

干线管道施工手册

[苏] B. Г. 奇尔斯科夫等 著



石油工业出版社

干线管道施工手册

【苏】B.Γ.奇尔斯科夫 等著
许德全 等译

石油工业出版社

(京)新登字082号

内 容 提 要

本手册全面、系统地介绍了干线管道施工过程中采用的先进的技术方案、工艺方案和组织方案,反映了先进的施工经验,详细叙述了敷设管道的几项主要工程——准备工程、土方工程、焊接安装工程、绝缘敷设工程以及实施各项工程过程中的安全技术,并列举了管道施工机具的技术特性。

本书可供从事干线管道设计、施工和管理的工程技术人员使用。

本书由许德全(第1、4、6.1~6.3章)、罗富绪(第7、10、12章)、战韵祥(第2、6.4~6.9章)、施奈(第5章)、齐梦久(第3章)、李秀明(第8章)、齐玉龙(第9章)、胡长生(第11章)翻译,许德全负责全书的技术加工和部分译文的校对。

01752/16

В.Г.ЧИРСКОВ И ДР.
СТРОИТЕЛЬСТВО МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ СПРАВОЧНИК

НЕДРА

1991

干线管道施工手册

〔苏〕В. Г. 奇尔斯科夫 等著
许德全 等译

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京顺义燕华印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

850×1168毫米 32开本 20印张 531千字 印1001—2000

1993年11月北京第1版 1994年9月北京第2次印刷

ISBN 7-5021-0844-0/TE·789

定价: 20.00元

目 录

第一章 干线管道概述	(1)
1.1 干线管道的用途、组成和分类	(2)
1.2 干线管道的设计方案	(4)
1.3 干线管道施工用地	(18)
第二章 施工组织	(20)
2.1 基本术语	(20)
2.2 管道施工综合流水作业线	(24)
2.3 施工组织总则	(25)
2.4 干线管道施工组织的实际任务	(31)
2.5 干线管道施工期限	(40)
2.6 干线管道施工设计	(43)
2.7 发包单位、总承包单位和分包单位之间的相互关系	(46)
第三章 准备工作	(53)
3.1 组织准备措施	(53)
3.2 准备工作的组织与工艺	(57)
3.3 准备工作的检查参数	(88)
第四章 装卸和运输工作	(97)
4.1 装卸、运输和起重工具	(97)
4.2 管子的存放	(103)
4.3 管子和联管的运输	(105)
4.4 装卸工作的安全技术	(109)
第五章 土方工程	(115)
5.1 总则	(115)
5.2 正常条件和冬季冻土条件下管沟的开挖	(121)
5.3 沼泽和水淹区管沟的开挖	(126)
5.4 山区管沟的开挖	(130)
5.5 沙漠和灌溉土条件下土方工程施工特点	(133)
5.6 管沟的回填和土地的再耕作	(136)

5.7 铺设管道平行线路时的爆破工程	(141)
5.8 土方工程质量检查和验收	(145)
5.9 土方工程的安全技术	(149)
第六章 焊接安装工程	(152)
6.1 管道焊接材料	(152)
6.2 管子的坡口加工和焊前准备、装配卡具	(196)
6.3 弧焊电源	(239)
6.4 手工电弧焊	(260)
6.5 气体保护焊	(281)
6.6 埋弧自动焊和药芯焊丝焊缝强制成形自动焊	(297)
6.7 野外焊管基地、装置和设备	(314)
6.8 电阻焊	(332)
6.9 焊接接头的质量检查	(346)
第七章 绝缘敷设工程	(372)
7.1 钢质管道绝缘涂层的用途	(372)
7.2 防腐绝缘材料	(372)
7.3 绝缘涂层的结构	(384)
7.4 绝缘材料的验收、入库和保管	(387)
7.5 绝缘敷设工程的组成	(389)
7.6 绝缘敷设工程的实施	(397)
7.7 用工厂绝缘的管子敷设管道	(410)
7.8 管道连接件和节点的绝缘	(421)
7.9 沼泽和水淹地段的管道敷设	(423)
7.10 绝缘材料和绝缘敷设工程的质量检查	(429)
7.11 管道的加载和固定	(453)
7.12 绝缘材料制备和涂层涂敷过程的安全技术	(464)
第八章 管道的清扫和试压	(471)
8.1 干线管道的清扫	(472)
8.2 液压试验	(491)
8.3 气压试验	(494)
8.4 混合试压方法	(496)
8.5 综合实施管腔清扫、水压试验和管道排水的工艺方案	(500)
8.6 管道清扫、试压和排水用的机器、装置和仪器	(501)

