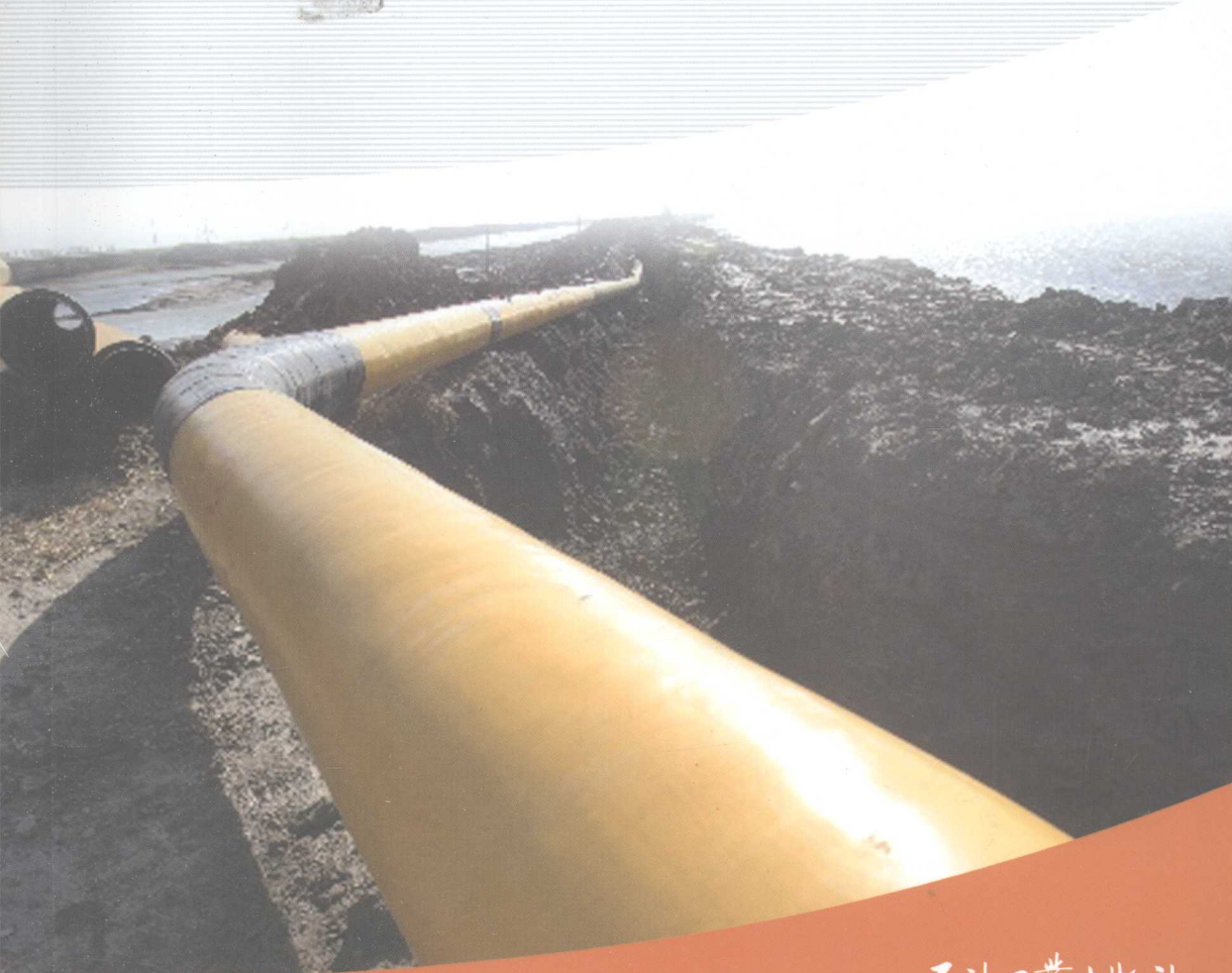


HUANGTU GAOYUAN DIQU
CHANGSHU GUANDAO SHUIGONG BAOHU

黄土高原地区 长输管道水工保护

张胜利 钱祖国 等编著



石油工业出版社

黄土高原地区
长输管道水工保护

张胜利 钱祖国 等编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书首先介绍了黄土高原的概况。在此基础上,针对黄土高原地区生态环境存在的问题及其对长输管道的影响,详细讲述了黄土高原地区长输管道多种水工保护措施适用条件、结构形式、布置、设计等内容,同时还对长输管道水工保护工程概(估)算和交(竣)工验收作了简单介绍。

本书可供从事石油、天然气长输管道建设,公路、铁路、水利工程建设等相关部门工程技术人员和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原地区长输管道水工保护/张胜利等编著.

