



信息通告

中国民用航空局机场司

编号: IB-**-**

下发日期: 2024 年**月**日

民用机场助航灯光改造工程 水平定向钻施工技术指南

(征求意见稿)

前 言

近年来，随着我国民用机场建设事业的快速发展，在民用机场助航灯光改造工程的施工方面积累了丰富的经验，通过试验研究形成了一些新的技术成果。为了适应民用机场建设高质量发展要求，进一步提升施工质量、效率和安全水平，特编制《民用机场助航灯光改造工程水平定向钻施工技术指南》。

水平定向钻技术是一种非开挖施工技术，即在不开挖道面的条件下使用水平定向钻进行敷设各种地下设施电缆套管的技术。编写组总结了近年来我国民用机场应用水平定向钻技术的施工经验，参考国内相关技术标准和研究成果，开展了理论分析，进行了室内和现场试验，在广泛征求国内有关单位和专家的意见基础上，编制了本指南。

本指南第1章由***编写，第2章由***编写，第3章由***编写，第4章由***编写，第5章由***编写，第6章由***编写。附录由***编写。

本指南由主编单位负责日常管理，执行过程中如有意见和建议，请函告四川双龙机场建设有限公司（地址：四川省成都市武侯区天仁路387号大鼎世纪广场2栋12层，邮编：610000，电话：028-84321080，传真：028-85128892，邮箱：sichuanshuanglong@scsljcs.com），以便修订时参考。

主编单位：四川双龙机场建设有限公司

参编单位：中国民用航空飞行学院

主 编:

参编人员:

主 审:

参审人员:

征求意见稿

目次

1	总则	1
2	术语	2
3	施工准备	6
3.1	一般规定	6
3.2	施工场地	6
3.3	施工机具	7
3.4	施工材料	10
3.5	施工试验	12
4	水平定向钻施工	13
4.1	一般规定	13
4.2	工作坑施工	14
4.3	钻进液制备	15
4.4	定向钻进	17
4.5	电缆套管回拖	20
4.6	钻孔验通	21
4.7	管外注浆	21
4.8	道面变形监测	22
4.9	现场清理	23
4.10	质量评定	24
5	特殊气候施工	26
5.1	一般规定	26
5.2	高温、低温和雨季施工	26
6	施工安全与绿色施工	29

6.1	一般规定	29
6.2	施工安全	29
6.3	绿色施工	30
附录 A 水平定向钻施工准备资料		31
A.1	机场水平定向钻施工方案提纲	31
A.2	机场水平定向钻施工准备检查单	34
A.3	机场水平定向钻施工地下管网图	35
A.4	机场水平定向钻施工平面布置图	36
A.5	机场水平定向钻施工剖面图	37
A.6	机场水平定向钻施工机具清单	38
A.7	机场水平定向钻施工材料清单	40
附录 B 水平定向钻施工记录表		41
B.1	钻进液配比记录表	41
B.2	定向钻进施工记录表	42
B.3	电缆套管回拖敷设记录表	43
B.4	注浆施工记录表	44
B.5	注浆道面变形监测记录表	45
附录 C 道面结构检测		46
C.1	探地雷达检测	46
C.2	HWD 检测	52
标准用词说明		55
引用标准名录		56

1 总 则

1.0.1 为适应民用机场工程高质量建设发展的需要，规范民用机场助航灯光改造工程水平定向钻施工，保证工程质量和施工安全，促进工程施工技术水平的提高，实现安全适用、经济合理、技术先进、绿色环保等目标，制定本指南。

【条文说明】民用机场投运后，由于运行标准的提高，或提高安全保障水平，需要在已建成道面加装助航灯光，或更换老旧电缆，统称为民用机场助航灯光改造。传统的道面切割敷设电缆方式，存在影响道面完好性和缩短电缆使用寿命等问题。采用水平定向钻技术，在道面基层或土基中定向钻进敷设电缆套管，具有保证道面完好性和延长电缆寿命的优势。

1.0.2 本指南适用于改建和扩建的民用机场（含军民合用机场民用部分）中应用水平定向钻技术在基层或土基中敷设电缆及其保护套管的助航灯光改造工程。

1.0.3 应用水平定向钻技术的助航灯光改造工程施工除应符合本指南外，尚应符合国家和行业现行有关标准、规范的规定。

2 术 语

2.0.1 水平定向钻施工

使用水平定向钻机、导向仪器等设备，按设计的轨迹实施定向钻进等工序，完成电缆套管敷设的施工方法。水平定向钻施工平面图示意图和剖面图示意图分别见图 2.0.1-1、图 2.0.1-2。