8.7 管道强度试验和密封性试验过程中的仪表检查·····	(514)
第九章 管道电化学防腐设施的安装 ·····	(526)
9.1 土壤的腐蚀性·····	(527)
9.2 电化学保护方法·····	(528)
9.3 对电化学保护装置的要求·····	(533)
9.4 电化学保护装置的建筑安装工程的组成·····	(536)
9.5 安装架空电线时的接头连接·····	(538)
9.6 干线管道电化学保护设施施工机具及施工队组成·····	(540)
9.7 电化学保护系统移交发包单位·····	(541)
9.8 安装电化学保护装置时的仪表检查·····	(542)
第十章 干线管道线路部分施工机器和机械技术特性 ·····	(548)
10.1 挖沟机·····	(548)
10.2 货物转运机·····	(558)
10.3 起重机·····	(562)
10.4 净管机和绝缘机·····	(566)
10.5 管道施工中的小型机械化设备·····	(572)
10.6 各种用途的机器和设备·····	(577)
第十一章 干线管道施工的环境保护 ·····	(585)
11.1 保护自然环境的基本原则·····	(585)
11.2 管道施工对土壤植物覆盖层和地形地貌的影响·····	(588)
第十二章 油气工业工程施工管理 ·····	(592)
12.1 基本概念·····	(592)
12.2 经济组织体系的动态特性和基本原理·····	(593)
12.3 基本生产单位·····	(595)
12.4 管理职能·····	(599)
12.5 管理过程·····	(602)
12.6 管理体系的组织职能结构·····	(605)
12.7 管理体系的合理组织原则·····	(606)
12.8 标准法规保证·····	(612)
12.9 信息保证·····	(613)
12.10 油气工程施工管理的方法、模式和工艺·····	(619)
12.11 工艺保证·····	(629)
12.12 油气建设计算机信息管理系统的结构·····	(630)

第一章 干线管道概述

在一般情况下，干线管道可以定义为一种工程技术构筑物，用于连续、可调、长距离地输送大量天然气、原油、成品油和其他产品。工业管道始建于上个世纪60—80年代。当时俄国的科学家和工程师已经就管道运输问题进行了卓有成效的研究。根据俄国伟大的科学家Д.И. 门捷列夫的建议，1878年在巴库地区敷设了第一条12.5km长的油矿管道。到1890年，巴库油田地区已有38条输油管道在运行，总长度超过300 km。1897—1906年，敷设了第一条直径为203mm、长度为883km的巴库—巴统干线煤油管道。煤油管道的钢管用螺纹管接头连接，壁厚为8 mm。

俄国天才的工程师和科学家B.Γ. 舒霍夫参加了国内第一条干线管道的设计。他计算了管道的强度，拟定了确定中间泵站分布地点用的图解分析法，该方法一直沿用至今。俄国著名科学家H.E. 茹科夫斯基教授对管内液流理论进行了科学论证，特别是对水击理论作过深入的研究。到1914年，俄国干线管道的总长度为1357km。

由于建设干线管道的直径越来越大（325—529—720—1020—1220—1420mm），因而必需有步骤地、有科学根据地改进施工的技术、工艺、组织和管理。和整个油气工业工程施工企业一样，现阶段的干线管道施工企业是一个独立的大型运输施工部门，具备先进工业生产部门的所有基本特征。

