坡、采空区、岩溶地基和特殊土等主要工程地质问题进行了系统、深入的研究。第3篇岩土工程设计,对影响建设场地、建筑地段稳定性的滑坡等地质灾害,进行了稳定性分析计算和治理设计研究;同时针对山区场地顺向斜坡和高切坡进行了支挡设计研究。第4篇岩土工程监测,针对建设场地整体稳定性、场平和建(构)筑物稳定性以及地质灾害治理工程等多方法监测和成果分析,验证了岩土工程勘察设计和处理效果。汉源新县城建成运行6年来,整体安全稳定,是西南山区复杂移民集中安置场地岩土工程勘察设计成功的典范。

本书可供从事水电水利行业和其他行业岩土工程专业技术人员及有关院校相关专业的师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

西南山区复杂岩土工程研究与实践:瀑布沟水电站
汉源新县城移民迁建工程/李文纲等主编. —北京:
中国水利水电出版社, 2016. 10
ISBN 978-7-5170-4821-3

I. ①西… II. ①李… III. ①山区—岩土工程—研究
—西南地区 IV. ①TU412

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第253801号

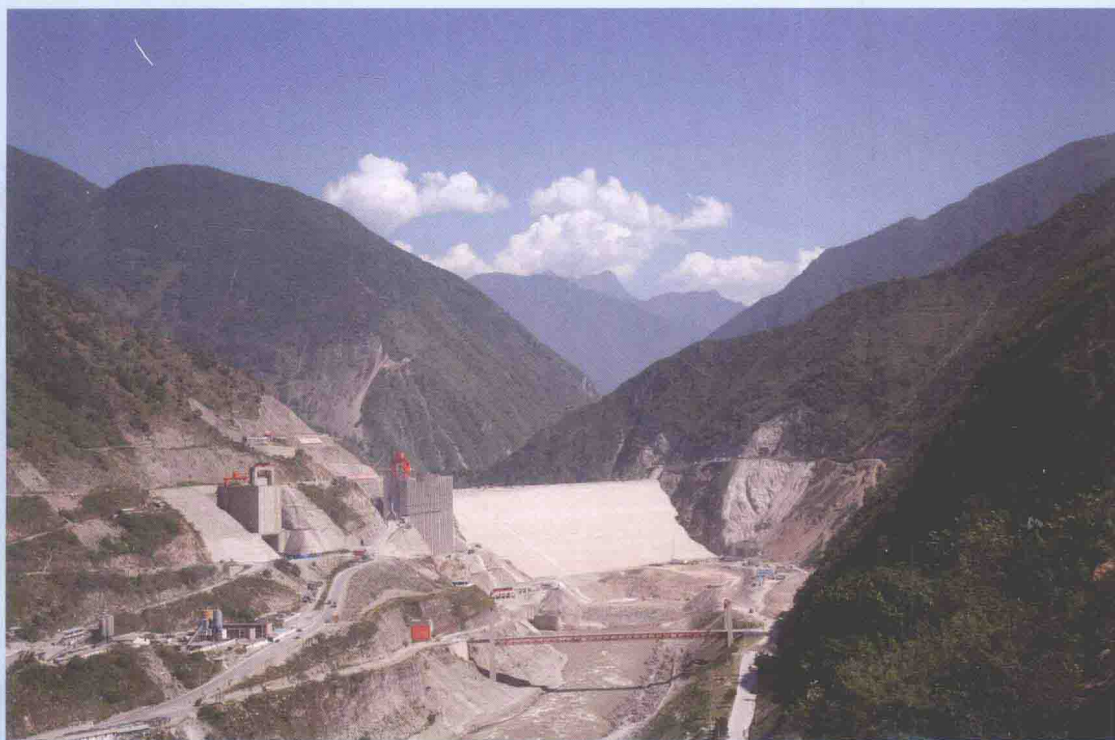
书 名	西南山区复杂岩土工程研究与实践 ——瀑布沟水电站汉源新县城移民迁建工程 XINAN SHANQU FUZA YANTU GONGCHENG YANJIU YU SHIJIAN
作 者	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司 主 编 李文纲 陈卫东 张廷柱 梁 宇 副主编 苏鹏云 文继涛 安世泽 余江展
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京新华印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 26.5印张 631千字 2插页
版 次	2016年10月第1版 2016年10月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	120.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



