

水利部南水北调规划设计管理局

SNWTP



南水北调 工程地质分析研究

李广诚 司富安 主编

论文集

53



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

TV68-53

L31

南水北调工程地质分析研究

论文集

水利部南水北调规划设计管理局

李广诚 司富安 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

南水北调工程地质分析研究论文集/李广诚, 司富安主编. —北京:
中国水利水电出版社, 2002

ISBN 7-5084-0569-2

I. 南… II. ①李…②司… III. 南水北调-水利工程-水文地质勘
探-研究-中国-文集 IV. TV68-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 014756 号

书 名	南水北调工程地质分析研究论文集
作 者	水利部南水北调规划设计管理局 李广诚 司富安 主编
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sale@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	水利电力出版社印刷厂
规 格	787×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 446 千字 4 插页
版 次	2002 年 4 月第一版 2002 年 4 月北京第一次印刷
印 数	0001—1300 册
定 价	45.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

南水北调是一项特大型跨流域调水工程，是实现我国水资源战略布局调整、优化水资源配置、解决黄、淮、海平原、胶东地区和黄河上游地区特别是津、京等华北地区缺水问题的一项重大基础措施。经过多年的深入研究论证，南水北调总体规划目前选定了东线、中线、西线三条调水线路，与长江、黄河、淮河和海河四大江河相互联接，形成了“四横三纵”的总体布局。

南水北调工程东线、中线和西线三条线路的总体布局，基本可以安全、经济地解决北方缺水地区的需水和供水矛盾。西线工程布设在我国最高一级台阶的青藏高原上，居高临下，具有供水覆盖面广的优势，但是长江上游水量相对有限，且工程艰巨，投资较大，主要向黄河上中游和西北内陆河部分地区供水，相机向黄河下游补水。中线工程从长江中游的支流汉江引水，从第三台阶的西侧通过，可自流向黄淮海平原大部分地区供水。东线工程位于第三台阶的中部，直接从长江干流下游取水，水量丰富，但因输水线路所处的地势较低，在黄河以南需逐级抽水北送，黄河以北可以自流，可向黄淮海平原东部和胶东地区供水。

东线、中线和西线三条线路的总体布局，可利用黄河由西向东贯穿我国北方的天然优势，通过工程和非工程措施，实现南水北调工程和黄河之间的水量调配。三条线路规划年调水总量为 440 亿~450 亿 m^3 ，可基本缓解受水区水资源严重短缺的状况，并逐步遏制因严重缺水而引发的生态环境日益恶化的问题。三条调水线路各有其合理的供水范围和供水目标，并与四大江河形成一个有机整体，可相互补充，缺一不可。

从工程地质的角度来说，由于南水北调工程规模巨大，跨过多个流域，其工程地质条件表现出多样性、复杂性等特点，工程地质问题包括软土地基问题、膨胀土问题、湿陷性黄土状土问题、饱和砂土震动液化问题、边坡稳定问题、渠道渗漏问题、施工中地下水涌水问题、地下水侵蚀性问题、渠线压煤和通过采空区问题等。有些问题也是调水工程特有的工程地质问题，如渠道穿越黄河问

题、中线渠道左岸（西侧）排水问题等。特别是西线工程，由于其所处地理位置、气候、大地构造环境以及规模的特殊性，其工程地质问题的复杂程度在国内乃至世界都将是罕见的，其工程地质勘察也具有一定的难度。南水北调工程地质问题的妥善解决不仅是工程建设的基础，对于工程地质科学和相关技术的发展也将起到推动、促进作用。对于南水北调工程中的工程地质问题的系统总结和深入研究是非常必要的。

为了这项宏伟工程的建设，我国水利科技工作者已经奋斗了几十年，特别是近几年来，在国务院、水利部的领导下，南水北调工程加快了前进的步伐，并取得了巨大进展。水利部所属长江水利委员会、黄河水利委员会、淮河水利委员会、海河水利委员会以及北京、天津、河北、河南、江苏等省水利水电设计院和有关科研单位，为南水北调工程的实施做了大量的勘测、设计、科研、论证等工作，在工程地质方面也做了大量的工作和深入的研究。本文集就是将以往工程地质的研究成果进行了系统地总结，从而使人们对南水北调工程的工程地质有一个总体的了解。