苏联在发展管道运输中，尤其是在发展输气管网方面，在量变的同时也发生了质变：由建设独立的输气管道过渡到建立国家统一供气系统，其基础就是将天然气的开采、运输、加工和利用联为一体，即气田、干线输气管道（线路部分和地面工程）、地下储气库、配气站（点）和至用户的输气管网的综合统一体。目

前苏联共有10个区域性供气系统。

在必须考虑各种运输方式之间合理分配输油量的情况下，苏联输油管网的结构和发展决定于原油开采地 and 用户（炼油厂和其他企业）的地理分布。对输油的基本要求是：合理消化油流（即敷设具有足够通过能力的输油管道），在输油管网中利用不同直径的管子时保持计算比例，并保持输油管道系统的干线化。

1.1 干线管道的用途、组成和分类

直径在1420mm以下（含1420mm）、所输产品余压不超过10MPa、用于输送下列产品的管道及其支线属于干线管道：

从开采地（压缩机首站）向消费地（城市和居民点配气站）输送的天然气或石油烃气体；

从生产地（人造烃气体生产厂）向消费地（城市和居民点配气站）输送的人造烃气体；

从生产地（天然气和人造烃气体液化厂）向消费地（转运站、充液站、工农业企业、港口、液化气供应站）输送的液化烃气体（丙烷、丁烷及其混合物）和其他液化烃（45℃时的饱和蒸汽压不超过1.6MPa）；

从开采地（输油首站）向消费地（油库、转运站、炼油厂或石化综合体、装油站、工业企业和港口）输送的原油；

从生产地（炼油厂或石化综合体）向消费地（油库、转运站、装油站、工业企业和港口）输送的成品油；

在压缩机首站和中间站、输油（原油、成品油）首站和中间站、地下储气站、配气站、计量站出售的商品。

地下干线输气管道包括线路部分和地面工程。在气田，在井底压力的作用下气体从气井沿专用集气管道进入集气站，在那里对气体进行初步计量，必要时还要减压。气体从集气站进入集气总管，再沿集气总管进入首站设施——气体综合处理装置（УК-ПГ），在那里对气体进行净化、脱水、二次计量。在压缩机首站，气体被压缩到额定工作压力（7.5MPa），然后进入干线输

气管道的线路部分。线路部分包括干线输气管道本身及线路配件、自然障碍和人工障碍穿跨越工程、通信线路和输电线路、沿线道路和入口道路、保护设施、通往中间用户的支线、水和冷凝液收集器、电化学保护系统。属于干线输气管道线路部分的还有平行副管、抢修备用管仓库、直升机停机坪和线路维修通信员住所。

压缩机站和配气站属于地面工程。压缩机站的主要设施有压缩机车间、修理和辅助维护工作间、除尘器场、冷却塔、水池、滑油加注设施、气体冷却装置等。压缩机站通常建有生活区。首站设施和压缩机首站常常联合为统一的站场综合体。压缩机站彼此相距120—150km。到达配气站的气体要再次脱水、净化、减压（按城市输气管道的分类为1.2MPa）、加味、计量，然后沿管道分配给独立用户或用户群。

有（或没有）压缩机站的地下储气库用于调节用气的季节性不平衡：夏季向储气库储气，冬季向用户供气。将气体或注入多孔岩石含水层，或注入报废的油气田，或注入在厚盐层开挖（或冲蚀）成的储气库。地下储气库建在大城市和工业中心附近。

干线输油管道的组成与干线输气管道有所区别。原油从油井沿专用管道进入集油站，再从集油站沿集油管道进入首站设施——原油综合处理装置，在那里将原油沉降、脱水、与石油气分离等。原油由此进入首泵站，然后进入干线输油管道。各中间泵站将原油输送到末站，然后交给用户。输油管道要定期分段清管，即在输油过程中随油流放入专用清管器，以清除沉积在管壁上的污物和石蜡。原油综合处理装置和所有泵站均要对原油进行计量。

