

西气东输管道工程

地质灾害危险性研究

XIQI DONGSHU GUANDAO GONGCHENG DIZHI ZAIHAI
WEIXIANXING YANJIU

主 编 侯金武

副主编 殷跃平 颜宇森

中国大地出版社

西气东输管道工程 地质灾害危险性研究

主 编 侯金武

副主编 殷跃平 颜宇森

中国大地出版社

·北 京·

内 容 简 介

本书介绍了西气东输管道工程沿线自然地理和地质环境基本特征,建设用地质灾害类型及其分布、形成,对各种地质灾害进行了现状评估、预测评估及综合评估,对建设用地适宜性做出了评估结论,并提出了防治地质灾害措施对策和建议。

图书在版编目 (CIP) 数据

西气东输管道工程地质灾害危险性研究/侯金武主编. 第1版. —北京: 中国大地出版社, 2005. 11

ISBN 7-80097-719-6

I. 西... II. 侯... III. 天然气输送-长输管道-管道工程-地质灾害-研究 IV. ①TE832②P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 116949 号

责任编辑: 叶 丹 李 聪 张 冬

出版发行: 中国大地出版社

社址邮编: 北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话: 010—82329127 (发行部) 82329008 (编辑部)

传 真: 010—82329124

印 刷: 北京纪元彩艺印刷有限公司

开 本: 889mm × 1194mm 1/16

印 张: 14.5

字 数: 388 千字

版 次: 2005 年 11 月第 1 版

印 次: 2005 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 1—1000 册

书 号: ISBN 7-80097-719-6/P·47

定 价: 70.00 元

(凡购买中国大地出版社的图书,如发现印装质量问题,本社发行部负责调换)

《西气东输管道工程地质灾害危险性研究》

编 辑 委 员 会

主 编：侯金武

副主编：殷跃平 颜宇森

委 员：侯金武 殷跃平 颜宇森 李智毅 吕杰堂
周永昌 张茂省 朱兴贤 王 瑛

参加西气东输工程建设用地地质灾害 危险性评估的单位及主要科技人员

新疆地质工程勘察院

刘学军 王 珍 谢 宁 阎中学 程 强 叶义生 张明江 黄洪标

甘肃地质工程勘察院

陈志辉 郭建荣 周世国 赵春燕 刘 海 刘兴春 马富存

宁夏地质环境监测总站

张 钦 李宝贵 王红燕 王美芳 朱廉生 李海峰 吴学华 李献召

陕西省地矿局第二水文地质工程地质队

朱立峰 徐 刚 李松山 张茂省 李金玉

山西省第三地质工程勘察院

周永昌 王 渊 李保清 杨继荣 高艳玲 杜冬仪 陈菊红 王金兰

连冬香 张良志 方永刚 董巧妹 宋栓萍

山西省地质环境监测中心

张 毅 尚长生

河南省郑州地质工程勘察院

宋云力 何俊照 李自立 王 平 李雪林 徐振英

安徽省地矿局第二水文地质工程地质队

马作明 孙凤贤 江汪杰 张起理 李方根 刁天仁 黄季洋 阮传贵

陈佩娟 陈秀其 陈 伟 杨胜利 黄多成 王少龙

江苏省地质调查研究院

朱兴贤 刘立德 姚炳魁 顾阿明 李钟岩 伍洲云

序 1

西气东输工程是我国实行西部大开发宏伟战略的标志性工程之一，把西部的资源与东部的市场连接起来，它不仅对西部地区社会经济发展起到重大作用，而且对我国的可持续发展具有深远的意义。经过建设者们三年的艰苦创业，该工程最近已全线贯通。

为了确保工程顺利建设和安全运营，在西气东输工程可行性研究阶段开展了多项专业评估工作，其中建设用地地质灾害危险性评估由国土资源部负责实施。中国地质环境监测院在 2001 年初接受委托，承担了该项评估工作，在该院统一管理调度下，由沿线各省（自治区）国土资源部门下属具有甲级资质资格的地质灾害防治勘查单位参加共同完成。所编制的各省（自治区）段评估报告和总评估报告，经国土资源部地质环境司组织专家评审通过，并提供给设计、施工部门采用。本研究成果即是在评估报告基础上撰写的。