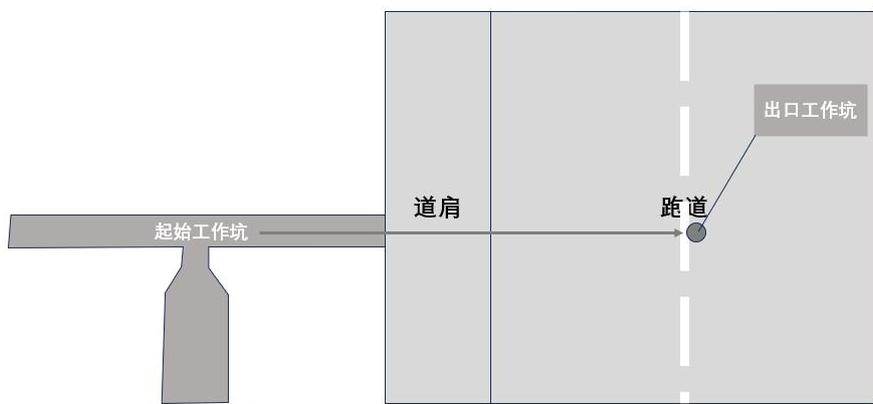


图 2.0.1-1 水平定向钻施工平面图示意图 (跑道为例)

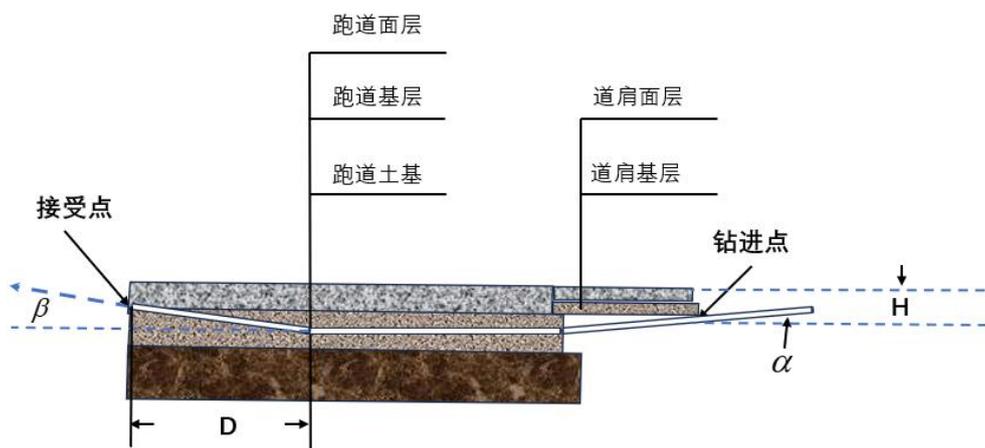


图 2.0.1-2 水平定向钻施工剖面图示意图 (跑道为例)

