

非开挖技术规范丛书



水平定向钻进技术规程

CSTT

中国地质学会非开挖技术专业委员会 组织编写

朱文鉴 乌效鸣 李 山 主编

中国建筑工业出版社

非开挖技术规范丛书

水平定向钻进技术规程

Technology Standard of Horizontal Directional Drilling

中国地质学会非开挖技术专业委员会 组织编写

朱文鉴 乌效鸣 李 山 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水平定向钻进技术规程/朱文鉴, 乌效鸣, 李山主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2016. 5

(非开挖技术规范丛书)

ISBN 978-7-112-19386-8

I. ①水… II. ①朱… ②乌… ③李… III. ①定向钻进-技术
操作规程 IV. ①P634. 7-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 087013 号

责任编辑: 田立平 牛 松

责任校对: 陈晶晶 党 蕾

非开挖技术规范丛书

水平定向钻进技术规程

Technology Standard of Horizontal Directional Drilling

中国地质学会非开挖技术专业委员会 组织编写

朱文鉴 乌效鸣 李 山 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

环球东方 (北京) 印务有限公司印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 3 $\frac{3}{4}$ 字数: 99 千字

2016 年 6 月第一版 2016 年 6 月第一次印刷

定价: 16.00 元

ISBN 978-7-112-19386-8

(28646)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

本规程以中国地质学会非开挖技术专业委员会行业标准《水平定向钻进管线铺设工程技术规范》(试行)为基础,参考了石油、燃气、给水排水、电力电信、工业等地下管线相关行业有关地下管线探测、水平定向钻进等方面的规程、规范以及非开挖企业的规范和标准,并结合实际工作经验编制而成。

本规程共分 17 章,内容包括:水平定向钻进铺管工程的施工组织设计编制、设备选择、钻进工艺、钻进液、施工守则、工程质量验收、人身健康、安全、环境保护和生产管理等方面的内容,是不同行业水平定向钻进铺管工程的基础性规程。

本规程是水平定向钻进铺管工程设计、施工、管理和检查验收等各项工作的重要依据和准则。对于不同的水平定向钻进施工目的而有所变更的一些特殊要求和技术指标,应符合相关的规程、规范或通过协议、合同作出明确规定。

由于多方面的原因,有些内容没能纳入本规程,如:水平定向钻进事故预防与处理、设计优化等。

水平定向钻进的勘察、设计、施工与质量验收,除应符合本规程外,还应符合国家和相关主管部门发布的现行有关标准的规定。

本规程由中国地质学会非开挖技术专业委员会水平定向钻进技术专家组提出。中国地质学会非开挖技术专业委员会水平定向钻进技术专家组:组长:李山;副组长:乌效鸣;成员:胡远彪、陈铁励、张忠海、崔亚伦、李国军、王洪玲、陈凤钢、贾绍宽、佟功喜、姜志广、刘胜林、徐金校、姚秋明、余为民、贺燕麒。