研讨汉源新县城岩土工程问题
(左为中国工程院院士王思敬，右为中国工程勘察设计大师李文纲)



瀑布沟大坝蓄水前上游面貌



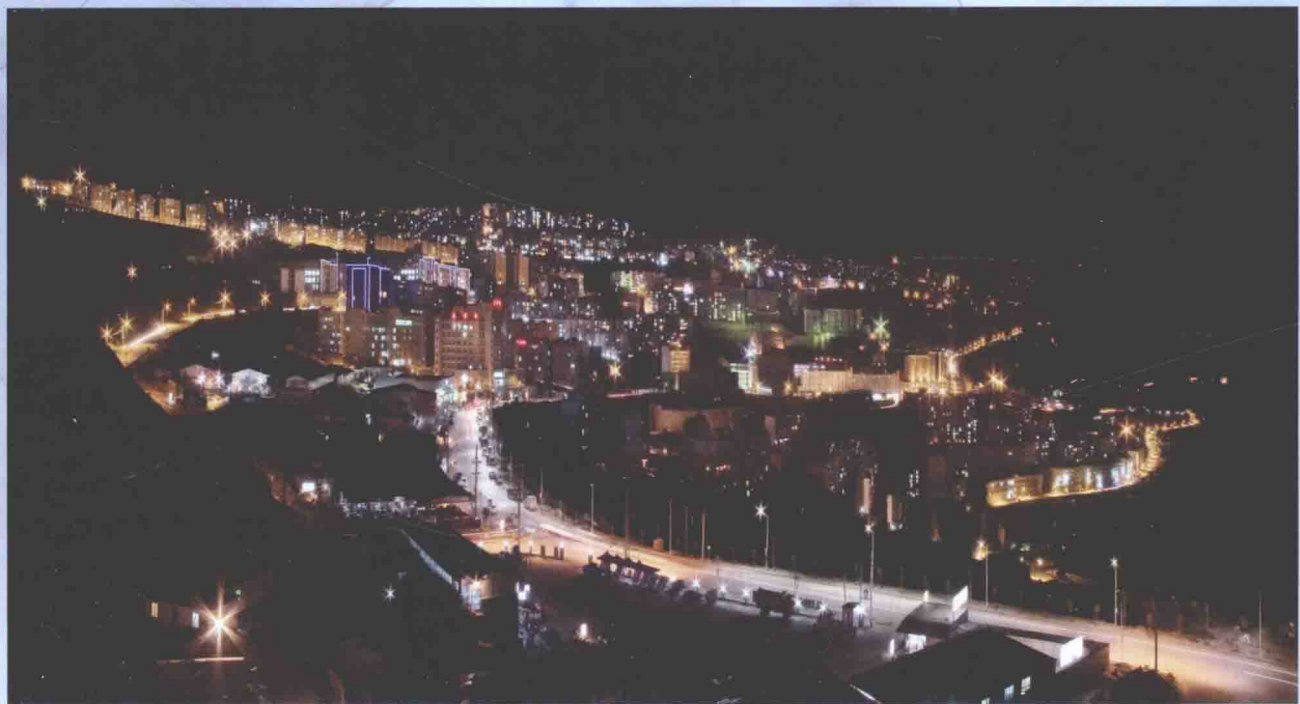
瀑布沟大坝蓄水后库首段水库面貌



远眺昔日宽缓条形单斜顺向山坡——萝卜岗



汉源湖环绕汉源新县城全景面貌



汉源新县城夜景面貌

主编单位 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

参编单位 (排名不分先后)