北京:石油工业出版社,2009.1

ISBN 978-7-5021-6956-5

I. 黄…

II. 张…

III. 黄土高原-油气运输-长输管道-水工保护

IV. U117.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第210887号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523537 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

排 版:北京时代澄宇科技有限公司

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2009年1月第1版 2009年1月第1次印刷

787×960毫米 开本:1/16 印张:10.25

字数:200千字 印数:1—3000册

定价:36.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

西北地区是我国石油、天然气资源储藏较为丰富的地区，为将这些能源输往全国各地，国家规划、建设了多条油气长输管道，其中大部分经过黄土高原地区，如已建的西气东输管道，陕京干线、二线输气管道，兰成渝、庆咸、靖咸、马惠宁输油管道等，在建的西气东输二期工程以及哈萨克斯坦出口我国的原油长输管道等。在这些已建和在建工程中，无论是国家战略性工程，还是区域性重点工程，均对国民经济、社会发展影响巨大，一旦发生安全事故，造成的后果严重。黄土高原地区是我国生态环境极其脆弱的地区之一，水土流失严重，严重水土流失面积达 $28 \times 10^4 \text{ km}^2$ 以上，洪水、泥石流、滑坡等自然灾害频繁发生，对通过该区的长输管道建设和运行安全威胁巨大。为保障长输管道的安全运营，对可能发生水毁灾害的地段需实施水工保护措施。

西北石油管道公司多年来一直从事长输管道建设及水工保护工程施工，积累了丰富的经验，在总结多年实践经验的基础上，与西北农林科技大学合作，针对黄土高原地区的气候、土壤、地形等特点和生态环境脆弱、水土流失严重的现实，着眼于长输管道的长治久安，通过对该区长输管道水工保护措施的实地考察和研讨，倾注了两个单位相关人员的大量心血，前后历经近两年时间，编著完成了本书，以期能对今后黄土高原及其他地区长输管道水工保护工程建设提供借鉴和参考。

本书共分为十一章。第一章主要介绍了黄土高原的概况，包括黄土高原的范围、地貌特征、气候、植被和土壤；第二章论述了黄土高原地区生态环境存在的主要问题及其成因和对长输管道的影响，以及长输管道建设对生态环境的扰动；第三章讲述了流域坡面水工保护工程的类型、适用条件、工程布置和设计；第四章讲述了黄土高原地区常见边坡防护工程的适用条件、结构形式，并重点介绍了挡土墙的设计及设计、施工应注意的事项；第五章讲述了流域沟道水工保护工程的形式、适用条件及其布置和设计；第六章对河流护岸工程作了简单介绍；第七章对管沟防冲工程和管道河流穿越防冲工程中的潜墙、过水面和地下防冲墙的布设和结构作了介绍；第八章讲述了常见拦渣工程的布置和设计；第九章论述了黄土高原长输管道周边环境综合治理各种措施的协调配置；第十章简单介绍了水工保护工程概（估）算编

制；第十一章讲述了水工保护工程验收的依据、条件和工作内容。

本书第一章由张胜利、窦增福、钱祖国编写，第二章由钱祖国、赵英军编写，第三章由杨芳编写，第四章由张胜利、郭宝安、左军心编写，第五章由钱祖国编写，第六章由崔沛、杜波编写，第七章由杨芳、李睿编写，第八章由郭宝安、冯伟编写，第九章由窦增福、王海龙、魏晓华编写，第十章由张胜利、李纪花、宋秋霞编写，第十一章由张胜利编写。全书由张胜利、郭宝安统编。

长输管道水工保护工程涉及面广，编著本书，有些内容虽有规范可资参考，但涉及多个行业，衔接和协调十分复杂，有些则无规范，系工程建设经验性总结，加之水平有限，书中错误不妥之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

作 者

2008年9月

目 录

第一章 黄土高原概况	(1)
第一节 地貌特征	(1)
第二节 气候	(7)
第三节 植被	(9)
第四节 土壤	(11)
第二章 黄土高原生态环境存在的问题与长输管道	(13)
第一节 黄土高原的水土流失	(13)
第二节 水土流失对长输管道的影响	(16)
第三节 长输管道建设对生态环境的影响	(18)
第三章 流域坡面水工保护	(21)
第一节 坡面水工保护工程的类型和适用条件	(21)
第二节 坡面水工保护工程设计	(23)
第四章 边坡防护工程	(39)
第一节 边坡坡面防护工程	(39)
第二节 挡土墙	(45)
第三节 滑坡及其防治	(54)
第五章 流域沟道水工保护	(64)
第一节 腰峁水工保护	(64)
第二节 沟头防护工程	(65)
第三节 谷坊工程	(73)
第四节 中小型淤地坝工程	(79)
第六章 河流护岸工程	(93)
第一节 坡式护岸	(93)
第二节 坝式护岸	(94)
第三节 墙式护岸	(100)

第七章 管道防冲工程	(103)
第一节 管沟防冲工程	(103)
第二节 管道河流穿越防冲工程	(105)
第八章 拦渣工程	(107)
第一节 拦渣坝	(107)
第二节 挡渣墙	(110)
第三节 拦渣堤	(111)
第九章 长输管道周边环境的综合治理	(113)
第一节 治理的原则	(113)
第二节 治理措施的配置	(114)
第十章 水工保护工程概(估)算	(117)
第一节 概述	(117)
第二节 工程定额	(118)
第三节 水工保护工程设计概算编制	(121)
第四节 项目划分及组成内容	(123)
第五节 费用构成	(123)
第六节 编制方法	(128)
第七节 概算表格	(130)
第八节 投资估算的编制	(135)
第九节 建设工程工程量清单计价简介	(136)
第十一章 水工保护工程验收	(143)
参考文献	(146)
附 图	(149)

