

ICS 75 - 010

P 71

备案号：43275—2014

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

P

SY/T 6968—2013

**油气输送管道工程
水平定向钻穿越设计规范**

**Design code for oil and gas transmission pipeline
installation by horizontal directional drilling**

2013—11—28 发布

2014—04—01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

油气输送管道工程
水平定向钻穿越设计规范

Design code for oil and gas transmission pipeline
installation by horizontal directional drilling

SY/T 6968 2013

主编部门：中国石油天然气集团公司

批准部门：国家能源局

石油工业出版社

2013 北京

国家能源局 公告

2013 年 第 6 号

按照《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52号）的规定，经审查，国家能源局批准《核电厂操纵人员执照考核》等334项行业标准（见附件），其中能源标准（NB）62项、电力标准（DL）144项和石油天然气标准（SY）128项，现予以发布。

附件：行业标准目录（节选）

国家能源局
2013年11月28日

附件:

行业标准目录 (节选)

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
207	SY 5857—2013	石油物探地震作业民用爆炸物品管理规范	SY/T 5857 2006		2013-11-28	2014-04-01
208	SY 6280—2013	石油物探地震队健康、安全与环境管理规范	SY/T 6280 2006		2013-11-28	2014-04-01
209	SY 6322 2013	油(气)田测井用放射源贮存安全规范	SY 6322 1997		2013-11-28	2014-04-01
210	SY 6608—2013	海洋石油作业人员安全培训规范	SY/T 6608 2004 SY/T 6341—1998		2013-11-28	2014-04-01
211	SY 6652 2013	成品油管道输送安全规程	SY/T 6652 2006		2013-11-28	2014-04-01
212	SY 6925 2013	钻井用天然气发动机及供气站安全规程	SY 6925 2012		2013-11-28	2014-04-01
213	SY/T 0038 2013	管道防腐层特定可弯曲性试验方法	SY/T 0038—1997	ASTM G10; 2010, MOD	2013-11-28	2014-04-01
214	SY/T 0039 2013	管道防腐层化学稳定性试验方法	SY/T 0039 1997	ASTM G20— 10, MOD	2013-11-28	2014-04-01
215	SY/T 0040—2013	管道防腐层抗冲击性试验方法(落锤试验法)	SY/T 0040—1997	ASTM G14; 2010, MOD	2013-11-28	2014-04-01
216	SY/T 0096 2013	强制电流深阳极床技术规范	SY/T 0096 2000		2013-11-28	2014-04-01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
217	SY/T 0315—2013	钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范	SY/T 0315 2005		2013-11-28	2014-04-01
218	SY/T 0379—2013	埋地钢质管道煤焦油瓷漆外防腐层技术规范	SY/T 0379 1998		2013-11-28	2014-04-01
219	SY/T 0540—2013	石油工业用加热炉型式与基本参数	SY/T 0540 2006		2013-11-28	2014-04-01
220	SY/T 10015—2013	海上拖缆式地震资料采集技术规范	SY/T 10015 2006		2013-11-28	2014-04-01
221	SY/T 10020—2013	海上地震勘探数据处理技术规范	SY/T 10020 2006		2013-11-28	2014-04-01
222	SY/T 4102—2013	阀门检验与安装规范	SY/T 4102 1995		2013-11-28	2014-04-01
223	SY/T 4109—2013	石油天然气钢质管道无损检测	SY/T 4109 2005		2013-11-28	2014-04-01
224	SY/T 4124—2013	油气输送管道工程竣工验收规范			2013-11-28	2014-04-01
225	SY/T 4125—2013	钢制管道焊接规范			2013-11-28	2014-04-01
226	SY/T 4126—2013	油气输送管道线路工程水工保护施工规范			2013-11-28	2014-04-01
227	SY/T 5029—2013	抽油杆	SY/T 5029—2006	API Spec 11B; 2010, MOD	2013-11-28	2014-04-01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
228	SY/T 5030 - 2013	石油天然气工业 柴油机	SY/T 5030 - 2006 SY/T 5031 1999		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
229	SY/T 5080 - 2013	石油钻机和修井机用转盘	SY/T 5080 - 2004		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
230	SY/T 5089.2 - 2013	钻井井史格式 第2部分：海洋部分	SY/T 5089.2 - 2007		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
231	SY/T 5144 - 2013	钻铤	SY/T 5144 2007		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
232	SY/T 5150 - 2013	分级注水泥器	SY/T 5150 - 2000		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
233	SY/T 5165 - 2013	石油井下取样器	SY/T 5165 - 1987		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
234	SY/T 5170 - 2013	石油天然气工业用钢丝绳	SY/T 5170 2008	API Spec 9A: 2011, MOD	2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
235	SY/T 5259 - 2013	岩屑罐顶气轻烃的气相色谱分析方法	SY/T 5259 - 1991		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
236	SY/T 5324 - 2013	预应力隔热油管	SY/T 5324 - 1994		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
237	SY/T 5325 - 2013	射孔作业技术规范	SY/T 5325 - 2005 SY/T 6162 - 2008		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
238	SY/T 5343 - 2013	滤液侵入岩心量的测定方法	SY/T 5343 - 1994		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01
239	SY/T 5376 - 2013	石油通井机	SY/T 5376 2005		2013 - 11 - 28	2014 - 04 - 01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
240	SY/T 5377 2013	钻井液参数测试仪器技术条件	SY/T 5377 2007 SY/T 5380 2008 SY/T 5378 2009 SY/T 5381 2008 SY/T 5382 2009		2013-11-28	2014-04-01
241	SY/T 5466 2013	钻井工程及井场布置技术要求	SY/T 5466 2004		2013-11-28	2014-04-01
242	SY/T 5504.1 2013	油井水泥外加剂评价方法 第1部分：缓凝剂	SY/T 5504.1 2005		2013-11-28	2014-04-01
243	SY/T 5504.2 2013	油井水泥外加剂评价方法 第2部分：降失水剂	SY/T 5504.2 2005		2013-11-28	2014-04-01
244	SY/T 5504.8 2013	油井水泥外加剂评价方法 第8部分：膨胀剂			2013-11-28	2014-04-01
245	SY/T 5530—2013	石油钻机和修井机水龙头	SY/T 5530—2005		2013-11-28	2014-04-01
246	SY/T 5539 2013	油井管产品质量评价方法	SY/T 5539 2000		2013-11-28	2014-04-01
247	SY/T 5587.3 2013	常规修井作业规程 第3部分：油气井压井、替喷、诱喷	SY/T 5587.3 2004		2013-11-28	2014-04-01
248	SY/T 5587.14 2013	常规修井作业规程 第14部分：注塞、钻塞	SY/T 5587.14 2004		2013-11-28	2014-04-01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
249	SY/T 5594-2013	油田开发规划编制内容及技术方法	SY/T 5594-1993		2013-11-28	2014-04-01
250	SY/T 5595-2013	油田链条和链轮	SY/T 5595-2009	API Spec 7F; 2010, MOD	2013-11-28	2014-04-01
251	SY/T 5691-2013	电缆式地层测试器测井资料解释规范	SY/T 5691-2006		2013-11-28	2014-04-01
252	SY/T 5700-2013	常规游梁抽油机井操作规程	SY/T 5700-1995		2013-11-28	2014-04-01
253	SY/T 5740-2013	聚合物驱油开发方案设计与效果评价技术要求	SY/T 5740-1995 SY/T 6683-2007 SY/T 6693-2007		2013-11-28	2014-04-01
254	SY/T 5748-2013	岩石气体突破压力测定方法	SY/T 5748-1995		2013-11-28	2014-04-01
255	SY/T 5827-2013	解卡打捞工艺作法	SY/T 5827-2005		2013-11-28	2014-04-01
256	SY/T 5916-2013	岩石矿物阴极发光鉴定方法	SY/T 5916-1994		2013-11-28	2014-04-01
257	SY/T 5936-2013	地震检波器使用与维护	SY/T 5936-2007		2013-11-28	2014-04-01
258	SY/T 6118-2013	热力采油蒸汽发生器水处理系统运行技术规程	SY/T 6118-1995		2013-11-28	2014-04-01
259	SY/T 6120-2013	油井井下作业防喷技术规程	SY/T 6120-1995		2013-11-28	2014-04-01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
260	SY/T 6125 2013	气井试气、采气及动态监测工艺 规程	SY/T 6125 2006		2013-11-28	2014-04-01
261	SY/T 6132 2013	煤岩中甲烷等温吸附量测定—干 燥基容量法	SY/T 6132 1995		2013-11-28	2014-04-01
262	SY/T 6202 2013	钻井井场油、水、电及供暖系统 安装技术要求	SY/T 6202 1996 SY/T 5957 1994		2013-11-28	2014-04-01
263	SY/T 6223 2013	钻井液净化设备配套、安装、使 用和维护	SY/T 6223 2005		2013-11-28	2014-04-01
264	SY/T 6296 2013	采油用冻胶强度的测定—流变参 数法	SY/T 6296 1997		2013-11-28	2014-04-01
265	SY/T 6304 2013	注蒸汽封隔器及井下补偿器技术 条件	SY/T 6304 1997		2013-11-28	2014-04-01
266	SY/T 6310 2013	气田开发可行性评价技术要求	SY/T 6310 2006		2013-11-28	2014-04-01
267	SY/T 6331 2013	气田地面工程设计节能技术规范	SY/T 6331 2007		2013-11-28	2014-04-01
268	SY/T 6334 2013	油水井酸化设计、施工及评价 规范	SY/T 6334 1997		2013-11-28	2014-04-01
269	SY/T 6352 2013	岩样电化学参数的实验室测量 规范	SY/T 6352 1998		2013-11-28	2014-04-01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
270	SY/T 6423.1-2013	石油天然气工业 钢管无损检测方法 第一部分：焊接钢管焊缝缺欠的射线检测	SY/T 6423.1-1999	ISO 10893-6: 2011, IDT	2013-11-28	2014-04-01
271	SY/T 6423.2-2013	石油天然气工业 钢管无损检测方法 第二部分：焊接钢管焊缝纵向和/或横向缺欠的自动超声检测	SY/T 6423.2-1999	ISO 10893-11: 2011, IDT	2013-11-28	2014-04-01
272	SY/T 6423.3-2013	石油天然气工业 钢管无损检测方法 第三部分：焊接钢管用钢带/钢板分层缺欠的自动超声检测	SY/T 6423.5-1999	ISO 10893-9: 2011, IDT	2013-11-28	2014-04-01
273	SY/T 6423.4-2013	石油天然气工业 钢管无损检测方法 第四部分：无缝和焊接钢管分层缺欠的自动超声检测	SY/T 6423.4-1999 SY/T 6423.6-1999 SY/T 6423.7-1999	ISO 10893-8: 2011, IDT	2013-11-28	2014-04-01
274	SY/T 6446-2013	油气井射孔弹质量检验靶	SY/T 6446-2000		2013-11-28	2014-04-01
275	SY/T 6476-2013	管线钢管落锤撕裂试验方法	SY/T 6476-2007	API RP 513: 1996, MOD	2013-11-28	2014-04-01
276	SY/T 6484-2013	气举系统操作、维护及故障诊断推荐作法	SY/T 6484-2005	API RP 11V5: 2008, MOD	2013-11-28	2014-04-01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
277	SY/T 6585—2013	连续抽油杆	SY/T 6585—2003		2013-11-28	2014-04-01
278	SY/T 6643—2013	陆上多波多分量地震资料采集技术规范	SY/T 6643—2006		2013-11-28	2014-04-01
279	SY/T 6647—2013	气田开发新区产能建设项目后评估技术要求	SY/T 6647—2006		2013-11-28	2014-04-01
280	SY/T 6653—2013	基于风险的检查 (RBI) 推荐作法	SY/T 6653—2006	API RP 580; 2009, NEQ	2013-11-28	2014-04-01
281	SY/T 6656—2013	聚乙烯管线管规范	SY/T 6656—2006	API Spec 15LE; 2008, MOD	2013-11-28	2014-04-01
282	SY/T 6664—2013	石油钻机用偶合器机组	SY/T 6664—2006		2013-11-28	2014-04-01
283	SY/T 6673—2013	常压与低压储罐通风安全规范	SY/T 6673—2006	API Std 2000; 2009, MOD	2013-11-28	2014-04-01
284	SY/T 6680—2013	石油钻机和修井机出厂验收规范	SY/T 6680—2007		2013-11-28	2014-04-01
285	SY/T 6685—2013	SCORPION 地震数据采集系统 检验项目及技术指标	SY/T 6685—2007		2013-11-28	2014-04-01
286	SY/T 6687—2013	井中—地面电磁法勘探技术规范	SY/T 6687—2007		2013-11-28	2014-04-01
287	SY/T 6688—2013	时频电磁法勘探技术规范	SY/T 6688—2007		2013-11-28	2014-04-01
288	SY/T 6692—2013	随钻测井作业技术规范	SY/T 6692—2007		2013-11-28	2014-04-01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
289	SY/T 6728-2013	石油天然气工业 柴油/天然气双燃料发动机	SY/T 6728-2008		2013-11-28	2014-04-01
290	SY/T 6839-2013	海上拖缆式地震勘探定位导航技术规范	SY/T 6839-2011		2013-11-28	2014-04-01
291	SY/T 6896.2-2013	石油天然气工业特种管材技术规范 第二部分：定向穿越用钻杆			2013-11-28	2014-04-01
292	SY/T 6933.1-2013	天然气液化工厂设计建设和运行规范 第一部分：设计建造			2013-11-28	2014-04-01
293	SY/T 6934-2013	液化天然气(LNG)车辆加注站运行规程			2013-11-28	2014-04-01
294	SY/T 6935-2013	液化天然气接收站工程初步设计内容规范			2013-11-28	2014-04-01
295	SY/T 6936-2013	液化天然气回汇			2013-11-28	2014-04-01
296	SY/T 6937-2013	多极子阵列声波测井资料处理与解释规范			2013-11-28	2014-04-01
297	SY/T 6938-2013	油套管检测测井作业技术规范			2013-11-28	2014-04-01
298	SY/T 6939-2013	多井测井资料处理解释及评价规范			2013-11-28	2014-04-01
299	SY/T 6940-2013	页岩含气量测定方法			2013-11-28	2014-04-01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
300	SY/T 6941—2013	储集层热蒸发烃气相色谱录井规范			2013-11-28	2014-04-01
301	SY/T 6942—2013	石油天然气盖层评价方法			2013-11-28	2014-04-01
302	SY/T 6943—2013	致密油地质评价方法			2013-11-28	2014-04-01
303	SY/T 6944—2013	油气井射孔测试水力喷射泵排液联作技术规范			2013-11-28	2014-04-01
304	SY/T 6945—2013	石油管材失效分析导则			2013-11-28	2014-04-01
305	SY/T 6946—2013	石油天然气工业 不锈钢内衬玻璃钢复合管			2013-11-28	2014-04-01
306	SY/T 6947—2013	石油天然气工业 聚乙烯内衬复合油管			2013-11-28	2014-04-01
307	SY/T 6948—2013	石油钻具耐磨带			2013-11-28	2014-04-01
308	SY/T 6949—2013	特殊螺纹连接套管和油管			2013-11-28	2014-04-01
309	SY/T 6950—2013	耐蚀合金套管和油管			2013-11-28	2014-04-01
310	SY/T 6951—2013	实体膨胀管			2013-11-28	2014-04-01
311	SY/T 6952.2—2013	基于应变设计的热采井套管柱 第2部分：套管			2013-11-28	2014-04-01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
312	SY/T 6952.3-2013	基于应变速率设计的热采井套管柱第3部分：适用性评价方法			2013-11-28	2014-04-01
313	SY/T 6953-2013	海上油气田节能监测规范			2013-11-28	2014-04-01
314	SY/T 6954-2013	稠油高温氧化动力学参数测定方法 热重法			2013-11-28	2014-04-01
315	SY/T 6955-2013	注蒸汽泡沫提高石油采收率室内评价方法			2013-11-28	2014-04-01
316	SY/T 6956-2013	海洋磁法勘探采集技术规程			2013-11-28	2014-04-01
317	SY/T 6957-2013	海洋重力勘探采集技术规程			2013-11-28	2014-04-01
318	SY/T 6958-2013	低温石油钻机和修井机			2013-11-28	2014-04-01
319	SY/T 6959-2013	膨胀式尾管悬挂器及尾管回接装置			2013-11-28	2014-04-01
320	SY/T 6960-2013	阀门试验 耐火试验要求		ISO 10497:2010, MCOI D	2013-11-28	2014-04-01
321	SY/T 6961-2013	油气田用车装往复压缩机			2013-11-28	2014-04-01
322	SY/T 6962-2013	海洋钻井装置井控系统配置及安全要求			2013-11-28	2014-04-01
323	SY/T 6963-2013	大位移井钻井设计指南			2013-11-28	2014-04-01