《南水北调工程地质分析研究论文集》分东、中、西三条线路的工程地质条件和南水北调工程中工程地质勘察方法的研究四部分进行编辑。各部分基本上涵盖了各条线路的主要工程地质问题。通过本书，读者可以对南水北调工程的工程地质条件和工程地质问题有一个总体的了解。同时本书内容对其它调水工程也具有一定的借鉴参考意义。

本论文集由水利部南水北调规划设计管理局组织编写，李广诚、司富安负责本书的总体策划、稿件组织和统稿工作，并完成了全书文稿的修改、图件整编和初步排版。长江委综合勘测局蔡耀军、黄委勘测规划设计研究院路新景、淮委规划设计研究院徐连峰、水利部天津水利水电勘测设计研究院高玉生、河北省水利水电勘测设计研究院李恩鹤、北京市水利水电规划设计院谢宝瑜、河南省水利水电勘测设计研究院石长青、天津市水利勘测设计研究院王跃三等同志为论文的撰写做了大量的组织工作。南水北调规划设计管理局张国良局长对本书的编辑和出版给予了大力支持，综合处祝瑞祥处长并为本书提供了许多宝贵资料。勘测处严福章同志完成了本书前言的英文翻译工作。国际工程地质与环境协会主席、中国工程院院士王思敬先生为本书作了序！在此一并致谢！

由于编者的水平所限，加之编写时间仓促，本书中难免有错误和疏漏，恳请读者鉴谅。

编 者

2002年2月

Preface

The South-North Water Transfer Project (SNWTP) is a world-attracted giant trans-basin water transfer project, and it is also a grand infrastructure for adjusting the country's strategic arrangement of water resources, optimizing the water resources distribution, solving the water shortage problems in the Yellow River Plain, Huaihe River Plain, Haihe River Plain and the upper reach regions of the Yellow River, especially Tianjing, Beijing and other North China areas. The project is very important for assuring and accelerating the North China's economic development, environmental improvement and social stability.

As a large agricultural country with a long history China has the amount of per capita water resources of one fourth of the world's average, being one of the main water-deficient nations. More over, the spatial distribution of the country's water resources is quite uneven, with the south much richer than the north. Since the 1990s, the water shortage problem in north China, along with the nation's economic development, has become unprecedentedly grievous. The increasing water demand in the vast North China area has resulted in frequent stream disappearance in the lower reach of the Yellow River and persistent deterioration of water environment. Water shortage problem has become an important restraint factor hindering the country's national and social development. Construction of the SNWTP is therefore very indispensable. To this end a lot of people have been working hard for many years for trans-basin water transfer studies.

As early as in 1952, the late Chairman Mao Zedong made a statement, when inspecting the Yellow River, that the south was rich in water while the north was poor, it should be possible to transfer some water from the south to north. Through the efforts of scholars and technicians of several generations, three routes, including the so called east route, middle route and west route, have been planned for the SNWTP to divert water, respectively, from the lower reach, middle reach and upper reach of the Yangtze River to the North China and upper reach area of the Yellow River. Among them, the first two routes will pass through the Yellow River on the way, while the west route will directly divert water from the upper reach of the Yangtze River to the Yellow River. When this plan is

realized in the end the country's strategic arrangement of water resources will be formed of "four transverse rivers and three longitudinal water canals".

In view of engineering geology, the engineering geological conditions of the SNWTP are characterized by diversity and complexity. The engineering geological problems to be encountered include soft foundations, swelling soils, collapsibility of loess, seismic liquefaction of saturated sandy soil, slope stability, canal leakage, intrusion of groundwater during construction, groundwater corrosion, crossing coal mine area. Some of these problems are unique for the SNWTP, such as the problem crossing the Yellow River, the drainage problem on the left side (or the west side) of the canal, etc. The WRP, in particular, which is located in a region with a very special topographic, climate and tectonic environment, has the most complicated engineering geological problems in China, even in the world. And its geological investigation is also very difficult. Proper solving the above engineering geological problems is a basis for the construction of SNWTP, and will accelerate the advancement of engineering geoscience and relevant technologies as well. It is therefore indispensable to make an in-depth study and systematic summary of the engineering geological problems of the SNWTP.