本规程由中国地质学会非开挖技术专业委员会归口。

本规程主要起草人：乌效鸣、朱文鉴、李山、王洪玲、姜志广等。

主编单位：中国地质学会非开挖专业委员会

参编单位：成都理工大学

德威土行孙工程机械（北京）有限公司

东营博深石油机械有限责任公司

福建省东辰岩土基础工程公司

杭州东元非开挖技术工程有限公司

河南华北基础工程有限公司

衡水鸿泰非开挖机械工程有限公司

江苏地龙重型机械有限公司

江苏谷登工程机械装备有限公司

廊坊钻王科技深远穿越有限公司

无锡钻通工程机械有限公司

武汉市拓展地下管道工程有限公司

徐州徐工基础工程机械有限公司

中国地质大学（武汉）

参编人员：陈凤钢 陈铁励 崔亚伦 贺燕麒 胡远彪

贾绍宽 姜志广 李 山 李国军 刘胜林

佟功喜 乌效鸣 王洪玲 徐金校 姚秋明

余为民 张忠海 朱文鉴

中国地质学会非开挖技术专业委员会 专家委员会

主 任：王复明

副主任：李 山 王兆铨 徐效华 颜纯文
朱文鉴

水平定向钻进专家组：

陈铁励 陈凤钢 崔亚伦 贺燕麒 姜志广
贾绍宽 李国军 刘胜林 李 山 佟功喜
王洪玲 乌效鸣 徐金校 姚秋明 余为民
胡远彪 张忠海

顶管隧道专家组：

陈 勇 邓化雨 李浩民 李宗涛 皮青云
浦金文 王兆铨 王远峰 武志国 余家兴
阎 强 杨宇友

管道更新专家组：

曹国权 何 善 李方军 郎丰生 马孝春
徐效华 王明岐 王万斌 颜纯文 孙跃平

目 录

1	范围	1
2	规范性引用文件	2
3	基本规定	3
3.1	口径系列	3
3.2	穿越长度	3
3.3	钻机分类	3
3.4	岩土分类	4
3.5	钻进方法与工艺	6
4	施工组织设计	8
4.1	施工组织设计的基本要求	8
4.2	施工组织设计依据	8
4.3	施工组织设计编写要求和内容	8
4.4	施工组织设计编制与审批	12
5	管线设计	13
5.1	一般规定	13
5.2	导向孔轨迹设计	13
5.3	管材的选择	16
6	工程环境与地质勘察	19
6.1	工程环境勘察	19
6.2	工程地质勘察	20
7	设备仪器的选择与安装	26
7.1	钻进设备的选择	26
7.2	仪器仪表的选择	31
7.3	设备安装、拆卸与搬运	32
7.4	设备、仪器仪表使用与维护	34

8	钻杆钻具	43
8.1	钻杆	43
8.2	钻具	43
9	施工准备	46
9.1	制订生产计划措施	46
9.2	施工前准备	46
9.3	施工场地及布置	47
9.4	开钻前准备	49
9.5	管线的制作	50
10	施工	52
10.1	一般规定	52
10.2	导向孔钻进	52
10.3	扩孔钻进和清孔	56
10.4	回拖铺管	59
11	钻进液与护壁	64
11.1	钻进液的要求	64
11.2	钻进液类型	66
11.3	钻进液材料	67
11.4	钻进液现场配制与维护	70
11.5	钻孔护壁堵漏	72
12	后期处理措施	80
12.1	一般规定	80
12.2	替浆作业	80
12.3	废浆处理	80
12.4	场地清理	80
12.5	场地复原	81
13	施工监控	82
13.1	一般规定	82
13.2	监控形式	82
13.3	监控频率	83

13.4	仪器监测预警	84
13.5	监控项目	84
14	工程质量与验收	87
14.1	一般规定	87
14.2	管道铺设质量要求	87
14.3	环境影响要求	88
15	健康、安全、环保（HSE）管理	89
15.1	健康管理	89
15.2	安全管理	89
15.3	环境保护管理	96
16	生产管理	98
16.1	一般规定	98
16.2	设备安装质量验收制	98
16.3	岗位责任制	98
16.4	竣工检查验收制	98
17	工程技术档案	99
17.1	建档基本要求	99
17.2	档案资料内容	99
附录 1	钻进液主要性能指标	101
附录 2	钻进液使用相关计算	104
参考文献		108

1 范 围

本规程规范了水平定向钻进施工过程中所有工序的技术要求及有关管理规定。

本规程主要适用于采用水平定向钻进（或导向钻进）铺设地下管线的施工工程，采用水平定向钻进实施护坡、土壤环境保护与治理、资源勘察与开采等工程可参照本规程。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61；

《岩土工程勘察规范》GB 50021；

《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236；

《水平定向钻机安全操作规程》GB 20904；

《给水排水管线工程施工及验收规范》GB 50268；

《聚乙烯燃气管道工程技术规程》CJJ 63；

《油气长输管道工程施工及验收规范》GB 50369；

《城镇燃气埋地钢质管道腐蚀控制技术规程》CJJ 95。

3 基本规定

3.1 口径系列

3.1.1 导向孔口径需大于钻杆接头直径，参考系列有： $\phi 95$ 、 $\phi 110$ 、 $\phi 159$ 、 $\phi 168$ 、 $\phi 216$ (mm)。

3.1.2 钻杆规格系列： $\phi 50$ 、 $\phi 60$ 、 $\phi 73$ 、 $\phi 76$ 、 $\phi 83$ 、 $\phi 89$ 、 $\phi 102$ 、 $\phi 114$ 、 $\phi 127$ 、 $\phi 140$ 、 $\phi 168$ 、 $\phi 194$ (mm)。

3.1.3 管材口径系列： $\phi 108$ 、 $\phi 159$ 、 $\phi 219$ 、 $\phi 273$ 、 $\phi 355$ 、 $\phi 426/406$ 、 $\phi 520$ 、 $\phi 630$ 、 $\phi 750$ 、 $\phi 820/813$ 、 $\phi 1012/1016$ 、 $\phi 1219$ 、 $\phi 1420$ 、 $\phi 1800$ (mm)。