2.0.2 起始工作坑

靠近钻进点位置，用于收集和暂存钻进液、拆卸钻具等的工作

坑。参见图 2.0.1-1。

2.0.3 出口工作坑

靠近接受点位置，用于暂存注浆材料、连接电缆套管等的工作坑。参见图 2.0.1-1。

2.0.4 钻进点

水平定向钻施工时钻进路径的起始点。参见图 2.0.1-2。

2.0.5 钻入角

水平定向钻施工时，钻具开始钻入作业层时，钻杆柱与水平面的夹角。见图 2.0.1-2 中 α 。

2.0.6 钻进点深度

钻孔下缘距离道肩边缘线的垂直距离。见图 2.0.1-2 中 H 。

2.0.7 接受点

水平定向钻施工时钻进路径的终点。见图 2.0.1-2。

2.0.8 抬头距离

为准确钻至接受点相应高程，钻头开始抬头位置和接受点之间的水平距离。见图 2.0.1-2 中 D 。

2.0.9 钻出角

水平定向钻施工时，钻具从作业层中钻出时，钻杆柱与水平面的夹角。见图 2.0.1-2 中 β 。

2.0.10 钻进液

施工时用以冷却钻头、稳定孔壁、润滑钻具、带出钻渣，以水为基液，膨润土或植物胶等材料为基料，调制成的混合物。

2.0.11 无线导向定位仪

由发射器、跟踪器、同步显示器组成，以无线形式传输信号，用于确定导向钻头空间状态参数（位置、深度、方位角等）的电子仪器，也称导向仪。

2.0.12 探棒

由电池、天线、调制与功放以及传感器等模块组成的，发射钻孔倾角、方位角、电池电量、温度等参数的装置，也称地下传感探头。

2.0.13 验通

注浆前验证水平定向钻钻孔是否通畅的过程。

2.0.14 注浆材料

为恢复道面结构，保证道面的承载力，以水泥砂浆为主要成分用于填充钻进孔洞和敷设电缆套管之间空隙的混合料。

2.0.15 钻进限位器

安装在钻孔入口前，用于调整并限制钻头位置的机械装置。

2.0.16 封孔器

安装在钻进点钻孔口，为防止注浆过程中注浆材料外溢而采用的液压式或气压式密封装置。

2.0.17 回拖

将待敷设电缆套管从接受点一侧，沿钻进的孔洞，回拉至钻进点一侧的施工过程，也称拉管。

2.0.18 导向员

操作无线导向定位仪，引导司钻员操作钻机，控制钻头钻至接受点的施工技术人员。

2.0.19 司钻员

根据导向员的引导，操作钻进，控制钻头钻至接受点的施工技术人员。

征求意见稿

3 施工准备

3.1 一般规定

3.1.1 施工前应由施工单位参考《运输机场专业工程施工组织设计规范》(MH/T 5061), 编制专项施工方案(编写大纲模板参见附录 A.1)。

3.1.2 钻机操作应符合《水平定向钻机安全操作规程》(GB 20904)的要求。

3.1.3 涉及不停航施工的项目, 应根据《运输机场不停航施工管理办法》(民航规〔2023〕21号)的规定, 做好技术和组织措施。

3.1.4 施工前应对照施工准备检查单(样表参见附录 A.2), 检查落实施工场地、施工机具和施工材料等。

3.2 施工场地

3.2.1 施工前应明确施工场地的地质条件、所需的施工场地面积, 施工场地与机场跑道、滑行道、机坪等道面的距离要求以及其他影响因素。

3.2.2 施工前应收集施工场地的地下管网资料并探明具体位置, 绘制 A.3 所示施工场地地下管网分布图, 作为施工方案的附图。

3.2.3 施工前应收集施工场地的道面施工资料, 绘制施工场地平面布置图(参见附录 A.4)、施工剖面图(参见附录 A.5), 作

为施工方案的附图。确定施工场地内的设施、设备、材料布置方式，并考虑人员和机械设备进出施工场地的通道和安全设施。

3.2.4 施工前应进行场地准备工作，包括清理场地、标识场地，明确施工区域、危险区域、安全通道等。

3.3 施工机具

3.3.1 施工前应准备的施工机具主要包括水平定向钻机、注浆机、发电机、水泵、空压机等机械设备和水桶、台秤、铁锹等工具。施工机具清单参见附录 A.6，可作为施工方案附件。

3.3.2 应综合考虑施工场地、道面结构、敷设电缆套管直径、材质、埋深和长度等因素，结合钻机主要功能和技术性能，合理选择水平定向钻机。

【条文说明】根据《水平定向钻机》（JB/T 10548），结合民用机场助航灯光改造工程实际，水平定向钻机除具备回转、给进和回拖、喷射泥浆、钻机水平角度调整等基本功能外，宜具备自行机动性、重物起吊、自动拧卸钻杆、冲洗钻杆、定位等辅助功能。

水平定向钻机按技术性能分为小型钻机、中型钻机、大型钻机。主要性能参数：最大回拖力、最大推进力、扭矩、额定功率、最高转速、钻杆长度等。各型水平定向钻机对应的技术性能按表 3.3.2 选用。

表 3.3.2 水平定向钻机对应的技术性能

类型	小型 水平定向钻机	中型 水平定向钻机	大型 水平定向钻机
最大回拖力或推进力 (KN)	<100	100~450	>450
扭矩 (KN.m)	<3	3~30	>30

额定功率 (KW)	<100	100~180	>180
最高转速 (r/min)	>180	100~180	<100
钻杆长度 (m)	1.0~3.0	3.0~9.0	9.0~12.0

注：钻机分类参考《水平定向钻机》（JB/T 10548）。

3.3.3 钻杆外径、长度、制造方式及材质等参数应结合定向钻机类型及孔径要求综合确定，钻杆的选择和使用应注意以下要求：

1 定向钻的钻杆尺寸主要机械性能是强度和扭矩，其规格、型号应符合钻具工作扭矩、钻机推进力及回拉电缆套管时总拉力要求；

2 钻杆丝扣应保持洁净，旋扣前应涂上丝扣油；

3 不得使用弯曲和损伤钻杆，钻杆内孔应保持畅通，避免杂物进入。

3.3.4 导向钻头可根据道面结构层条件参照表 3.3.4 选定：

表 3.3.4 导向钻头类型选择

结构层	地层类别	适用的导向钻头类型
土基	淤泥质黏土、软土	较大掌面的铲形钻头
	黏性土、粉土	中型掌面的铲形钻头
	砂性土	小锥型掌面的铲形钻头
	砂、砾石层	镶焊硬质合金，中等尺寸弯接头钻头
基层	级配砾石、级配碎石类	泥浆马达驱动的 导向牙轮钻头或气动冲击锤
	水泥稳定碎石类	泥浆马达驱动的 导向牙轮钻头或气动冲击锤
	二灰、石灰稳定碎石	泥浆马达驱动的 导向牙轮钻头或气动冲击锤