研究成果对输气管道工程沿线的地质环境条件和地质灾害进行了系统论述，对工程建设用地的适宜性给出明确的结论，为工程选线、设计、施工中避让、预防、治理地质灾害提供了全面系统的地质资料。陕西、山西、江苏等省境内的地质灾害特别发育，如：威胁工程安全的滑坡、泥石流、矿区采空塌陷、黄土湿陷和潜蚀、地面沉降等。研究成果针对上述地区的地质灾害作出了详细的阐述，并提出了针对性很强的防治对策和措施建议，为建设单位选取合理的工程线路及防治措施提出了重要的科学依据，为西气东输工程的建设作出了重要贡献。

“西气东输管道工程地质灾害危险性研究”报告有如下特色：一是从理论上分析了管道沿线地质灾害生成和发展演化的地质环境背景和主要地质灾害的形成机制及其制约因素；二是统一了技术方法，确保评估工作质量，在国内首次针对国家重大建设项目用地的地质灾害危险性评估，制订了技术要求及实施细则，对全线地质灾害评估起到了指导作用；其三是将洪水冲蚀与泥石流作为同一种地质灾害，对跨（穿）河流、沟谷的超长线型工程来说具有重要的现实意义。在实际工程中，许多线型工程往往是在雨汛期同时遭受洪水冲蚀和稀性泥石流危害的。

中国地质监测院在国内跨省（自治区）超长线型工程地质灾害危险性评估研究工作中，首次组织将近 10 个从事地质灾害勘察单位联合攻关，其组织管理工作经验为今后同类工程建设地区地质灾害危险性评估工作也积累了宝贵的经验。

中国科学院院士 张宗让
2004 年 9 月

序 2

西气东输是我国确定的举世瞩目的四大工程之一（西气东输、南水北调、青藏铁路、西电东送），是我国支援西部大开发，解决沿海地区能源需求的第一个重大标志性工程。

2002年7月5日，西气东输工程开工了。江泽民总书记致信祝贺，并要求精心组织，加强施工，建成一流工程。同时，朱镕基总理宣布：西气东输要全面对外合作，指出这是我国加入世贸组织后更加开放的象征，并接见了参加开工典礼的外国企业家；吴邦国副总理宣布正式开工。这充分表明我国党和国家领导人十分重视这一巨大工程的建设。当时，有五个工地同时开工，即：轮南、库尔勒、靖边、无锡新区、上海白鹤镇。并规定用小断面隧道穿越黄河，以盾构方式在江苏、安徽穿越长江。

西气东输管线约4000千米。其中轮南—兰州2000多千米，管径1180毫米；兰州—上海近2000千米，管径1321毫米（中游进城管径分别为1000\800\500毫米）。管道沿线通过的10个省（自治区）还建立了防风、防沙生态绿化带。

如此巨大的西气东输管道工程设计方案，涉及的工程科学门类之广，施工技术之复杂，国外也无先例可循。设计与技术方案的可行性研究，就动用了15个专业的300多名技术人员，用了一年多时间。其中，有关《西气东输管道工程建设沿线用地地质灾害危险性评估》这一重要课题，于2001年1月中旬，委托给中国地质环境监测院承担。鉴于管道沿线跨越10个省（自治区），地质环境差异很大，地质灾害类型复杂，首先决定评估工作由沿线各省（自治区）国土资源部门下属的，具有甲级资质的地质灾害防治单位分工协作，在中国地质环境监测院的统一领导下执行。这一重要决定既发挥了各省（自治区）熟悉当地地质环境与灾害情况的特点，按质按量的完成评估任务，又争取到时间不误施工期。

其次，结合西气东输管道跨越各个省（自治区）的工程特点，制订了《西气东输管道工程建设用地地质灾害危险性评估技术要求》，进一步统一了评估工作的调查范围，并明确管道用地的灾害危险性评估等级都是一级，以强调工作的深度与精度，进而提出预防与治理灾害的对策和措施，并最终对该段用地的适用性提出结论。

在2004年中国地质环境监测院组织专家对西气东输工程地质灾害危险性评估成果进行再研究，并补充了地震等方面的新内容，在侯金武同志主持的编辑委员会的努力下，编辑出版了《西气东输管道工程地质灾害危险性研究》。