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
324	SY/T 6964-2013	石油天然气站场阴极保护技术规范			2013-11-28	2014-04-01
325	SY/T 6965-2013	石油天然气工程建设遥感技术规范			2013-11-28	2014-04-01
326	SY/T 6966-2013	输油气管道工程安全仪表系统设计规范			2013-11-28	2014-04-01
327	SY/T 6967-2013	输油气管道工程数字化系统设计规范			2013-11-28	2014-04-01
328	SY/T 6968-2013	油气输送管道工程水平定向钻进越设计规范			2013-11-28	2014-04-01
329	SY/T 6969-2013	沿海滩涂地区油田 10 (6) kV 架空配电线路设计规范			2013-11-28	2014-04-01
330	SY/T 6970-2013	高含硫化氢气田地面集输系统在线腐蚀监测技术规范			2013-11-28	2014-04-01
331	SY/T 6971-2013	钻井多参数仪测试装置			2013-11-28	2014-04-01
332	SY/T 6972-2013	过套管电阻率测井仪			2013-11-28	2014-04-01
333	SY/T 6973-2013	石油岩石激发极化电位测量仪			2013-11-28	2014-04-01
334	SY/T 6974-2013	随钻电磁波电阻率测井仪			2013-11-28	2014-04-01

前 言

根据国家能源局《关于下达 2011 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2011〕252 号）文件的要求，规范编制组结合近年来油气管道水平定向钻穿越工程的建设实践，经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国外先进标准和国外先进技术，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范共分 13 章，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、材料、穿越位置、工程勘察、场地布置、穿越曲线设计、地层处理、管道应力校核、抗震设计、防腐与防护、焊接与试压，另有 4 个附录。

本规范由国家能源局负责管理，由石油工程建设专业标准化委员会设计分标委负责日常管理，由中国石油天然气管道工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国石油天然气管道工程有限公司（地址：河北省廊坊市和平路 146 号，邮编：065000）。

本规范主编单位：中国石油天然气管道工程有限公司

本规范参编单位：中国石油天然气管道局穿越分公司

中国石油天然气管道科学研究院

本规范主要起草人员：李国辉 马晓成 张文伟 黄留群

高剑锋 马红昕 杨 威 杨春玲

窦宏强 程梦鹏 张志宏 沈茂丁

郭 君 简朝明 赵绍春 史 航

焦如义 刘其民 王福东 尹刚乾

高 红 王 玮 刘厚平

本规范主要审查人员：王树宽 王小林 谭明星 史占华

吴 勇	李志勇	庞鑫峰	杨德水
薛 斌	李 涛	袁 勇	周 云
张庆刚	顾文才	任兴文	刘志田

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	材料	7
5	穿越位置	9
6	工程勘察	10
6.1	一般规定	10
6.2	工程测量	11
6.3	岩土工程勘察	11
7	场地布置	14
8	穿越曲线设计	15
9	地层处理	18
10	管道应力校核	20
10.1	管道回拖工况应力校核	20
10.2	管道试压工况应力校核	23
10.3	管道运行工况应力校核	24
10.4	管道径向屈曲失稳校核	25
11	抗震设计	27
12	防腐与防护	28
12.1	一般规定	28
12.2	防腐层选型及结构设计	28
12.3	防护层	28
12.4	阴极保护	29
13	焊接与试压	30
13.1	焊接	30

13.2 清管、测径及试压·····	30
附录 A 防护层性能指标·····	32
附录 B 管道外防腐层电阻率测试（馈电测试）·····	33
附录 C 耐土壤应力试验方法·····	35
附录 D 涂层黏结强度测定法·····	38
标准用词说明·····	40
引用标准名录·····	41
附件 油气输送管道工程水平定向钻穿越设计 规范 条文说明·····	42

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic regulations	4
4	Material	7
5	Crossing site	9
6	Engineering investigation	10
6.1	General regulations	10
6.2	Survey	11
6.3	Geotechnical investigation	11
7	Construction site	14
8	Curves design	15
9	Site features changeing	18
10	Pipe stress analysis	20
10.1	Pulling load	20
10.2	Hydropressure load	23
10.3	Operating load	24
10.4	Buckling analysis	25
11	Seismic design	27
12	Coating and protection	28
12.1	General regulations	28
12.2	Coating design	28
12.3	Protection	28
12.4	Cathdic protection	29
13	Welding and hydropressure	30
13.1	Welding	30

13.2 Pigging and hydropressure	30
Appendix A Protective coating property requirement	32
Appendix B Coating resistance test (Feed current test method)	33
Appendix C Soil stress test method	35
Appendix D Pull – off strength test method	38
Explanation of wording in this code	40
List of quoted standards	41
Addition: Explanation of provisions	42

1 总 则

1.0.1 为了在油气输送管道工程水平定向钻穿越设计中贯彻国家有关法规政策，确保工程质量、安全、环保、经济，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于陆上油气输送管道采用水平定向钻穿越人工或天然障碍物的工程设计。

1.0.3 油气输送管道水平定向钻穿越工程勘察、设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 障碍物 **obstacle**

采用水平定向钻通过的人工或自然物体。

2.0.2 水平定向钻机 **horizontal directional drilling rig**

一般由主机、动力源、控制系统、驱动系统组成，借助导向工具可控钻孔轨迹，在不同的地层和深度进行多种口径和一定长度的地下管线铺设的设备。

2.0.3 水平定向钻穿越 **crossing by horizontal directional drilling**

采用水平定向钻机按照设计轨迹从障碍物下方进行导向孔、扩孔成洞后，回拖穿越管段通过障碍物的一种非开挖管道安装施工方法，简称“定向钻穿越”。

2.0.4 入土点 **entry point**

导向孔的起点。

2.0.5 出土点 **exit point**

导向孔的终点。

2.0.6 入土角 **entry angle**

入土点钻杆与水平面的夹角。

2.0.7 出土角 **exit angle**

出土点钻杆与水平面的夹角。

2.0.8 导向孔 **pilot borehole**

利用水平定向钻机，沿设计曲线完成的初始钻孔，作为预扩孔的引导。

2.0.9 扩孔 **reaming hole**

采用扩孔器将导向孔扩大至所需孔径的施工过程。

2.0.10 回拖 **pullback**

将穿越管道沿扩孔后的孔洞从障碍物一侧拖至另外一侧的

过程。

2.0.11 扩孔器 reamer

用于扩孔的机具，一般有桶式扩孔器、飞旋式扩孔器、牙轮扩孔器、板式扩孔器等。

2.0.12 控向系统 direction control system

测量钻具方位角、倾斜角及工作状态等参数，控制水平定向钻钻头姿态的系统。

2.0.13 泥浆 drilling mud

由膨润土、水和少量添加剂组成的混合物，用于定向钻穿越过程中钻屑携带、钻具冷却润滑、孔洞护壁、动力传递等。

2.0.14 套管 case

水平定向钻穿越过程中出、入土点两侧采用夯进、顶进或开挖方式隔离不良地层而设置的隔离管。

2.0.15 钻机地锚 rig anchor

用以临时固定定向钻钻机，提供钻机反作用力的锚固设施。

2.0.16 地质改良 soil improvement

通过换填、深层搅拌、高压旋喷、冷冻等方法改善地层条件的施工措施。

2.0.17 对穿工艺 opposing drilling

采用两台定向钻钻机分别从障碍物两侧对钻导向孔，通过对接钻孔完成导向孔施工过程的一种水平定向钻工法。

3 基本规定

3.0.1 定向钻穿越设计应依据完整的工程勘察资料，进行多种方案的技术、经济、安全、环境比较。

3.0.2 穿越管段设计寿命不应小于主体管道设计寿命。在设计使用年限内，穿越管段应具有足够的可靠度。

3.0.3 定向钻穿越应按免维护进行设计。

3.0.4 定向钻穿越工程等级应按表 3.0.4 划分，水域定向钻穿越工程等级的确定还应符合现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423 的规定。

表 3.0.4 定向钻穿越工程等级划分

工程等级	穿越管道参数	
	穿越长度 (m)	穿越管道管径 (mm)
大型	≥ 1500	不计管径
	不计长度	≥ 1219
	$\geq 1000 \sim < 1500$	≥ 711
中型	< 1000	$\geq 711 \sim < 1219$
	$\geq 800 \sim < 1500$	< 711
小型	< 800	< 711

3.0.5 定向钻穿越工程应根据工程重要性按工程重要性分类表 3.0.5 划分为一类、二类、三类。

3.0.6 水域定向钻穿越工程确定工程等级后，应依据现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423 采用相应的设计洪水频率。桥梁上游 300m 范围内的穿越工程，设计洪水频率不应低于该桥梁的设计洪水频率。

表 3.0.5 工程重要性分类

工程重要性分类	划分标准
一类	长江、黄河、松花江、辽河、海河、珠江、淮河等河流的干流河道定向钻穿越
二类	a) 一类以外的输送介质为原油和成品油的定向钻穿越； b) 一类以外的管径小于 DN1000mm 穿越长度大于 2000m 的定向钻穿越； c) 一类以外的管径大于或等于 DN1000mm 且穿越长度大于 1000m 的定向钻穿越； d) 一类以外的环境敏感地段定向钻穿越
三类	一类和二类以外的其余管道定向钻穿越

注：1 地质复杂、难度较大的二类、三类定向钻穿越，工程重要性可提高一类。

2 特殊地段或有特殊要求的二类、三类定向钻穿越，工程重要性可提高一类。

3.0.7 穿越河流和水库等水域时，应根据不同的地质条件和堤坝结构采取有效措施，控制堤坝和地面的沉陷，防止穿越管道处发生管涌。出入土点距大堤坡脚宜大于 50m。

3.0.8 定向钻穿越应贯彻国家有关的技术经济政策，积极慎重地采用新技术、新材料、新设备、新工艺。

3.0.9 定向钻穿越工程设计前，应取得所输介质物性资料及输送工艺参数。其要求应符合现行国家标准《输油管道工程设计规范》GB 50253 和《输气管道工程设计规范》GB 50251 的规定。

3.0.10 选定穿越位置后，应按本规范和现行国家标准《油气输送管道工程测量规范》GB/T 50539 及《油气田及管道岩土工程勘察规范》GB 50568 的规定，根据设计阶段的要求开展工程勘察工作。

3.0.11 定向钻穿越工程设计应符合管道工程专项评价的意见及批复意见。

3.0.12 对于河道摆动较大的河段应进行河势分析。

3.0.13 穿越通航或有通航规划的水域，两岸应按现行国家标准《内河交通安全标志》GB 13851 的规定设置标志。标志应设置在设计洪水位以上高程。

4 材 料

4.0.1 定向钻穿越工程用于输送油、气的钢管，应符合现行国家标准《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》GB/T 9711的规定，并应根据所输介质性质、钢管规格、钢材等级、使用条件补充有关技术条件要求。对于管径小于DN300mm，设计压力小于6.3MPa的输油钢管或设计压力小于4.0MPa的输气钢管，可采用符合现行国家标准《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163要求的钢管。

4.0.2 与油气管道平行敷设的光缆套管的技术要求不宜低于现行国家标准《结构用无缝钢管》GB/T 8162中的技术条件，管径不宜小于114mm，壁厚应由计算确定，并不应小于5mm。