3.3.5 导向仪应根据工程规模、穿越道面结构层的类型、电缆套管敷设深度及施工现场周边环境选择。采用无线导向仪时，

每段导向应在现场对导向仪进行校核。

3.3.6 注浆机技术性能参见表 3.3.6。

表 3.3.6 注浆机技术参数

技术参数	单位	参数
出浆量	L/H	6000
电机功率	kw	7.5/3.0
砂粒粒径	mm	≤ 3.0
W/C		≥ 0.3
灌（注）浆压力	MPa	≤ 0.3
输送距离	垂直	80（水泥砂浆）/100（水泥浆）
	水平	500
料斗容积	L	220
整机重量	kg	575
外形尺寸（长×宽×高）	mm	2300×930×1370
液体计量泵	L/H	0-260（可调）

【条文说明】机场道面基层水平定向钻施工时，需进行注浆以稳定道面结构，提高道面承载力。机场道面基层水平注浆距离较长，需准备性能参数符合要求且储料容量充足的注浆机完成压力注浆工程，并且注浆机需与设计的注浆材料类型相适配。

3.3.7 空压机用于钻孔孔壁与回拖电缆套管之间的空隙验通，其轴功率宜不小于 2kW、额定排气压力宜在 0.05MPa ~ 5MPa 区间范围内。

3.3.8 发电机用于为注浆机、空压机提供电力，发电机连接注浆机和空压机的电缆应与注浆机和空压机的功率相匹配，确保注浆机搅拌注浆可以同步进行，提高注浆效率。

3.3.9 探地雷达用于道面原始结构性能、钻孔成孔及注浆密实情况检测，参见以下技术要求：

- 1 增益不小于 100dB；

- 2 信噪比不低于 120dB, 最大动态范围不低于 150dB;
- 3 计时误差不大于 1.0ns;
- 4 A/D 转换不低于 16bit;
- 5 具有时间窗口、采样点数 (采样频率)、信号叠加次数等重点采集参数调整功能;
- 6 具有测线定位功能;
- 7 具有现场数据处理能力。

3.3.10 重锤式弯沉仪用于道面弯沉测试, 评价道面强度, 参见以下技术要求:

- 1 最大荷载级位应达到 320kN;
- 2 承载板应采用 $\phi 300\text{mm}$ 或 $\phi 450\text{mm}$ 两种尺寸规格;
- 3 弯沉传感器数量一般为 7-9 个, 其中 1 个传感器必须布设在荷载中心位置, 其他传感器可采用 30cm 距离间隔布设;
- 4 荷载传感器精度为 $\pm 2\text{kPa}$;
- 5 荷载分辨率为 0.03 ~ 0.12kN, 与荷载幅值有关;
- 6 最大测试弯沉为 2.5mm;
- 7 弯沉传感器精度 $\pm 2\ \mu\text{m}$;
- 8 弯沉传感器分辨率 $1\ \mu\text{m}$;
- 9 弯沉传感器随机误差 $1 \sim 2\ \mu\text{m}$;

3.4 施工材料

3.4.1 项目应准备满足设计要求的施工材料, 填写附录 A.7 材料清单, 作为施工方案附件。施工材料清单应明确施工所需材

料的名称、数量和性能参数。清单中除包括所有必要的材料外，宜根据项目实际情况进行合理的规划和补充。水平定向钻施工需要的主要材料有：

1 水平定向钻机相关材料：燃料、自来水、膨润土或植物胶；

2 水泵相关材料：燃料、抽水管、供水管、抽水管过滤网、供水管过滤网；

3 钻进液回流沉淀池防渗薄膜；

4 电缆套管及封孔盖；

5 注浆机相关材料：连接发电机电缆、自来水、水泥、中细砂、外加剂；

6 空压机相关材料：连接发电机电缆；

7 发电机材料：燃料。

3.4.2 施工前应按设计要求选用电缆套管。

3.4.3 施工前应按设计要求进行注浆材料的配合比试验与制备。

3.4.4 注浆材料的流动性和凝固时间可参考以下要求：

1 注浆材料的初始流动性宜为 $200\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ ，放置 30 min 后流动性宜为 $90\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ 。

2 注浆材料的初凝时间宜在 $60\text{ min} - 90\text{ min}$ ，终凝时间不应超过 2 h ，且终凝与初凝的间隔时间不宜超过 30 min 。