第一章 黄土高原概况

第一节 地貌特征

一、黄土高原的范围

我国地势的基本特点是自西向东呈三级阶梯状下降。西部为海拔 4500 ~ 5000m 以上的青藏高原；东部和东南部为广阔的平原和丘陵；二者之间夹以海拔 1000 ~ 3000m 的黄土高原和云贵高原。

黄土高原因有分布高、厚度大的第四纪黄土而得名。黄土高原的地势由西部和西北部海拔 2000m 左右逐渐向东南降低为 300 ~ 400m，实际上是一个向东南倾斜的斜面。

黄土高原东起太行山西坡，西至乌鞘岭和日月山东坡，南达秦岭北坡，北止于长城。在流域位置上属黄河流域中游的一部分。陈永宗等人划定黄土高原的具体界线为：从小浪底沿沁河西分水岭，接汾河东分水岭，向北连清水河分水岭，向西经托克托过黄河，由内蒙古准格尔旗东部转向西南沿长城至中宁，再沿黄河至兰州北，经乌鞘岭至日月山东坡，由德贵转洮河分水岭，然后向东沿秦岭北坡直至伊河、洛河的北分水岭于小浪底闭合（见图 1-1），面积约 $38 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。黄土高原地区则包括山西省和宁夏回族自治区全部，陕西省的中部和北部，甘肃省的陇中和陇东地区，青海省的东北部，内蒙古自治区的河套平原和鄂尔多斯高原，河南省的西部丘陵地带。东西长约 1300km，南北宽约 800km，总面积 $62.68 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占全国总面积的 6.5%。

二、地貌

（一）地貌类型

黄土高原在白垩纪末期处于准平原阶段，始新世初期准平原开始褶皱、拱曲，渐新世末期，准平原彻底解体。在以后漫长的地质年代，新构造运动剧烈，大面积的升降、断层活动，形成了一系列山体与盆地。从第四纪初开始的大规模沉积，使黄土高原在原地貌基础上，依次沉积了午城黄土、离石黄土、马兰黄土和全新世黄土。其间经多次侵蚀和堆积轮回，在高原面上发育了大量的河谷及各种形态的谷间

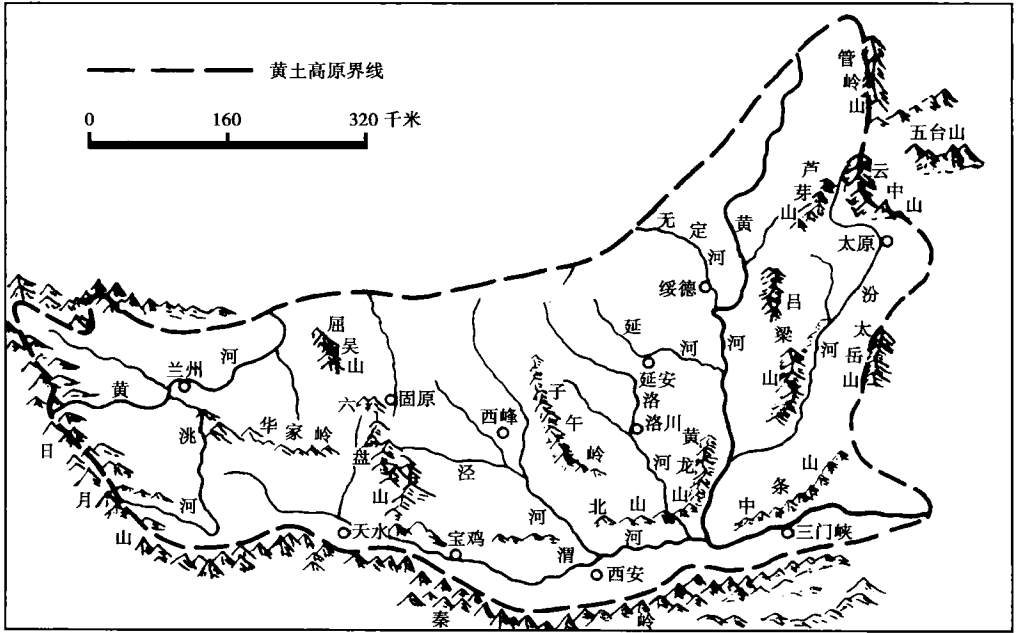


图 1-1 黄河中游黄土高原范围和山川形势

地。按成因划分，黄土高原地貌类型有以下六种：

(1) 侵蚀构造类型。主要是基岩构造山地，如六盘山、子午岭、黄龙山、南华山、马衔山等。

(2) 剥蚀构造类型。主要受构造控制，剥蚀作用为次。残留的基岩残山，如山西吕梁山、离石西北的山地，陕北的北山等。

(3) 剥蚀堆积类型。系黄土高原的主要地貌类型。黄土堆积承袭了复杂的古地貌，堆积过程既有河流下切，又有局部隆起，因而形成了塬、梁、峁及与之相嵌的沟壑等多种形态的地貌。