3.1.4 集束管的口径应按当量直径计算。

3.1.5 终孔口径：为 1.2~1.5 倍的管材外径；初步计算时应采用 1.5 倍管材外径。

3.2 穿越长度

水平定向钻进铺管穿越长度划分为短距离、中距离、长距离和超长距离：

3.2.1 短距离：穿越长度小于或等于 300m 的工程；

3.2.2 中距离：穿越长度介于 300~800m 的工程；

3.2.3 长距离：穿越长度介于 800~1500m 的工程；

3.2.4 超长距离：穿越长度大于 1500m 的工程。

3.3 钻机分类

依据钻机回拖力和扭矩，可将钻机分为 5 大类：微型钻机、小型钻机、中型钻机、大型钻机、特大型钻机，见表 3.1。

HDD 钻机分类表

表 3.1

机型	钻机回转扭矩对应标准配置钻杆规格	扭矩 (N·m)	回拖力 (t)
微型	钻机扭矩适用 $\phi 50$ 以下钻杆	3000 以下	10 以下
小型	钻机扭矩适用 $\phi 50$ 、 $\phi 60$ 、 $\phi 73/76$ 、 $\phi 83$ 钻杆	3000~18000	10~40
中型	钻机扭矩适用 $\phi 89$ 、 $\phi 102$ 、 $\phi 114$ 钻杆	18000~50000	40~120
大型	钻机扭矩适用 $\phi 127$ 、 $\phi 140$ 钻杆	50000~120000	120~400
特大型	钻机扭矩适用 $\phi 168$ 及以上钻杆	120000 以上	400 以上

3.4 岩土分类

3.4.1 依据水平定向钻进的特点,从可钻性和成孔性两个方面对岩土地层给予定量评价分类。

3.4.2 可钻性:衡量钻进岩土地层难易程度的量化指标,主要参考指标为:原状土无侧限抗压强度和岩石单轴抗压强度等,可钻性共分为 6 个级别,见表 3.2。可钻性主要与钻进效率和钻具消耗等相关。

岩土可钻性分级

表 3.2

可钻性级别	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
原状土无侧限抗压强度或饱和单轴抗压强度/MPa	<5	5~15	15~30	30~60	60~130	>130
典型地层描述	软土、淤泥等、无胶结性砂	黏土、路基土、中胶结性砂	黏土岩、砂质黏土岩、强风化岩、胶接性较好的粗、中砂层	泥灰岩、板灰岩、页岩、泥岩、中灰岩等	结晶灰岩、细砂岩、弱风化硬岩等	花岗岩、辉绿岩等坚硬完整岩

3.4.3 成孔性:衡量岩土地层水平钻孔成孔(缩径、扩径、坍塌、掉块等)难易程度的量化指标,主要参考指标:松散破碎性、水敏性、水溶性、漏失性、蠕变性等,成孔性共分为 4 个级别,见表 3.3。成孔性主要与泥浆护壁成本和施工风险等相关。

岩土成孔性分级

表 3.3

成孔性级别	1 级 (易)	2 级 (稍难)	3 级 (难)	4 级 (极难)
按照地层的 密实性、松散 性和流塑性 划分:	具有密实、胶结性好的 砂土、黏土、粉质黏土等、 硬塑地层。 (砂土密实度) 标准贯入 试验锤击数 $N > 30$; (碎石土密实度) 重型圆 锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$ > 20 ; 液性指数 $I_L \leq 0.25$	较密实、胶结性较好、 含有少量大颗粒的砂土地 层、可塑性土。 $15 < N \leq 30$; $10 < N_{63.5} \leq 20$; $0.25 < I_L \leq 0.75$	中密实、胶结性差的中 颗粒与有胶结但含有中量 的大颗粒、软塑土。 $10 < N \leq 15$; $5 < N_{63.5} \leq 10$; $0.75 < I_L \leq 1$	松散、无胶结的大颗粒、 砂砾石地层、流塑性土。 $N < 10$; $N_{63.5} < 5$; $I_L > 1$
按照地层的 水敏性/水溶 性/漏失性/蠕 变性划分:	水溶性 $\leq 8\%$; 水敏指 数: $I_a \leq 0.33$; 漏失速率 $\leq 1\text{m}^3/\text{h}$; 泊松比 $\mu \geq 0.4$ 。 如: 完整性良好、无水 敏性、无水溶性、无蠕变 性的地层	$8\% \leq \text{水溶性} \leq 25\%$; $0.33 \leq I_a \leq 0.66$; $1\text{m}^3/\text{h} \leq$ 漏失速率 $\leq 5\text{m}^3/\text{h}$; $0.3 \leq \mu$ ≤ 0.4 。 含钠盐、钾盐、岩盐、 石膏、天然碱、芒硝等的 岩石; 黏土层 (含蒙脱石 的), 水敏性泥岩、页岩、 板岩等软土; 有裂隙发育 的岩体	水溶性 $\geq 25\%$; $I_a \geq$ 0.66 ; 漏失速率 $\geq 5\text{m}^3/\text{h}$; $\mu \leq 0.3$ 。 富含钠盐、钾盐、岩盐、 石膏、天然碱、芒硝等的 岩石; 黏土层 (高含蒙脱 石的), 强水敏性泥岩、页 岩、板岩等软土、软质泥 页岩、淤泥等流塑体, 且 地层压力高; 裂隙发育的 岩体	