For this grand project our scientific workers of water resources field have worked persistently for several decades. In recent years the prophase study for the SNWTP has been accelerated and significant advancement has been made under the leadership of the State Council and the Ministry of Water Resources (MWR). Substantial works in investigation, design, scientific research and verification have been carried out by the MWR Changjiang Water Resources Commission (CWRC), the MWR Yellow River Water Conservancy Commission (YRWCC), the MWR Huaihe Water Resources Commission (HWRC), and the provincial water resources and hydropower investigation and design institutes of Beijing, Tianjing, Hebei, Henan, and Jiangsu, and relevant scientific research departments. This collection of proceedings is a systematic summary of the engineering geological research results for SNWTP. Not only are these results the guarantee for the smooth commissioning of the SNWTP but the invaluable treasure for the overall planning, study and development of our country's various river basins.

The proceedings consist of four volumes, including the engineering geological conditions of the ERP, MRP and WRP, and the study on the engineering geological investigation methods for the SNWTP. The preceding three volumes cover respectively the principal engineering geological problems of each route. Readers can get through this book an overall understanding of the engineering geological conditions and principal engineering geological problems of the SNWTP. Meanwhile this book can also be a reference for other water transfer project.

The compilation of these proceedings is organized by the MWR South-North Water Transfer Administration. The Chief editors are Li Guangcheng and Si Fuan. Many thanks

should go to Mr. Cai Yaojun, from the investigation & Survey Bureau of CWRC, Mr. Lu Xinjing, from the Investigation & Design Institute of YRWCC, Mr. Xu Lianfeng, from Investigation & Design Institute of HWRC, Mr. GaoYusheng, from Tianjing Water Resources and Hydropower Investigation and Design Institute, Mr. Li Enhe, from Hebei Provincial Investigation and Design Institute, Mr. Xie Baoyu, from Beijing Municipal Investigation & Design Institute, Mr. Shi Changqing from Henan Provincial Investigation and Design Institute, Mr. Wang Yaosan, from Tianjing Municipal Investigation & Design Institute, for their organizing works.

Special gratitude should also be expressed to the relevant directors of the MWR South-North Water Transfer Administration, who have given vigorous support for the compilation and publishing of this book.

SNWTP is a grand project for realizing, in a real sense, the mingling and surging forward hand in hand of our country's several major river basins. It is a dream entangled in the minds of our people for many decades. This dream will come true very soon through our efforts.

目 录

序

前言

南水北调东线工程地质

东线工程简介

南水北调东线一期工程黄河以南段主要工程地质问题评价	徐连锋	王根华	(3)
南水北调东线穿黄河工程选线及过黄河隧洞工程地质勘察	牛世豫	赵振海	(9)
南水北调东线穿黄工程工程地质及环境地质问题分析	董 民		(18)
位山穿黄探洞帷幕灌浆工程监理实践	王晓全	郭继师	(28)
水工隧洞固结灌浆效果声波检测与评价	施建新	朱保粮	(32)
南水北调东线位临段环境水文地质浅议	钱丹丹		(37)