(4) 侵蚀冲积类型。由河谷下切、冲击作用形成，在各大河流的中下游均有分布。

(5) 堆积构造类型。构造断陷盆地、山间盆地的堆积地貌，如晋西北的五寨、神池境内的盆地。

(6) 风成堆积类型。黄土高原北部的风积沙地均属此类型。

(二) 区域地貌特征

地貌制约着土地利用方式与水土流失程度。通过黄土高原的长输管道因水毁而发生的不安全事件又与水土流失关系很大。宋桂琴参照有关地貌区划方案（见图 1-2），将其整理成表（见表 1-1）。各区地貌特征如下：

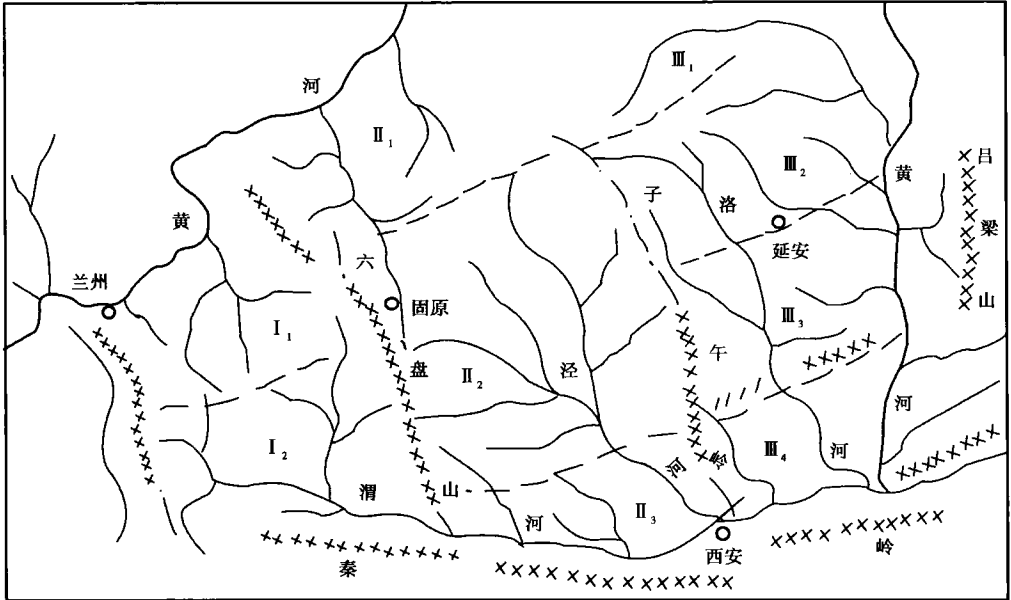


图 1-2 黄土高原地貌分区示意图

表 1-1 黄土高原地貌区域特征表

编号	名称	范围	主要地貌类型	黄土厚度 (m)	沟壑密度 (km/km ²)
I	陇中地区	六盘山以西的黄土丘陵与山地	长梁、宽谷、梁崩沟壑、河谷平原、基岩山地	一般 15~35, 兰州局部地域大于 400	
I ₁	陇中北部亚区	祖厉河与葫芦河分水岭以北	宽谷、低丘、基岩中低山		1.47~2.59
I ₂	陇中南部亚区	祖厉河与葫芦河分水岭以南	长梁、宽谷、梁崩、沟壑基岩低山	15~50	1.54~3.34
II	陇东宁夏地区	六盘山与子午岭之间	黄土梁、塬、残塬沟壑河谷平原	20~175 (董志塬最厚)	
II ₁	宁夏盐同亚区	环江、施唐岭、南华山以北	平梁、残塬与切割较浅的沟谷、沙化丘陵	20~100	1.33~2.84
II ₂	泾河中上游亚区	甘肃东部及宁夏南部	黄土塬、残塬、深切沟谷、壕端、河谷平原	50~180	黄土塬 1.39~2.96 丘陵 3.07~4.20
II ₃	渭河谷地西段亚区	与 III ₄ 亚区合述			同 III ₄
III	子午岭和梁山之间地区	陕西北部与山西西部	自北向南依次为覆沙黄土丘陵、黄土梁崩丘陵、黄土塬与渭河谷地	25~125 (自北向南渐薄)	

续表

编号	名称	范围	主要地貌类型	黄土厚度 (m)	沟壑密度 (km/km ²)
Ⅲ ₁	长城以北亚区	陕西长城沿线北部	沙化丘陵、沙地、风沙、草滩	20 ~ 100	1.85 ~ 2.87
Ⅲ ₂	晋陕丘陵亚区	陕西北部与山西西偏北部	黄土崩、梁、沟谷 坳地基岩低山、黄土低山	50 ~ 125	3.10 ~ 4.06
Ⅲ ₃	晋陕残塬亚区	陕西劳山以南山西西部偏南	黄土塬、残塬、梁、沟谷夹有基岩低山	50 ~ 125	2.01 ~ 2.91
Ⅲ ₄	渭河谷地亚区	陕西、甘肃、渭河两岸	冲积平原、台地、台塬	0 ~ 50	平原 0 ~ 0.07 台塬 0.16 ~ 1.57