4.0.3 符合本规范第4.0.1条的钢管，其许用应力应按公式(4.0.3-1)和公式(4.0.3-2)计算。

输油：

$$[\sigma] = F\phi\sigma_s \quad (4.0.3-1)$$

输气：

$$[\sigma] = F\phi t\sigma_s \quad (4.0.3-2)$$

式中 $[\sigma]$ —— 输送油气钢管许用应力 (MPa)；

σ_s —— 钢管规定屈服强度 (MPa)；

ϕ —— 钢管焊缝系数，符合本规范第4.0.1条规定的钢管， ϕ 取1.0；

t —— 温度折减系数，当温度小于或等于120℃时， t 值取1.0，当温度为149℃时取0.967，当温度为177℃时取0.933，当温度位于上述温度区间内，按插值法

计算取值：

F 强度设计系数，按表 4.0.3 取值。

表 4.0.3 强度设计系数

穿越工程等级	输气管道地区等级				输油管道
	一	二	三	四	
小型穿越	0.72	0.6	0.5	0.4	0.6
大、中型穿越	0.60	0.5	0.4	0.4	0.5

注：1 输气管道地区等级划分应符合现行国家标准《输气管道工程设计规范》GB 50251 的规定。

2 对于表 3.0.5 中规定的一类和二类穿越，输气管道一类、二类地区设计系数应提高一级。

4.0.4 定向钻穿越管段的钢管壁厚应按公式 (4.0.4) 计算，并应满足施工过程中强度和稳定要求，且选用钢管的径厚比不应大于 80。

$$\delta = \frac{pD_o}{2[\sigma]} \quad (4.0.4)$$

式中 δ ——钢管计算壁厚 (mm)；

p ——输送介质设计内压力 (MPa)；

D_o ——钢管外直径 (mm)；

$[\sigma]$ ——输送钢管许用应力 (MPa)，按公式 (4.0.3-1) 或公式 (4.0.3-2) 计算。

5 穿越位置

5.0.1 穿越位置应符合线路总体走向。对于大、中型穿越工程，线路局部走向应按所选穿越位置进行调整。

5.0.2 穿越宜与水域正交通过，当需斜交时，交角不宜小于 30° 。

5.0.3 穿越位置选择，宜避开下列区域：

1 深泓线摆动大的河段。

2 岸坡区岩土松软、不良地质作用发育且对穿越工程稳定性有直接危害或潜在威胁的河段。

3 存在活动断裂或大型地层断裂带的河段。

4 水源保护地、水生物保护区、环境保护区及文物保护区等敏感区。

5 岩溶、塌陷和其他不良地质作用发育区域。

6 存在高压线、微波站、直流接地极区域。

5.0.4 定向钻穿越轴线应符合下列要求：

1 与城镇居民点或独立的人群密集的房屋之间的距离不宜小于 15m。

2 与港口、码头、水下建筑物或引水建筑物等之间的距离不宜小于 100m。

3 距离桥梁墩台冲刷坑外边缘不宜小于 10m，且不应影响桥梁墩台安全。

4 距离水下隧道的净距不应小于 30m。

5 并行穿越时，并行间距不宜小于 10m。

6 管道交叉或上下平行穿越时，垂直间距不宜小于 6m。

7 当情况特殊或受地形及其他条件限制时，在采取有效措施保证相邻建（构）筑物和管道安全的前提下，可缩小第 1 款和第 5 款规定的距离，但不应小于 8m。

6 工程勘察

6.1 一般规定

6.1.1 定向钻穿越工程岩土工程勘察宜按选址勘察（可行性研究勘察）、初步勘察、详细勘察和施工勘察等阶段逐步开展工作，并应符合下列规定：

- 1 选址勘察应满足选址和方案初步确定要求。
- 2 初步勘察应满足方案确定要求。
- 3 详细勘察应满足施工图设计要求。
- 4 地质条件复杂或有特殊要求的工程，宜进行施工勘察。

6.1.2 钻探应采用回转岩芯钻探方法，遇到卵石、碎石、漂石和块石等地层时可选用振动回转方式钻进。对于岩层钻探应提供岩石质量指标 RQD，岩芯采取率应满足表 6.1.2 的要求。

表 6.1.2 岩芯采取率

地层	黏性土、完整岩层	较完整岩层	破碎岩层、构造破碎带、砂土、碎石土
岩芯采取率（%）	≥90	≥80	≥65

6.1.3 岩土试验项目应根据岩土性质确定：

- 1 黏性土：密度、相对密度、天然含水量、液限、塑限、抗剪强度指标。
- 2 粉土：密度、相对密度、天然含水量、液限、塑限、颗粒分析、抗剪强度指标。
- 3 碎石土、砂土：颗粒分析。
- 4 岩石：天然和饱和单轴极限抗压强度、岩芯膨胀率、砂岩含泥量、膏盐地层钙镁离子含量。

6.1.4 应采取环境水试样和土试样进行水、土腐蚀性试验。

6.1.5 钻探工作结束后，应对钻孔进行封孔。

6.2 工程测量

6.2.1 测图范围应满足下列要求：

- 1 测图宽度宜为穿越轴线上下游各 150m~200m。
- 2 测图长度应根据穿越处地形条件、水域情况、穿越长度确定，并应大于定向钻穿越段水平长度。
- 3 长度 800m 以上定向钻穿越应进行回拖场地测量，测量宽度宜为回拖管道轴线两侧各 50m。
- 4 对于穿越位置附近河段冲淤变化大、采砂严重、穿越位置位于弯道段或有河工节点时，宜进行上下游水下地形图测量。

6.2.2 测图比例尺应符合下列要求：

- 1 地形图：宜为 1：2000 或 1：1000，小型穿越工程可为 1：500。
- 2 纵断面图：横向比例尺与地形图相同，纵向比例尺可为 1：500，1：200 或 1：100。

6.2.3 定向钻穿越应进行控制测量，控制点和穿越的主断面桩应埋设固定桩。在穿越点附近宜布设不少于 2 个相互通视的控制点。

6.2.4 地形测量除按一般要求测绘外，尚应测绘穿越两端的线路走向、埋地管线、送电线、航道设施等。

6.3 岩土工程勘察

6.3.1 水平定向钻穿越岩土工程勘察应查明穿越场区的工程地质、水文地质和工程水文等条件并作出评价，提供满足设计、施工要求的岩土工程勘察资料。

6.3.2 选址勘察应满足选定穿越位置、拟定穿越比选方案的要求，对于大型穿越或工程地质条件复杂场区，可进行少量钻探和工程物探工作。

6.3.3 初步勘察应对选址勘察资料进行复核验证，如变化较大，

应分析原因并提出处理措施。

6.3.4 初步勘察前应取得拟定穿越位置范围内的地形图。

6.3.5 初步勘察阶段宜搜集以下有关资料：

1 区域地质资料：主要包括地质图、构造图、工程地质图、水文地质图、地貌及第四纪地质图、地质剖面图等。

2 工程水文资料：主要包括设计洪水频率下的设计流量、设计流速、设计洪水位、冲刷深度、冲止高程，以及历史上发生的最大洪水情况和附近其他工程有关资料。

3 穿越场区气象资料：主要包括气候类型、气象特点、气温、蒸发量、降水量、降水集中的月份、风力、风向、最大冻土深度等。

6.3.6 在初步勘察阶段，水域定向钻穿越工程勘探点应布置在拟定穿越轴线上游 15m~20m 处；对于双管或多管并行的穿越应平行拟定的上游穿越轴线和下游穿越轴线外侧 15m~20m 平行布置两条勘探线，两条勘探线上的勘探点应交错布置。勘探点间距宜为 100m~200m，勘探点数量应不少于 3 个，其中两岸及主河槽中心附近至少应各布置 1 个钻孔。

6.3.7 初步勘察阶段勘探孔的深度应符合下列规定：

1 对于大、中型穿越工程，一般性钻孔深度宜为穿越段最低点以下 30m~50m，当遇见基岩时，在预定深度内应钻穿强风化和中风化层，钻入微风化层以下 10m，当强风化层和中风化层很厚时，钻孔最大深度以河床最低点以下 50m 为限。控制性钻孔深度宜为 50m~80m，其数量不宜少于钻孔总数的 1/3。

2 对于小型穿越工程，无设计要求时，钻孔深度宜为穿越段最低点以下 20m~30m，当遇见基岩时，在预定深度内应钻穿强风化和中风化层，钻入微风化层以下 3m，当强风化层和微风化层很厚时，钻孔最大深度以河床最低点以下 30m 为限。

3 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的地区，勘探孔深度应满足场地和地基地震效应分析评价的要求。

6.3.8 详细勘察阶段应根据前期勘察成果布置勘察方案。如有

必要进行工程物探工作，应结合钻探资料进行综合分析，提出地质解释成果，进一步确定穿越断面地层的分布范围和连续性，必要时应增加钻孔进行验证。

6.3.9 详细勘察阶段水域定向钻穿越钻探应符合下列规定：

1 勘探线应在穿越轴线的两侧 15m~20m 处各布置一条；对于双管或多管并行的穿越应平行拟定的上游穿越轴线和下游穿越轴线外侧 15m~20m 处各布置一条勘探线；两条勘探线上的勘探点应交错布置，两侧勘探点投影到穿越轴线上的间距应为 30m~100m，工程地质条件复杂场地应取小值，工程地质条件简单场地应取大值。

2 勘探孔深度应为管底设计深度以下 5m~10m。

6.3.10 对于地质条件复杂或有特殊要求的定向钻穿越可进行施工勘察，施工勘察内容及深度应根据实际工程施工需要确定。

7 场地布置

7.0.1 穿越场地两侧施工便道应满足设备材料进场要求，宽度不宜小于 4m，弯道的转弯半径不宜小于 18m，并与公路平缓接通。穿越场地选择时宜利用已有地面设施。

7.0.2 当定向钻钻机场地位于水域滩地时，场地标高不宜低于 20 年一遇设计洪水位。

7.0.3 定向钻钻机场地地基承载力不能满足要求时应进行处理。定向钻钻机安装场地应根据地形条件布置，小型钻机的安装场地宜为 40m×40m，大型钻机的安装场地宜为 60m×60m。泥浆池场地应根据穿越长度、泥浆回收、地质条件、穿越管径等确定场地大小。泥浆池不应设在穿越轴线上。

7.0.4 入、出土点选择应满足下列要求：

1 两岸应有足够布设钻机、泥浆池、材料堆放和管道组焊的场地。

2 入、出土点宜避开电力线、钢桥、埋地管线等影响穿越控向精度的建（构）筑物。

3 入、出土点的选择还应结合穿越地层情况确定。

7.0.5 出土点侧场地应平坦开阔，管道预制场地应满足穿越管段组装焊接的要求，钻具操作场地不宜小于 30m×30m。

7.0.6 当回拖场地利用线路作业带场地时，回拖场地宽度不宜小于 8m。

7.0.7 穿越管道预制回拖场地的最小长度宜比穿越设计长度增加 20m。若因场地限制预制管段不能直线布置时，可采用弹性敷设或管段多接一布置。

7.0.8 当采用弹性敷设布置回拖管道时，应在出土点保持不少于 100m 的直管段，弹性敷设曲率半径不宜小于 1000D。

8 穿越曲线设计

8.0.1 定向钻穿越深度应符合下列规定：

1 穿越河流等水域时，穿越管段管顶最小设计埋深不宜小于设计洪水冲刷线和规划疏浚线以下 6m；管顶距河床底部的最小距离不宜小于穿越管径的 10 倍。

2 穿越河流等水域时，穿越管段埋深应不受河道挖砂、船只抛锚等影响。

3 工程建在水库泄洪影响范围内，管段埋深应不受泄洪时的局部冲刷及经常泄水的清水冲刷的影响。

4 穿越山体时，应根据曲率半径选择在较为稳定的地层内。

8.0.2 穿越曲线宜避开地层岩性差异较大的交界面。

8.0.3 定向钻宜穿越以下地层：硬质或较软黏土层、粉土层、粉细砂层、中砂层、较完整且天然单轴抗压强度小于 80MPa 岩石层、大于 2mm 以上颗粒含量小于 30% 砾砂层。

8.0.4 定向钻可穿越以下地层：流塑状黏土、松散状砂土、粗砂层、大于 2mm 以上颗粒含量 30%~50% 之间但胶结较好砾砂层、天然单轴抗压强度大于 80MPa 岩石层。

8.0.5 定向钻不应长距离穿越以下地层：卵石层、破碎硬质岩石层、砾石层、大于 2mm 以上颗粒含量 30%~50% 之间但胶结差的砾砂层。

8.0.6 当仅穿越两岸有本规范第 8.0.5 条所述地层时，可采取套管隔离、地质改良、开挖换填等措施处理后进行穿越。

8.0.7 典型管道穿越曲线（如图 8.0.7 所示）参数应按公式（8.0.7-1）至公式（8.0.7-9）计算：

$$a_2 = R \sin \theta_1 \quad (8.0.7-1)$$

$$b_2 = R(1 - \cos\theta_1) \quad (8.0.7-2)$$

$$b_1 = h_1 - b_2 \quad (8.0.7-3)$$

$$a_1 = b_1 / \operatorname{tg}\theta_1 \quad (8.0.7-4)$$

$$c_1 = R \sin\theta_2 \quad (8.0.7-5)$$

$$d_2 = R(1 - \cos\theta_2) \quad (8.0.7-6)$$

$$d_1 = h_2 - d_2 \quad (8.0.7-7)$$

$$c_2 = d_1 / \operatorname{tg}\theta_2 \quad (8.0.7-8)$$

$$L_1 = L - a_1 - a_2 - c_1 - c_2 \quad (8.0.7-9)$$

式中 a_2 ——入土端曲线的水平长度 (m);
 R ——弹性敷设曲率半径 (m);
 θ_1 ——入土角 ($^\circ$);
 b_2 ——入土端曲线的高度 (m);
 h_1 ——入土端地面与底部直线段的高度 (m);
 b_1 ——入土端直线段的高度 (m);
 a_1 ——入土端直线段的水平长度 (m), 应大于 10m;
 c_1 ——出土端曲线的水平长度 (m);
 θ_2 ——出土角 ($^\circ$);
 d_2 ——出土端曲线的高度 (m);
 h_2 ——出土端地面与底部直线段的高度 (m);
 d_1 ——出土端直线段的高度 (m);
 c_2 ——出土端直线段的长度 (m), 应大于 10m;
 L_1 ——底部直线段的长度 (m), 不宜小于 10m;

