

中华人民共和国石油天然气行业标准

石油天然气管道穿越工程
施工及验收规范

Petroleum and gas pipeline crossing engineering
construction and acceptance specification

SY/ T 4079—95

主编单位：中国石油天然气管道第一工程公司

批准部门：中国石油天然气总公司

石油工业出版社

1995 北京

目 次

1	总则	(1)
2	管线防腐、组装焊接、试压及通球	(2)
3	河底管沟开挖	(3)
3.1	测量放线	(3)
3.2	导流和截流开挖管沟	(3)
3.3	水下开挖管沟	(4)
3.4	爆破成沟	(4)
3.5	河底管沟几何尺寸和质量要求	(8)
4	管线牵引就位	(10)
4.1	一般规定	(10)
4.2	沿河底拖管	(10)
4.3	漂管过江	(12)
5	稳管、回填及护岸	(13)
5.1	稳管形式和施工要求	(13)
5.2	管沟回填和地貌恢复	(13)
6	气举沉管法穿越河流	(15)
7	管道穿越公路和铁路	(16)
7.1	一般规定	(16)
7.2	顶管法施工	(16)
7.3	钻孔法施工	(16)
7.4	开挖法施工	(17)
8	定向钻机穿越	(18)
8.1	一般规定	(18)
8.2	测量放线	(18)
8.3	钻机安装和调试	(18)

8.4 泥浆配制	(19)
8.5 导向孔钻进和管线回拖	(19)
8.6 穿越管段施工	(20)
9 工程验收	(22)
附录 A 爆破参数概念	(23)
附录 B 爆破参数选择及举例	(25)
附录 C 地质钻探要求	(27)
附录 D 泥浆粘度值表	(28)
附录 E 本规范用词说明	(29)
附加说明	(30)
附件 石油天然气管道穿越工程施工及验收规范 条文说明	(31)

中国石油天然气总公司文件

(95) 中油技监字第 156 号

关于批准发布《石油工业用加热炉安全规程》等十一项石油天然气行业标准的通知

各有关单位:

《石油工业用加热炉安全规程》等十一项标准(草案)业经审查通过,现批准为石油天然气行业标准,予以发布。各项标准的编号、名称如下:

序号	编号	名 称
1.	SY 0031—95	石油工业用加热炉安全规程(代替 SYJ 31—88)
2.	SY / T 0086—95	阴极保护管道的电绝缘标准
3.	SY / T 4074—95	钢质管道水泥砂浆衬里涂敷机涂敷工艺
4.	SY / T 4075—95	钢质管道粉煤灰水泥砂浆衬里离心成型施工工艺
5.	SY / T 4076—95	钢质管道液体涂料内涂层风送挤涂工艺
6.	SY / T 4077—95	钢质管道水泥砂浆衬里风送挤涂工艺

序号	编号	名 称
7.	SY / T 4078—95	钢质管道内涂层液体涂料补口机补口工艺
8.	SY / T 4079—95	石油天然气管道穿越工程施工及验收规范
9.	SY / T 4080—95	管道、储罐渗漏检测方法
10.	SY 4081—95	钢制球形储罐抗震鉴定技术标准
11.	SY / T 4082—95	气田井场设备与管道安装工程施工及验收规范

以上标准自 1995 年 9 月 1 日起施行。

中国石油天然气总公司
1995 年 3 月 11 日

1 总 则

1.0.1 为提高施工技术水平，加快工程进度，保证工程质量，提高经济效益，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于石油天然气输送管道穿越工程的施工及验收，其他管道穿越工程可参照执行。

1.0.3 穿越工程除执行本规范外，还应符合国家或行业现行有关标准。

1.0.4 穿越工程施工组织设计或施工方案应报送对被穿越河流、铁路、公路和其他设施有管辖权的部门认可后方可施工。

1.0.5 引用标准：

GBJ 201—83 土方与爆破工程施工及验收规范

SYJ 4001—90 长输管道线路工程施工及验收规范

2 管线防腐、组装焊接、试压及通球

2.0.1 穿越管段防腐所用的材料、结构等级以及涂层厚度应符合设计规定，具体施工要求应符合现行行业防腐标准的有关规定。

2.0.2 穿越管段的焊接质量应严格控制，其射线探伤比例及合格级别应符合设计要求。当设计无规定时，环形焊缝应 100% 进行射线检查，其合格级别应不低于干线探伤合格级别。

2.0.3 穿越管段环形焊缝探伤检验合格后，应单独进行一次耐压试验，其强度试压时间不得少于 4h，严密性试压时间不得少于 8h。试压方法及具体要求应符合 SYJ 4001—90 第十章有关规定。当穿越管段与全线联通后，再进行一次严密性试验。

2.0.4 穿越工程所用的材料和管道的防腐、组装焊接、试压及通球，除应符合本章 2.0.1、2.0.2、2.0.3 条规定外，还应符合 SYJ 4001—90 的规定。

3 河底管沟开挖

3.1 测量放线

3.1.1 根据施工图设计，引相对坐标点和相对标高，测量管沟中心线、管沟底标高和沟宽。其管沟中心线、沟底标高和沟宽应符合设计要求。

3.1.2 应按施工方案确定导流沟、截水坝、发送道、牵引道的位置和几何尺寸，并应进行施工场地平面布置。

3.2 导流和截流开挖管沟

3.2.1 先用围堰方法导流或截流，然后在堰内用机械或人工方法开挖管沟。管线的组对焊接、防腐补口、试压、通球、下沟、回填等项作业宜在堰内进行。

3.2.2 导流和围堰应符合下列规定：

3.2.2.1 导流沟底必须低于入口处河流水面，且沟底沿水流方向应有一定的坡度。导流沟宽度应根据河水流量的大小而确定。

3.2.2.2 河流上下游两截水坝之间的距离应能满足施工作业要求。坝顶应高出河面 $1\sim 1.5\text{m}$ ，且不超过河岸最低点；坝的断面应为梯形，其边坡比宜为 $1:1\sim 1:2$ 。坝顶宽度应根据河水深度而定，一般为 $2\sim 5\text{m}$ 。

3.2.3 采用围堰方法开挖管沟，应根据穿越地段的土壤性质、施工方法、施工机具情况采取有效的降水方法，以保证管沟开挖和其他作业正常进行。当开挖地段为砾砂、砂卵石、砂土、粘土时，可采用明沟降水；若为淤泥、流砂、粉砂和细砂，可采用井点降水。

3.3 水下开挖管沟

3.3.1 对河床土壤松软、水流速度小、回淤量小的河流，宜采用绞吸式或吸扬式挖泥船开挖管沟。河床土壤坚硬，如硬土层或卵石层，可采用抓斗挖泥船或轮斗挖泥船开挖管沟。

3.3.2 河床地质为砂土、粘土或夹卵石土壤，可用拉铲配合其他方法开挖管沟。

3.4 爆破成沟

3.4.1 应根据河床水文、地质条件和穿越工程的技术要求，选择相应的爆破施工方法：如植桩爆破法、埋入爆破法和裸露爆破法等。

3.4.2 土壤岩石爆破炸药量计算公式：当最小抵抗线 $h < 3\text{m}$ 时，应按式 (3.4.2-1) 计算。

$$Q = Abh^3 \quad (3.4.2-1)$$

式中 Q ——集团装药量（中级炸药），kg；

A ——介质（土石）抗力系数，查表3.4.2-2；

b ——爆破作用指数的系数，查表3.4.2-1；

h ——最小抵抗线，m。

当最小抵抗线 $h > 3\text{m}$ 时，按式 (3.4.2-2) 计算。

$$Q = Kh^3(0.4 + 0.6n^3) \quad (3.4.2-2)$$

式中 K ——爆破每立方米土、石所需药量，查表3.4.2-3；

n ——爆破作用指数，通常取1.0~1.5；

h ——最小抵抗线，m(h 等于穿越深度)。

3.4.3 采用爆破法施工时，应按下列规定进行：

3.4.3.1 根据穿越工程设计要求，确定钢管药桩直径，钢管药桩规格通常为 $\phi 273 \times 3$ ， $\phi 377 \times 7$ 。