【条文说明】注浆材料的流动性和凝固时间具有相互矛盾的特点，根据水平定向钻注浆的时间要求，采用硅酸盐水泥与硫铝酸

盐水泥复配，并添加外加剂制备水泥砂浆，可以调和以上矛盾。硅酸盐水泥与硫铝酸盐水泥应分别符合国家标准《通用硅酸盐水泥》、《硫铝酸盐水泥》中的技术要求，施工用砂应符合《建设用砂》分类中的中砂或细砂，制备注浆材料过程中所使用的外加剂应符合《混凝土外加剂》中的要求，注浆材料混合用水宜为清洁的自来水。注浆材料的各项性能指标参照表 3.4.4 执行。

表 3.4.4 水平定向钻施工注浆材料性能指标的试验方法

性能指标	试验方法
流动性	参照《水泥基灌浆材料应用技术规范》
凝结时间	参照《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》
抗压强度	参照《基础工程注浆用水泥浆抗压强度试验方法》
析水率	参照《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》

3.4.5 注浆材料宜用水泥、中细砂和减水剂配制，提前制备为标准包装，以便现场注浆机中投料加水搅拌。

3.5 施工试验

3.5.1 水平定向钻施工前应编制试验段施工方案，试验完成后编写试验段施工总结。

3.5.2 试验段施工宜选择对机场运行安全没有影响的区域开展，重点验证施工工艺和施工工序，检验施工人员、机具和材料的组织落实情况。

3.5.3 不停航施工的项目，应满足机场复航的相关要求。

4 水平定向钻施工

4.1 一般规定

4.1.1 土基中水平定向钻施工基本流程为：

- 1 测量定位，计算钻进点深度。
- 2 根据钻进土基的工程地质特性，配制钻进液。
- 3 用探地雷达和重锤式弯沉仪对钻孔前道面结构进行检测。
- 4 水平定向钻钻进，实时监测、控制钻进路径与计划路径的偏差。
- 5 清孔。
- 6 通过钻机回拖，将敷设的电缆套管回拖至钻进点。回拖同时，对钻孔与回拖电缆套管之间的空隙注浆。
- 7 恢复场地。
- 8 注浆材料达到龄期后用探地雷达和重锤式弯沉仪对道面结构进行检测。

4.1.2 基层中水平定向钻施工基本流程为：

- 1 测量定位，计算钻进点深度。
- 2 根据道面结构特性，配制钻进液。
- 3 用探地雷达和重锤式弯沉仪对钻孔前道面结构进行检测。
- 4 水平定向钻钻进，实时监测、控制钻进路径与计划路径的偏差。
- 5 清孔。

- 6 通过钻机回拖，将敷设的电缆套管回拖至钻进点。
- 7 回拖电缆套管后，采用空压机向回拖电缆套管和孔壁之间的空隙压入高压气体，验证空隙是否畅通。
- 8 对钻孔与回拖电缆套管之间的空隙注浆。注浆期间采用测量仪器监控道面板是否变形，不得超过设计要求。
- 9 恢复场地。
- 10 注浆材料达到龄期后用探地雷达和重锤式弯沉仪对道面结构进行检测。

4.2 工作坑施工

4.2.1 工作坑分为起始工作坑与出口工作坑。起始工作坑布置于道面的道肩土面区一侧，主要用于验证道面结构、控制钻进点的空间位置、摆放钻杆、收集和暂存钻进液、安装电缆套管。出口工作坑布置于接受点处，主要用于注浆进程控制和注浆效果检查。

4.2.2 起始工作坑施工宜参照图 4.2.2 进行：

- 1 起始工作坑区域有地下管网，应人工开挖；起始工作坑区域无地下管网，宜机械开挖；
- 2 钻杆工作区的中心线宜和设计钻进路径重合；
- 3 起始工作坑开挖深度不小于设计钻进点最小深度；
- 4 钻杆工作区的开挖长度不大于 10000 mm，宽度不大于 700 mm ；
- 5 钻进液沉淀池开挖深度不小于设计钻进点最小深度，略大于钻杆工作区开挖深度，且不大于 1000 mm ；

6 钻进液沉淀池开挖长度不大于 2500 mm，宽度不大于 1700 mm；

7 钻进液沉淀池入口开挖尺寸不大于 700 mm × 700 mm，然后按 1:1 扩张至沉淀池宽度；

8 起始工作坑开挖的土料宜堆放在工作坑附近，且不影响操作。

4.2.3 出口工作坑若作为穿越电缆的工作坑，开挖尺寸不大于 1000 mm × 1000 mm × 500 mm。出口工作坑若作为灯坑，应采用取芯机根据灯具几何尺寸钻芯。