南水北调中线工程地质

中线工程简介

南水北调中线工程及工程地质条件	蔡耀军	赵 旻	马贵生	罗小杰	(43)
南水北调中线输水干渠主要工程地质问题研究	王造根		杜忠信		(52)
南水北调中线工程天津段干渠渠道工程地质条件特征及评价	王跃三		刘雪生		(65)
南水北调中线总干渠河北段渠道工程地质条件特征及评价	李恩鹤	秦 焕	闫传宝		(72)
南水北调中线河北省北段渠道工程地质条件特征及评价	赵建国		李恩鹤		(80)
膨胀土研究的进展	刘特洪				(89)
上第三系软岩力学性质试验研究	孙云志		黄胜华		(101)
南水北调黄河—漳河段粘土岩工程地质特征初探	刘新朋	孙培欣	邹志悝	魏玉霞	(106)
南水北调中线工程黄土的研究现状	刘特洪				(110)
含水量对孤柏嘴黄土力学性质的影响	杜忠信		马贵生		(117)
南水北调中线工程黄土类土物质组成与微观结构特征研究	石长青		赵毅鹏		(125)
南水北调中线河北段黄土类土湿陷性问题及工程处理措施	秦 焕	李恩鹤	李佩赏		(131)
南水北调中线工程黄土渠段边坡稳定性问题浅议	吴玉华				(134)
盾构施工法与南水北调中线穿黄隧道的工程地质条件	马贵生		范子福		(139)
南水北调中线工程总干渠穿沁建筑物工程地质问题评价	张建国		侯法文		(143)

南水北调中线工程跨渠公路桥工程地质与力学参数分析	李增平 (150)
南水北调中线工程吴庄隧洞工程地质条件研究	王春华 (157)
北拒马河暗渠河床稳定性工程地质分析	汪德云 (164)
南水北调中线工程北京段地下水环境质量现状分析	李徽芳 (168)
南水北调中线工程总干渠河北段天然建材勘察	秦海峰 (174)

南水北调西线工程地质

西线工程简介

南水北调西线工程主要工程地质问题综述	路新景 (181)
西线南水北调雅砻江调水线路工程地质条件	高广礼 潘伯敏 (192)
西线调水通天河歇马坝址及引水线路工程地质条件	李金都 (198)
南水北调西线工程斜贾调水方案工程地质灾害及防治措施	石守亮 张辉 杨伟 (203)
南水北调西线工程深埋隧洞岩爆与地应力研究	赵自强 随裕红 (208)
西线调水区的植被对冻土的影响	屈龙 张辉 张一 (211)

南水北调工程地质勘察

南水北调西线隧洞工程地质勘察评价方法的思考与建议	李广诚 (217)
调水工程引水线路地质勘察刍议	司富安 (225)
新技术在南水北调中线工程北京段工程地质勘察中的应用	谢宝瑜 (229)
综合勘探工艺在南水北调穿黄工程中的应用	郑光中 (233)
物探在南水北调中线天津段干渠勘探中的应用	刘康和 (239)
南水北调中线工程北京段遥感工程地质应用研究	张征河 (244)
多道瞬态面波技术在南水北调中线工程地质勘察中的应用	林万顺 (254)
五极纵轴电测深在基岩埋深探测中的应用	刘康和 (259)
ES—125 型地震仪在南水北调西线工程地质探测中的应用	杨伟 石守亮 (263)
自振法抽水试验在南水北调中线工程中的应用	郑光中 马贵生 李少雄 (268)
南水北调中线工程穿黄隧洞南岸供水试验井设计与施工	胡梅生 郑光中 甘信怀 (273)
南水北调中线工程砂卵石天然建材勘探技术与施工实践	胡梅生 (278)

CONTENTS

Preface

Foreward

VOLUME 1: ENGINEERING GEOLOGY OF THE EAST ROUTE PROJECT (ERP) OF SNWTP

A brief description of ERP

An assessment on the principal engineering geological problems of the
segments south to the Yellow River of the phase I ERP

..... *Xu Lianfeng Wang Genhua* (3)

Engineering geological investigation for Yellow River-Crossing alternatives of ERP

..... *Niu Shiyu Zhao Zhenhai* (9)

An analysis on the engineering and environmental geological problems of the

Yellow River Crossing Project of ERP *Dong Min* (18)

Engineering supervision on grouting curtain construction of the WeiShan

Yellow River Crossing exploration tunnel of ERP

..... *Wang Xiaoquan Guo Jishi* (28)

Acoustic detecting and assessment of the consolidation grouting effectiveness of

hydraulic tunnels *Shi Jianxin Zhu Baoliang* (32)

Discussion on environmental hydrogeology of the Weilin segment of ERP

..... *Qian Dandan* (37)