报告总论中对评估工作的技术路线、完成工作量、全线自然地理环境、社会经济概况、区域地质环境，特别是管道跨越的大地构造单元、断裂与地震活动性，西、中、东区地质灾害类型与分布等，都作了比较深入的探讨，连同各省（自治区）报告，对管道工程建设有重要参考价值。

中国工程院院士

2004年9月

前 言

西气东输管道工程是我国 21 世纪初的国家级重要建设项目，也是西部大开发宏伟战略的重要内容之一。它把西部的资源与东部的市场连接起来，在推动我国社会经济发展，特别是中西部发展中将起到重大的作用。天然气是一种优质能源，作为燃料清洁干净，对环境污染小。我国经济发达、人口稠密的东部地区更多地采用天然气作为能源，对于改善燃料结构、提高大气环境质量，实行可持续发展具有深远的意义。

为了加快新疆地区以及中西部沿线地区的社会经济发展，充分发挥其资源优势，国家要求加快西气东输管道工程建设的步伐。该工程在 2004 年 9 月全线贯通，将极大地缓解我国东部地区的能源短缺局面。

西气东输管道工程长约 4000 千米，西起新疆轮南首站，东迄于上海西郊的白鹤镇，途经新疆、甘肃、宁夏、陕西、山西、河南、安徽、江苏和上海九个省、市、自治区。为了确保工程顺利建设和建成后安全运营，该项目开展了多项评估工作，其中建设用地地质灾害危险性评估由国土资源部负责实施。中国地质环境监测院在 2001 年 1 月中旬接受西气东输管道工程项目部委托承担《西气东输管道工程建设用地地质灾害危险性评估》工作后，即成立了评估项目组，并组织有关专家沿线进行考察，遵照国土资源部国土资发〔1999〕392 号《关于实行建设用地地质灾害危险性评估的通知》精神，结合西气东输管道工程的特点，编制了《西气东输管道工程建设用地地质灾害危险性评估技术要求》，并经专家反复论证，确定了不同地质灾害类型的评估调查范围。工程全线建设用地地质灾害危险性评估等级均是一级。考虑到输气管线长度大，沿线地质环境条件复杂，地质灾害类型多的具体情况，评估工作在我院统一管理调度下，由沿线各省（自治区）国土资源部门下属具有甲级资质资格的地质灾害防治勘查单位参加共同完成。

评估工作的主要任务是：

1. 阐明建设用地自然地理和地质环境基本特征；
2. 查明建设用地地质灾害的类型及其分布、形成，对各种地质灾害进行现状评估、预测评估和综合评估；
3. 提出防治地质灾害对策和措施的建议，对建设用地适宜性做出评估结论。

按照《西气东输管道工程建设用地地质灾害危险性评估技术要求》和部、省（自治区）关于地质灾害危险性评估的有关文件和规定，组织精干队伍编制了评估设计书，经专家审批后紧张有序地开展工作，历经两个多月的努力，于 2001 年 7 月底以前编制出了西气东输管道工程各省（自治区）段建设用地地质灾害危险性评估报告，并经各省（自治区）主管部门组织专家审定。然后编制了总评估报告。本研究成果即是在评估报告基础上撰写的。

报告分上下两篇，共十三章。上篇是总论，分五章论述评估工作概况、区域自然地理和地质环境、地质灾害类型及分布。下篇是分论，分八章进行西气东输管道工程沿线各省（自治区）段建设用地地质灾害危险性评估。最后是总结论和建议。

本报告在编制过程中，得到了国土资源部地质环境司原李烈荣司长、姜建军司长、柳源副司长、李继江处长，沿线各省（自治区、直辖市）国土资源厅及地质环境处领导，西气东输管道

工程项目经理部技术处陈向新处长、李国兴副处长、余曦科长，中国地质环境监测院有关领导、专家的亲切关怀、指导和大力支持，得到了张宗祜院士、卢耀如院士、孙广忠研究员、常士骠勘察大师、张杰坤教授、许兵研究员、孙培善教授级高工、王瑞久教授级高工、刘传正研究员、武选民博士、张作辰博士、谢章中博士、李励红高工等专家的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。