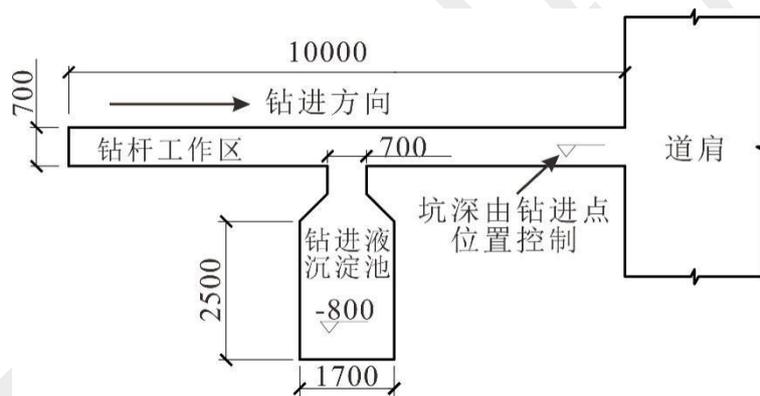


图 4.2.2 起始工作坑开挖平面示意图 (单位: mm)

4.3 钻进液制备

4.3.1 钻进液的制备以水为基液，以膨润土或植物胶为基料，按一定的配比调制，并按附录 B 的表 B.1 填写钻进液配比记录表。

【条文说明】参照中国工程建设协会标准《水平定向钻管道穿越工程技术规程》(CECS382-2014)，以满足比重、黏度、静切力、动切力、滤失量、PH 值等性能参数的要求。钻进液的配方和性能参数

根据施工过程中的道面结构层特性、孔径、钻孔长度、钻进工艺、孔内情况等因素调整。

4.3.2 以膨润土为基料，不同施工部位的钻进液配比可参考表 4.3.2。

表 4.3.2 膨润土为基料的钻进液配比推荐值

施工部位	结构层特性	低粘钙基膨润土配比量	中粘钠基膨润土配比量
土基	粘土地层	烧碱 1kg、膨润土 35kg/m ³ 水	膨润土 30-35kg/m ³ 水
	粉土地层	烧碱 1.3kg、膨润土 55kg/m ³ 水	膨润土 50-55kg/m ³ 水
	砂土地层	烧碱 1.5kg、膨润土 65kg/m ³ 水	膨润土 60-65kg/m ³ 水
基层	水泥稳定碎石	烧碱 2kg、膨润土 100kg/m ³ 水	膨润土 70-80kg/m ³ 水

4.3.3 以植物胶为基料，不同施工部位的钻进液配比可参考表 4.3.3。

表 4.3.3 植物胶为基料的钻进液配比推荐值

施工部位	结构层特性	植物胶配比量
土基	粘土地层	植物胶 20kg/m ³ 水
	粉土地层	植物胶 30kg/m ³ 水
	砂土地层	植物胶 40kg/m ³ 水
基层	水泥稳定碎石	植物胶 50kg/m ³ 水

4.3.4 钻进液宜回收、循环使用。从钻孔中回流的钻进液宜采取沉淀池沉淀除砂处理，处理后钻进液的含砂量宜小于 0.5%。

【条文说明】钻进液含砂量高时，其密度升高，钻速降低，滤失变大，影响护壁质量，对设备的磨损严重，因此钻进液含砂量越小越好。参照中国工程建设协会标准《水平定向钻管道穿越工程技术规

程》（CECS382-2014），处理后钻进液的含砂量宜小于 0.5%。

4.4 定向钻进

4.4.1 定向钻进应注意以下事项：

- 1 钻进点位置根据施工方案的施工场地平面布置图点位确定。
- 2 钻入角宜取 0° 。宜在起始工作坑内钻进点 20cm 前布置钻进限位器，第一根钻杆放置于钻进限位器上，调整钻头至钻进点，第二根钻杆应参考钻进点深度调整至水平，下方宜放置钢板。
- 3 钻进点深度应确保钻头钻至道面面层时位于面层下方，以免损伤面层。
- 4 钻进前，应对导向仪进行校正，多点反复测量，保证其精度。
- 5 钻机开动后，宜进行不少于 3min 的试运转，确定钻机各部分运转正常后方可钻进。

【条文说明】本条第三款的钻进点深度根据道面（跑道、滑行道、机坪）、道肩的结构、坡度、厚度、尺寸等因素确定。钻进点深度最小值的计算公式参见公式 4.4.1，可参考图 4.4.1 理解。