VOLUME 2: ENGINEERING GEOLOGY OF THE MIDDLE ROUTE PROJECT (MRP) OF SNWTP

A brief description of MRP

Engineering geological conditions of the MRP

..... *Cai Yaojun Zhao Ming Ma Guisheng Luo Xiaojie* (43)

Study on the principal engineering geological problems of the MRP

..... *Wang Zaogen Du Zhongxin* (52)

Engineering geological conditions and evaluation of the MRP Tianjing trunk canal

..... *Wang Yuosan Liu Xuesheng* (65)

Engineering geological conditions of the MRP Hebei segment	 <i>Li Enhe Qinhuan Yan Chuanbao</i> (72)
Engineering geological conditions of the northern section of MRP Hebei Segment	 <i>Zhao Jianguo Li Enhe</i> (80)
Advance in swelling soil study	 <i>Liu Tehong</i> (89)
Test study on the mechanical properties of the upper Tertiary soft rocks	 <i>Sun Yunzhi Huang Shenghua</i> (101)
A study on the engineering geological properties of the claystone in the MRP Yellow River—Zhanghe segment	 <i>Liu Xinpeng Sun Peixin Zou Zhili Wei Yuxia</i> (106)
Study on loess for the MRP	 <i>Liu Tehong</i> (110)
Effect of water content on the mechanical properties of the Gubeizui loess	 <i>Du Zhongxin Ma Guisheng</i> (117)
Study on the composition and micro texture of loessial soil of the MRP	 <i>Shi Changqing Zhao Yipeng</i> (125)
Collapsibility problems and engineering treatment of loessial soil in MRP Hebei segment	 <i>Qinhuan Li Enhe Li Peishang</i> (131)
Discussion on the stability problems of loess slopes	 <i>Wu Yuhua</i> (134)
Shielded TBM construction and engineering geological conditions of the MRP Yellow River-crossing tunnels	 <i>Ma Guisheng Fan Zifu</i> (139)
Evaluation on the engineering geological problems of the MRP river-crossing structures	 <i>Zhang Jianguo Hou Fawen</i> (143)
Engineering geological and mechanical parameter analysis of the highway bridges crossing the MRP trunk canal	 <i>Li Zengping</i> (150)
Engineering geological analysis of the MRP Wuzhuang tunnel	 <i>Wang Chunhua</i> (157)
Engineering geological analysis of the river stability for the buried MRP canal crossing the Beijumahe River	 <i>Wang Deyun</i> (164)
An analysis on the groundwater quality in the MRP Beijing segment	 <i>Li Huifen</i> (168)
Construction material investigation for the MRP Hebei segment	 <i>Qin Haifeng</i> (174)

VOLUME 3: ENGINEERING GEOLOGY OF THE WEST ROUTE PROJECT (WRP) OF SNWTP

A brief description of WRP

A comprehensive description of the principal engineering geological problems of the WRP	 <i>Lu Xinjin</i> (181)
--	------------------------------