表 3.4.2-1

爆破装药与爆破参数之间的关系

装药种类		爆破作用 指数 $n=r/h$	爆破作用 指数的系数 b	漏斗半径 (破坏半径) r	可见深度 (爆破深度) p	最小抵抗线 $h=r/n$
压缩爆破 松散爆破	减量漏斗	—	0.35	$r=0.57h$	—	$h>r_s$
	标准漏斗	—	0.70	$r=0.7h$	—	
飞散爆破 过量爆破 抛掷爆破	微量装药	1.00	1.70	$r=h$	$p=0.5h$	$h< r$
	震荡装药	1.25	3.12	$r=1.25h$	$p=0.75h$	
	1.25 倍过量装药	1.50	5.06	$r=1.5h$	$p=h$	
	1.5 倍过量装药	1.75	8.29	$r=1.75h$	$p=1.25h$	
	1.75 倍过量装药	2.00	13.2	$r=2.0h$	$p=1.4h$	
	2.0 倍过量装药					

介质（土石）抗力系数

表 3.4.2-2

土石名称	A	附 注
有砂和碎石的土地	0.51	1.使用低级炸药时，系数 A 值与中级炸药相同，爆破坚硬的岩石如用低级炸药，应比公式算出的炸药量增加 0.2~0.5 倍 2.如系冻土，系数应增加 0.5 倍 3.如系分层土壤， A 值取最坚硬一层的数值 4.坚硬岩石有缝隙时，系数值应缩小 1/2 5.在有条件时，最好用标准装药试验验证系数 A
生长植物的土壤	0.57	
湿砂	0.85	
夹砂地	0.66	
砂质粘土及坚硬表粘土	0.70	
多石土壤	0.77	
红粘土	0.98	
石灰石	1.11	
花岗岩	1.34	
新积土地带	0.26	

3.4.3.2 药桩长度（ L ）、药桩入土深度（ d ）及爆破深度（ p ）的确定：

$$L = H + H_{\text{上}} + d \quad (3.4.3-1)$$

$$d = p - p_{\text{下}} \quad (3.4.3-2)$$

$$p = F + S \quad (3.4.3-3)$$

式中 L ——药桩长度，m；

H ——水深，m；

$H_{\text{上}}$ ——水面以上药桩长度，m；

d ——药桩入土深度，m；

p ——爆破成沟深度（可见深度），m；

$p_{\text{下}}$ ——爆破下坐深度，m（取0.3~0.5）；

F ——管线设计深度，m；

S ——回淤深度，m（一般取1~2）。

土石名称	土石等级	$K(\text{kg}/\text{m}^3)$	附 注
密实砂或湿砂	1	1.8~2.0	1.表中所列 K 值均以硝铵炸药为准 2.必要时可用标准岩药 ($K=Q/h$) 试爆校正, 但 h 不应小于 L (药桩长度)
	—	1.4~1.5	
砂粘土	3	1.2~1.35	
坚实粘土	4	1.2~1.5	
亚粘土(黄土)	4~5	1.1~1.5	
白垩土	5	0.9~1.1	
硬石膏、泥灰石、蛋白石	5~6	1.2~1.5	
裂缝喷出岩、重负浮石	6	1.5~1.8	
贝壳石灰岩	6~7	1.8~2.1	
砾石和钙质砾石	6~7	1.35~1.65	
砂岩、层状砂岩、泥灰岩	7~8	1.35~1.65	
钙质砂岩、白云岩、镁质岩	8~10	1.5~1.95	
砂岩、石灰岩	8~12	1.5~2.4	
花岗岩	9~15	1.8~2.25	
玄武岩、山岩	12~16	2.1~2.7	
石英岩	14	1.6~2.1	
斑岩	14~15	2.4~2.55	

3.4.3.3 单个药桩炸药量按式 3.4.3-4 计算:

$$Q = Ab(H^{0.3} + d^{0.7})^{2.2} \quad (3.4.3-4)$$

式中 Q ——单个药桩炸药量, kg;

A ——介质抗力系数, 取 0.9;

b ——爆破作用指数的系数, 取 14.9。

3.4.3.4 钢管药桩的制作: 即应将钢管加工成一端为锥形、另一端为敞口的钢管桩。

3.4.3.5 确定桩位：应沿穿越轴线每隔 5~6m 设一个药桩，药桩间距与排距相等。应根据管沟深度确定植单排或双排药桩，当沟深小于或等于 5m 时，植单排桩；沟深大于 5m 时，植双排桩。

3.4.3.6 采用植桩船和打桩机植桩。已经植完的药桩在装药之前应将药桩上口盖严，以防雨水和杂物落入药桩里。

3.4.3.7 植桩完毕后应进行装药和联接起爆线路。装药完毕后药桩应用干土壤填塞并夯实，桩口上端应封好，并做好防水处理。

3.4.4 采用埋入爆破法施工，应按爆破施工方案确定炸药包埋设位置，然后开挖药坑，再将包扎好的炸药包置入药坑。当坑内有水时，应做好配重和防水处理，确认可靠后方可回填。

3.4.5 采用裸露爆破法施工，应做好炸药包配重和防水处理，联接起爆线后，应按设计规定的药包间距投在穿越河床轴线上，偏差不应超过 0.5m。

3.4.6 起爆线路的设计和施工，爆破安全措施的制定与实施，应按 GBJ 201—83 第四章第一、二节规定执行。

3.4.7 爆破器材性能和质量必须符合 GBJ 201—83 附录七、八的要求。

3.5 河底管沟几何尺寸和质量要求

3.5.1 河底管沟的沟底宽度和边坡尺寸应根据土壤性质、水流速度、开挖深度和施工方法等因素确定或根据试挖资料确定。在无试验条件和资料的情况下，可参照表 3.5.1 确定沟底宽度和边坡数据。

3.5.2 河底管沟应平直，中心线偏移不应超过 50cm（围堰法不应超过 20cm），不得有土坎，管沟深度应符合设计要求，其允许偏差为 40cm（围堰法为 20cm）。

沟底管沟尺寸

表 3.5.1

土壤名称	沟底最小宽度 (m)	管沟边坡 水下开挖 / 围堰开挖	
		沟深 < 2.5m	沟深 ≥ 2.5m
淤泥、粉砂、细砂	$D+4 / D+3$	1: 4 / 1: 3.5	1: 6 / 1: 5
亚细砂、中砂、粗砂	$D+4 / D+3$	1: 3.5 / 1: 3	1: 5 / 1: 4
砂土	$D+3 / D+2$	1: 2.5 / 1: 2.5	1: 4 / 1: 3
粘土	$D+3 / D+2$	1: 2 / 1: 2	1: 3 / 1: 2
岩土	$D+2 / D+2$	1: 0.5 / 1: 0.5	1: 1 / 1: 1

注：①如遇流砂，沟底宽度和边坡数据，应根据施工方案另行确定；

②如用围堰方法挖沟，在沟下焊接时，沟底宽应为8~12m；

③ D 为管子外径（包括防腐层或保温层厚度）。

4 管线牵引就位

4.1 一般规定

4.1.1 管线牵引就位前应做好以下工作:

4.1.1.1 管线牵引就位前,应对管沟的几何尺寸和轴线位置进行复测,确认符合设计和本规范规定后,方可牵引。

4.1.1.2 穿越管段的防腐、组装焊接、试压及通球应全部完成,其质量应符合设计和有关规范的规定。

4.2 沿河底拖管

4.2.1 在牵引过程中,为保证管线沿管沟中心线前进,管线应有一定的重量,管线在水中的重量按式(4.2.1-1)计算:

$$G = 1.2P_x / f \quad (4.2.1-1)$$

$$P_x = C_x D_H r V^2 / 2g \quad (4.2.1-2)$$

式中 G ——管线在水中的重量, kg;