干线成品油管道的组成基本上与输油管道相同，区别只在于成品油管道有大量通往油库的支线。

根据压缩机站入口处额定工作压力 $P_{p, \text{н}}$ 的大小，干线输气管道分为两类：Ⅰ类—从2.5到10MPa（含10MPa）；Ⅱ类—从1.2到2.5MPa（含2.5MPa）。根据公称管径的不同，干线原油管道和成品油管道分为四类：Ⅰ类—从1000到1400mm；Ⅱ类—从500

到1000mm；Ⅲ类—从300到500mm；Ⅳ类—300mm以下。

1.2 干线管道的设计方案

干线管道通常敷于地下。在特殊情况下，管道可敷于地表土堤中（地面敷设）或支架上（架空敷设）。在沙漠、山地、沼泽、永冻土和非稳定土、自然和人工障碍跨越，这类敷设方式是允许的。

管道可单独敷设，平行管道可敷设在同一工程走廊里。工程走廊里的管道线数取决于所输产品总量的极限数量。

管道的埋深（从管子上部算起）取决于管径、土质，应不小于（以m计）：

公称管径小于1000mm时	0.8
公称管径大于1000mm（含1000mm）时	1
须排水的沼泽和泥炭土	1.1
新月形沙丘（从沙丘之间的凹处算起）	1
没有汽车和农业机械行驶的	
坚硬土、沼泽地	0.6
可耕地、灌溉地	1
穿越人工渠（从渠底算起）	1.1

表 1.1 干线管道等级

管 道 用 途	管 道 等 级	
	地 下 敷 设	地面和架空敷设
输送天然气：		
管径小于1200mm	Ⅳ	Ⅱ
管径等于、大于1200mm	Ⅲ	Ⅱ
北方施工气候带	Ⅲ	Ⅱ
输送原油和成品油：		
管径小于700mm	Ⅳ	Ⅱ
管径等于、大于700mm	Ⅲ	Ⅱ
北方施工气候带	Ⅲ	Ⅱ

表 1.2 干线管段的等级

管 段 用 途	管 段 等 级					
	输 气 管 道			原油和成品油管道		
	地 下 敷 设	地 面 敷 设	架 空 敷 设	地 下 敷 设	地 面 敷 设	架 空 敷 设
水域障碍穿跨越： 通航河流—河床部分和 两岸长度各不小于 25m 的河岸地段（按平常水 位），当管径 ≥ 1000 mm时， < 1000 mm时	I I	— —	I I	B I	— —	B I
平水期水面宽 ≥ 25 m的 非通航河流—河床部分 和两岸长度不小于 25m 的河岸地段（按平常水 位），当管径 ≥ 1000 mm时， < 1000 mm时	I I	— —	I I	B I	— —	I I
平水期水面宽 < 25 m的 非通航河流—河床部分， 灌溉渠和引水渠，溪流 （山区河流）	I I	— —	I I	I I	— —	I I
十年一遇的高水位河滩， 当管径 ≥ 700 mm时， < 700 mm时，	I I	— —	I I	I I	— —	I I
距十年一遇的高水位边 界1000m长的管段	—	—	—	I	—	I
通过各类沼泽： I II III	I I I	I I I	I I I	I ^① I ^① I B	I ^① I ^① I B	I ^① I I I
铁路和公路穿跨越（在区 间）： 公用铁路，包括铁路两 侧距边缘路轨中心线						