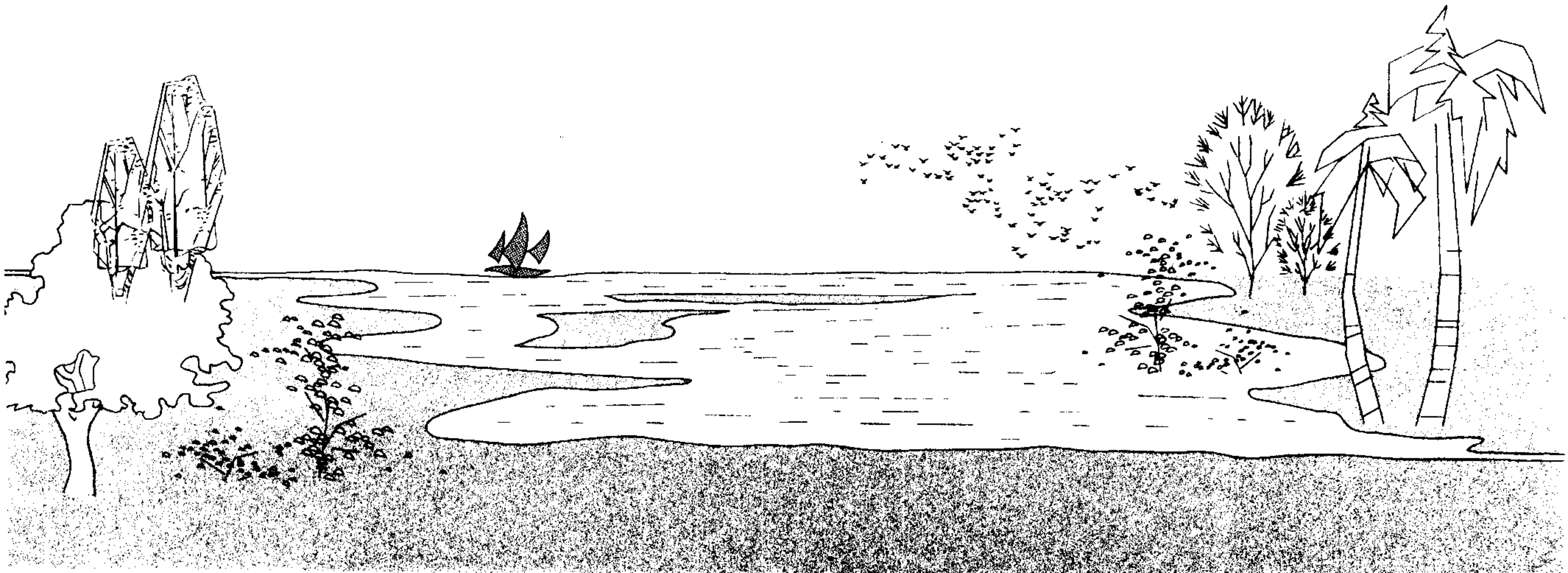
Engineering geological conditions of the WRP Yalongjiang River diversion route	<i>Gao Guangli Pan Bomin</i> (192)
Engineering geological conditions of the Xiema damsite on Tongtianhe river and the corresponding diversion routes of the WRP	<i>Li Jindu</i> (198)
Engineering geological disasters and prevention measures of the WRP Xiejia diversion alternative	<i>Shi Shouliang Zhanghui Yangwei</i> (203)
Study on rockburst and earth stress for the MRP deep-buried tunnels	<i>Zhao Ziqiang Sui Yuhong</i> (208)
Effect of plant cover on frozen ground along the WRP	<i>Qu Long Zhang Hui Zhang Yi</i> (211)

VOLUME 4: ENGINEERING GEOLOGICAL INVESTIGATION FOR THE SNWTP

Some suggestions on the engineering geological investigation and evaluation methods for the tunnel engineering of the WRP	<i>Li Guangcheng</i> (217)
A discussion on the geological investigation for water transfer projects	<i>Si Fuan</i> (225)
Application of new techniques in the engineering geological investigation for MRP Beijing segment	<i>Xie Baoyu</i> (229)
Application of comprehensive exploration techniques in Yellow River-crossing engineering	<i>Zheng Guangzhong</i> (233)
Application of geophysical prospecting in the engineering geological investigation for the MRP Tiangjing trunk canal	<i>Liu Kanghe</i> (239)
Application of remote sensing in the engineering geological investigation for the MRP Beijing segment	<i>Zhang Zhenghe</i> (244)
Application of multi-channel transient surface wave techniques in the MRP engineering geological investigation	<i>Lin Wanshun</i> (254)
Application of five-pole longitudinal electric sounding in detecting the top surface of bedrocks	<i>Liu Kanghe</i> (259)
Application of ES-125 Seismograph in the MRP engineering geological investigation	<i>Yang Wei Shi Shouliang</i> (263)
Application of self-oscillation pumping test in MRP engineering geological investigation	<i>Zheng Guangzhong Ma Guisheng Li ShaoXiong</i> (268)
Design and construction of the water supply test well at the south bank of MRP Yellow River—crossing tunne	<i>Hu Meisheng Zheng Guangzhong Gan Xinhuai</i> (273)
Investigation techniques for MRP natural construction material of sand and gravels	<i>Hu Meisheng</i> (278)