P_x ——水平推力, kg;

f ——管线与河底的摩擦系数;

C_x ——取决于管表粗糙度和水流态的系数,取0.8;

D_H ——单位长度管子垂直于水流方向的投影面积(包括防腐层), m^2/m ;

r ——穿越水域中水的密度, kg/m^3 ;

V ——近管道流层水的流速, m/s ;

g ——重力加速度, m/s^2 。

沿河底拖管所需牵引力,应与发送道起动时的牵引力进行对比,以确定最大牵引力。牵引力应按式(4.2.1-3)计算:

$$N = 9.8(aG + T) \quad (4.2.1-3)$$

式中 N ——沿河底拖管所需牵引力, N ;

a ——起动系数, 一般取2;

T ——钢丝绳重量, kg 。

4.2.2 牵引设备的选用, 应根据牵引力的大小和施工单位现有装备情况而确定, 牵引设备能力应不低于最大牵引力的1.2倍。

4.2.3 钢线绳的选用应符合下列规定:

4.2.3.1 应按最大牵引力选用钢丝绳, 钢丝绳的安全系数应大于或等于3.5。

4.2.3.2 钢丝绳有一定的弹力, 为避免使用时扭在一起, 在使用前应预拉, 预拉力为钢丝绳许用拉力的15%~20%。

4.2.4 无论沿河或浮在水面上拖管, 都应在岸上设有管线的发送装置。河流两岸平坦且与河面相对高差小, 宜采用水力发送沟; 河两岸比较平坦且与河水面有一定高程差, 应修小平车发送道; 河两岸地势起伏且与河面有一定的高差, 适于用滚动管架发送道。采用哪种发送道, 除上述条件外, 还应根据穿越工程的具体情况 and 施工单位现有装备能力来确定。

4.2.5 液动管架发送道的设计应符合下列原则:

4.2.5.1 根据牵引管线的长度和重量确定滚动管架的跨度和数目;

4.2.5.2 滚动管架高程的设计必须满足管线弯曲曲率的要求;

4.2.5.3 滚动管架强度必须计算, 稳定性应校核。

4.2.6 大型河流穿越, 拖管所需牵引力大。为保证牵引成功, 应修筑牵引道。牵引道与管线施工作业带宽度相同, 长度应保证牵引作业正常进行。牵引道的承压强度应不低于砂石路面的承压能力。

4.2.7 牵引前应把所用的钢丝绳(牵引主钢丝绳)由河的一岸送到对岸。其方法有两种: 一是用小绳牵大绳; 二是用船放绳。对泥砂回淤量大的河流, 牵引钢丝绳不宜采用方法一发送。但无论采用哪种方法放绳, 都应保证把钢丝绳放在沟内。

4.3 漂管过江

4.3.1 管线穿越湖泊水库和水流速度在 0.2m/s 以下的河流时，可采用漂管过江，即将管线组装焊接好以后，沿水面漂浮拖至对岸，然后再沉入河底中心线或管沟内。

4.3.2 漂管过江，可根据施工现场的具体条件选择直线漂管过江或旋转漂管过江方式。河岸预制场地宽阔，宜采用直线漂管过江，即先将管线沿垂直河流方向预制好后，再将管线直线漂浮拖至对岸。垂直河面的施工场地小于河面宽度，适于旋转漂管过江。

4.3.3 在漂管过江时，为确保管线安全应注意以下事项：

4.3.3.1 在管线漂浮过江时，应采取有效措施防止管线被水流冲击发生过大的弯曲变形；

4.3.3.2 管线是通过向管内充水使管重增加而下沉的，为避免下沉时应力过大，充水应缓慢均匀进行。

4.3.4 穿越管段的重量必须小于浮力才能漂管过江，当管线重量等于或大于浮力时，可采取加浮筒的方法进行浮拖。

5 稳管、回填及护岸

5.1 稳管形式和施工要求

5.1.1 水下穿越管线必须稳定在所要求的位置上，不应因水流冲击而移动位置，严禁管线浮动，应按设计要求进行稳管施工。

5.1.2 穿越管线在压平衡重块、压石龙、浇筑混凝土连续覆盖层时，不得损坏管线的防腐绝缘层。

5.1.3 复壁管环形空间注水泥浆前，内管必须充满水且保持一定的压力，以防止在注浆时受外压作用产生变形。注浆时应在排放口取样，测定水泥浆相对密度，当达到设计相对密度时应停止注浆，但水泥浆应在适当压力下凝固。

5.1.4 为使注浆顺利进行，水泥浆流动度、初凝时间、终凝时间应符合表 5.1.4 的规定，为增加流动度，可向水泥浆内加缓凝剂。当要求水泥浆的密度较大时，可加入重晶石粉。

水泥浆性能

表 5.1.4

项目 指标	流动度	初凝时间	终凝时间	密度
不低于	16cm	8~10h	18~24h	1800kg/m ³

5.2 管沟回填和地貌恢复

5.2.1 管线下沟或牵引就位后，应将管沟回填好。爆破成沟和水下开挖的管沟，应根据具体情况适当回填。

5.2.2 施工期间应保护施工现场周围的生态环境，工程完毕后，应立即拆除临时设施，包括截水坝、导流沟、发送管、牵引

道等，并恢复地貌。

5.2.3 按设计要求及时完成护岸和护坡的砌筑工程。

6 气举沉管法穿越河流

6.0.1 当穿越的河床为松软土壤，可采用气举沉管法施工。

6.0.2 采用气举沉管法施工时，应先把预制合格的穿越管段牵引至河床中心线就位，并应在管内充满水的条件下，进行气举沉管作业。

6.0.3 气举沉管一次作业长度不得超过穿越管线的允许悬空（水中）跨度。

6.0.4 射水压力应不小于 0.6MPa，射水冲刷管线下面土壤而形成的泥浆含砂量一般应为 30%~40%。

6.0.5 编制气举沉管法施工方案时，应计算射水冲刷的土方量（包括回淤量）、射水量、压缩空气量，确定气举泵数、水泵数、空压机数，核定气举船的承载能力，同时确定定位移动措施。

7 管道穿越公路和铁路

7.1 一般规定

7.1.1 管线穿越公路和铁路时，应尽量垂直，其夹角应接近 90° ，在任何情况下不得小于 30° ，穿越位置应避开岩石带和低洼积水处。

7.1.2 穿越管道的管顶距铁路轨枕下面不得小于1.6m，距公路路面不得小于1.2m，在路边低洼处管线埋深不得小于0.9m。

7.1.3 带套管穿越时，套管应伸出路基坡脚外2m。

7.2 顶管法施工

7.2.1 顶管作业坑应选在地面高程较低的一侧，作业坑应有足够的长度和宽度，其深度根据管线穿越深度确定。作业坑底铺设枕木和导轨，导轨作为套管前进的轨道。承受顶进反力的作业坑背面应采取加强措施。