L ——穿越长度 (m)。

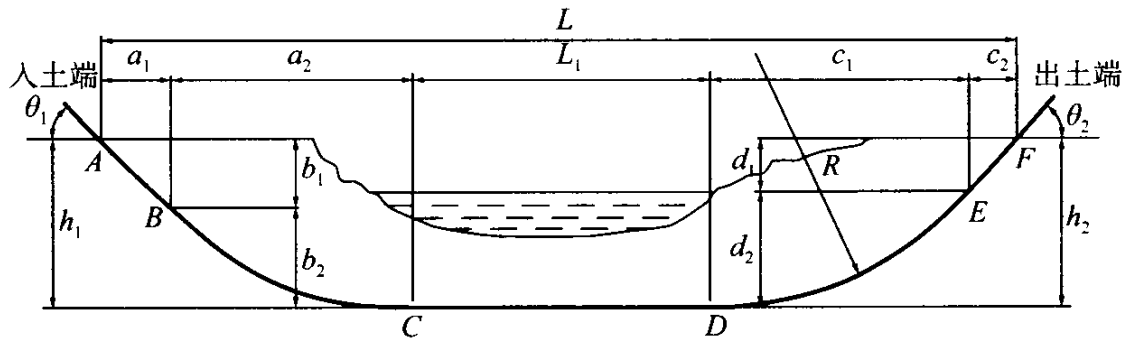


图 8.0.7 穿越曲线示意图

8.0.8 定向钻穿越入土角、出土角、穿越曲线应根据穿越长度、管道埋深、穿越管径、弹性敷设条件、地形条件确定。入土角宜为 $8^{\circ} \sim 20^{\circ}$ ，出土角宜为 $4^{\circ} \sim 12^{\circ}$ ，穿越管径较大时出土角宜取低值，特殊条件下可进行调整。

8.0.9 水平定向钻穿越弹性敷设段曲率半径不宜小于 $1500D$ ，且不应小于 $1200D$ ，当穿越含有多个曲线段时，应进行强度、稳定性、拖管和曲率半径计算。

8.0.10 下列情况宜采用导向孔对穿工艺：

- 1 穿越长度大于 2000m 时。
- 2 出入土两端均设套管时。

8.0.11 多管穿越应符合下列规定：

1 多根管道平行穿越时，其平面间距应满足本规范第 5.0.4 条规定。

2 多根管道同孔穿越时，钻孔轨迹按主管道穿越曲线参数确定。同孔穿越应避免管道在回拖过程中相互缠绕、刮擦和挤压，对于长距离、大管径的定向钻穿越，不宜多根管道同孔穿越。

9 地层处理

9.0.1 穿越管段两端地面，应根据地质条件采取措施防止塌陷和冒浆。

9.0.2 对于定向钻穿越不利地层应采取开挖换填、套管隔离、地质改良等方法进行地层处理。

9.0.3 当采用夯套管时，套管安装最大允许长度宜按公式(9.0.3-1)和公式(9.0.3-2)估算：

$$L_{ca} \leq \frac{1}{\pi D_{ca} f_k} (F_0 / 1.3 - N_f) \quad (9.0.3-1)$$

$$N_f = \pi D_c t_c R_r \quad (9.0.3-2)$$

式中 F_0 ——夯管锤能够提供的最大夯进力 (kN)；

D_{ca} ——套管外径 (m)；

L_{ca} ——套管安装最大允许长度 (m)；

N_f ——套管的迎面阻力 (kN)；

t_c ——套管切削环厚度 (m)；

D_c ——套管切削环外径 (m)；

R_r ——切削环端阻力，取地基土的极限承载力 (kPa)；

f_k ——每延米套管外壁与土的平均摩阻力 (kPa)，应根据勘察报告提供数据取值，如果地质报告未提供可靠数据，按表 9.0.3 取值。当施工过程中采用了触变泥浆减阻技术或其他技术措施时， f_k 应取 0.7 的折减系数。

9.0.4 采用夯套管时，钢套管壁厚宜按公式(9.0.4)进行初选：

表 9.0.3 单位延米摩阻力标准值 f_k

土层类别	f_k (kPa)
流塑状态黏性土	10~15
可塑、软塑状态黏性土	10~25
硬塑状态黏性土	25~50
砂性土	12~25
砂砾石	15~20
卵石	18~30

$$t_{ca} = \frac{F_0}{\phi_1 \pi D_{ca} \sigma_s} \quad (9.0.4)$$

式中 t_{ca} ——套管初选壁厚 (mm)；

F_0 ——夯管锤能够提供的最大夯进力 (kN)；

ϕ_1 ——钢管稳定系数，一般取 0.36，当套管经过地层均匀时，可取 0.45；

σ_s ——钢管规定屈服强度 (MPa)；

D_{ca} ——钢套管直径 (mm)。

9.0.5 当采用夯套管时，钢套管按本规范第 9.0.4 条壁厚计算后，应结合施工方法和设备对钢套管进行强度和稳定性验算，若不能满足强度和稳定性验算要求，应增加钢管壁厚或采取其他技术措施。钢套管切削环应加强。

9.0.6 钢套管内径宜大于最后一级扩孔直径 300mm。

9.0.7 采用开挖方法处理不利地层时，开挖完成后宜换填或设置隔离套管。

9.0.8 采用注浆加固处理不利地层时加固断面不宜小于 7m × 7m，轴向加固长度宜伸入地质较好地层。

9.0.9 油气管道回拖就位后，油气管道与套管之间的端部环形空间应采用止水材料进行充填。

10 管道应力校核

10.1 管道回拖工况应力校核

10.1.1 水平定向钻回拖时的最大拉力可按公式 (10.1.1) 估算:

$$F_t = \mu_{\text{soil}} L \left| \frac{\pi D_s^2}{4} \gamma_{\text{mud}} - \gamma \delta \pi D_s - W_p \right| + \pi D_s \mu_{\text{mud}} L \quad (10.1.1)$$

式中 F_t ——最大拉力 (kN);

L ——穿越管段的长度 (m);

μ_{soil} ——摩擦系数, 可取 0.3;

D_s ——钢管外径 (m);

γ_{mud} ——泥浆的重度 (kN / m^3);

γ ——钢管重度 (kN / m^3), 取 78.5;

δ ——钢管壁厚 (m);

W_p ——回拖过程中单位长度配重 (kN/m), 当管道在钻孔中的有效重力为大于 $2\text{kN}/\text{m}$ 的上浮力时, 应采取配重浮力控制措施;

μ_{mud} ——黏滞系数 (kN/m^2), 取 0.175。

10.1.2 管道回拖工况下, 拉应力为拉力与钢管横截面积的比值, 宜按公式 (10.1.2-1) 和公式 (10.1.2-2) 校核:

$$f_t < 0.9\sigma_s \quad (10.1.2-1)$$

$$f_t = 1000F_t/A \quad (10.1.2-2)$$

式中 f_t ——拉应力 (MPa);

F_t ——回拖过程中的最大拉力 (kN);

A ——钢管净截面面积 (mm^2);

σ_s ——钢管屈服强度 (MPa)。

10.1.3 钢管的弯曲应力按公式 (10.1.3-1) 校核:

$$f_b < F_b \quad (10.1.3-1)$$

$$f_b = (E \cdot D_s) / (2R) \quad (10.1.3-2)$$

$$F_b = 0.75\sigma_s \quad (10.1.3-3)$$

$$F_b = \{0.84 - [1.74\sigma_s \cdot D_s / (E \cdot \delta)]\} \cdot \sigma_s \quad (10.1.3-4)$$

$$F_b = \{(0.72 - [0.58\sigma_s \cdot D_s / (E \cdot \delta)])\} \cdot \sigma_s \quad (10.1.3-5)$$

$$r = D_s / \delta \quad (10.1.3-6)$$

式中 D_s ——钢管外径 (m);

δ ——钢管壁厚 (m);

σ_s ——钢管规定屈服强度 (MPa);

R ——弹性敷设曲率半径 (m);

r ——径厚比;

E ——钢管弹性模量 (MPa), 取 210000;

f_b ——弯曲应力 (MPa), 按公式 (10.1.3-2) 计算;

F_b ——容许弯曲应力 (MPa), 当 $r \leq 10000/\sigma_s$ 时, 按公式 (10.1.3-3) 计算; 当 $(10000/\sigma_s) \leq r \leq 20000/\sigma_s$ 时, 按公式 (10.1.3-4) 计算; 当 $(20000/\sigma_s) \leq r \leq 300000$ 时, 按公式 (10.1.3-5) 计算。

10.1.4 钢管周围外部环向应力按公式 (10.1.4-1) 校核:

$$f_b < F_{hc} / 1.5 \quad (10.1.4-1)$$

$$f_b = p_{cx} \cdot D_s / (2\delta) \quad (10.1.4-2)$$

$$F_{hc} = F_{hc} \quad (10.1.4-3)$$

$$F_{hc} = 0.45\sigma_s + 0.18F_{hc} \quad (10.1.4-4)$$

$$F_{hc} = 1.31\sigma_s / [1.15 + (\sigma_s / F_{hc})] \quad (10.1.4-5)$$

$$F_{hc} = \sigma_s \quad (10.1.4-6)$$

$$F_{hc} = 0.88E(\delta/D_s)^2 \quad (10.1.4-7)$$

式中 f_b ——外部环向应力 (MPa), 按公式 (10.1.4-2) 计算;

D_s ——钢管外径 (m);

δ ——钢管壁厚 (m);

E ——钢管弹性模量 (MPa), 取 210000;

σ_s ——钢管规定屈服强度 (MPa);

p_{cx} ——外压产生的环向压力 (MPa);

F_{hc} ——容许环向屈服应力 (MPa), 当 $F_{hc} \leq 0.55\sigma_s$ 时, 按公式 (10.1.4-3) 计算; 当 $0.55\sigma_s \leq F_{hc} \leq 1.6\sigma_s$ 时, 按公式 (10.1.4-4) 计算; 当 $1.6\sigma_s \leq F_{hc} \leq 6.2\sigma_s$ 时, 按公式 (10.1.4-5) 计算; 当 $6.2\sigma_s \leq F_{hc}$ 时, 按公式 (10.1.4-6) 计算;

F_{hc} ——弹性环向失效应力 (MPa), 按公式 (10.1.4-7) 计算。

10.1.5 管道回拖阶段管道应按下列两个准则进行校核。

1 对拉力和弯曲产生的轴向应力进行组合, 按公式 (10.1.5-1) 校核:

$$f_t / (0.9\sigma_s) + (f_b / F_b) \leq 1 \quad (10.1.5-1)$$

式中 f_t ——拉应力 (MPa);
 f_b ——弯曲应力 (MPa);
 σ_s ——钢管规定屈服强度 (MPa);
 F_b ——容许弯曲应力 (MPa)。

2 对拉力和弯曲产生的轴向应力及外压产生的环向应力进行组合, 按公式 (10.1.5-2) 至公式 (10.1.5-4) 校核:

$$A^2 + B^2 + 2\mu \cdot |A| \cdot B \leq 1 \quad (10.1.5-2)$$

$$A = (f_t + f_b - 0.5f_h) \times 1.25 / \sigma_s \quad (10.1.5-3)$$

$$B = 1.5f_h / F_{hc} \quad (10.1.5-4)$$

式中 μ ——泊桑比, 取 0.3;
 f_h ——外压产生的环向应力 (MPa);
 F_{hc} ——临界环向弯曲应力 (MPa)。

10.2 管道试压工况应力校核

10.2.1 试压时管道内压产生的环向应力按公式 (10.2.1-1) 和公式 (10.2.1-2) 校核:

$$f_h < 0.9\sigma_s \quad (10.2.1-1)$$

$$f_h = p_{in} \cdot D_s / (2\delta) \quad (10.2.1-2)$$

式中 f_h ——内压产生的环向应力 (MPa);
 p_{in} ——管道试压压力 (MPa);
 σ_s ——钢管规定屈服强度 (MPa);
 D_s ——钢管外径 (m);
 δ ——钢管壁厚 (m)。

10.2.2 环向应力产生的轴向应力按公式 (10.2.2) 计算:

$$F_{1h} = \mu f_h \quad (10.2.2)$$

式中 f_{1h} ——环向应力产生的轴向应力 (MPa);

f_h ——内压产生的环向应力 (MPa);

μ ——泊桑比, 取 0.3。

10.2.3 若管道布置场地受限, 需要水平弹性敷设布置时, 应计算弹性弯曲产生的弯曲应力, 按本规范第 10.1.3 条计算。

10.2.4 试压阶段管道的应力校核应按第三强度理论 (最大剪应力) 进行校核, 见公式 (10.2.4-1) 至公式 (10.2.4-4)。

$$f_v < 0.45\sigma_s \quad (10.2.4-1)$$

$$f_v = (f_c - f_1)/2 \quad (10.2.4-2)$$

$$f_c = f_h \quad (10.2.4-3)$$

$$f_1 = f_{1h} + f_b \quad (10.2.4-4)$$

式中 f_v ——最大剪应力 (MPa);