1. 陇中地区 (I)

含六盘山以西的黄土丘陵，以祖厉河与葫芦河的分水岭为界，分成南北两个亚区。

(1) 陇中北部亚区 (I₁)。

属黄土高原最西部，南界华家岭，东北部是南华山和月亮山，总面积约 $3.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。主体地貌类型为黄土丘陵，其次是基岩山地和河谷阶地。黄土丘陵是在古盆地的基础上堆积了厚层黄土，厚度在 15m 以上。长期流水侵蚀切割塑造了残塬、梁崩和沟谷等多种地貌形态。地势分别由四周向黄河和祖厉河谷地倾斜，海拔一般在 1250 ~ 2500m，相对高度几十米至数百米。黄河干流流经西北部，祖厉河、关川河等都有较大规模的河谷阶地，约占总面积的 15%。本区山地均属祁连山余脉，西北有部分干燥剥蚀低山。

本区坡地多，土质疏松，植被覆盖率低，土壤侵蚀模数 $100 \sim 6000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，坡面冲沟不发育，沟壑密度（沟长不小于 250m，下同）低于东部黄土丘陵。大部分丘陵谷宽坡缓，坡度组成以小于 25° 坡地占优势。

(2) 陇中南部亚区 (I₂)。

本区地处黄土高原西南隅，位于陇西高原的南部，几乎四周环山，行政区划含天水、定西市大部分和临夏州局部，总面积近 $3.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。主要地貌为黄土梁崩与沟谷。东部谷宽梁长，海拔 1800 ~ 2400m，梁沟高差 100 ~ 200m。西部为梁崩状丘陵，局部有残塬分布，地面起伏大，切割破碎，局部已出露红层和基岩，境内山地均为侵蚀构造低山，海拔 2300 ~ 2700m，岩石裸露，植被较好。

本区黄土丘陵沟壑地带，水蚀与重力侵蚀活跃，沟壑密度 $1.54 \sim 3.38 \text{ km}/\text{km}^2$ 。北部宽谷长梁和南部植被覆盖度高的低山区域，沟壑密度小；黄土梁崩区，如陇西、武山等县天然植被少，沟壑密度大。

2. 陇东宁南地区 (II)

陇东宁南地区位于子午岭与六盘山之间，南起渭河台塬谷地，北至毛乌素沙地

西部，跨宁夏、甘肃和陕西三省（区），以陇东为主体，总面积约 $15 \times 10^4 \text{km}^2$ ，按地貌成因与形态的差异，又分成三个亚区（见表 1-1）。其中，北部的盐（池）同（心）亚区（ II_1 ）和南部渭河谷地西段亚区（ II_3 ），在成因和形态上分别与子午岭以东地区的 III_1 和 III_4 亚区相近，因此叙述时合并处理。

（1）长城沿线以北亚区（ II_1 、 III_1 ）。

该区东段在长城沿线以北，西段以环江上游—施唐岭—南华山为南界，北与毛乌素沙地相接，跨内蒙古、陕西和宁夏三省（区），总面积逾 $6 \times 10^4 \text{km}^2$ 。东南部为黄土丘陵沟壑地貌，平均海拔 1250~1600m，靖边、定边残留着规模较大的塬地与破碎塬，向西过渡为风沙草滩地貌。白于山属黄土覆盖的基岩山地。东胜一带为鄂尔多斯地台。东北清河（县）与和林格尔为黄土残积丘陵。

该区受风蚀与水蚀双重危害。黄土丘陵区以水蚀为主，沟头溯源侵蚀，沟坡侧蚀，沟间地面蚀、沟蚀均很活跃，土壤侵蚀模数 $5000 \sim 18300 \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。风沙区水蚀渐弱，风蚀增强，风蚀模数为 $1000 \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。黄土丘陵向风沙草滩过渡地貌类型，尽管土壤侵蚀剧烈，但地面坡度较为和缓，沟壑密度较小，沙地一般在 $1.33 \sim 1.91 \text{km}/\text{km}^2$ 之间，覆沙黄土丘陵在 $2.56 \sim 2.87 \text{km}/\text{km}^2$ 之间。

（2）泾河中上游亚区（ II_2 ）。

本亚区分别以子午岭和六盘山为屏障，北至毛乌素沙地西南缘，南邻渭河北岸台塬。以甘肃陇东为主体，含宁夏南部和陕西彬（县）长（武）塬，总面积 6 万余平方千米。本亚区主要地貌类型有塬、梁峁与河谷。

① 塬。基本分布在庆阳以南，塬面海拔高 1200~1500m，与之相间的沟谷坡陡底深，塬沟高差一般在 100~200m。沟头溯源、沟坡侧蚀作用使塬面不断地遭到蚕食。冲沟从周围嵌入塬面，沟壑密度不大于 $3 \text{km}/\text{km}^2$ ，侵蚀模数 $5000 \sim 7500 \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，塬与梁坡度平缓。