7.2.2 在地下水位高的地段，开挖作业坑应采取有效的降水措施，保证顶管作业正常进行。

7.2.3 顶管作业时，第一节管顶进方向的准确性是关键，应认真加以控制、仔细检查和测量，轴线偏差不得超过顶进长度的1.5%。

7.2.4 顶管作业开始以后，应连续进行，不宜中途停止。

7.3 钻孔法施工

7.3.1 在钻孔作业方便的一侧开挖作业坑，在另一侧挖接收坑。作业坑应有足够的长度和宽度，其深度应根据管线穿越深度确定。

7.3.2 在地下水位高的地段，应采取有效的降水措施，保证钻

孔作业的正常进行。

7.3.3 安装钻机时，钻头和管子必须同心。在钻孔时，对松软土壤，钻头应比主机低 1% 钻杆长度。对岩石土壤，钻头应比主机低 5% 钻杆长度。

7.3.4 为保护好管子的外防护腐层，在管子前方应焊上保护钢圈。

7.3.5 穿越管道与干线管道应保持同心，穿越管子的允许偏差：上下方向为钻进管子长度的 0.5%，左右方向为钻进管子长度的 1%。

7.3.6 带套管穿越时，内管穿越后应按设计要求将套管两端封堵，并与干线管道连接。

7.4 开挖法施工

7.4.1 管道穿越等外公路、乡间土路以及其他不适宜用钻孔法和顶管法施工的公路，可采用开挖法施工。

7.4.2 采用开挖法穿越公路时，交通被中断，应根据安全规则，设置路障、栅栏、警卫标志，必要时开通或修筑绕行便道，并设专人指挥交通维护安全。

7.4.3 用机械或人工开挖管沟，沟底应平直，管沟的几何尺寸应符合 SYJ 4001—90 第三章的规定。

7.4.4 穿越公路管沟回填土应充分夯实，使其密实度与未开挖的土壤一致，并应按开挖前的结构和质量恢复路面。

8 定向钻机穿越

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于自控定向型钻机穿越施工。该钻机适宜于穿越的地质条件有：粘土、亚粘土、粉砂、中砂层。

8.1.2 穿越管段中心线与地下管线、通信线路或动力电缆的垂直距离应大于 50m。

8.1.3 在穿越长度和工艺条件允许情况下，穿越管段曲率半径应尽量取大一些，曲率半径以 $1500D$ 为宜（ D 为穿越管段外径，以下同），但最小曲率半径不应小于 300m。穿越管段在入土点之后 20m 内应为直线段。

8.1.4 穿越管段曲线纵截面的人土角和出土角应根据穿越地形、地质条件和穿越管段管径的大小来确定，一般入土角控制在 $9^{\circ} \sim 12^{\circ}$ ，出土角控制在 $4^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 为宜。

8.1.5 地质钻探要求应符合本标准附录 C 的规定。

8.2 测量放线

8.2.1 应根据施工图纸要求的人土点和出土点坐标放出管线中心轴线，在入土点端测量并确定钻机安装位置和蓄水池及泥浆池的占地边界线。

8.2.2 在出土点一端，应根据管线中心轴线和占地宽度（20m）和长度（为穿越管段长度加 50m），放出管线组装场地边界线和泥浆池占地边界线，并标志出拖管车出入场地路线和地点。

8.3 钻机安装和调试

8.3.1 钻机应安装在入土点和出土点的连线上。钻机导轨与水平面的夹角一般比设计的人土角大 1° 。

8.3.2 钻机应安装牢固、平稳，经检验合格后进行试运转，并应根据穿越管径的大小、长度和钻具的承载能力调整拖拉力。

8.3.3 应对控向系统进行仔细准确调校，调校的参比数据应存入计算机。

8.4 泥 浆 配 制

8.4.1 应用清洁的淡水来配制泥浆，用水量为 $1.5\text{m}^3/\text{min}$ 。

8.4.2 泥浆应由膨润土加泥浆添加剂与水搅拌而成。

8.4.3 泥浆的粘度应符合下列要求：

8.4.3.1 应根据地质情况和管径大小确定泥浆粘度，泥浆粘度值见附录 D。

8.4.3.2 应用马氏漏斗计测量泥浆粘度，每两小时测一次。

8.5 导向孔钻进和管线回拖

8.5.1 定向钻穿越施工的主要程序应是：先用定向钻机钻一导向孔，当钻头和套管出土后，撤出钻杆，在套管出土端连接切割刀、扩孔器和穿越管段。在扩孔器扩孔的同时，钻台上的活动卡盘向上移动，拉动扩孔器和穿越管段前进，穿越管段就逐渐地被敷设在扩大的孔中，直至管端在入土点露出。

8.5.2 穿越施工应把握好导向孔这个关键工序的质量。应根据设计曲线钻导向孔，应根据管径大小确定每根钻杆的折角，随钻随测量，并做好记录，每根钻杆的折角应符合表 8.5.2 的要求。

钻 杆 折 角

表 8.5.2

管径 $\phi(\text{mm})$	每根钻杆最大折角 ($^{\circ}$)	4 根钻杆累加折角 ($^{\circ}$)
219 以下	3.5	6
219~426	2.5	5
426 以下	2.0	4

8.5.3 导向孔曲线与设计曲线的偏移量半径不应大于 2m。出土点沿设计轴线的纵向偏差应不大于穿越长度的 1%，且不大于 10m；横向偏差应不大于穿越长度的 2%，且不大于 2m。

8.5.4 钻杆钻进到 150m 进尺时应加套管，地层复杂时套管应紧跟钻杆，套管前端与钻头的距离应大于 20m。

8.5.5 钻杆和套管内在施工前应进行清扫，严禁有杂物。

8.5.6 当穿越管段直径小于 377mm 时，地质条件为粘土、亚粘土、粉土、粉砂层时，可不进行预扩孔。当管径大于或等于 377mm 或地质条件为中砂层时，应进行预扩孔。管径每增加 150mm 时，应进行一次预扩孔。

8.5.7 管段回拖前，应将管段摆放在发送托管架上或放入发送沟内。采用发送沟方法回拖管段时，地段应平坦，发送沟内不得有石块、树根和硬物，沟内应放水。

8.5.8 回拖前管段应和钻具连接，其顺序应为套管、麻花钻杆、切割刀、扩孔器、旋转器、U 型环到管段。麻花钻杆连接后应用泥浆冲洗，直至套管内畅通无杂物为止。检查切割刀和扩孔器内各通道及各泥浆喷嘴是否畅通，确认合格后方可连接。切割刀直径比扩孔器直径应大 150mm，扩孔器直径比穿越管段直径应大 150mm。全部连接完后应送泥浆冲洗，检查各泥浆喷嘴是否正常，确信合格后方可进行回拖施工。

8.5.9 管线回拖施工应连续进行。

8.6 穿越管段施工

8.6.1 采用水平定向钻穿越施工时，穿越管段的施工程序应是：管段外防腐涂层的预制、拉运、布管、组对焊接、焊缝无损探伤检验、试压、通球扫线、防腐补口及补伤、电火花仪防腐涂层检漏、管段放入发送架或发送沟、管段回拖到位，最后进行试压。

8.6.2 定向钻穿越施工的管段，应严格按设计图样要求施工，并经检查验收合格后方可进行回拖施工。

8.6.3 管段组装焊接长度应为穿越断面曲线设计长度加 20m, 设计长度应与实际钻成的导向孔记录长度核实。

8.6.4 严禁在穿越管段上开孔焊接接管、管嘴及其他附件, 试压时只许在管段两端加长段上开孔焊接放空阀和安装压力表, 回拖连接时, 开孔的加长管段应割除。如管段中间较高时, 可采用通球方法排气。

8.6.5 穿越管段回拖完成后, 应进行严密性试压检验。

9 工程验收

9.0.1 每道工序完成后，建设单位代表或建设单位委托的施工监理应及时检查，认定质量合格后在施工记录上签字。

9.0.2 工程竣工，应由建设单位牵头，会同施工单位和设计单位一起对工程进行全面检查和验收。其内容包括：材料的型号、规格、性能指标，管线防腐和焊接质量，管线的穿越位置和埋深，稳管、回填、地貌恢复及护坡工程等。