编 者
2004 年 5 月

目 录

上篇 总 论

第一章 评估工作概况	3
第一节 工程概况	3
第二节 评估级别和范围的确定	3
第三节 评估工作的技术路线	5
第四节 评估工作的组织实施	5
第五节 完成工作量	7
第二章 自然地理及社会经济概况	8
第一节 地形地貌	8
第二节 气候气象	10
第三节 河川水文	11
第四节 社会经济概况	13
第三章 区域地质环境	15
第一节 管道工程跨越的大地构造单元	15
第二节 断裂活动性与地震	17
第四章 地质灾害类型及分布	28
第一节 晚近时期板块运动与地质灾害	28
第二节 西区段地质灾害	30
第三节 中区段地质灾害类型及分布	32
第四节 东区段地质灾害类型及分布	38
第五章 若干重要问题的论述	43
第一节 地质环境条件复杂程度分类问题	43
第二节 地质灾害危险性与建设用地适宜性的分级问题	44
第三节 地质灾害主要危险地段和灾种	44
第四节 缓变型地质灾害在评估中的作用问题	46

下篇 分 论

第六章 新疆段建设用地地质灾害危险性评估	49
第一节 评估区自然地理和地质环境	49
第二节 地质灾害类型及其危险性现状评估和预测评估	53
第三节 地质灾害危险性综合评估及防治对策	58
第四节 各类场站地质灾害危险性评估	60
第五节 小 结	62
第七章 甘肃段建设用地地质灾害危险性评估	63
第一节 评估区自然地理和地质环境	63
第二节 地质灾害类型及其危险性现状评估和预测评估	70
第三节 地质灾害危险性综合评估及防治对策	77

第四节 各类场站地质灾害危险性评估	80
第五节 小 结	80
第八章 宁夏段建设用地区地质灾害危险性评估	82
第一节 评估区自然地理与地质环境	82
第二节 地质灾害类型及其危险性现状评估和预测评估	88
第三节 地质灾害危险性综合评估及防治对策	95
第四节 各类场站地质灾害危险性评估	96
第五节 小 结	98
第九章 陕西段建设用地区地质灾害危险性评估	99
第一节 评估区自然地理与地质环境	99
第二节 地质灾害类型及其危险性现状评估和预测评估	105
第三节 地质灾害危险性综合评估及防治对策	117
第四节 各类场站地质灾害危险性评估	121
第五节 小 结	122
第十章 山西段建设用地区地质灾害危险性评估	123
第一节 评估区自然地理和地质环境	123
第二节 地质灾害类型及其危险性现状评估和预测评估	132
第三节 地质灾害危险性综合评估及防治对策	146
第四节 各类场站地质灾害危险性评估	149
第五节 小 结	152
第十一章 河南段建设用地区地质灾害危险性评估	154
第一节 评估区自然地理和地质环境	154
第二节 地质灾害类型及其危险性现状评估和预测评估	161
第三节 地质灾害危险性综合评估及防治对策	165
第四节 各类场站地质灾害危险性评估	169
第五节 小 结	169
第十二章 安徽段建设用地区地质灾害危险性评估	171
第一节 评估区自然地理和地质环境	171
第二节 地质灾害类型及其危险性现状评估和预测评估	177
第三节 地质灾害危险性综合评估及防治对策	185
第四节 各类场站地质灾害危险性评估	186
第五节 小 结	188
第十三章 江苏—上海段建设用地区地质灾害危险性评估	190
第一节 评估区自然地理和地质环境	190
第二节 地质灾害类型及其危险性现状评估和预测评估	196
第三节 地质灾害危险性综合评估及防治对策	205
第四节 各类场站地质灾害危险性评估	208
第五节 小 结	209
结 语	210
 附件：西气东输工程建设用地区地质灾害危险性评估技术要求	212
主要参考文献	218
图 版	219

上 篇

总 论

第一章 评估工作概况

第一节 工程概况

西气东输管道工程是 21 世纪初的国家级重要建设项目，也是西部大开发的标志性工程之一。工程的实施，将大大加快新疆地区以及中西部沿线地区的经济发展，将促进东部地区能源结构和产业结构调整，带动相关行业的发展，改善大气环境和提高人民生活质量。很显然，将带来巨大的经济效益、社会效益和环境效益。