续表

管 段 用 途	管 段 等 级					
	输 气 管 道			原 油 和 成 品 油 管 道		
	地 下 敷 设	地 面 敷 设	架 空 敷 设	地 下 敷 设	地 面 敷 设	架 空 敷 设
40m但距路基路堤坡脚 不小于25m的地段	I	—	I	I	—	I
工业企业专用铁路, 包 括铁路两侧距边缘路轨 中心线25m的地段	I	—	I	II	—	I
I级和II级公路, 包括 公路两侧距路堤坡脚或 距路堑边缘25m的地段	I	—	I	I	—	I
III级、III-n级、IV-n级 公路, 包括公路两侧距 路堤坡脚或路堑边缘 25m的地段	I	—	I	II	—	I
V级公路, 包括公路两 侧距路堤坡脚或路堑边 缘15m的地段	II	—	II	II	—	II
山地管道: 敷于管架时	II	II	—	I	I	—
敷于隧道时	—	I	I	—	I	I
敷设于弱结合新月形沙丘中 的沙漠管道	II	II	II	II	II	II
敷设于水浇地和可灌溉地中 的管道: 棉田和稻田	I	—	—	I	—	—
其他农作物栽种地	II	—	—	II	—	—
敷设于解冻时相对下沉超过 0.1的永冻土地带的管 道	I	I	I	I	I	I
通过泥石流、冲积堆和盐渍 土的穿跨越	I	—	I	I	—	I

续表

管 段 用 途	管 段 等 级					
	输 气 管 道			原 油 和 成 品 油 管 道		
	地 下 敷 设	地 面 敷 设	架 空 敷 设	地 下 敷 设	地 面 敷 设	架 空 敷 设
线路管件接头及与之连接的 每侧距线路部分安装部 件各15m的管段(B级和 I级管段除外)	I	I	I	I	—	—
与线路截断阀和地下穿越管 汇相连的250m长的输 气管道(B级和I级管 段除外)	I	I	I	—	—	—
从I级连接管段边缘起100 m长的管道	I	I	I	I	I	I
与地下储气库(СПХГ)、气 体净化脱水装置、集气 总管和管道首站设施相 连的管道	I	—	I	I	—	I
矿场间的集气总管	I	I	I	—	—	—
清管器收发筒及与之相连的 100m长的管段	I	I	I	I	I	I
输气管道线路部分减压站 (ПРТ)区域内的管道	B	B	B	—	—	—
位于压缩机站(КС)、减压 站(ПРТ)、地下储气 库(СПХГ)、增压站 (ДКС)、配气站 (ГРС)、输油站 (НПС)、气体流量计 量站(УЗРГ)区域建筑 物内的管道,以及燃料 气和起动气管道	B	B	B	I	I	I

续表

管 段 用 途	管 段 等 级					
	输 气 管 道			原 油 和 成 品 油 管 道		
	地 下 敷 设	地 面 敷 设	架 空 敷 设	地 下 敷 设	地 面 敷 设	架 空 敷 设
压缩机站、气体综合处理装置(УКПГ)、地下储气库、增压站、首站设施与输气管道的连接部件, 以及保护性旋塞阀之间的管段	I	I	I	—	—	—
规定距离范围内与配气站连接的输气管道, 以及保护性旋塞阀后 250m 长的管段	I	I	I	—	—	—
气体流量计量站和减压站截断旋塞阀两侧 250m 长的管道	I	I	I	—	—	—
与地下工程管道(下水道总管、输油管道、成品油管道、输气管道、电力电缆和通信电缆、地下、地面和架空灌溉系统等)相交时, 相交点两侧 20m 范围内的管段	I	—	—	I	—	—
直径 > 1000mm、压力 ≥ 7.5 MPa 的多线输气管道和直径 > 700mm 的输油管道与地下工程管道相交以及油气管道之间相交时, 交叉点两侧 100m 范围内的管段	I	—	—	I	—	—
与架空输电线交叉时, 两侧的管段: 电压 ≥ 500kV	I	I	I	I	I	—