自贡市城市规划设计研究院有限责任公司

中节能建设工程设计院有限公司

四川省地质工程勘察院

主 编 李文纲 陈卫东 张廷柱 梁 宇

副 主 编 苏鹏云 文继涛 安世泽 余江展

本书撰稿人员名单

篇章	撰稿人（按姓氏笔画排序）
第 1 篇	苏鹏云 李 明 李 毅 杨 洲 何立新 张廷柱 陈光明 梁 宇 梁 炎 董 明 傅支黔
第 2 篇	王 影 尹华尧 刘忠祥 苏银华 杜文树 杜明祝 李作兵 何立新 张廷柱 陈淑芬 赵军海 梁 宇
第 3 篇	卫志强 王小珊 文继涛 邓绍康 孙宇彤 苏银华 苏鹏云 杜明祝 李 毅 杨 科 余鸿翔 张 逊 陈东升 陈罗毅 林 兵 罗贞华 郑玉辉 梁 宇 傅支黔
第 4 篇	王誉陶 刘 峰 刘满江 杜明祝 杨 科 吴常栋 何立新 张廷柱 陈淑芬 梁 宇

参加工作主要人员 (排名不分单位、按姓氏笔画排序)

马 萧	马林艳	马俊琳	马德林	王 敏	王 影	王 潘	王小冲
王云飞	王方亮	王成峰	王向东	王观琪	王承俊	王舒婷	韦才华
韦玉婷	文继涛	方 勇	尹华尧	尹显科	邓 韧	邓 晶	邓绍康
邓晓丽	甘 林	石伟明	石定国	龙海涛	田启文	兰 宇	朱建波
华博深	向斌益	刘大文	刘文涛	刘平安	刘永峰	刘宗祥	刘洧骥
刘银海	江 萍	汤 彬	孙 璇	孙宇彤	苏红杰	苏建民	苏鹏云
杜文树	杜明祝	李 中	李 军	李 明	李 鸣	李 毅	李大鑫
李卫红	李小泉	李文纲	李文慧	李汤伟	李作兵	李青春	李英勇
杨 建	杨 科	杨 洲	杨 彬	杨世华	杨明杰	杨建波	杨建宏
肖长波	肖庆峰	肖红勇	何 涛	何中江	何文才	何立新	何成江
余鸿翔	余 亮	邹维勇	汪天寿	宋书志	宋玲丽	张 庆	张 芳
张 逊	张 铭	张 斌	张 魁	张云海	张占成	张江平	张廷柱
张佑廷	张征东	张建川	张晓阳	张惠芝	陈 全	陈 超	陈 晶
陈卫东	陈东升	陈光伟	陈光明	陈国辉	陈罗毅	陈淑芬	陈绪刚
范 伟	林 兵	罗本全	罗贞华	罗奎品	和春华	周 虹	周 静
周小义	周云金	周本能	周佩华	周晓清	郑志龙	郑利群	郑晓晶
屈宋源	赵 宇	赵小平	赵永旭	赵军海	赵国全	胡志洪	胡秉偃
胡泽铭	胡建忠	钟 声	钟涵翰	贺如平	袁 博	袁 全	袁 勇
晏 群	徐 飞	徐 虹	徐 静	徐海丽	徐开寿	高 捷	郭万侦
唐 然	唐翠华	涂 翔	谈 琴	黄 刚	黄 伟	黄 波	黄 剑
黄竟强	黄辉强	曹 霞	商礼治	梁 平	梁 宇	梁 炎	彭朝洪
董 明	董建辉	粟 兰	蒋 媛	韩丽芳	傅 涛	傅支黔	谢 畅
雷万君	詹禹楠	谭 丽	樊熠玮	颜 超	颜正礼	魏良帅	