② 丘陵。庆阳以北以黄土丘陵为主，海拔 1250~1900m。侵蚀强烈，地面破碎，沟壑密度 $3 \sim 4 \text{km}/\text{km}^2$ ，小于 25° 的坡面所占比例较大。梁峁顶呈浑圆状，少有明显的崩边线。

③ 河谷阶地。西部和南部各大河流下切冲积形成坪、台、滩。

（3）渭河谷地亚区（ II_3 、 III_4 ）。

渭河谷地东起陕西潼关，西至宝鸡，南起秦岭北麓台塬，北止渭北台塬（禹门口—韩城—澄城—耀县—凤翔断裂带）。东西长 360km，南北最宽达百余公里，总面积 $5.5 \times 10^4 \text{km}^2$ 。

渭河谷地地貌属侵蚀冲积类型。自下而上依次为河床、漫滩、阶地和台塬。一级阶地海拔 330~365m，在渭河两岸连续分布。二级阶地海拔 360~400m，下游北岸连续分布，南岸断续存在。两级阶地均地面平坦，基本无侵蚀。阶地以上有三级

台塬，海拔高 400 ~ 870m，西高东低。受两岸众多河谷沟壑切割，塬面成条状破碎，其间沟壑是土壤侵蚀的主要部位。

3. 子午岭和吕梁山之间地区 (Ⅲ)

东西以吕梁山和子午岭为界，是黄土高原的东半壁，为黄土高原的典型区域。自南向北分别以北山、劳山和长城为界划分为 4 个亚区 (见表 1-1)，其中Ⅲ₁ 和Ⅲ₄ 亚区已与陇东宁南地区的有关亚区合并叙述。

(1) 晋陕丘陵亚区 (Ⅲ₂)。

晋陕丘陵亚区东界为吕梁山和管涔山，西界为子午岭及其北延的泾河与洛河分水岭，南界至劳山及晋西昕水河与三川河的分水岭，含陕北、晋西偏北的部分区域，总面积约 $5.9 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区丘陵呈多种形态。

① 黄土梁峁丘陵。主要分布在白于山的南麓和东端 (延河与清河的发源地)，现代沟谷发育较少，地形平缓。海拔 1000 ~ 1774m。沟间地以梁、峁为主，顶部宽而平。沟谷切割深，坡面陡。

② 黄土梁峁丘陵。梁峁地向南是典型的梁状丘陵，主梁长数千米，宽百余米，支梁与沟谷相间，排列成梳状，梁脊纵向坡度平缓，沟壑深切，有的高差近 300m，海拔 1400 ~ 1700m。延安东部和延长一带的宽平梁是塬的残余，海拔 1000 ~ 1250m。绥 (德) 米 (脂) 一带是峁状丘陵，峁顶浑圆、平缓，向下坡度逐渐增大，峁沟高差 100 ~ 200m。其余大部分地域属梁峁丘陵，形态上是鞍状起伏的梁。管涔山—吕梁山西麓是梁状丘陵，向西平移变成以峁为主。

③ 河谷川地。本亚区河流较多，黄河与洛河支流发育，都已下切至基岩。两岸形成不同规模的平川地，面积所占比例不大。

沟壑纵横、切割破碎是晋陕丘陵亚区的突出特点。通过该区的长输管道受水土流失的危害极大，尤应注意采取水工保护措施保障其运行安全。

(2) 晋陕残塬亚区 (Ⅲ₃)。

该区地处晋陕黄土丘陵以南、渭河谷地以北，涉及陕西北山北部和晋西偏南的 15 个县 (市)，总面积约 $5.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。晋陕残塬亚区断续分布着较完整的塬、被侵蚀成条状的破碎塬和再侵蚀后残存的宽平梁，因而被称为高原沟壑区。与丘陵区比较，塬区的沟谷窄而深，沟坡陡，下部多切入红土甚至基岩。

晋陕残塬亚区土壤侵蚀大部分属中度以下侵蚀，只有晋西南近黄河一带达到强烈侵蚀。主要侵蚀部位在沟壑。沟头蚕食塬面，沟坡崩塌、泻溜、滑坡时有发生。该区水土流失对长输管道的威胁以腰峁部位为甚。

第二节 气 候

黄土高原虽属季风气候区，但距海洋较远，东缘距海洋 500 ~ 800km，故大陆性气候又有一定的表现。由东南向西北大陆性程度逐渐增强，东南属半湿润气候，中部为半干旱气候类型，西北部属于干旱气候类型。大气环流的特点主要是位于西风带内地面低压系统活动频繁，从而造成多暴雨天气。

一、气温

黄土高原年平均气温 3.6 ~ 14.3℃，具有由南而北，自东向西逐渐降低的分布特点。西安平均温度为 13.3℃，兰州为 9.1℃，榆林仅 8.1℃。全区一月平均温度均在 0℃ 以下，西安为 -2.0℃，兰州 -7.2℃，榆林 -9.9℃。七月（最热月）平均气温均在 22℃ 以上。渭河平原为黄土高原七月平均气温最高的地区，大都在 30℃ 以上。