西气东输管道工程是一项巨型的线型工程，起点在新疆塔里木的轮南，终点是上海西郊的白鹤镇，自西向东途经新疆、甘肃、宁夏、陕西、山西、河南、安徽、江苏和上海等 9 个省、自治区、直辖市，全长约 4000km。工程总体方案布置见图 1-1。工程主要形式是浅埋的输气管道。按照长输管道工程需要及用户需求，在沿线还布设升压站、清管站和分输站。输气管道内径 1016mm，埋置深度 2m 左右。工程穿越长江、黄河、淮河等大江大河和铁路干线、高速公路时，还要采用穿、跨越等专门的工程设施。

输气管线占用的土地分三种类型，即管道永久占地、管道临时占地和道路永久占地。考虑到远期用户增输的需要，靖边—上海间还要修一复线（管道内径 813mm）而占用土地。工程沿线所占用的土地即为管道永久和临时征用的土地。现将工程占用土地的面积列于表 1-1 中（未计入各站场占用的土地面积）。

表 1-1 西气东输管道工程管道占用的土地面积

占地种类	轮南—靖边段	靖边—上海段	靖边—上海复线段
管道永久占地面积/m ²	14500	14800	14800
管道临时占地面积/ha	5330	3160	3160
道路永久占地面积/ha	904	361	340

第二节 评估级别和范围的确定

一、评估级别的确定

西气东输管道工程属国家级的重点建设项目，沿线地质环境条件复杂多样。根据国土资源部国土资发〔1999〕392 号《关于实行建设用地地质灾害危险性评估的通知》及其附件《建设用地地质灾害危险性评估技术要求》（试行）的规定，该工程全线建设用地地质灾害危险性评估皆为一级评估。

二、评估范围的确定

建设用地地质灾害危险性评估的范围，参照铁路、高速公路等其他线型工程的经验，原则上为管线两侧各 2km 范围内。但要针对不同的地质环境条件和地质灾害类型及作用特点，确定合适的评估工作调查范围。不同灾种的评估调查范围是：