南水北调

南水北调东线工程地质



东线工程简介

南水北调东线工程利用江苏省已有的江水北调工程,逐步扩大调水规模并延长输水线路。东线工程从长江下游扬州附近抽引长江水,利用京杭大运河及与其平行的河道逐级提水北送,并连通起调蓄作用的洪泽湖、骆马湖、南四湖、东平湖。出东平湖后分两路输水:一路向北,在位山附近经隧洞穿过黄河,经扩挖现有河道进入南运河,自流到天津,输水主干线全长 1156km,其中黄河以南 646km,穿黄段 17km,黄河以北 493km;另一路向东,通过胶东地区输水干线经济南输水到烟台、威海,全长 701km。

由于东线工程输水河道所处位置地势较低,受高程限制,主要供水范围是黄淮海平原东部和胶东地区,受水面积 18 万 km^2 。主要供水目标,是解决包括津浦铁路沿线和胶东地区的城市缺水以及苏北地区的农业缺水,补充鲁西南、鲁北和河北东南部的部分农业用水。东线工程除调水北送任务外,还兼有防洪、除涝、航运等综合效益,亦有利于我国重要历史遗产京杭大运河的保护。

根据规划,东线工程将分三期建设。

东线工程的主要工程地质问题包括:高地震烈度区的渠道边坡、建筑物稳定和地基液化问题、渠道两侧地下水位升高引起的漫没和土壤盐碱化问题、砂性土渠段的渗透稳定问题、软土段渠坡稳定问题及穿黄隧洞围岩稳定、突水流砂等问题。

南水北调东线一期工程黄河以南段 主要工程地质问题评价

徐连锋 王根华

(水利部淮委规划设计研究院, 安徽蚌埠, 233001)

[摘 要] 本文通过对南水北调东线一期工程黄河以南段地质勘察资料的分析整理, 对区域构造稳定、渠线渗漏、渗透变形、边坡稳定等问题进行了分析和评价。

[关键词] 南水北调 东线 地质条件 地质问题 工程措施

1 前言

南水北调东线一期工程主要是利用京杭大运河作为输水渠道, 在原运河的规模上拓宽扩建, 并在里运河、中运河河段平行增设支线, 以满足输水要求。长江至东平湖地势南低北高, 水位相差 34.53m, 分 13 级提水送至东平湖, 沿线共设 39 座泵站 (其中新建 24 座)。沿线地层主要为第四系全新统及上更新统松散沉积地层, 由壤土、砂壤土、粉细砂及粘土组成, 局部分布有淤质粘土。由于渠线穿过我国东部郯庐大断裂带, 使调水区具有发生高强度破坏性地震的地质构造背景, 加之沿线部分渠段高水位输水, 从而带来一系列工程地质问题。本文将主要从区域稳定、边坡稳定、渠道渗漏、渗透变形等几个方面阐述有关的工程地质问题。

2 地形地貌

南水北调东线第一期工程穿越黄淮平原, 地形平坦, 地势西北高, 东南低, 地貌总的格局为从北部 (黄河南岸) 泰山、沂蒙山山前洪积、冲积平原 (鲁西平原, 分布在梁济运河、南四湖、韩庄运河一带) 过渡到中部黄淮冲洪积平原 (淮北平原及黄泛平原), 渐变到东南部苏北的冲积海积平原。沿线地形受黄泛与黄河夺淮的影响。废黄河分布于兰考—徐州—淮阴一线, 高于两侧地面, 形成淮河水系与沂沭泗水系的分水岭, 与输水河道相交于淮阴市西侧 (二河) 和睢宁县境内 (徐洪河)。