3.4.4 钻孔直径对岩土成孔性有较大的影响，而且不同的地层，影响程度不同。

3.5 钻进方法与工艺

3.5.1 钻进方法类型

按碎岩作用方式分为：顶推钻进、回拉钻进、回转钻进、喷射钻进、冲击钻进等；按碎岩工具分为：硬质合金钻进、牙轮钻头钻进等；按钻进液类型分为：干钻、清水钻进、泥浆钻进、空气钻进等；按钻进液循环方式分为：正循环钻进、反循环钻进等。

3.5.2 钻进工艺类型

水平定向钻进工艺可分为：导向钻进（顶推钻进）、扩孔钻进（回拉为主）、回拖铺管（拉管）。

1 导向钻进：采用导向仪器和导向钻头，按照设计的钻孔轨迹进行钻进的施工过程。

2 扩孔钻进：在完成导向孔钻进后，根据铺设管线的管径及钻机能力，利用扩孔钻头进行由出口坑至起始坑回拉扩孔（或顶推扩孔）的施工过程。

3 回拖铺管：经扩大的钻孔，利用扩孔钻头进行由出口坑至起始坑回拉、扩孔或清孔，同时铺设生产管的施工过程（亦称拉管/回拖）。

3.5.3 确定钻进方法的基本原则

- 1 应满足管线设计要求和任务书（合同）确定的施工目的；**
- 2 在适应钻进地层特点的基础上，宜优先采用先进的钻进方法；**
- 3 以高效、低耗、安全、环保为目标，保证铺管质量、降低劳动强度，争取好的经济和社会效益；**
- 4 适应施工区的自然地理条件。**

3.5.4 钻进方法的选择

- 1 针对主要岩土地层特点，依据岩石硬度、研磨性、完整**

程度和施工条件等，选定钻进方法。见表 3.4。

钻进方法选择推荐表

表 3.4

可钻性等级	钻进方法
1~4	回转钻进
5~6	冲击回转

2 在施工现场供水条件相当困难且地层较硬时的情况下，应结合区域水文地质条件，可采用空气潜孔锤与空气反循环组合钻进工艺。

3 在入口或出口浅层含有较大卵石时，宜采用夯管工艺夯入或者埋管工艺直接埋入较大口径的钢套管，穿过含卵石层。当回拖拉管或拉钻具存在较大阻力时，宜考虑采用夯管辅助作业。

4 对破碎类岩层（砾石层、漂石、块石层、卵石、碎石层），由于孔壁稳定性极差，应避免在此类地层中实施水平定向钻进铺管。如确实需要在该类地层进行水平定向钻进施工，应先从地层进行改良，然后进行水平定向钻进施工。

5 在长距离穿越施工钻遇多种地层时，应综合地层特性选择较优的施工工艺和钻具。

3.5.5 水平定向钻进铺管工程主要工序

水平定向钻进铺管的施工过程，包括：定孔位（入土点、出土点）→平整场地与修筑地基→安装钻探设备及附属设备→临时设施建造→安装验收→开钻前的准备工作（管线制作）→导向孔钻进→扩孔钻进→清孔（钻孔终孔检测）→回拖铺管→其他工作（管线竣工轨迹检测、通径测试、密封性测试等）→（起拔孔口套管）→废浆处理和场地环境恢复→竣工验收→拆迁。