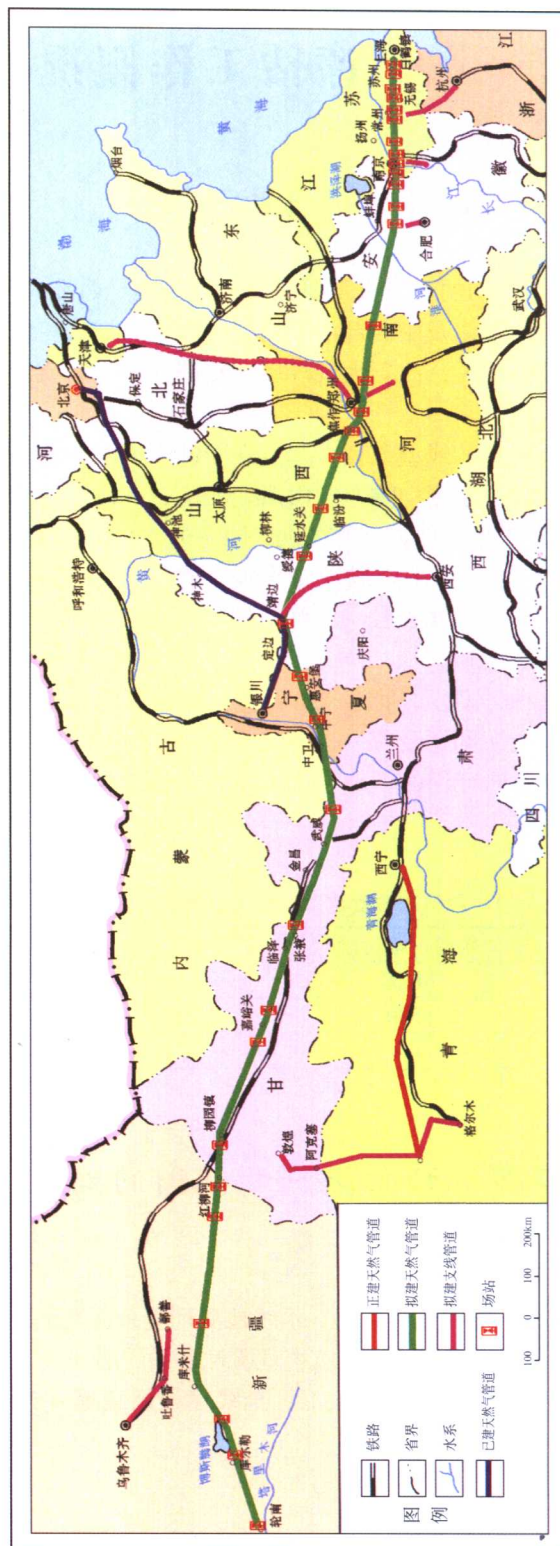


图 1-1 西气东输管道工程总体布置方案图

- (1) 潜在崩塌、滑坡区, 沿线两侧各 2km;
- (2) 泥石流沟应调查至形成区 (物源区), 需根据具体条件确定, 原则上上游侧不小于 5km;
- (3) 地面沉降原则上沿线两侧各不小于 2km;
- (4) 矿产地下采空区 (含岩溶塌陷区) 原则上应调查至移动盆地的边缘, 沿线两侧各不小于 3km;
- (5) 风蚀沙埋区沿线迎风面 2km;
- (6) 黄土分布区塬面及台面上沿线两侧各 1km, 梁峁区应按潜在崩塌、滑坡、泥石流的范围确定;
- (7) 膨胀土和盐渍土分布区沿线两侧各 0.5km。

以上确定的范围, 实际调查工作时可根据具体条件调整。为了编制环境地质图和地质灾害危险性分区图成图比例尺的要求, 一般地段评估调查范围沿线两侧最小范围为 0.5km。

第三节 评估工作的技术路线

为了统一技术方法和确保评估工作质量, 根据国土资发〔1999〕392 号文的规定, 考虑到西气东输管道工程的特殊要求, 组织专家制定了《西气东输管道工程建设用地地质灾害危险性评估技术要求》(以下简称《技术要求》)。《技术要求》包括前言、建设用地区地质环境条件的论证、建设用地区地质灾害危险性评估和成果提交等内容。在前言中明确评估工作的任务、要求和技术方法。各评估参加单位应根据西气东输管道工程的特点, 结合本省 (自治区) 的地质环境条件、地质灾害的类型、经费投入和评估时间等, 制定评估工作设计书和实施方案。各省 (自治区) 段的评估工作都是按经审批的设计书要求实施的。

评估工作的技术方法, 以充分搜集和分析研究评估区已有的区域地质、水文地质、工程地质、环境地质、矿产地质和地质灾害等资料为基础, 以遥感解译和野外调查为主要手段, 在全线已有勘查工作基础上, 着重查明对管线工程威胁较大的地质灾害, 重点地段辅以必要的勘探手段 (浅层地震、钻探工程)、原位测试和取样进行室内试验。在外业调查和编图过程中, 还运用了全球卫星定位系统 (GPS)、地理信息系统 (GIS)、数字化成图等高新技术方法。

评估工作野外调查一般采用的地形底图比例尺为 1:5 万, 而重点灾害和重点地段则采用 1:1 万或更大比例尺的地形底图。各省 (自治区) 成果图比例尺为 1:10 万, 总报告所附图件的比例尺为 1:400 万。

评估工作程序如图 1-2 所示。

第四节 评估工作的组织实施

一、评估工作准备阶段

中国地质环境监测院自 2001 年 1 月中旬接受西气东输管道工程项目部委托, 承担该工程建设用地地质灾害危险性评估工作后, 对建设项目进行初步分析。同年 2 月 5 日至 17 日, 院领导亲自带队进行现场考察。回京后即组织有关专家制定了《西气东输管道工程建设用地地质灾害危险性评估技术要求》, 之后又召开专家论证会, 确定了不同灾种的评估调查范围。工程沿线各省 (自治区) 国土资源厅及下属参加评估的单位都很重视此项工作, 成立了相应的评估工作项目组, 于 2001 年 3~4 月份期间广泛搜集各项资料, 进行现场踏勘, 并按《技术要求》的规定编制了评估工作设计书。中国地质环境监测院于 2001 年 5 月 4~5 日在北京组织专家审定各参加单位提