续表

管 段 用 途	管 段 等 级					
	输 气 管 道			原 油 和 成 品 油 管 道		
	地 下 敷 设	地 面 敷 设	架 空 敷 设	地 下 敷 设	地 面 敷 设	架 空 敷 设
电压从330到500kV	I	I	I	I	I	—
电压<330kV	II	II	II	II	II	—
敷设于底部采空地区和易发生溶洞现象地区的管道	I	I	I	I	I	I
通过冲沟、山沟、壕沟和时令小溪的管道	II	I	I	I	I	I
沿高于居民点和工业企业的可进行渔业生产的河流（平水期水面宽 $\geq 25\text{m}$ ）、水渠、湖泊和其他水体敷设的原油管道和成品油管道，其距居民点和工业企业的距离为：管径 $\leq 700\text{mm}$ 者 $< 300\text{m}$ ；管径 $\leq 1000\text{mm}$ 者 $< 500\text{m}$ ；管径 $> 1000\text{mm}$ 者 $< 1000\text{m}$	—	—	—	I	I	I
(线路未进行预水压试验)						
敷设于一条管道走廊中的输气管道、输油管道和成品油管道，在其气体流量计量站、气体减压站、线路截断阀接点、清管器收发点、压缩机站与管道的连接处	I	I	I	I	I	I
(按敷设方式和其他参数，如果它们不属于更高级的话)						

① I—管径 $\geq 700\text{mm}$ ，II—管径 $< 700\text{mm}$ 。

有压载装置时，从地表到压载物上部为埋深。

管道的设计方案取决于管道的类别、管道的等级和管段的等级。干线管道的等级列于表1.1。

干线管段的等级列于表1.2。

从地下管道和地面（土堤）管道中心线至居民点、独立工农业企业、建筑物和构筑物的距离，应根据管道的类别和直径、工程的重要程度和保证其安全的必要性来取值。

输气管道、输油管道、成品油管道或凝析油管道的压缩机站、配气站、输油站至居民点、工业企业、建筑物和构筑物的距离，必根据输气管道的类别和直径，输油泵站的等级和保证建筑设施安全的必要程度来取值，但不得低于表1.3和表1.4规定的距离值。

在西西伯利亚和极北地区，土壤（永冻土）解冻时会失去承载能力。在那里，敷设在一条管道走廊上的（同时建设的和与现有管道平行建设的）平行管线之间的距离，须根据流水施工工艺、水文地质特点、施工时的安全保证和管道在运行过程中的可

表 1.3 距输气管道、输油管道和成品油管道中心线的最小距离, m

设施、建筑物和构筑物	输 气 管 道						原油和成品油管道						
	类 别												
	I						I	II	III	II	I		
	公称管径, mm												
	√300	∧300—600	∧600—800	∧800—1000	∧1000—1200	∧1200—1400	√300	∧300	√300	∧300—500	∧500—1000	∧1000—1400	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
城市和其他居民点；有花园房屋的集体花园，别墅村镇；独立工农业企业；温室栽培综合企业和温室	100	150	200	250	300	350	75	125	75	100	150	200	

续表

设施、建筑物和构筑物	输 气 管 道							原油和成品油管道					
	类 别												
	I							I	IV	II	I	I	
	公称管径, mm												
	≥300 ▽	300—600 △	600—800 △	800—1000 △	1000—1200 △	1200—1400 △	≥300 ▽	300 △	≥300 ▽	300—500 △	500—1000 △	1000—1400 △	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
种植场; 禽产品工厂; 乳品厂; 露天采矿场; 个体经营的可停放20辆以上汽车的车库和露天停车场; 人群聚集的独立建筑物(学校、医院、俱乐部、幼儿园和托儿所、车站等); 3层以上的住宅楼; 铁路车站; 飞机场; 海港、河港及码头; 水电站; I—IV级海洋和内河运输水工构筑物; 非干线水管道的净化设施和泵站, 跨度大于20m的公用铁路桥和I、II级公路桥(原油管道和成品油管道敷于桥的下游); 容积超过1000m³的易燃可燃液体和气体仓库, 汽车加油站; 管道通信多信道中继线路天线杆(塔)以及构筑物, 苏联邮电部及其他部门的多信道无线电中继通信线天线杆(塔)及构筑物; 电视塔													
管道与其平行敷设的公用													