中国电建集团成都勘测设计 研究院有限公司简介

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司（简称“成都院”），其历史可以追溯至1950年成立的燃料工业部西南水力发电工程处，正式建制于1955年，拥有成都与温江科研、办公场所18万多 m^2 ，成都办公区位于风景秀丽的浣花溪畔，毗邻历史人文胜迹青羊宫、杜甫草堂。

成都院是中国电建集团直属的国家级大型综合勘测设计科研企业，持有工程设计综合甲级、工程勘察综合类甲级、工程造价咨询、工程监理、水土保持、水文水资源调查评价、建设项目环境影响评价、污染治理设施运行服务、地质灾害治理设计勘察与施工、环境污染防治工程、对外承包工程等20余项资质证书及发电业务许可证。同时，建立了质量、职业健康安全、环境管理体系。

成都院一直秉承“贡献国家、服务业主、回报社会”的价值理念，致力于实现人与自然、社会的和谐发展，服务全球清洁能源与基础设施、环境工程建设。

成都院国家级高精尖人才众多，拥有一批工程经验丰富、学术水平高的技术带头人。现有国家勘察大师1人，国家监理大师1人，享受国务院政府特殊津贴专家11人，国家新世纪百千万人才计划1人，全国优秀科技工作者2人，四川省学术和技术带头人4人，后备人选13人，四川省工程勘察设计大师8人。本科及以上学历人员近九成，其中博士38人，硕士563人。

60多年来，成都院完成了西南及西藏地区100余条大中型河流的水力资源普查和复查，普查的水能资源理论蕴藏量占全国的54.4%；承担雅鲁藏布江、金沙江、大渡河、雅砻江、嘉陵江等流域和河段的开发规划，水利枢纽和水电站规划约350座，总装机容量约2.1亿kW，约占我国可开发水力资源的39%，居行业首位；勘测设计并建成发电的羊湖、映秀湾、龚嘴、铜街子、沙牌、瀑布沟、溪洛渡、锦屏一级和大岗山等水电站140余座，总装机容量7000余万kW，包括我国20世纪投产的最大水电站二滩、装机容量世界第三的溪洛渡、世界第一高拱坝锦屏一级等巨型工程；正在从事前期勘测设计的水电站约30座，装机容量2000万kW，正在建设的水电站15座，装机容量1500万kW，涉及长河坝、两河口、双江口等世界级大型水电站。

成都院在国家能源规划、高端技术服务方面培育出核心竞争能力，代表着我国乃至世界水电勘测设计的最高水平，拥有10多项国际领先的核心技术：300m级高混凝土拱坝勘察设计成套技术、300m级高土心墙堆石坝勘察设计成套技术、复杂地基处理勘察设计技术、巨型地下洞室群勘察设计技术、高陡边坡稳定控制技术、高水头大流量窄河谷泄洪消能技术、深埋长大引水隧洞设计技术、大坝施工过程仿真与智能监测技术、气垫式调压室设计技术、环境评价与保护设计技术、三维协同设计技术、峡谷风电场勘察设计技术、数字流域成套技术、水电站设计施工一体化技术等。形成了“产学研”相结合的科技创新体系，拥有国家能源水能风能研究分中心、高混凝土坝研发分中心、大型地下工程研发分中

心，博士后工作站、四川省首批院士工作站，成都院-IBM智慧流域研究院、法国达索-成都院工程数字化创新中心等多个研发平台。2008年，被认定为国家级高新技术企业；2012年，被认定为第五批国家级创新型试点企业；2013年，被认定为四川省创新型示范企业。

成都院荣获国家科技进步奖23项（含国家科技进步一等奖2项）、全国优秀工程勘察与设计奖19项，国家级企业创新管理奖1项；主编国家及行业规范76篇；获得省部级科技进步奖204项、省部级优秀工程勘察与设计奖125项；拥有数百项专利。连续多年被评选为“全国勘察设计综合实力百强单位”，位居水电行业之首；由美国《工程建设记录》（ENR）和中国《建筑时报》组织的中国承包商和工程设计企业TOP60强评选中，在中国工程设计企业中位列前十名。