黄土高原具有冬季寒冷，夏季暖热的特点。

二、降水

（一）降水的时空分布

黄土高原降雨量在 700mm 以内，但降雨的区域分布不均匀，多年平均年降雨量由东南向西北逐渐减少。600mm 等雨量线由晋东南沁河流域的沁源、阳城到豫西的三门峡以及秦岭东北的潼关，西安灞桥、眉县、宝鸡市。500mm 等雨量线从东经山西临县、离石、隰县，向北到陕西子长、志丹、甘肃庆阳市，向南到隆德、天水市。400mm 等雨量线基本沿长城沿线，经山西偏关、陕西神木、榆林、靖边、甘肃环县、宁夏固原北部到甘肃定西。300mm 等雨量线从阴山南坡的固阳县阿塔山向西南穿过毛乌素沙漠经宁夏盐池、同心到甘肃靖远。

黄土高原的降雨在时间上的分布也不均匀。降雨主要集中在夏季，七月、八月、九月三个月的降雨量占全年降雨量的 50% ~ 70%，有些年份夏季几场降雨的总量就等于年平均降雨量。黄土高原降雨的年际变化也很大，变化幅度西北部大于东南部。最大年降雨量一般为多年平均雨量的 1.5 ~ 2.0 倍，其中东南部地区一般在 1.5 倍左右，西北部在 2.0 倍左右。

（二）暴雨及其特征

暴雨是指在短期出现的大量降水。我国气象部门规定，24h 雨量超过 50mm 者为暴雨，并将暴雨、大暴雨、特大暴雨的雨量标准定为： $50\text{mm} \leq \text{暴雨} < 100\text{mm}$ ；

100mm≤大暴雨<200mm；特大暴雨≥200mm。气象部门的规定一般并不包括24h降雨量小于50mm而雨强很大的降雨。黄土高原这类暴雨的发生频率很高，造成的水土流失最为严重，对长输管道安全运行的威胁大，对水工保护措施破坏性强。

1. 暴雨的地理分布

(1) 年暴雨日数。

黄土高原平均年暴雨天数与全国相比属偏少，但降水强度和降水变率大，年暴雨天数的地理分布不太均匀。大致分布趋势为：自南向北、自东向西逐渐减少，山区多于平坦地区，东部山区多于西部山区。较多暴雨区（年暴雨天数≥1.0d）位于黄土高原的最东和最南部，主要包括山西东南部与临汾地区东、西部山区以及五台山、阳泉等，陕晋黄河交界一带。一般暴雨区（0.5d≤年暴雨天数≤1.0d）位于较多暴雨区以西和以北，主要包括山西雁北地区以南，陕西秦岭以北，六盘山以东地区。少暴雨区（年暴雨天数<0.5d）包括沿陕西西北部靖边经陇东北部环县、六盘山以西到甘肃黄河以东之间的地区，山西雁北地区。基本无暴雨区位于黄土高原最西部，主要包括宁夏中卫，甘肃河西走廊、陇中偏北部地区。

(2) 大暴雨和特大暴雨。

黄土高原平均大暴雨天数出现很少，年平均大暴雨天数的地理分布特征与上述年平均暴雨天数分布特征有良好的对应关系，即较多暴雨区中，其大暴雨天数也相对多些，而少暴雨区中则无大暴雨出现；在一般暴雨区中，洛河、黄河（陕晋交界处）、汾河流域南部及陇东地区南部，也尚有部分地区年平均为0.1d。

黄土高原的特大暴雨，除晋中局部、阳泉地区和晋南部分地区十年一遇外，其他地方或者历史上偶见，或者根本不出现。

2. 暴雨类型及特征

按照暴雨的成因和降雨特点，可把黄土高原的暴雨分为三种类型，分别为A、B、C型，其定义和特征如下：

(1) A型暴雨。

由局地强对流条件引起的小范围、短历时、高强度暴雨，简称A型暴雨。A型暴雨降雨历时30~120min，雨量10~30mm，一般不超过50mm。以阴山南部的内蒙古包头市昆区、乌兰察布市察哈尔右翼前旗、托克托县，陕北榆林、神木一带，晋西北、泾河中下游、渭河上游等地，发生的频率和强度最高。A型暴雨雨区面积多在500km²以下，中心雨区只有十几平方千米甚至几平方千米，流域空间降雨均匀性很差。

(2) B型暴雨。

由锋面型降雨夹有局地雷暴性质的较大范围中历时、中强度暴雨，简称B型暴雨。B型暴雨在黄土高原沟壑区和黄土丘陵沟壑都普遍发生。降雨历时3~8h，一般不超过24h，降雨量30~100mm，雨区面积一般在100~10000km²，流域降雨不均