9.0.3 工程竣工后三个月内，施工单位应向建设单位移交竣工资料，案卷质量应符合石油工业科技档案有关规定。单项或单位工程应提供的竣工资料有：

a. 竣工图：线路平面走向图及纵断面图。

b. 技术资料：工程验交证书或中间交工证书、工程质量评定表、开工和竣工报告、材料质量证明书或检验报告；无损检验统计表、试压和通球记录、隐蔽工程记录、管沟开挖成果表、施工组织设计或施工方案、焊接工艺评定、技术交底和图纸会审记录。

c. 主要管理资料：施工单位资质证复印件、焊工证复印件、工程合同及协议、施工总结、工程预算等。

附录 A 爆破参数概念

A.0.1 爆破漏斗使装药进一步接近地面，爆破后地面土石抛出，产生漏斗孔，如图 A.0.1 所示。

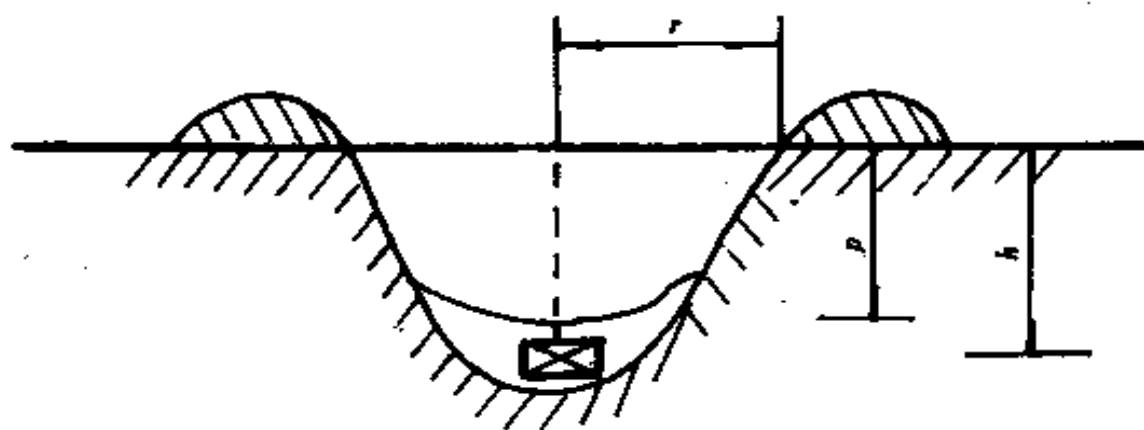


图 A.0.1 爆破漏斗

h —最小抵抗线； r —漏斗半径； p —漏斗可见深度

A.0.2 为了便于理解爆破参数最小抵抗线 h 、漏斗半径 r 及漏斗可见深度 p 之间的关系，引入“爆破作用指数”的概念，“爆破作用指数”用“ n ”表示。

$$n = r / h$$

根据 n 的不同，爆破漏斗分类如图 A.0.2 所示。爆破漏斗的种类不同，所产生的最小抵抗线也不同，它们的关系是：

标准（抛掷）漏斗， $r = h$ ，相应的装药称为标准装药（ $n = 1$ ）。

过量（抛掷）漏斗， $r > h$ ，相应的装药称为过量装药（常用 $1 < n < 3$ ）。

减量漏斗， $r < h$ ，相应的装药称为减量装药（常用

$0.75 < n < 1$).

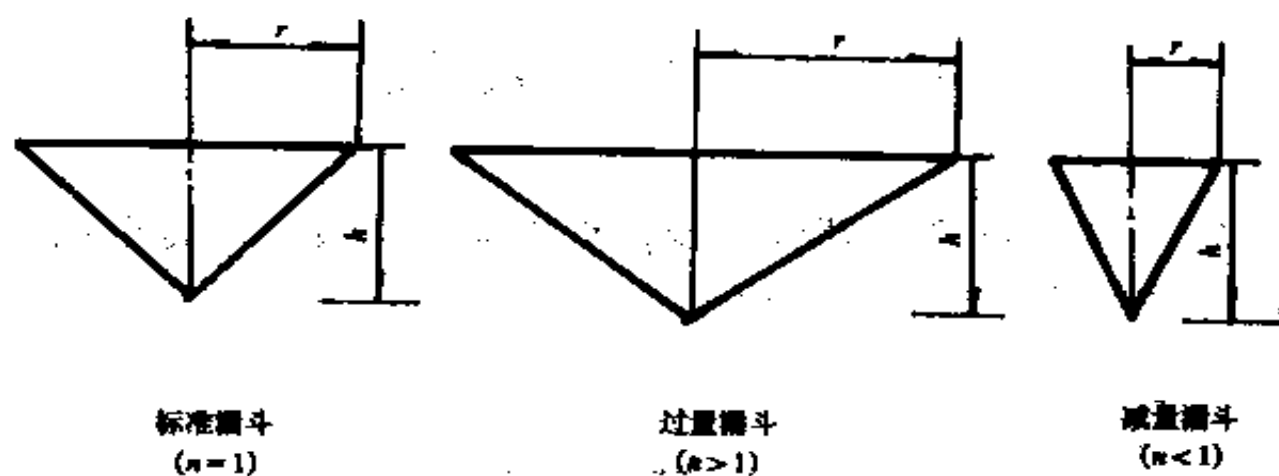


图 A.0.2 焊破漏斗分类

附录 B 爆破参数选择及举例

满足口宽要求时, 先确定装药种类 (即 n 值), 计算爆破漏斗半径 ($r = D/2$), 计算埋药深度 (即最小抵抗线 $h = r/n$), 然后确定装药量 ($Q = Abh^3$)。根据选用的 n 值校核可见深度 (p)。

满足深度要求时, 先确定装药种类 (即 n 值), 计算最小抵抗线 ($n=1, h=p/0.5, h=1.5, h=p; n=2.0, h=p/1.4$)。计算装药量 ($Q = Abh^3$), 计算爆破漏斗半径, 最后校核口宽 ($D=2r, r=nb$)。

例: 在坚硬粘土地上, 爆破一个直径 (爆破口宽) D 为 6.0m, 深度 p 为 2.0m 的漏斗坑, 试分别计算满足爆破漏斗口宽要求和满足漏斗深度要求时, 标准装药和 2 倍过量装药的装药量。

解: 满足口宽 (D) 要求时: $r = D/2 = 6/2 = 3\text{m}$

标准装药: $h = r/n = 3/1 = 3\text{m}$

$$p = 0.5h = 0.5 \times 3.0 = 1.5\text{m}$$

$$Q = Abh^3 = 0.7 \times 1.7 \times 3^3 = 32.1\text{kg}$$

2倍过量装药: $h = r/n = 3/2 = 1.5\text{m}$

$$p = 1.4h = 1.4 \times 1.5 = 2.1\text{m}$$

$$Q = Abh^3 = 0.7 \times 13.2 \times 1.5^3 = 32.2\text{kg}$$

满足漏斗深度 (p) 要求时:

标准装药: $h = p/0.5 = 2/0.5 = 4\text{m}$

$$r = nh = 1 \times 4 = 4\text{m}$$

$$D = 2r = 2 \times 4 = 8\text{m}$$

$$Q = Abh^3 = 0.7 \times 1.7 \times 4^3 = 76.2\text{kg}$$

2倍过量装药: $h = p/1.4 = 2/1.4 = 1.4\text{m}$

$$r = nh = 1 \times 1.4 = 2.8\text{m}$$

$$D = 2r = 2 \times 2.8 = 5.6\text{m}$$

$$Q = Abh^3 = 0.7 \times 13.2 \times 1.4^3 = 25.4\text{kg}$$

注：上述符号见公式 (3.4.2-1)，取系数值查表 3.4.2-1。

附录 C 地质钻探要求

C.0.1 地质钻探孔应沿穿越管线的轴线两侧布置，一般孔距为 100m，每排孔与穿越管线轴线距离为 20~30m。若探孔中发现地质情况复杂难以判断土质变化，应酌情增加探孔密度。探孔布置如图 C.0.1 所示。