60多年创新求存，成都院已发展成为集工程规划、勘测设计、咨询、监理、总承包、投资运营、科技研发为一体的工程公司，在保持传统业务优势的同时，从专注水利水电、新能源等领域，积极拓展到交通、建筑、市政及水环境、水务、岩土工程、数字工程、环境工程、移民工程代建、设备成套供应等多元业务领域，构筑可持续发展的全产业价值链。

成都院依托雄厚的技术实力和人才优势，坚持战略转型和业务升级，形成了工程勘测设计、工程总承包、投资及资产运营“三大产业”格局。

成都院从2003年开始进军总承包业务市场。先后承担50余项总承包业务，带来了总承包管理水平的提高，黑河塘水电站荣获2007年度四川省建设工程“天府杯”金奖，德昌一期风电荣获2014年第一届电力勘察设计行业优秀工程总承包二等奖。

成都院大力发挥投资驱动作用，参、控股公司28家，拥有发电权益容量200多万kW，已建、在建权益容量100万kW；城市污水处理BOT项目9个，污水处理能力近30万t/d。

成都院坚持国际优先发展战略，业务范围遍布亚洲、非洲、欧洲、南北美洲、大洋洲等60余个国家或地区，控股哈萨克斯坦水利设计院，参股欧亚电力有限公司，成功建设马其顿科佳、格鲁吉亚卡杜里、越南洛富明、哈萨克斯坦玛依纳等项目；承担中亚五国可再生能源规划和塞拉利昂国家水电规划；开展南亚最大污水处理厂孟加拉达舍尔甘地EPC项目、越南国家风电示范项目富叻风电EPC项目，承担科特迪瓦苏布雷水电站勘测设计和机电设备成套任务；成功签订老挝大捷水电站FEPC总承包合同；正在启动列宁格勒抽水蓄能电站。经过多年经营、探索和实践，积累了丰富的国际工程勘测设计与施工总承包经验。

成都院2014年成功跨入集团八大特级子企业行列，资产规模突破百亿大关，各项经济指标保持平稳增长势头，营业收入、利润和经济增加值均创历史新高。荣获“中央企业先进集体”“全国用户满意企业”“四川省最佳文明单位”等30多项荣誉称号。

成都院坚守“诚信、负责、卓越”企业精神与“服务、关爱、回报”企业价值观，勇于承担中央企业的社会责任和义务，在水电工程抢险、堰塞湖整治、次生灾害防治、帮扶救助等方面作出积极贡献，荣膺中共中央、国务院、中央军委、水利部、国资委、四川省委省政府各类表彰。

适应新常态，迎接新挑战，成都院将强力深化改革，着力推动创新，持续提升管理，加快实现有质量、有效益、可持续发展目标，向着“国际型一流工程公司”阔步前行。

序

由于瀑布沟水电站的修建,原汉源县城位于库水位以下将被淹没,由此需另选新址搬迁重建。新县城从选址到建成,历时 20 多年,比较了市荣、萝卜岗、九襄、周家等多个场地,最终综合选定在萝卜岗现有场地上建设。建设过程中,在“5·12”汶川特大地震后,本人于 2009 年 4 月主持了对《四川省汉源县城新址地质安全评价报告》的评审。

岩质顺向边坡、高切坡、滑坡、岩溶地基、煤层采空区及特殊土等是萝卜岗场地的重大工程地质问题。该书在对上述主要工程地质问题的分析评价方法和治理原则确定等方面具有针对工程地质问题分区勘察评价的创新和岩土工程动态设计治理之特色。在边坡稳定性标准选用上,以建设部门和国土资源部门的岩土工程勘察设计标准为主,结合水电行业标准,既经济合理又保证了工程安全。