输水线路沿线地面高程从长江北岸三江营的 2.82m, 逐步抬高至东平湖南侧八里湾站的 37.35m, 总高差 34.5m。输水干线地面坡降约 1/3 万。

3 区域地震地质背景

输水干线跨华北准地台南缘与扬子准地台西缘两个一级构造单元, 分属鲁西台隆、鲁东台隆、徐淮台坳、苏北坳陷、下扬子坳陷 (后两个属扬子准地台) 五个二级构造单元。

郯庐断裂带以 NNE 向在宿迁金锁镇穿越徐洪河, 为本区最大断裂带, 也是主要孕震带。本区主要活动断裂带为: 郯庐断裂、郯城断裂、汶泗断裂、峰山断裂、聊城—兰考断

裂、曹县断裂、王老集断裂、陈家堡—小海断裂等。活动断裂对区域稳定有一定的影响，并有重新发震的可能。

据统计，近 2500 年内，输水干线两侧总宽度 499km 范围内，共出现震级 $M \geq 6$ 级地震 10 次，其中输水干线附近 40km 范围内 3 次。据国家地震局 1990 年版《中国地震烈度区划图》，沿线输水区地震基本烈度最大为Ⅸ度，中心在宿迁县附近，沿郯庐断裂带方向（北东、南西）顺延扩大，东西方向收缩，呈扁椭圆状。位于地震基本烈度Ⅷ—Ⅸ度区的有邳县—宿迁—泗阳以北以及骆马湖段，Ⅷ度区有济宁—邳县、扬州、泗阳—淮阴、徐州、微山等地。

4 地层岩性

输水干线与分干线经过地区广泛分布第四系地层。全新统（ Q_4 ）分布广泛，组成辽阔的冲洪积、冲湖积平原和河流一级阶地，主要分布在高邮湖、洪泽湖、白马湖、射阳湖、骆马湖、南四湖、东平湖等湖泊周边及韩庄运河、梁济运河两侧；里运河及涟水、沭阳以东多分布冲积夹海积及冲积—海积的海陆交互相地层。全新统主要为淤泥质粘土、粉质粘土、壤土、砂壤土、粉细砂，厚度 2~10m，中上更新统（ Q_2+Q_3 ）主要分布在鲁西平原高阶地及淮河的二级阶地上，以粉质粘土和壤土为主，揭露厚度 5~10m，底部存在中粗砂。

5 工程地质问题评价

5.1 区域稳定和抗震分析

南水北调东线一期工程，由长江三江营起到黄河南岸的东平湖止，调水干线长 633.4km（包括蓄水工程长度），分干线 427.7km。渠线在苏北皂河—宿迁骆马湖一带穿越我国东部深大断裂——郯庐断裂。该断裂带北段历史地震活跃，1668 年郯城—莒县 8.5 级地震即发生在郯庐断裂带内，是中国东部最晚的一次强烈地震，所以在断裂带及其附近具备发生强震的历史背景。

根据国家地震局 1990 年《中国地震烈度区划图》，调水渠线分布在Ⅸ度区全长约 50km，Ⅷ度区全长 40km，Ⅶ度区全长约 310km。也就是说在Ⅷ度以上的区间渠线长达 90km，Ⅶ度以上地区长 400km。限于国家现有财力，不可能对如此长距离输水线作地震设防，势必要探讨按低烈度设计的可能性，以便对调水区的渠线区域稳定性作出符合实际的评价，得出既经济又安全的结论。

一般来讲，判断一个地区是否会发生强破坏性地震，首先要查明该区有没有发生强震的构造背景，而强震构造在近期是否会有大地震发生则取决于组成构造带的具体断裂近期是否有较强的活动性。若近期活动性很强烈，则说明近期发生大震的可能性很大。例如 1976 年唐山 7.8 级地震，震前构造活动就很强烈，它不仅表现为地面升降频繁，地应力值偏高（震后滦县附近最大主应力绝对值仍达 6.6MPa），而且发震断裂变形显著，两盘相对变形幅度达 64.1mm。

如前所述，本区具备发生高强度地震的构造背景，然而近期有关研究成果表明郯庐断裂南段现今活动微弱，难以形成高强度地震，具体表现在以下方面：

（1）1979 年国家地震局地震地质大队地应力绝对值测量结果表明，区内近期地应力活