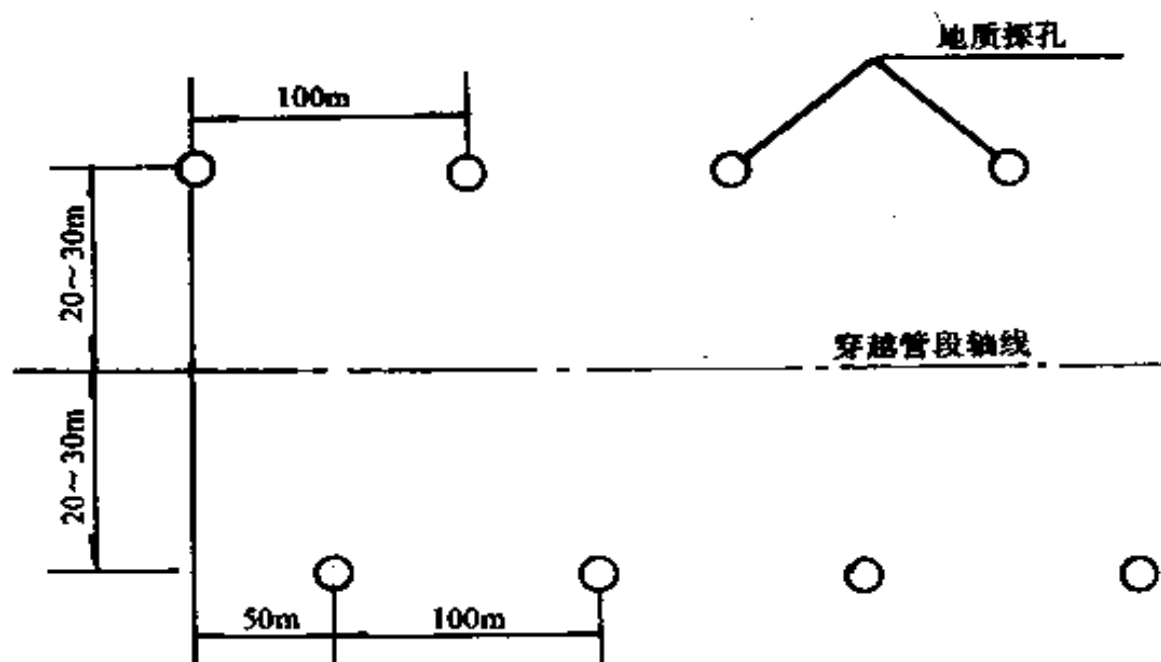


图 C.0.1 探孔布置图

C.0.2 探孔深度应大于管线敷设深度 10m。

C.0.3 地质钻探必须提供下列参数：取样深度、含水量、颗粒度、液性指数、塑料指数、液限、塑限等。

C.0.4 若穿越区位于盐碱地，应提供水质报告。

C.0.5 应提供穿越地段的地形图和地质钻探断面图。

附录 D 泥浆粘度值表

泥浆粘度值表

表 D

地质状况 粘度值(s) 管径 ϕ (mm)	粘土	亚粘土	粉砂	细砂	中砂	粗砂	软岩石
钻导向孔	30~40	35~40	40~45	40~45	45~50	50~55	45~50
273	30~40	35~40	40~45	40~45	45~50	50~55	45~50
273~426	30~40	35~40	40~45	40~45	45~50	55~60	50~55
426~529	40~45	40~45	45~50	45~50	50~55	55~60	50~55
大于 529	45~50	45~50	50~55	55~65	55~65	65~70	55~65

附录 E 本规范用词说明

E.0.1 为了便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

E.0.1.1 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

E.0.1.2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

E.0.1.3 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

E.0.2 条文中指明必须按其他有关规定和规范的写法为：

“应按……执行”或“应符合……要求或规定”。

附加说明

本标准主编单位、参加单位和主要起草人名单

主编单位：中国石油天然气管道第一工程公司

参加单位：中国石油天然气总公司工程技术研究院

主要起草人：刘英臣 姜正模 石忠

附件

石油天然气管道穿越工程 施工及验收规范

条文说明

制 定 说 明

根据中国石油天然气总公司(93)中油科字第52号文通知的要求,由中国石油天然气管道第一工程公司主编,中国石油天然气总公司工程技术研究院参加编制的SY/T 4079—95《石油天然气管道穿越工程施工及验收规范》,经中国石油天然气总公司1995年3月11日以(95)中油技监字第156号文批准发布。

在编制过程中,编制人员遵照国家有关方针政策,进行了比较广泛的调查研究,认真总结了我国石油天然气管道穿越工程施工及验收的实践经验,并广泛征求了有关单位的意见,反复讨论、修正,最后由中国石油天然气总公司基建工程局会同有关单位进行审查定稿。

本规范共分9章和5个附录。主要内容包括总则;管线防腐、组装焊接、试压及通球;河底管沟开挖;管线牵引就位;稳管、回填及护岸;气举沉管法穿越河流;管道穿越公路和铁路;定向钻机穿越及工程验收。

为便于广大工程技术人员及有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,本规范编写人员根据国家有关编制标准和规范条文说明的统一要求,按正文的章、节、条顺序编制了本条文说明,供有关人员参考。

希望各单位在执行过程中,结合工程实践,认真总结经验,注意积累资料,如发现需要修正和补充之处,请将意见和有关资料同时寄往辽宁省沟邦子管道第一工程公司和天津塘沽津塘公路40号中国石油天然气总公司工程技术研究院标准室(邮编:300451),以便今后修改时参考。

中国石油天然气管道第一工程公司

1994年11月

目 次

1	总则	(35)
2	管线防腐、组装焊接、试压及通球	(36)
3	河底管沟开挖	(37)
3.1	测量放线	(37)
3.2	导流和截流开挖管沟	(37)
3.3	水下开挖管沟	(38)
3.4	爆破成沟	(38)
3.5	河底管沟几何尺寸和质量要求	(39)
4	管线牵引就位	(40)
4.2	沿河底拖管	(40)
4.3	漂管过江	(41)
5	稳管、回填及护岸	(42)
5.1	稳管形式和施工要求	(42)
5.2	管沟回填和地貌恢复	(42)
6	气举沉管法穿越河流	(43)
7	管道穿越公路和铁路	(44)
7.1	一般规定	(44)
7.2	顶管法施工	(44)
7.3	钻孔法施工	(44)
7.4	开挖法施工	(45)
8	定向钻机穿越	(46)
8.1	一般规定	(46)
8.2	测量放线	(46)
8.3	钻机安装和调试	(47)
8.4	泥浆配制	(47)

8.5 导向孔钻进和管线回拖	(47)
8.6 穿越管段施工	(48)
9 工程验收	(49)

1 总 则

1.0.1 本条阐述了编制此标准的目的。油气管道穿越工程技术，我国是从60年代发展起来的，虽然已有30多年的历史，但至今尚无一套系统完整的施工技术标准。在总结多年来穿越工程施工经验和研究了已有资料的基础上，编制了本规范，这对提高施工技术水平和保证工程质量具有一定的意义。

1.0.2 规定了此规范的适用范围：即长输和集输管道穿越人工与天然障碍，如河流、湖泊、水库、水渠、冲沟、雨裂、铁路和公路等，也就是通常所说的穿河、穿公路、穿铁路这“三穿”。本规范不仅适应于油气长输和集输管道穿越工程，输水、输煤浆、输矿浆以及输送其他介质的管道穿越工程也可参照执行本规范。

1.0.3 本规范为行业标准，必须符合国家标准，本规范未涉及部分可参照执行其他部颁标准，规范和规定。

1.0.4 穿河、穿公路、穿铁路以及穿越其他设施，在施工时，对河流通航、公路和铁路运输有什么样的影响，如何解决；对被穿越设施及周围环境在安全上是否构成影响，采取什么防护措施；如何保护施工现场周围的生态环境；这些问题要在施工组织设计或施工方案中提出切实可行的技术措施。施工单位应同对被穿越设施有管辖权的部门协商并得到同意和批准后，方可施工。