σ_s ——钢管规定屈服强度 (MPa);

f_c ——环向应力的代数和 (MPa);

f_{1h} ——环向应力产生的轴向应力 (MPa);

f_1 ——轴向应力的代数和 (MPa);

f_h ——试压阶段内压产生的环向应力 (MPa);

f_b ——弯曲应力 (MPa)。

10.3 管道运行工况应力校核

10.3.1 内压产生的环向应力校核应按本规范第 10.2.1 条进行。

10.3.2 环向应力产生的轴向应力应按本规范第 10.2.2 条进行。

10.3.3 管道的弯曲应力校核应按本规范第 10.1.3 条进行。

10.3.4 温度应力按公式 (10.3.4) 计算:

$$f_{ht} = E \cdot \alpha(T_2 - T_1) \quad (10.3.4)$$

式中 f_{ht} ——温度变化引起的轴向应力;
 α ——钢管的线膨胀系数 [m/ (m · °C)], 取 1.2×10^{-5} ;
 E ——钢管弹性模量 (MPa), 取 210000;
 T_1 ——管道安装温度 (°C);
 T_2 ——管道最大或最小运行温度 (°C)。

10.3.5 运行阶段管道的组合应力校核应按第三强度理论 (最大剪应力) 进行校核, 见公式 (10.3.5-1) 至公式 (10.3.5-4)。

$$f_v < 0.45\sigma_s \quad (10.3.5-1)$$

$$f_v = (f_c - f_1)/2 \quad (10.3.5-2)$$

$$f_c = f_h \quad (10.3.5-3)$$

$$f_1 = f_{1h} + f_b + f_{ht} \quad (10.3.5-4)$$

式中 f_v ——最大剪应力 (MPa);
 σ_s ——钢管规定屈服强度 (MPa);
 f_c ——环向应力的代数和 (MPa);
 f_{1h} ——环向应力产生的轴向应力 (MPa);
 f_1 ——轴向应力的代数和 (MPa);
 f_h ——运营阶段内压产生的环向应力 (MPa);
 f_b ——弯曲应力 (MPa);
 f_{ht} ——温度变化引起的轴向应力 (MPa)。

10.4 管道径向屈曲失稳校核

10.4.1 定向钻穿越施工阶段, 穿越管段在扩孔回拖时, 应核算空管在泥浆压力作用下的径向屈曲失稳。按公式 (10.4.1-1)

至公式 (10.4.1-6) 进行核算:

$$p_s \leq F p_{yp} \quad (10.4.1-1)$$

$$p_{yp}^2 - \left[\frac{\sigma_s}{m} + (1 + 6mn) p_{cr} \right] p_{yp} + \frac{\sigma_s p_{cr}}{m} = 0 \quad (10.4.1-2)$$

$$m = \frac{D_s}{2\delta} \quad (10.4.1-3)$$

$$n = \frac{f_0}{2} \quad (10.4.1-4)$$

$$p_{cr} = \frac{2E_s \left(\frac{\delta}{D_s} \right)^3}{1 - \mu^2} \quad (10.4.1-5)$$

$$p_s = 1.5\gamma H / 1000 \quad (10.4.1-6)$$

式中 p_s —— 泥浆压力 (MPa), 可按 1.5 倍泥浆静压力或回拖施工时的实际动压力选取;

σ_s —— 钢管规定屈服强度 (MPa);

F —— 穿越管段强度设计系数, 取 0.6;

p_{yp} —— 穿越管段所能承受的极限外压力 (MPa);

p_{cr} —— 钢管弹性变形临界压力 (MPa);

E —— 钢管弹性模量 (MPa), 取 210000;

δ —— 钢管壁厚 (mm);

D_s —— 钢管外径 (mm);

μ —— 泊桑比, 0.3;

f_0 —— 钢管椭圆度 (%);

γ_{mud} —— 泥浆的重度 (kN/m^3);

H —— 穿越轴线的高差 (m)。

11 抗震设计

11.0.1 根据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306，位于设计地震动峰值加速度 $a \geq 0.1g$ 地区的河流大中型穿越工程，应查清下列四种情况，并取得量化指标：

- 1 有无断层及断层活动性质、一次性最大可能错动量。
- 2 地震时两岸或河床是否会出现开裂或错动。
- 3 地震时是否会发生地基土液化。
- 4 地震时是否会引起两岸滑坡或崩塌。

11.0.2 定向钻穿越管段应采用 50 年超越概率 5% 的地震动参数进行抗震设计，对于埋深小于 30m 的大型穿越管道，应按 50 年超越概率 2% 的地震动参数进行抗震设计。

11.0.3 当大中型穿越位于设计地震动峰值加速度大于或等于 $0.1g$ 地区时，应按现行国家标准《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB 50470—2009 第 6.1.2 条进行抗拉伸和抗压缩校核。

11.0.4 当穿越管道在设计地震动参数下具有中等或严重液化趋势时，应按《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB 50470—2009 第 6.3.4 条进行抗液化能力校核。

11.0.5 当穿越场地具有竖向震陷情况的管道，应按《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB 50470—2009 第 6.4 条进行震陷产生的最大附加弯曲应变校核。

12 防腐与防护

12.1 一般规定

12.1.1 定向钻在钻孔和回拖过程中应采取适当的措施，确保良好的成孔质量、适宜的发送方式、必要的降浮措施等，以减小防腐层可能的损伤。

12.1.2 管道防腐层的设计应根据地质条件采取不同的防腐层方案。

12.1.3 定向钻穿越管道施工完成后，宜进行防腐层完整性评价。对出土端管道应进行防腐层外观检测，防腐层不应出现贯穿性破损；外观检测后，可利用电阻率测试方法（馈电测试）对穿越段管道进行电绝缘性能测试，测试结果以防腐层面电阻不小于 $10000\Omega \cdot \text{m}^2$ 为良；防腐层面电阻小于 $10000\Omega \cdot \text{m}^2$ 时，以测试中的另一端能被阴极保护良好极化为合格。管道外防腐层电阻率测试方法（馈电测试）可按附录 B 要求执行。

12.2 防腐层选型及结构设计

12.2.1 应根据穿越段地质条件比选确定防腐层类型和结构，宜采用三层聚烯烃类、环氧类材料作为防腐层，选取的防腐层等级应为加强级。

12.2.2 当穿越地层对防腐层有损伤时，应采用耐磨、耐划伤的防腐层。

12.2.3 管道的补口材料应与管体防腐层材料相匹配。当采用热收缩带进行补口时，应采用定向钻穿越专用热收缩带。

12.3 防护层

12.3.1 当防腐层不能满足耐磨、耐划伤要求时，应对穿越段管

道外防腐层施加防护层。

12.3.2 防护层材料宜与管道防腐层兼容。

12.3.3 当穿越段管道为三层聚烯烃类防腐层时，宜采用改性环氧玻璃钢或玻璃纤维增强类材料作防护层。

12.3.4 穿越段管道为环氧粉末防腐层时，宜采用改性耐磨环氧类涂料做防护层。

12.3.5 改性环氧玻璃钢防护层和液态耐磨环氧涂料防护层的技术指标应按附录 A 要求执行。

12.4 阴极保护

12.4.1 定向钻穿越段管道应实施阴极保护，阴极保护宜纳入干线阴极保护系统中。

12.4.2 定向钻穿越两端应设置必要的阴极保护检测设施。

12.4.3 定向钻穿越管段在纳入永久阴极保护系统之前应采取临时阴极保护措施。

13 焊接与试压

13.1 焊 接

13.1.1 管道焊接应按现行国家标准《输气管道工程设计规范》GB 50251、《输油管道工程设计规范》GB 50253 与《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369 的规定执行。

13.1.2 定向钻穿越管段管道焊缝应做 100% 射线探伤检验和 100% 超声波探伤检验。穿越管段与线路段相连接的焊缝应做 100% 射线探伤检验和 100% 超声波探伤检验。

13.1.3 采用射线探伤和超声波检验应按国家现行标准《石油天然气钢质管道无损检测》SY/T 4109 进行验收，Ⅱ级为合格。

13.1.4 当光缆套管采用钢质套管时，其焊接应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定执行，对接接头焊缝应进行 100% 超声波探伤检验，Ⅲ级为合格。

13.2 清管、测径及试压

13.2.1 穿越管段试压前后均应进行清管和测径，输气管道还应进行干燥处理。清管次数不应少于 2 次，以开口端不再排出杂物为合格；测径宜采用铝质测径板，直径为定向钻穿越段钢管内径的 92%，当测径板通过管段后，无变形、褶皱为合格。

13.2.2 大、中型定向钻穿越管段应单独进行试压，小型定向钻穿越管段可与所在线路段合并进行试压。

13.2.3 穿越管段应采用无腐蚀性洁净水作为试压介质。试压时环境温度不宜小于 5℃；当环境温度在 0℃~5℃ 以下时，应采取防冻措施。

13.2.4 穿越管段分强度试压与严密性试压两阶段进行，严密性试压应在强度试压合格后进行。强度试压在稳压时间内无泄漏为

合格，严密性试压压降不大于 1% 的试验压力且不大于 0.1MPa 为合格。

13.2.5 穿越管段回拖前，管段的强度试验压力不应小于设计内压力的 1.5 倍。持续稳压时间不应小于 4h；当无泄漏时，降至设计压力进行严密性试压，持续稳压时间不应小于 24h。强度试压时，穿越管段任何一点的试验压力与静水压力之和产生的环向应力不应大于钢管的最低屈服强度 90%。有特殊要求的穿越管段，可提高强度试验压力。

13.2.6 试压合格后，应将管段内积水清扫干净。清扫以不再排出游离水为合格。

13.2.7 一类、二类定向钻穿越管段，除应在回拖前进行清管、测径、试压外，回拖后宜进行第二次严密性试压，试验压力为设计压力，稳压时间不应小于 4h，在稳压时间内压降不大于 1% 的试验压力且不大于 0.1MPa 为合格。

13.2.8 穿越管段试压合格后可与两端线路管段连接，但不得出现使穿越管段发生强制变形的连接。

13.2.9 定向钻穿越管段施工结束后，如果没有与线路管段连接，穿越管段两端应密封处理。

附录 A 防护层性能指标

A.0.1 环氧玻璃钢防护层性能指标应符合表 A.0.1 的要求。

表 A.0.1 环氧玻璃钢防护层性能指标

序号	项目	测试温度	单位	指标	试验方法
1	拉伸强度	23℃	MPa	≥190	GB/T 1447
2	巴柯尔硬度	23℃		≥30	GB/T 3854
3	砂箱试验 (100 次)	23℃		边缘无翘边	本标准附录 C
4	耐划伤 (50kg)	23℃	μm	≤500	SY/T 4113
5	耐磨性	23℃	L/μm	≥3	SY/T 0315—2005 附录 J
6	抗 1°弯曲	23℃		无裂纹	SY/T 0315—2005 附录 E
7	对 PE 黏结强度	23℃	MPa	≥3.5	本标准附录 D

注：1 涂层的厚度为 1200μm (二布五油)。

2 将环氧玻璃钢涂敷在带有 3PE 防腐层的管试件上，固化后进行测试，3PE 防腐层表面应进行粗糙化处理和火焰极化。

A.0.2 环氧类涂料防护层性能指标应符合表 A.0.2 的要求。

表 A.0.2 环氧类涂料防护层性能指标

序号	试验项目	质量指标	试验方法
1	1.5V, 65℃, 30d 耐阴极剥离 (mm)	≤15	SY/T 0315—2005 附录 C
2	抗 1.5°弯曲 (23℃ ± 2℃)	无裂纹	SY/T 0315—2005 附录 E
3	抗 10J 冲击 (23℃ ± 2℃)	无漏点	SY/T 0315—2005 附录 F
4	24h 附着力 (级)	1~2	SY/T 0315—2005 附录 G
5	50kg 耐划伤 (划伤深度) (μm)	≤300, 无漏点	SY/T 4113
6	硬度 (邵氏)	≥80	GB/T 2411
7	电气强度 (MV/m)	≥25	GB/T 1408.1
8	体积电阻率 (Ω·m)	≥1 × 10 ¹²	GB/T 1410

附录 B 管道外防腐层电阻率测试 (馈电测试)

B.0.1 测量方法如图 B.0.1 所示进行接线。测量穿越段长为 L 的管道两端电位偏移 (ΔV), 以及该段管道的漏泄电流 (ΔI), 计算防腐层的电阻 (Ω)。

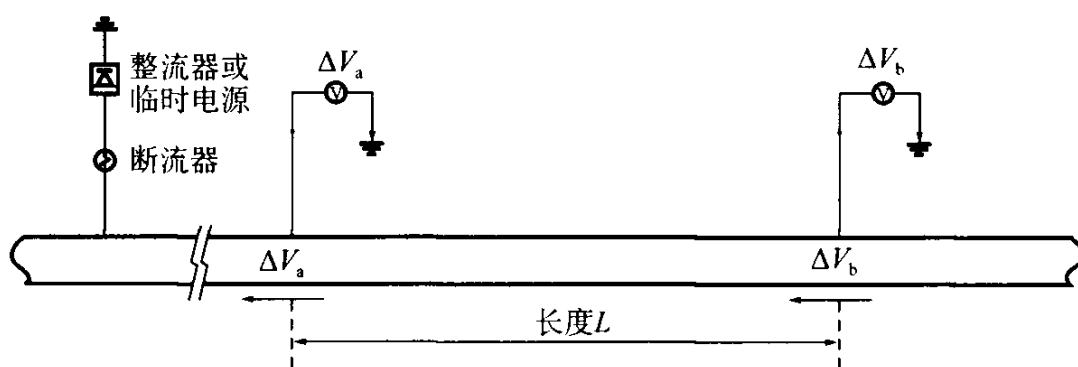


图 B.0.1 防腐层电阻率测量示意图

B.0.2 测试工具采用数字万用表 3 块, 铅酸电池 12V 1 块至 2 块, 滑动变阻器 1 个, 便携式硫酸铜参比电极 2 支, 断流器 (12s on/3s off) 1 支, 接地钢钎及开关、导线等辅助材料若干。

B.0.3 测试步骤如下:

- 1 对出土端 a 点进行充分极化, 测量 a 点电位偏移。

$$\Delta V_a = V_{a,on} - V_{a,off} \quad (\text{B.0.3-1})$$

- 2 对入土端 b 点进行充分极化, 测量 b 点电位偏移。

$$\Delta V_b = V_{b,on} - V_{b,off} \quad (\text{B.0.3-2})$$

- 3 计算 L 段管道的平均电位偏移。

$$\Delta V = \frac{\Delta V_a + \Delta V_b}{2} \quad (\text{B.0.3-3})$$

- 4 分别测试 a, b 两点各自在通、断状态下的管道保护

电流。

$$\Delta I_a = I_{a,\text{on}} - I_{a,\text{off}} \quad (\text{B. 0.3-4})$$

$$\Delta I_b = I_{b,\text{on}} - I_{b,\text{off}} \quad (\text{B. 0.3-5})$$

5 计算电流泄漏量。

$$\Delta I = \Delta I_a - \Delta I_b \quad (\text{B. 0.3-6})$$

6 求出 L 段管道防腐层电阻。

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} \quad (\text{B. 0.3-7})$$

7 管道外防腐层电阻率。

$$r_u = R \cdot \pi \cdot D \cdot L \quad (\text{B. 0.3-8})$$

附录 C 耐土壤应力试验方法

C.1 仪 器

C.1.1 砂箱：应使用尺寸不小于如图 C.1.1 所示的砂箱，并配备可盖住整个砂箱的刚性压板。

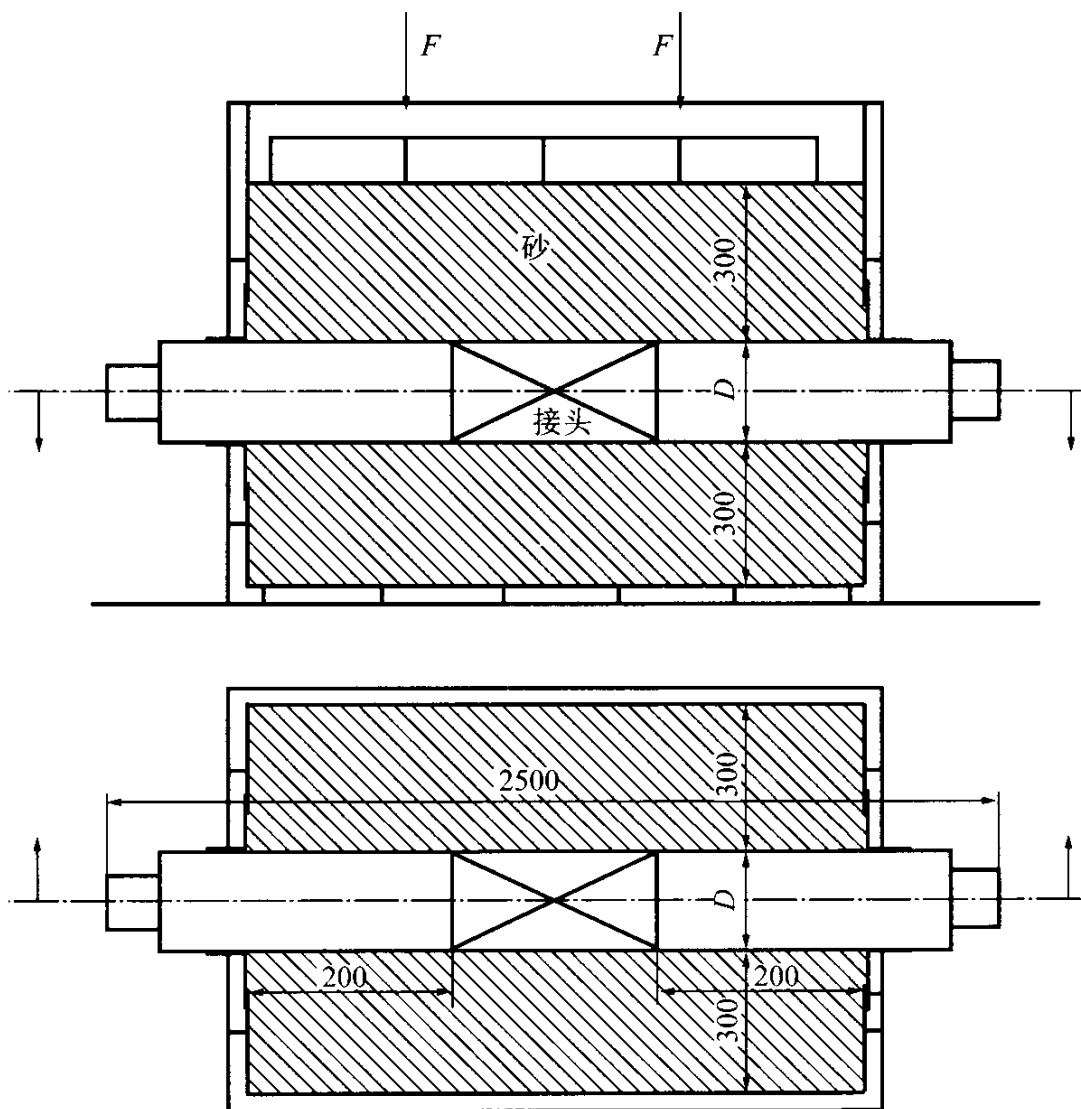


图 C.1.1 砂箱最小尺寸

C.1.2 砂：应使用在室温下干燥的自然砂，其粒度分布如图 C.1.2 所示。

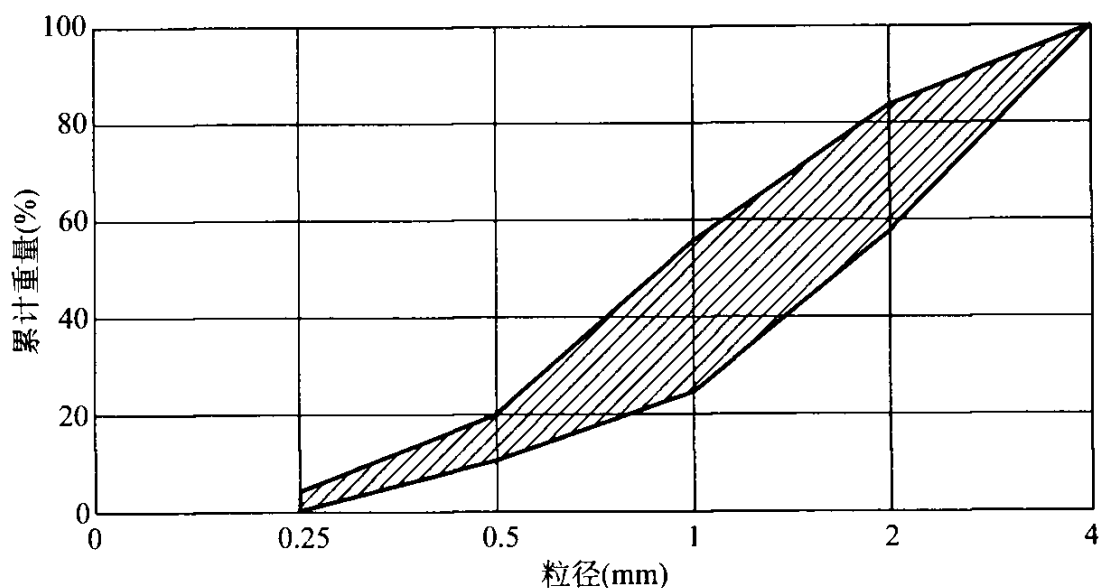


图 C. 1. 2 标准砂质量要求

C. 2 试 样

C. 2. 1 与所使用管道相同的管体防腐层和补口防腐层构成的管状补口试件，试件轴向长度应不小于 2.5m。

C. 2. 2 每组试件不少于 3 个。

C. 3 试 验 步 骤

C. 3. 1 砂箱试验应在补口试件制备完毕至少 7d 后进行。

C. 3. 2 砂箱试验应采用如下参数：

1 模拟填砂高度为 1m（试验管段表面平均载荷 18kN/m^2 ，包括砂的自重）。

2 位移 75mm。

3 推进速度 10mm/min。

4 后退速度 50mm/min。

5 往返 100 次，每次往返为不停顿地进退各 1 次。

C. 3. 3 记录往返 100 次后补口防腐层的外观状况及搭接部位补口防腐层的破坏类型（界面破坏、内聚破坏）。

C.4 试验结果

C.4.1 分别报告3次试验后补口防腐层的外观状况。

C.4.2 报告搭接部位补口防腐层的破坏类型。

附录 D 涂层黏结强度测定法

D.1 仪 器

D.1.1 便携式涂层黏结强度测试仪如图 D.1.1 所示。

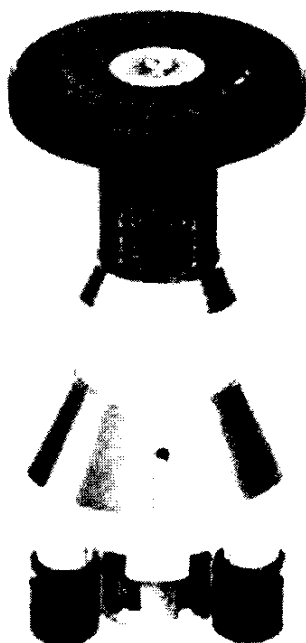


图 D.1.1 便携式涂层黏结强度测试仪图例

D.1.2 测试仪的组成：由铝质的测试柱、连接测试柱的中心夹具、底座、一个通过系列碟形垫圈或者新型弹簧连接的同轴螺栓构成。

D.1.3 该装置通过测量弹簧所承受的真实拉力显示负载量。

D.1.4 该测试仪量程应大于 13 MPa。

D.2 试件制备

D.2.1 试件制备要求如下：

- 1 实验室制备的平板试件尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 6\text{mm}$ 。
- 2 管段加工成的试件尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times \text{管壁厚}$ ，其中两个 150mm 分别为沿管子轴向和圆周方向的切割宽度。

- 3 每组试件数为 3 个。
- 4 现场测试时，在一根管子的防腐层表面任选 3 处作为测点。

D.3 试验步骤

- D.3.1** 用砂布将固化完全的防腐层表面和测试柱表面打毛，清除灰尘。
- D.3.2** 用强力胶黏剂将测试柱黏结在防腐层表面，胶黏剂应 100% 覆盖黏结面，并使胶粘剂充分固化。
- D.3.3** 将测试仪的手轮或螺母逆时针旋转，使中心夹具夹持在测试柱上。
- D.3.4** 将各组件安装紧密，并使指针归零。
- D.3.5** 一手紧紧握住设备，保证试验期间底座不会移动或滑动。另一只手用扳手把手轮的螺母按顺时针方向拧紧。动作要平稳匀速，不要突然加速，也不要超过最大 1MPa/s 的速率，扳手要平行于底座，否则将会导致实验结果的无效，测试应在 100s 内完成。
- D.3.6** 读取指针指示的最大拉力值。
- D.3.7** 若未发生涂层的内聚破坏或破坏未发生在涂层与试件界面上，应重新进行测试。

D.4 试验结果

- D.4.1** 分别报告三次测定的值作为试验结果，数值修约到三位有效数字。
- D.4.2** 报告涂层的破坏类型。

标准用词说明

1 为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：

- 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”。
- 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”。
- 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”，反面词采用“不宜”。
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本规范中指明应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法》
GB/T 1410

《绝缘材料电气强度试验方法 第1部分：工频下试验》
GB/T 1408.1

《纤维增强塑料拉伸性能试验方法》GB/T 1447

《塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）》
GB/T 2411

《纤维增加塑料巴氏（巴柯尔）硬度试验方法》GB/T 3854

《结构用无缝钢管》GB/T 8162

《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163

《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》GB/T 9711

《内河交通安全标志》GB 13851

《中国地震动参数区划图》GB 18306

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205

《输气管道工程设计规范》GB 50251

《输油管道工程设计规范》GB 50253

《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369

《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB 50470—2009

《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423

《油气输送管道工程测量规范》GB/T 50539

《油气田及管道岩土工程勘察规范》GB 50568

《钢质管道单层熔结环氧粉末外涂层技术规范》SY/T
0315—2005

《石油天然气钢质管道无损检测》SY/T 4109

《防腐涂层的耐划伤试验方法》SY/T 4113

附件

油气输送管道工程
水平定向钻穿越设计规范

条文说明

制定说明

《油气输送管道工程水平定向钻穿越设计规范》（SY/T 6968—2013），经国家能源局 2013 年 11 月 28 日批准发布。

本规范制定过程中，编制组对我国油气输送管道水平定向钻穿越工程设计现状和特点做了广泛调查研究，收集、听取了各方面的意见，总结了国内石油行业穿越工程的实践经验，同时吸收、借鉴了其他相关行业的成熟经验和相关标准规定。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，本编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	45
3	基本规定	46
4	材料	48
5	穿越位置	50
6	工程勘察	51
6.1	一般规定	51
6.2	工程测量	51
6.3	岩土工程勘察	52
7	场地布置	54
8	穿越曲线设计	55
9	地层处理	58
10	管道应力校核	59
10.1	管道回拖工况	59
10.2	管道径向屈曲失稳校核	60
11	抗震设计	62
12	防腐与防护	63
12.1	一般规定	63
12.2	防腐层选型及结构设计	63
12.3	防护层	64
12.4	阴极保护	64
13	焊接与试压	65
13.1	焊接	65
13.2	清管、测径及试压	65

1 总 则

1.0.2 本规范仅适用于陆上油气管道的水平定向钻穿越工程的勘察设计，近几年使用水平定向钻穿越海域的工程偶有进行，如中缅油气管道（缅甸段）在缅甸境内穿越几条海沟，西气东输二线深港支干线工程，但由于海域特殊的环境条件，本规范某些条款不适用，如测量与勘察、管道壁厚计算、应力校核、场地布置等，但如出入角等可参考本规范执行。

3 基本规定

3.0.1 穿越设计方案一般在可行性研究阶段确定，在该阶段应根据已有工程勘察资料做多种穿越方案的比选；在初步设计阶段，应对穿越深度、出入土方案等进行比选。

3.0.2 穿越管段均为油气管道的重要组成部分，其设计寿命不能小于主体管道的设计寿命。目前，国内输油输气管道均没有规定设计寿命。按国际管道运行惯例，当超过 30 年后，管段须进行安全性和剩余寿命评价方可继续使用，因此，定向钻穿越管道设计寿命可按 30 年，当建设方有特殊要求时，则按相关要求执行。