岩土工程面对的是千变万化的地质条件和多种多样的岩土特性,工程设计和治理需紧密结合具体条件,因地制宜。该书岩土工程研究的主要创新点有:①针对影响重大的滑坡进行了专题研究,尤其是乱石岗特大型滑坡,根据其变形破坏特征和当时状态,将滑坡及其影响范围分为滑坡堆积区、滑坡拉裂松动变形区和滑坡拉裂松弛变形区,其中滑坡拉裂松动变形区又细分为强拉裂松动变形区和弱拉裂松动变形区。从而为工程建设用地划分和工程处理深度提供了可靠的依据。②针对煤层采空区

分布有错综复杂的小煤窑和小巷道，有的自然塌陷、有的为空洞的特点，采用民访、地表变形测绘，洞口定位，洞内测量，再结合物探、钻探准确查明了采空区的情况，为人居建筑物的避让和市政道路的布设提供了依据。③针对灰岩地基中岩溶发育的特点，准确区分了古岩溶和现代岩溶，将古岩溶作为建筑物基础持力层而加以利用，现代岩溶地基进行可靠处理后利用。④针对单斜顺向边坡，当顺层软弱结构面未在前缘临空出露且埋深较大时，对边坡地基不再进行工程处理，既保证了工程安全又节约了工程投资。⑤结合单斜顺向边坡特定的地形地质条件，需要高切坡形成场平，因此大量采用挡墙支挡，其结构形式多样，一般高度为8~12m，最大高度达25m，总长40余km，属国内罕见。⑥在萝卜岗场地大量采用GNSS形变监测新技术，与深部变形、地下水水位以及支护效应等常规监测手段相结合，构建了“空基-地基-物基”多源立体监测系统，使不同监测效应量相互关联、相互补充和相互检核，确保了监测成果分析与评价的准确性和可靠性。

县城的搬迁重建属大型移民工程，既涉及国家重点水电工程如期蓄水发电问题，更涉及建设与环境和谐发展问题和社会稳定、移民安居乐业等民生问题。县城的建设社会影响和关注度高，加之萝卜岗场地环境地质和工程地质条件复杂，在近3年时间内，建设者们克服了诸多困难，一座崭新的县城屹立在萝卜岗上。为不影响瀑布沟水电站按期下闸蓄水和发电的时间要求，新县城建设在管理模式上进行了创新，在工程建设上紧紧抓住了关键工程技术问题，脚踏实地处理好了单斜岩质顺向边坡稳定问题、高切坡与高挡墙问题、滑坡灾害问题、采空区问题和岩溶地基问题等。由中国工程勘察设计大师、教授级高级工程师、高级工程师等组成的该书作者及其团队，长期战斗在工程建设第一线，夜以继日，及时处理和解决工程施工中出现的问题，控制了风险，如期完成了工程建设，可喜可贺。

汉源新县城建成运行6年来，整体安全稳定，是西南山区复杂岩土工程移民集中安置成功的典范。该书作者及其团队不辞辛劳，及时从岩土工程勘察、设计、监测等方面进行了梳理和总结，将他们工作过程中取得的新认识、新成果全面、客观、翔实地展现给大家，为类似工程的勘察设计和治理提供借鉴参考。

感谢参与者的辛勤付出和无私奉献。

中国工程院院士

王思敬

2015年9月20日

前言

改革开放以来,我国兴建了一批大型和特大型水电工程,为国民经济可持续发展和人民生活水平不断提高提供了强有力的清洁可再生能源支撑。然而,这些大型和特大型水电工程建设中无不涉及建设征地和移民安置问题,如何解决好库区城镇迁建与移民搬迁安置已成为水电开发建设能否顺利实施的关键问题。