2 管线防腐、组装焊接、试压及通球

2.0.1 钢管的防腐应按设计要求和有关的防腐技术标准施工和验收。

2.0.2 穿越管段不同于一般地段敷设的管线，一旦出现问题很难维修，所以对焊接质量要求更高，必须严格控制；环形焊缝一般应 100%射线探伤。

2.0.3 穿越管段必须单独试压一次，由于穿越管段较一般管段短，所以稳压时间应缩短，强度试压稳压 4h，严密性试压稳压 8h。其他要求同一般线路工程，按 SYJ 4001—90 执行。

3 河底管沟开挖

3.1 测量放线

3.1.1 管沟在开挖前、开挖中、开挖完，都要按施工图上的要求测量放线。这是控制和检查开挖质量的手段。测量的内容包括管沟中心位置和沟底的标高。管沟在开挖时设计的标桩要位移，所以开挖管沟之前应引相对坐标点和相对标高，作为测量基点。

3.1.2 采取导流围堰法开挖管沟时，导流沟、截水坝、发送道、牵引道的几何尺寸和位置，以及整个施工作业场地平面布置，应根据施工方案来确定并放线。

3.2 导流和截流开挖管沟

3.2.1 用导流和截流方法开挖管沟，适应于小型和中型河流。这是因为河水流量小，通过导流和围堰把施工作业面与河流上下游隔开，相当于在陆上敷设管线。如果河水流量很大，导流和围堰的工程浩大，就不合算了。这种方法是最古老、最原始的施工方法，但也是常用的方法。它的优点是施工容易、方便，工程造价低，而且管线防腐、焊接、试压、通球、管线下沟等所有作业可在堰内进行，管线一般不需要牵引。

3.2.2 对导流和围堰法开挖管沟作了以下规定：

3.2.2.1 规定导流沟底的标高要比入口处河流水面低，沟底沿水流方向应有一定坡度，导流沟的宽度视河水流量而定，这样就能保证河水很顺畅地导流。

3.2.2.2 上下游两截水坝之间距，应根据具体情况，以保证施工作业正常进行为准来确定。坝顶标高应高出河流水面 $1\sim 1.5\text{m}$ ，坝顶宽度一般为 $2\sim 5\text{m}$ ，断面为梯形，边坡比为 $1:1\sim 1:2$ 。

3.2.3 围堰法开挖管沟时，管沟中会有大量的地下水涌出。如

果不及时搞好降水，施工作业就无法进行，因此必须有切实可行的降水措施，确保正常施工。以往在穿河中由于降水措施不佳导致管线埋深不够，甚至穿越工程失败，这种教训必须记取。应根据穿越地段土壤性质、施工方法及施工机具的情况确定降水方案。一般说来，砾砂、砂卵石、粘土、砂土，可明沟排水；若为淤泥、粉砂、流砂，多采用井点降水。

3.3 水下开挖管沟

3.3.1 水下河床管沟开挖，常用而且效果较好的方法是挖泥船开挖法。当河床土质松软、水流速度小、泥砂回淤量少，适宜用绞吸式或吸扬式挖泥船开挖；河床土质坚硬，如硬土层、砂卵石层，用抓斗或轮斗挖泥船比较适宜，总之应根据河床土质和机械设备情况来确定使用哪种型式挖泥船作业。

3.4 爆破成沟

3.4.1 经过多年河流穿越工程实践的总结，目前比较成熟的爆破成沟的方法有：植桩爆破法、埋入爆破法和裸露爆破法。因此，应根据河流水文、地质条件和穿越工程的技术要求，选择相适应的爆破施工方法。河水深、流速小、管沟浅，可采用裸露爆破法；河水浅、开挖炸药坑容易，如河流浅滩，适宜采用埋入爆破法。除上述两种情况外，常用植桩爆破法。

3.4.2 本条列出土石方爆破炸药量计算公式：即沃班公式和鲍列斯柯夫公式。当最小抵抗线小于 3m 时，用式 (3.4.2-1)，最小抵抗线大于或等于 3m 时，用式 (3.4.2-2)。

3.4.3 植桩爆破法是经多年施工实践总结摸索出来的。植桩爆破应按以下技术要求施工。

3.4.3.1 根据管沟深度和开挖土方量大小，确定钢管药桩直径，如果管沟深、土石方量大，需要的炸药量大，可用 $\phi 377 \times 7$ 钢管制作药桩；如果管沟浅、土石方量小，需要的炸药量少，可用 $\phi 273 \times 7$ 钢管制作药桩。

3.4.3.2 钢管药桩长度 (L) 按式 (3.4.3-1) 计算, 爆破深度按式 (3.4.3-3) 计算。

3.4.3.4 钢管药桩的制作: 按确定的直径和长度, 将钢管一端做成锥形并封闭、另一端敞口的药桩。

3.4.3.5 确定钢管药桩的埋设位置:

a. 药桩间距 5~6m;

b. 植双排药桩时, 两排药桩之间距离为 5~6m, 即与药桩间距相同;

c. 沟深小于或等于 5m 时, 植单排药桩; 沟深大于 5m 时, 植双排药桩。

3.4.4 埋入爆破法施工程序: 测量放线确定炸药包位置→开挖药坑→制作并埋设药包→联接起爆线路→施爆。药包必须作好防水处理和配重。

3.4.5 裸露爆破施工时, 应做好炸药包的配重和防水处理, 应将药包投放在河床中心线上且稳固可靠。

3.5 河底管沟几何尺寸和质量要求

3.5.1 本条规定根据河流的土壤性质、河水流速、开挖深度和施工方法等诸因素综合考虑, 以确定河底的宽度和边坡尺寸。如果河床为流砂、粉砂、河水流速大, 在挖沟时容易塌方和回淤, 沟底应当宽, 边坡比应大。如果在粘土河床上开挖管沟正好与上面相反。开挖深度和施工方法与沟底宽和边坡比也有关系。管沟挖的越深、塌方和回淤量就越大。使用机械挖沟就比人工开挖搅动大, 容易塌方。选择管沟底宽度和边坡数据, 推荐参照表 3.5.1。

3.5.2 河底管沟的质量要求如下: 河底管沟应平直, 采用水下开挖法 (挖泥船、拉铲、爆破) 时, 中心线偏移不应超过 50cm; 采用围堰开挖时, 其作业条件比前者好, 要求管沟中心线偏移不超过 20cm。管沟深度应符合设计要求, 其允许偏差为 40cm (采用围堰法时为 20cm)。

4.3 漂管过江

4.3.1 所谓漂管过江，也就是浮拖法，它的优点是需要的牵引力小，缺点是适用范围小，管线的安全性和稳定性难以控制。管线穿越湖泊、水库、流速很小的河流（ 0.2m/s 以下），可采用浮拖法牵引。

4.3.2 浮拖法分为直线漂浮过江和旋转过江两种方法，应根据现场实际选择适宜的浮拖法牵引。

4.3.3.2 向管内充水沉管时，应缓慢均匀进行，避免因下沉太快而造成应力过大使管线受损。

4.3.4 在浮拖前应计算穿河管段的浮力，管线重量必须小于浮力才能浮拖。如果等于或大于浮力时，可采取加浮筒的方法增加浮力进行浮拖。

5 稳管、回填及护岸

5.1 稳管形式和施工要求

5.1.1 本条对水下管线稳定性提出了要求，水下穿越管线的密度必须大于浮力（包括静水浮力和动水浮力）和水平推力，以免管线裸露后发生浮动和位移。因此，稳管施工质量不可忽视。