3.0.4 本条根据穿越管径及穿越长度对定向钻穿越的工程等级进行了规定，适用于所有穿越的障碍物。结合近两年西气东输二线工程的施工，直径 1016mm 以上管线的定向钻穿越技术日趋成熟，而对于直径 1219mm 管道的设计施工，处于开始阶段，技术成熟度不高，因此将 1219mm 以上管径的定向钻穿越均定义为大型。对于水域穿越工程等级划分还应符合现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423 中相关规定，当两者不一致时，应取严者。

3.0.5 工程重要性等级主要依据定向钻穿越工程的难易、工程规模大小以及输送介质污染情况进行划分。一类穿越工程均为国内大型流域的干流，由于其影响范围较大一般设计中应采取增加壁厚和防腐层防护措施。

3.0.6 鉴于桥梁设防洪水在 I 级以上公路、骨干铁路的大桥与特大桥中为 300 年一遇标准，考虑到桥梁墩台的一般冲刷加局部冲刷很深，影响范围可能波及其上游管道安全，故提出桥梁上游 300m 范围内的穿越工程设计洪水不应低于该桥的设计洪水

频率。

3.0.7 大口径管道穿越堤坝时，最后成孔的空洞较大，超过地基土的自稳性，容易出现堤坝和地面的沉陷，本条规定在设计过程中应采取有效措施防止这一现象发生。

3.0.9 定向钻穿越工程是油气管道的关键工程，设计前应取得油气的物性参数和输送工艺参数。物性参数如 H_2S 含量、含水率等以确定应采取的内腐蚀措施或腐蚀裕量，工艺参数如管径、压力等，为选用管材提供基础依据。

3.0.10 为确保不同设计阶段工程设计的科学性和准确性，本条规定应根据设计阶段的不用同进行相应的工程勘察工作，取得测量、地质基本资料，作为选择设计方案、工程布置及工程计算的基础。一般情况下，可行性研究阶段进行选址勘察，初步设计阶段进行初步勘察，施工图设计阶段进行详细勘察，有特殊要求的还可以进行施工勘察。当建设方有特殊要求时，勘察阶段可以提前。

3.0.12 在河道摆动较大河段内进行定向钻穿越工程应进行河势分析以查明该区段河流的演变规律，对于设计寿命内河道变化得出基本的趋势。定向钻穿越段应避免在河道变化范围内出入土，当无法避开时，应采取深埋措施，将管道埋至冲刷线以下，深度应满足相应规范要求。

4 材 料

4.0.1 钢管是油气输送的载体，也是管道工程中采用的大宗材料，选用就必须满足最基本的标准要求。但是油与气是两种不同物性的介质，且管道沿线自然环境条件不同，因此本条还提出了补充技术条件要求，以确保穿越管段的安全。在 20 世纪 90 年代后期以来，我国新建的涩宁兰、忠武线、陕京二线、西气东输、西气东输二线等输气管道及兰成渝、阿独线等输油管道，均对钢管提出补充技术要求，满足了安全使用的需要。同时为便于油田集输管道穿越工程的钢管采购，结合现行国家标准《输气管道工程设计规范》GB 50251 和《输油管道工程设计规范》GB 50253 的相关规定，在适合本规范规定的条件下可以采用符合其他给定的标准的技术条件的钢管。

4.0.2 本规定增加对通信硅管套管的要求，同时从易焊性的角度提出壁厚不宜小于 5mm。

4.0.3 本条规定的钢管许用拉应力是依据现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423，并参照美国机械工程师协会标准《烃类和其他液体用管道输送系统》ASME B31.4 和《气体传输和分配管道系统》ASME B31.8 的有关规定，补充了当温度高于 120℃ 时的温度折减系数的取值。

考虑定向钻穿越事故抢修的困难，穿越管段强度设计系数小于埋地管道强度设计系数，以此提高该段管道的可靠度。对于表 3.0.5 中的一类和二类定向钻穿越，输气管道位于一类和二类地区的，其强度设计系数应提高一个等级，提高的顺序依次为 0.72，0.6，0.5，0.4。

4.0.4 本条采用《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423 中的壁厚计算方法计算钢管选用壁厚。根据近几年定向钻设计施

工经验，当钢管径厚比超过 80 时，偶有钢管瘪管事故发生。如嫩江穿越时采用直径 711mm 壁厚为 8.7mm 的钢管在回拖过程中出现上述现象。尽管实际工程中有径厚比超过 80 成功的案例，但从工程整体可靠度考虑仍要求径厚比不大于 80，同时还应进行局部屈曲失稳分析计算。

5 穿越位置

5.0.1 本条规定定向钻穿越位置选择的原则。由于大、中型定向钻穿越工程投资较高、风险较大，对于线路局部走向应根据穿越位置进行微调。

5.0.2 制定本条为缩短定向钻穿越长度。当两岸受建筑物和构筑物限制时，可减小交角，但不宜小于 30° 。

5.0.3 在穿越位置选择过程中，必须考虑水域冲刷变化、地质条件、环境敏感区、施工条件以及构建筑物的影响，本条规定了在定向钻穿越选址时宜避开的区域。

5.0.4 为保证穿越管道和邻近设施安全，本条规定了穿越轴线距离居民区、桥梁、码头、水下水道等实施的距离要求，并规定并行穿越距离要求。

6 工程勘察

6.1 一般规定

6.1.1 本条规定了选址勘察（可行性研究勘察）、初步勘察、详细勘察和施工勘察等阶段深度要求，除满足相关规范要求外，还应满足设计方提交的的勘察技术要求。

6.1.2 本条规定钻探工作的一般要求。对于定向钻穿越工程，岩芯采取率是确保勘察质量的关键因素之一，由于行业差异和工程特点不同，对岩芯采取率要求有所差异。定向钻穿越对地层组构要求较高，因此必须有较高的岩芯采取率才能确保地层描述和评价的准确性，所以本规范对岩芯采取率提出了一个基本要求，实际工作中不应低于此标准。

6.1.3, 6.1.4 规定了岩土和水试样试验项目。环境水一般包括地下水和地表水，土的腐蚀性试样一般取地下水位以上土层。

6.1.5 钻探结束后必须对钻孔进行封孔，封孔应根据不同要求选用合适的材料回填，一般基岩采用水泥封孔，砂层、土层采用黏土球封孔，并应捣实。水泥封孔可采用泥浆泵将水泥浆送入孔底，自下而上灌注。根据定向钻穿越施工经验，曾经出现过由于钻孔未进行封孔，定向钻穿越施工时高压泥浆从钻孔冒出，导致穿越失败的事故，也发生了环保事故；河流两岸堤坝附近钻孔容易造成管涌等灾害，必须严格按照要求封孔。

6.2 工程测量

6.2.1 规定了定向钻穿越的测量范围，对于有特殊测量要求的工程，应根据设计方提交的测量技术要求执行。长度超过 800m 的定向钻穿越，回拖场地布置困难，本条规定应进行回拖场地测量，以便设计回拖的曲率半径。对于穿越位置附近河段冲淤变化

大、采砂严重、穿越位置位于弯道段或有河工节点时可进行上下游一定范围内水下地形图测量，以便确定合理的穿越深度，一般情况下，测图范围可为上游 1000m，下游 200m。

6.2.2 本条规定了定向钻穿越的测图比例，使图纸能够清晰地反映设计，又方便使用。

6.2.3 定向钻穿越控制点和穿越的主断面桩应埋设固定桩。在穿越点附近宜布设不少于 2 个相互通视的控制点，以便穿越桩丢失后的复位。

6.2.4 除按一般要求测绘外，定向钻穿越地形测量还要测绘已有埋地管道、输变线路、航道等影响施工和运营的设施。

6.3 岩土工程勘察

6.3.1 工程地质条件是定向钻穿越设计的最主要条件，各阶段的岩土工程勘察成果要能够满足定向钻穿越相应设计阶段的要求。

6.3.2 规定了在选址勘察阶段的深度要求，在此勘察阶段的主要任务是选址勘察，主要通过调查工作，分析穿越场区的稳定性，查明影响定向钻穿越可行性的工程地质及水文情况，并对下一步勘察工作提出建议。对于地质条件复杂场区，在可研阶段仅通过调查已不能满足可研报告的编制要求，因此本条规定了对于大型穿越工程或有特殊要求的工程可布置物探与少量钻探工作，初步查明穿越场区的地层分布情况。

6.3.3~6.3.6 规定了在初步设计阶段勘察的深度要求，在此阶段勘察要满足穿越方案确定和定向钻穿越方案设计要求，并对下一步勘察工作提出建议。为了满足穿越方案的确定，勘探点深度可根据地质条件适当调整。如果有必要进行物探工作，本阶段宜沿拟定的穿越轴线和其上流的勘探线上各布设一条工程物探线。对工程物探的实测资料，应结合钻探成果资料进行综合分析，提出地质解释成果，确定穿越断面地层的分布范围和连续性。如果物探结果表明地层不连续或地层分布与钻探不一致时，应增加钻

孔进行验证。对于穿越地下障碍物的勘察方案布置，勘探点间距和布置应结合地下障碍物分布情况进行综合确定。

6.3.7 本条规定了初步勘察阶段的探孔的深度。

6.3.8, 6.3.9 规定了详细勘察阶段勘察深度要求，本阶段其他勘察内容要求按现行国家标准《油气田及管道岩土工程勘察规范》GB 50568 执行。

6.3.10 施工勘察阶段一般采用钻探或导向孔试钻，分析可钻性和岩土特性。承包商应根据导向孔钻进情况对勘察资料进行校核。

7 场地布置

- 7.0.1** 穿越场地施工便道要能够满足定向钻机、泥浆系统、钻具等设备及材料的进场要求，根据目前常用的钻机型号及拖车类型技术参数制定本条。
- 7.0.2** 定向钻穿越施工要保证具有连续性。当场地位于滩地时，钻机布置要考虑洪水的影响。根据相应规范，滩地内临时场地标高设计洪水位按 20 年一遇进行设计。
- 7.0.3** 在定向钻施工过程中，地基承载能力要满足施工要求，必要时要进行地基加固。安装场地应根据钻机的型号确定，安装场地要满足钻机安装、钻杆布置、钻具布置等要求。泥浆池的场地应根据穿越长度、泥浆是否回收利用、不同地质需要泥浆量、穿越管径等确定场地大小，同时为降低定向钻塌孔的风险，泥浆池不应设在穿越轴线上。
- 7.0.4** 本条规定入出土点选择的主要要求，应满足设备材料和组焊的要求，同时应避开影响施工精度的电力线、钢桥、埋地管线等设施。
- 7.0.5** 定向钻穿越一般在出土端进行回拖管道的组装焊接，因此要求出土端要具有足够的场地满足定向钻回拖要求。当采用导向孔对穿技术时，出土点场地应按照入土点进行设置。
- 7.0.6** 在定向钻穿越两侧一般与线路段衔接，为减小用地范围尽量利用两侧线路段的作业场地。
- 7.0.7** 当场地受到限制，不能满足一次性回拖时，可考虑采用分段回拖的方式进行。在进行多接一施工时，回拖管道在钻孔内停留时间太长增加再次启动的回拖力，因此要减少工序衔接时间。

8 穿越曲线设计

8.0.1 本条规定了定向钻穿越曲线的最小埋深。该穿越深度综合了施工难易程度、管道运营期间安全、施工过程中环境保护、运营过程中的第三方破坏等因素。尽管近几年有浅穿成功且没有出现冒浆的案例，但也有超过冲刷线 10m 仍出现冒浆的情况，因此设计深度不但要满足深度要求，还应核算满足不冒浆的要求。

8.0.2 当定向钻穿越岩性差异较大的交界面时，扩孔器和钻头容易在交界处产生下沉，造成孔洞出现台肩，管道回拖至此时，回拖力会突然增大，钻杆出现断裂，导致回拖失败，进而造成工程的失败，因此尽量避免穿越上述交界面。

8.0.3~8.0.5 规定了定向钻适宜穿越的地质、可以穿越的地质和不应长距离穿越的地质。定向钻穿越的风险与穿越地层的地质条件密切相关，因此将穿越地层划分为适宜穿越、可以穿越和不应长距离穿越三大类。在 PRCI 定向钻穿越设计指导手册中对穿越地层和定向钻可行性进行了规定，见表 1。但定向钻工程的成败与施工单位的经验和技術能力有着密切的关系，这三条中的规定代表了目前行业内的平均先进水平。

8.0.6 当定向钻穿越两岸出现不适宜穿越的地层，如卵石层、破碎硬质岩石层、砾石层、大于 2mm 以上颗粒含量 30%~50% 之间但胶结差的砾砂层，可根据不同的地质条件采取套管隔离、地质改良、开挖换填等措施处理后进行定向钻穿越。

8.0.8 在总结了国内及国际上已有大型定向钻机的能力的基础上，结合近期国内定向钻施工情况，本条规定了入土角和出土角，这些与地质条件、地形条件密切相关，同时还要结合拟采用的钻机能力。当管径很大时，出土角度应适当减小，避免在管道

回拖时入洞困难。当定向钻穿越两端均采用隔离套管的处理措施时，出土端的角度可不受此限制，但应核算管道回拖时管道入洞工况下的受力情况。

表 1 定向钻可行性评估表

序号	穿越地层描述	卵、砾含量（%，重量）	定向钻穿越可行性	备注
1	软岩、黏土	无	非常适合	
2	砂土	0~30	非常适合	
3	砾砂	30~50	基本适合	砂土中含砾粒
4	砂砾	50~85	有问题	砂土与砾石的混合物
5	卵、砾石	85~100	不可接受	
6	岩石	无	适合或不可接受	