瀑布沟水电站是一座以发电为主,兼有防洪、拦沙等综合利用效益的大型水电枢纽工程。水库正常蓄水位为 850.00m,总库容为 53.37 亿 m^3 ,水库淹没面积为 84.14 km^2 ,水库淹没影响范围涉及四川省雅安市汉源县、石棉县和凉山彝族自治州甘洛县共 3 个县 22 个镇(乡) 71 个村。地处瀑布沟水电站水库淹没区的汉源县原县城需另选新址建设。

汉源新县城的选址是一项涉及国计民生的复杂系统工程。县域内山地多、平坝少,平坝人口密集、有效耕地资源稀缺是汉源县的基本县情。从行政区划位置、区域经济发展、土地资源利用、环境与生态保护、场地工程地质条件等多因素分析比较,并经上级主管部门审查、批准,汉源县城新址选定在与原县城一岸之隔的市荣乡萝卜岗宽缓条形山地上,其区位适中,可合理利用低山缓坡地,少占农田,符合汉源县实际情况。最终审定的

汉源新县城建设规模人口为 30000 人, 占地面积为 2.99km^2 。

新县城场地规划、勘察设计和工程建设从 1989 年至 2011 年城市建设基本完成, 经历了 20 多年复杂曲折的历程。在各级党委和政府的坚强领导下, 在全体参建者和援建者共同努力下, 如今随着瀑布沟水电站的建成发电, 一座依山傍水、风景秀丽的汉源新县城屹立于萝卜岗上。为总结工程规划、勘测设计中的经验, 在各方支持下, 特组织编撰《西南山区复杂岩土工程研究与实践——瀑布沟水电站汉源新县城移民迁建工程》一书。

本书以瀑布沟水电站汉源新县城移民迁建工程为例, 对西南山区复杂岩土工程的实践进行了系统的总结与研究, 内容分为 4 篇。第 1 篇概论, 介绍了汉源新县城的规划、选址、勘察设计研究的基本情况。第 2 篇岩土工程勘察, 从区域地质环境、场地工程地质条件研究入手, 分别对汉源新县城工程建设所涉及的岩质顺向斜坡、高切坡、滑坡、采空区、岩溶地基和特殊土等主要工程地质问题进行了系统、深入的研究。第 3 篇岩土工程设计, 对影响建设场地、建筑地段稳定性的滑坡等地质灾害, 进行了稳定性分析计算和治理设计研究; 同时针对山区场地顺向斜坡和高切坡进行了支挡设计研究。第 4 篇岩土工程监测, 针对建设场地整体稳定性、场平和建(构)筑物稳定性以及地质灾害治理工程等进行了多方法监测和成果分析, 验证了岩土工程勘察设计和处理效果。汉源新县城建成运行 6 年来, 整体安全稳定, 是西南山区复杂移民集中安置场地岩土工程勘察设计成功的典范。本书对山区岩土工程, 尤其是移民集中安置迁建场地的勘察设计与建设具有重要的借鉴和参考价值。

本书由成都院组织策划并主编, 自贡市城市规划设计研究院有限责任公司、中节能建设工程设计院有限公司、四川省地质工程勘察院等单位参编; 由中国工程勘察设计大师、教授级高级工程师、高级工程师等组成的编撰团队, 经历两年全面总结、深入研究、精心编写而成。

工程建设过程中, 得到了中国工程院王思敬院士和成都理工大学副校长黄润秋教授的悉心指导和大力支持; 成都理工大学、西南交通大学、四川省地震局工程地震研究院、河海大学等合作单位参加了部分工作。在此一并表示诚挚的谢意。

在本书编写过程中得到了成都院的领导和技术经济委员会、科技质量部、建设管理部、勘测设计管理部等职能部门以及地质处、征地移民处、水环境

与市政分院、交通分院、水工处、施工处、监测及试验研究所等相关生产单位的大力支持和帮助，尤其是原院领导胡志洪、原副专总杜明祝教授级高级工程师对本书提出了许多建设性的修改意见，在此表示衷心感谢。

由于我们的水平有限，时间仓促，本书中的不足和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2015 年 8 月