$$H_{\min} = b - l_1 GR_1 + D \quad (4.4.1)$$

式中： H_{\min} ——钻进点深度最小值，单位 mm；

l_1 ——道肩宽度，单位 mm；

GR_1 ——平行于钻进路径方向的道肩坡度；

B ——土基施工为道面面层厚度与基层厚度之和，基层施工为道面面层厚度，单位 mm；

D ——钻孔直径，单位 mm。

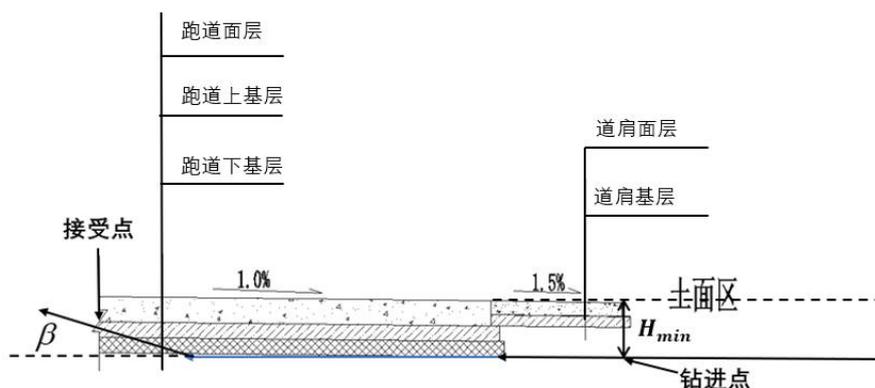


图 4.4.1 加装跑道中线灯土基水平定向钻进剖面示意图

4.4.2 钻孔施工时，应监控并严格控制钻进轨迹、钻进速度和孔内钻进液压力，避免造成对上部结构层的破坏。

4.4.3 钻进过程中，导向员应及时测量钻进深度和角度，按附录 B 的表 B.2 填写定向钻进施工记录表；应及时对比测量数据与设计数据，引导司钻员钻孔，将偏差值控制在要求范围内。

4.4.4 钻进过程中，宜在距离接受点一定距离处设置两个检查点，检查钻进的水平轨迹偏差和钻孔深度偏差，并及时修正。

【条文说明】如图 4.4.4，以钻头最大偏转角 1° （正切值等于 1.7%）为例，可接受轨迹偏差 XTK 等于 $0.017L$ 。以加装宽度为 45 m 的跑道中线灯为例，宜设置两个检查点：第一检查点设在跑道边线外缘，距离跑道中线 22.5 m 处，该点水平轨迹偏差、钻孔深度偏差都不得大于 38 cm；第二检查点设在距离跑道中线 13.5 m 处，该点水平轨迹偏差、钻孔深度偏差都不得大于 23 cm。

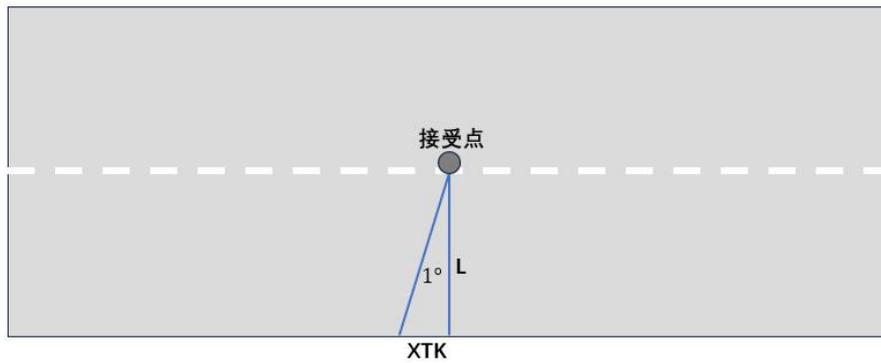


图 4.4.4 水平定向钻进轨迹偏差检查示意图

4.4.5 如图 2.0.1-2，钻进过程中，为控制钻头准确钻至接受点，路基施工时可按公式 4.4.5-1 计算抬头距离 D ，基层施工时可按公式 4.4.5-2 计算抬头距离 D 。

$$D = (H_{\text{基}} + GR_1 \times W) / GR_2 \quad (4.4.5-1)$$

$$D = GR_1 \times W / GR_2 \quad (4.4.5-2)$$

式中： D ——抬头距离；

$H_{\text{基}}$ ——基层厚度；

GR_1 ——道面面层的坡度；

W ——道面宽度；

GR_2 ——钻头最大偏转角度的正切值。

4.4.6 定向钻进过程中遇到突然的振动、卡钻、扭矩变化等异常情况，应立即停钻，查明原因并解决问题后方可继续施工。

4.4.7 遇探棒无信号、信号不变、信号突变应立即停机分析并查明原因。

4.4.8 定向钻进过程时，如发生板断裂、塌孔、板缝渗水等情况，应立即停钻，查明原因并解决问题后方可继续施工。

4.4.9 接受点位置偏差、定向钻进轨迹与设计轨迹偏差宜符合表 4.4.9 的要求。

表 4.4.9 定向钻进电缆套管的允许偏差表

检查项目		允许偏差	检查数量及频率
1	接受点位置	水平偏差	灯坑半径
		垂直偏差	钻头半径
2	定向钻进轨迹与设计轨迹偏差	1.7%L (L 为待钻距离)	1 点/3 米