匀系数一般在 0.6 ~ 0.8 之间。

(3) C 型暴雨。

由锋面型降雨引起的大面积、长历时、低强度暴雨，简称 C 型暴雨。C 型暴雨降雨历时一般大于 24h，雨量在 60 ~ 130mm 之间，雨区面积一般在 10000 ~ 50000km²，流域降雨不均匀系数在 0.9 左右。

(三) 连阴雨

多云寡照，久雨不晴，连续几天、十几天以至几十天的阴雨天气，称为连阴雨天气。在黄土高原地区，一般认为连续 5d 或 5d 以上出现连续阴、雨天气，且降雨量不低于 15mm 者称为一次连阴雨天气过程。黄土高原连阴雨年平均次数大致具有东多西少、南多北少、高山多平川地少的分布趋势，与年雨量、年雨日等东南多、西北少的分布趋势大体一致。连阴雨出现于 3 ~ 11 月，北部多发生于夏季，西南部则各季分配相对均匀，夏秋两季略多。

连阴雨天气会给长输管道带来许多不便和不利。首先，对长输管道的巡查与维修、维护带来不便和不利。其次，连阴雨天气降水下渗多，蒸发少，从而导致黄土边坡易于失去稳定，出现滑坡、坍塌等地质灾害，再遇暴雨还可导致泥石流的发生，直接威胁长输管道的安全运行，像滑坡导致管道发生位移、变形、甚至断裂等，坍塌、泥石流侵蚀导致管道出现露管等。

三、湿度和蒸发

(一) 湿度

黄土高原年平均相对湿度总的分布也是东南大、西北小。年平均相对湿度多在 55% ~ 65% 之间。黄土高原相对湿度的年内变化主要与气温年内变化、干湿季节的更替直接相关。一般以季风雨季中的 8 月份相对湿度最大。中北部一年中相对湿度最小的时段一般出现在仲春。在河西走廊西部的极度少雨地区，由于夏天没有雨季，因此相对湿度不高，而严寒的冬季却出现了一年之中高的相对湿度。

(二) 蒸发

黄土高原的年蒸发量大多在 1000 ~ 2000mm 之间。陇南、宁夏六盘山区、陕西渭河以南，除个别地方外，其蒸发量均在 1400mm 以下，山西全省、陕北大部、宁夏大部 and 甘肃祁连山麓地区年蒸发量在 1600 ~ 2000mm 之间。

第三节 植 被

了解黄土高原原生植被对长输管道水工保护采用植物措施及其植物品种的选择具有很大的参考价值。黄土高原原生植被已不复存在，现有植被在某种程度上已不

能够完全客观地反映植被地带性实质。侯庆春把黄土高原划分成四个植被带，分别是森林地带、森林草原地带、典型草原地带和荒漠草原地带，其范围和植被特征如下：

一、森林地带

森林地带位于黄土高原的东南端，其北界始于山西蒲县，向西经过吉县，过黄河进入陕西，穿过黄龙县北部和黄陵县南部，沿麟游、陇县北部折向西南，止于甘肃天水南部。本区包括黄龙山大部和关山南部。

本地带以落叶阔叶林为主，优势种和建群种有辽东栎、山杨、白桦，针叶树有油松、侧柏，此外，还有构树、栎树等小乔木；灌木有黄栌、连翘、丁香、荆条、虎榛子、二色胡枝子等。辽东栎林、山杨林和油松林是本区的主要天然林类型。代表性灌木丛有黄栌、连翘等，多分布于较低的黄土丘陵和塬区。

主要造林树种有油松、刺槐、杨树、泡桐等，此外还有臭椿、榆、桑、白腊、楸、栎树、侧柏等。

二、森林草原地带

森林草原地带南接森林地带，其北界由山西兴县南部起，向西过黄河，横穿陕西绥德、志丹，沿宁夏固原、西吉和甘肃会宁南部走向西南，一直到定西南部为止。包括黄龙山北部、子午岭和六盘山。

森林主要发育在较高的山地、丘陵及阴湿的沟谷中，优势种和建群种主要有辽东栎、山杨、白桦、油松、侧柏等。灌木多为中旱生或旱生的成分，如狼牙刺、扁核木、杠柳、河朔莢花等；在沟谷和阴坡分布有中旱生灌丛，有丁香、沙刺、绣线菊、黄刺玫、虎榛子等。黄土丘陵区由于水土流失严重，生态环境趋向旱化，草原植被占据优势，主要有白羊草草原、长芒草—白羊草—兴安胡枝子草原、芨芨—长芒草草原等。

常见造林树种有油松、刺槐、杨、榆、侧柏等，灌木树种有沙棘、紫穗槐、柠条、山杏、山桃等。

三、典型草原地带

典型草原地带南界与森林草原地带相毗邻，其北界始于黄土高原北界，向西经过陕西定边后，折向西南，穿过宁夏同心，终止于兰州以南。植被的主要特征是多种草原植被占优势，首先为长芒草草原，其次为芨芨草原，还有大针茅草原、小灌木百里香草原，以及冷蒿、星毛委陵菜、针茅组成的草原类型。本区灌木种类较多，分布地域也广，往往形成灌丛草原景观。常见灌木种类有柠条、小叶锦鸡儿、河朔