8.0.9 定向钻穿越敷设的管段，一般采用弹性曲线敷设。若弹性敷设曲线的曲率半径合适，管段回拖就可能在泥浆中顺利进行，既不会损伤防腐涂层，也能保证管段有足够的强度安全裕量。根据国内外大量的工程经验，本条规定曲率半径不宜小于 $1500D$ 。若竖向曲率半径小于由自重弯曲形成的曲率半径，在弹性范围内将产生向上的弹性抗力，有可能使管身贴着钻孔孔壁，增大管身与管壁摩擦，损伤防腐层，故提出本条规定。当然，如果场地条件许可，也可以增大曲率半径或在变坡前后增加缓和曲线来减缓、消除上述现象。若此，设计中应提出相应的扩孔施工要求。

8.0.10 钻杆的钻进长度是有一定极限的。根据理论计算结果和现场实践经验，在钻导向孔时，在没有特殊措施（如钻杆外套钻一定长度的套管）的情况下，摩擦系数 0.2， $6\frac{5}{8}$ in 钻杆钻进距离超过 2300m 时，钻杆阻力增加很快，继续钻进非常困难。虽然可以采用增大壁厚的方法提高钻杆的抗弯刚度，但钻杆的重量

也随之增加，穿越长度增加的效果有限，故穿越距离大于2300m时，宜采用导向孔对接穿越技术，考虑一定的安全裕量，建议穿越距离大于2000m时采用导向孔对穿。另外两端设套管时，控向很难保证穿越精度，故也建议采用对穿。

8.0.11 随着近几年国内管道整体规划，管廊带规划日益增多，多管平行穿越和多根管道同孔穿越的工程越来越多，本条提出了上述两种情况下的曲线要求。

9 地层处理

9.0.1 根据近几年我国油气输送管道口径越大，如西气东输二线管道直径达 1219mm，造成定向钻扩孔孔径也大，发生在沁河、淮河的定向钻穿越出现冒浆、塌陷现象。为此，制定了本条要求，设计人员应根据地质条件，勘探提供地层的自重稳定性和压裂的稳定性，配合施工人员提出合理的泥浆配比与压力，管段埋设深度及采取经济可行的固密地层措施。

9.0.2 对于定向钻穿越不利地层如卵石层、砾石层、破碎岩石层等应采取开挖换填、套管隔离、地质改良等方法进行地层处理。

9.0.3 本公式由国家现行标准《给水排水工程顶管技术规程》CECS 246 中的公式推导而来。对多个已完夯套管工程进行统计，夯套管长度最长为 140m，套管管径 1219mm；夯套长度最短为 38m，套管管径 2064mm。考虑到施工中套管安装长度与土层情况、施工技术水平有关，即使是同样的土层，不同的施工方法，达到的最大的安装长度也不尽相同，因此建议在采用本公式计算最大套管安装长度时，宜保留一定裕量。

9.0.4 本公式参照《给水排水工程顶管技术规程》CECS 246—2008 中 8.1.3 并参照钢套管的实际受力情况进行推算而来。

9.0.6 本条主要根据扩孔偏差对套管直径进行了规定。

9.0.7 采用开挖方法处理不利地层时，开挖完成后宜换填或设置隔离套管。设置套管的目的是为了便于泥浆的回收，同时保护环境。

9.0.9 油气管道回拖就位后，油气管道与套管之间的端部环形空间应采用止水材料进行充填，在没有特殊要求情况下，可采用水泥砂浆进行填充。

10 管道应力分析

10.1 管道回拖工况

10.1.1 目前，钻机拖拉力估算方法有：基于净浮力和黏滞力算法、基于卸荷拱的回拖力算法、基于绞盘理论计算方法、PRCI计算方法。几种计算方法均为估算方法，都是考虑某种理想状态下的回拖力，与实际情况都有一定的偏差，特别是 PRCI 计算方法更加理论化，但过多系数的引入也影响计算结果的客观性，也不能增加其准确性，均不能很好地反应实际的回拖力情况。综合几种方法对比分析，推荐采用现行国家标准《油气输送管道穿越工程设计规范》GB 50423 中的基于净浮力和黏滞力的算法。穿越管段回拖力是依据管段在泥浆中的浮力扣除自重后产生的摩擦力，再加上拖管前进时管段在泥浆中的黏滞力，形成回拖力。原理论公式应为：

$$F_r = \mu_{\text{soil}} L \left| \frac{\pi D_s^2}{4} \gamma_{\text{mud}} - \gamma \delta \pi (D_s - \delta) - W_p \right| + \pi D_s \mu_{\text{mud}} L$$

实际工程中 δ 很小，对回拖力的影响微乎其微，本规范中将其舍掉。钢管在淤泥中的摩擦系数可能为 0.1，在干硬土中的摩擦系数可能为 0.8，这里给出的 0.3 仅为钢管在充满泥浆的钻孔中的摩擦系数的建议值，其取值也可根据具体的土层情况进行调整，见 E. E. Maidla, “Borehole Friction Assessment and Application to Oilfield Casing Design in Directional Wells”。根据 Jeffrey S. Puckett 在 “Analysis of Theoretical Versus Actual HDD Pulling Loads” 中的分析，泥浆的黏滞系数取 0.025psi 较为合适，将其单位转换为公制为 0.175kN/m²。

钻杆选择应与钻机参数相匹配，钻杆受到的最大扭矩宜按下式计算值的 2 倍选取。

$$T = f_1 A D_0 + f G_0 R_0 L + K \pi d_0^2 L / 2 + \sum G_i R_i$$

- 式中 T ——最大估算扭矩 ($\text{kN} \cdot \text{m}$);
- f_1 ——单位土体地层切削阻力值 (kN/m^2), 与钻进速度、岩土致密度及钻压成正比, 如无可靠数据, 松散软土取 800, 较硬土取 1200, 硬土取 1600, 岩石取 2000;
- D_0 ——切削土体回转半径 (m);
- A ——钻具切削刃与岩石的接触面积 (m^2);
- f ——钻杆与地层摩擦系数, 取 0.3;
- d_0 ——钻杆外径 (m);
- K ——泥浆黏滞系数 (N/m^2), 取 0.175;
- L ——穿越长度 (m);
- g ——重力加速度 (N/m), 取 9.8 N/m ;
- G_0 ——单位长度钻杆浮重 (kN);
- R_0 ——钻杆回转半径 (m);
- G_i ——钻具自重 (kN), 包括钻杆、钻铤、扩孔器、扶正器等;
- R_i ——钻具的回转半径 (m)。

10.4 管道径向屈曲失稳校核

10.4.1 根据近年来中国石油天然气集团公司和中国石油化工股份有限公司在定向钻穿越施工回拖中, 钢管发生外压下的径向屈曲失稳, 依据铁摩辛柯公式, 规定了本条径向屈曲失稳的核算。本条与《化工容器设计》(作者王志文, 化学工业出版社出版)取式不同, 原因是化工容器设计中规定了初始圆筒椭圆度小于 0.5%, 我们实际使用的管材在标准规定的制造、运输、施工后都超过此规定, 故不采用。我们将铁摩辛柯公式与国家现行标准《海底管道系统规范》SY/T 10037 和美国石油学会标准《套管、油管 and 钻杆使用性能通报》API Bul 5C2 规定的计算作了分析对

比，以 $\phi 711 \times 8.7\text{mm}$ L415 钢管为例，在考虑了规定的安全系数后，允许的承载外压铁摩辛柯公式为 0.448MPa ，SY/T 10037 为 0.487MPa ，API Bul 5C2 为 0.59MPa 。管道扩孔回拖时，可能遇到的不利因素较多，而且只有铁摩辛柯公式和 SY/T 10037 考虑了钢管屈服强度的影响，为安全计，本条采用铁摩辛柯公式。

本条采用的设计系数是参照国家现行标准《海底管道系统规范》SY/T 10037，材料与荷载因素三项最大值，得安全系数为 1.59；鉴于回拖不可预见因素较多，取 0.6 的设计系数，其安全系数达 1.67，高于《海底管道系统规范》SY/T 10037 的规定。

泥浆压力主要有以下四个方面：

- 1 管道周围泥浆重力产生的静压。
- 2 泥浆从扩孔器返至地面产生的流动压力。
- 3 管道入洞后对钻孔内泥浆产生的流动压力。
- 4 管道与孔壁之间的支撑压力。

其中第 2 款的流体压力计算可使用环流压力损失公式，与泥浆性质、流量、钻孔构造等参数有关，不确定因素较多，一般情况下回拖阶段的环流流速低，压力小。第 3 款和第 4 款中的环向压力只能估算。本规范中建议按照静压计算的 1.5 倍选取。

11 抗震设计

本章规定主要参照现行国家标准《油气输送管道线路工程抗震技术规范》GB 50470 制定。

12 防腐与防护

12.1 一般规定

12.1.1 本条要求水平定向钻在施工中的相关环节要考虑采取措施避免防腐层免遭损坏的可能，如提高成孔质量、有效清孔、调节泥浆与充水的降浮措施、采取注水发送沟、滚动发送时注意发送角以及滚动装置采用橡胶材料、试回拖、试回拖后的修孔等措施，来保护穿越施工中的防腐层。

12.1.3 穿越段管道防腐层面电阻以 $10000\Omega \cdot \text{m}^2$ 为判断指标，这是由现行国家标准《钢质管道外腐蚀控制规范》GB/T 21447、美国全国腐蚀工程师协会标准《测量地下管线的保护涂层的电导》NACE TM 0102，管道研究协会（PRCI）《定向钻穿越防腐层质量现场评估方法》共同推荐的；对于防腐层面电阻小于 $10000\Omega \cdot \text{m}^2$ 时，以馈电测试中的另一端被阴极保护良好极化为合格，这是对防腐层整体质量的最低要求。

12.2 防腐层选型及结构设计

12.2.1 定向钻穿越所选取的防腐层应耐磨损、耐划伤、抗剪切。北美常采用环氧类涂料，欧洲及我国常采用 3PE 结构防腐层。无论何种防腐层，防腐等级都要提高一级。

12.2.2 无论是北美或是欧洲，定向钻穿越采用防护层已是成熟做法。对选择防腐层而言，北美采用普通的环氧粉末，欧洲采用 3PE，岩石地区穿越也是如此，对通常采用的防腐层本身没有过多特殊要求，只是在岩石地质条件下再在防腐层外安装防护层，管道防腐质量不会完全依赖防腐层。

12.2.3 定向钻穿越段管道，如果是 3PE 防腐层，补口材料可采用专用热收缩带，如果是环氧类防腐层，可采用相兼容的环氧

类补口材料。聚氨酯防腐层目前在长输管道上应用不多，尚无定向钻穿越的工程案例。

12.3 防护层

12.3.3 对 3PE 防腐层采用改性环氧玻璃钢或类似结构的材料进行防护是欧洲做法。也有采用 PP 材料的案例，要求 PP 层非常厚，应用案例不多。

12.3.4 北美针对普遍应用的环氧粉末防腐层这个特点所常采用的防护层材料。环氧类防护层也可应用在裸金属管道上，同时充当定向钻穿越段管道的防腐层，如北美广泛采用改性液态环氧类涂料如帕罗特或改性聚氨酯涂料等，即做防腐层，又做防护层；我国北京穿六环燃气管道采用 3PE 作干线防腐层，但对穿越段采用现场裸金属管喷涂帕罗特涂层既做防腐层又做防护层。

12.4 阴极保护

12.4.1 穿越段的管道应实施阴极保护是基本要求。

12.4.2 穿越两端应设置电流测试桩以便以后方便检测、管理。

12.4.3 为使定向钻穿越管道在投入运行前得到很好的防腐蚀保护，特要求增加临时阴极保护措施。

13 焊接与试压

13.1 焊 接

13.1.1 穿越工程是管道工程的一部分，因此本条规定应按现行国家标准（《输气管道工程设计规范》GB 50251、《输油管道工程设计规范》GB 50253 与《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369 的规定进行焊接。

13.1.2 考虑到穿越工程的重要性，规定对接接头焊缝除进行 100% 射线探伤外，还要进行 100% 的超声波检验。

13.1.4 国家现行标准《石油天然气钢质管道无损检测》SY/T 4109，依据美国 API 推荐的《管道与相关设施的焊接》API RP 1104 编制的，适用于长距离管道现场野外对接接头焊缝的射线和超声波检验，我国近期施工的管道多以此为经验标准。

13.2 清管、测径及试压

13.2.1 管道试压前后进行清管主要是为了保证管段不被腐蚀及输送介质的质量。穿越管段第一次测径、试压是为了确保穿越管段回拖时质量的可靠性；回拖后测径、试压是为了检验回拖过程中造成的管道的破坏，确保回拖后管道的安全可靠。

13.2.2 目前，国内小型定向钻穿越障碍物应用越来越广，且分散与全线。为减少管道试压的零碎分割，不影响施工周期及施工中的资源浪费，规定小型定向钻穿越管段可与线路段合并试压。但对于大、中型定向钻穿越管段一般由单独承包商完成，不受此影响。当小型定向钻工程位于重要或敏感区段时，也可单独进行试压。

13.2.3 为防止水对管道的腐蚀，避免试压时冻胀破坏钢管，制定本条水质要求与试压时的环境温度要求。

13.2.6 试压完成后应将管段内积水排净，防止管段回拖过程中，管道通过水平段上台时管内形成真空，造成管段局部屈曲破坏。

13.2.7 对于一类、二类重要的穿越管段，回拖完成后应对管段的完整性进行验证，特制定本条规定。

13.2.8 由于穿越管段是单独试压，它与埋地管段存在碰口连接的问题。如果埋地段与穿越段都敷设就位，可能出现强制碰口，使管段出现强制变形的残余应力，不利安全。本条作此规定是避免发生上述情况，最好将两端埋地管段在自由状态下与穿越管段碰口，然后再回填埋地管道。

中华人民共和国
石油天然气行业标准
油气输送管道工程
水平定向钻穿越设计规范
SY/T 6968—2013

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京中石油彩色印刷有限责任公司排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

850×1168 毫米 32 开本 2.875 印张 74 千字 印 1—2000
2014 年 2 月北京第 1 版 2014 年 2 月北京第 1 次印刷
书号：155021·7071 定价：36.00 元
版权专有 不得翻印