5.1.2 在管线上压配重块，压石笼、浇注混凝土覆盖层时，容易损坏防腐层，施工中应有保护措施。

5.1.3 用泥浆泵向复壁管环形空间注水泥浆时，必然有一定的压力。如果注浆前内管不充满水，在外压作用下内管可能发生变形，过去发生过这类事故。因此，强调注浆前内管必须充满水并保护一定的压力。注浆时由排放口取样，测定泥浆相对密度达到设计相对密度时停止注浆，但应保持泥浆在压力下凝固。

5.2 管沟回填和地貌恢复

5.2.1 采用导流围堰法穿河，管线下沟后应及时回填。水下开挖的管沟，无论挖泥船开挖、还是爆破成沟，都应根据工程具体情况，在管线牵引就位后，适当回填，主要是靠自然回淤将管沟填平。

5.2.2 穿越工程尽可能少占地，少毁树木、花草、保护好施工现场周围的生态环境，工程完毕应及时恢复地貌，做好护岸。

6 气举沉管法穿越河流

6.0.1 气举沉管法过河适应于土壤松软的河床，但穿越深度受到限制，用的设备多，在船上操作比较麻烦。然而用其他方法穿越难度大时，根据具体情况可用气举沉管法施工。

6.0.2 气举法过河时，管线的预制和牵引与其他方法相同，管线预制好牵引就位并充满水之后，才能气举沉管。

6.0.3 规定了一次沉管长度不得超过管线的允许悬空长度。

6.0.4 根据胜利油田以往的经验，高压射水压力不小于0.6MPa，泥浆含砂量在30%~40%左右。

6.0.5 应根据射水冲刷的土方量，确定气举泵数；由射水量来决定水泵数；按压缩空气量确定空压机数。要核算气举船的承载能力，气举船应有可靠的定位和移动措施，保证水上作业的安全。

7 管道穿越公路和铁路

7.1 一般规定

7.1.1 管线穿越公路和铁路时，应尽量垂直穿越，其夹角为 90° 最好，但由于线路走向受到限制，管线与公路及铁路的夹角可以小于 90° ，管线应避免开岩石带和低洼积水处，以方便施工。

7.1.2 规定穿越管线管顶与铁路枕木下面之间的距离不得小于1.6m，与公路路面间距不得小于1.2m，距公路和铁路的路边低洼处管子的埋深不小于0.9m。

7.2 顶管法施工

7.2.1 对顶管作业坑提出了具体的技术要求，应当强调的是承受顶进反力的作业坑背面应采取加强措施。

7.2.2 为保证顶管作业正常进行，顶管作业坑里的地下水应及时排出。

7.2.3 第一节管顶进方向的准确性是关键，应经常检查测量控制好，要求轴线偏差为顶进长度的1.5%。

7.2.4 顶管作业不宜中途停止，因为在地下水位高的地段顶管时，停止作业后水位上升。这不仅给施工带来方便，严重的可能造成作业坑塌方。

7.3 钻孔法施工

7.3.1 作业坑设在施工方便的一侧，一般长8m，宽4m。深度按管线穿越深度而定。接收坑设在作业坑对面一侧的管道中心线上。

7.3.2 在地下水位高的地段施工，作业坑和接收坑应根据具体

情况采取有效的降水措施。

7.4 开挖法施工

7.4.2 采用开挖法穿公路，必须中断交通，因此要有可靠的安全措施，设路障、栅栏、警卫标志，必要时开通旁路或修筑绕行便道。

8 定向钻机穿越

8.1 一般规定

8.1.1 自控定向型钻机主要是指 RB-5 型定向钻机而言。根据定向钻机的工作特点、钻具结构以及对穿越管段防腐要求，不适宜于岩石层、流沙层、砾石层和卵石层的穿越。但穿越段内若有少量区段的松软岩层或小区段的上述其他地质层，采取一定的技术措施仍可穿越。

8.1.2 钻孔时，穿越管线与地下管线及电缆距离太近，地下管和电缆所产生的磁场会干扰地下仪表单元的传感器，使测量误差增大。因此，要求地下管线和电缆距穿越管线应大于 50m。

8.1.3 定向钻穿越为曲线穿越，管线的曲率半径应尽量大些，这样管线回拖时阻力小。如果曲率半径太小，容易超过弹性敷设范围，增加管回拖拉力，因此规定曲率半径为 $1500D$ ，最小曲率半径不小于 300m。

8.1.4 穿越入土角和出土角在 $9^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 和 $4^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 之间为宜。因为钻机组装后自然夹角为 12° ，但入土角比钻机自然夹角小为适宜，所以应为 $9^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 。出土角比入土角小为宜，这样管线回拖入土阻力小，且便于施工。

8.2 测量放线

8.2.1 钻机安装场地的大小根据钻机型号而定，型号不同占地面积也不一样。泥浆池和蓄水池根据穿越管线的大小、长度和地质状况确定，一般管线长、管径粗、地质密实，要求泥浆池要大些。

8.2.2 在出土点一端和入土点一端都需要泥浆池，所以施工前应放出边界线。

8.3 钻机安装和调试

8.3.1 因为在钻孔时，钻杆来回抽动，钻杆要下沉，所以应事先留 1° 的余量。

8.3.3 控向系统是定向钻的眼睛，调校的目的是利用计算机将控向信息存起来（地下仪表单元与大地磁场的夹角）。

8.4 泥浆配制

8.4.1 如果水含钙、镁离子太多，应进行水质处理。

8.4.2 泥浆与水的比例和加什么添加剂，应根据地质条件而定。如果地质条件为中粗沙，要求泥浆粘，添加剂也用得多；如果地质好，只用膨润土和水。

8.4.3 原设备采用马氏漏斗测量，我们仍照引采用。也可用范氏漏斗来测量，但换算比较麻烦。

8.5 导向孔钻进和管线回拖

8.5.2 钻导向孔是水平定向钻施工的关键环节。如果每根钻杆的角度太大，即管线在孔中急转弯，容易超过管线的弹性敷设范围，在管线回拖时拉力增加。

8.5.3 偏移量半径是指穿越曲线与设计曲线上下左右偏移的距离，国外施工无此要求；出土点的偏移误差国外只有 1% 和 2% 的要求，没有上限。

8.5.4 因为钻杆软、套管硬，套管保护钻杆，如果套管不紧跟钻杆，钻杆就易下沉且孔成形不好；与此同时，泥浆也不易流畅，会把地层击穿，使泥浆从其他地方冒出。

8.5.5 如果不清除钻杆和套管中的杂物，就容易堵住钻孔，处理起来也比较麻烦。

8.5.6 预扩孔的主要目的是为了减小拉力，保护防腐层。

8.5.8 因为切割刀、扩孔器是重复使用的，用过后扩孔器和切割刀内的泥浆可能已经成块，如果不清洗出去，等回拖到地下，

处理起来就十分麻烦。

8.5.9 为了避免因回拖出现事故而造成回拖施工失败，管线回拖应连续进行。

8.6 穿越管段施工

8.6.1 本条内容是穿越施工应遵守的程序。

8.6.2 应严格按设计图样施工，并应通过检查确认达到质量要求。

8.6.3 因为钻导向孔时存在测量误差（一般为1%），所以管线出头应长出20m作为备用。

8.6.4 应避免出现焊接质量事故，因补焊后无法试压检验。

8.6.5 考虑管子回拖前已经进行了强度试验；所以回拖后只进行严密性试验。

9 工程验收

9.0.1 中间验收主要是控制工序质量，每道工序都应经建设单位代表或委托人验收并在施工记录上签字认可。

9.0.2 竣工验收由建设单位组织，施工单位和设计单位参加，对工程进行全面检查，内容包括原材料质量、管线防腐质量、焊接质量、穿越管线位置和埋深是否符合设计和本规范要求以及稳管、回填、地貌恢复工程质量等。确认工程质量合格，并完成合同规定内容后，办理交接手续。