4.5 电缆套管回拖

4.5.1 电缆套管回拖前，应检查钻具、旋转方向节、U 形环和电缆套管拉接头等，确认其安全可靠。

4.5.2 电缆套管回拖时，宜符合下列要求：

1 回拖电缆套管时宜用滚轮支架架起电缆套管或将电缆套管平铺于地面上，采用匀速慢拉的方法进行电缆套管回拖。

2 回拖电缆套管时应封堵电缆套管，牢固连接钻头和电缆套管。

3 回拖电缆套管时，作用在电缆套管上的拉力应严格控制在设计或管材要求的拉力范围之内。

4 回拖应连续进行，当拉力、扭矩出现较大摆动时应控制回拖速度。

4.5.3 电缆套管回拖完成后，应对电缆套管两端进行封堵、包扎。

4.5.4 电缆套管回拖时，应填写电缆套管回拖敷设记录表（见附录 B 表 B.3）。

4.6 钻孔验通

4.6.1 为保证基层中电缆套管和孔壁之间的注浆效果，宜采用空压机验通。

【条文说明】在基层中小孔径钻孔并回拖套管后，钻孔孔壁与套管之间的间隙可达68mm，重锤式弯沉仪检测表明，钻孔后道面冲击劲度模量下降可达1%，应回灌注浆材料以恢复钻孔板块的道面冲击劲度模量。采用空压机将压缩气体压入钻孔，有助于将钻孔中的残留钻进液排出，并验证钻孔孔壁和套管之间的间隙是否畅通。

4.6.2 空压机验通宜选用低压空压机，从接受点顺坡向吹风，钻进点处有风吹出且无明显碎石和钻进液流出时停止。

【条文说明】空压机的额定排气压力分为低压（0.7~1.0 MPa）、中压（1.0~10 MPa）、高压（10~100 MPa）和超高压（100 MPa以上），将喷嘴伸入接受点处钻孔孔壁和套管之间空隙，打开空压机排气，有助于排出钻进液。若接受点处感受到空气流动，说明钻孔通畅，未被钻进液和钻渣堵塞。

4.7 管外注浆

4.7.1 土基钻孔注浆宜与电缆套管回拖同步进行。

4.7.2 土基钻孔注浆应从接受点处向钻进点注入，依靠注浆材料自身重力和回拖套管的粘附力灌入。

4.7.3 基层钻孔注浆应在电缆套管回拖至钻进点并验通后进行。

4.7.4 基层钻孔注浆宜通过注浆管进行，注浆管规格宜根据钻进介质类型、钻孔直径和长度确定，注浆管应稳固在钻进点。

4.7.5 基层钻孔开始注浆前，应使用封孔器封堵注浆管与钻孔间隙，并在接受点设置注浆材料防溢装置。

4.7.6 基层钻孔注浆应控制注浆压力，注浆压力宜根据钻进介质、钻孔长度与坡度，注浆材料类型以及电缆套管尺寸等情况确定。当遇到以下情况时应停止注浆：

- 1 注浆板块抬升量达到 3 mm ；
- 2 道面板横、纵缝或其他注浆孔有浆液冒出；
- 3 注浆机泵压突然快速上升；
- 4 出现注浆喷嘴喷出等表明板下压力过大的情况。

4.7.7 接受点的注浆材料防溢装置收集了适量注浆材料后宜及时停止注浆，并同时关注注浆材料防溢装置内的塌落情况。

4.7.8 撤除注浆管和封孔器后宜及时封堵孔口，并观察注浆材料防溢装置内的塌落情况，必要时可从防溢装置处补充注浆材料，塌落稳定后宜及时撤除注浆材料储存装置。

4.7.9 注浆时应填写注浆施工记录表（见附录 B.4）。

4.8 道面变形监测

4.8.1 为避免定向钻施工影响道面性能，宜在施工各阶段进行道面变形监测。

4.8.2 宜在每条钻孔正上方选择监测点进行监测，水泥道面每个板块至少选取 1 个观测点，沥青道面至少相隔 5m 选取 1 个观测点。

4.8.3 可采用水准测量、GNSS 空间定位、激光扫描测量等技术进行道面变形监测。监测精度为：水准测量中一测站高差中误差为 \pm

1.5 mm，其他连续变形监测的仪器精度要求为 ± 1 mm。

4.8.4 钻孔中、钻孔后、注浆中、注浆后同一变形观测点的高程变化量应满足设计要求。如果超出设计要求，应暂停施工，并结合相应施工阶段的道面结构检测数据综合分析施工过程中各个工序对道面结构和性能的影响。

4.8.5 应填写道面变形监测记录表（见附录 B.5），记录施工各阶段的道面监测点位置及高程变化量。

4.9 现场清理

4.9.1 停航进行水平定向钻施工，待全部工序完成后清理现场，恢复至符合复航条件。

4.9.2 不停航进行水平定向钻施工，施工区域影响航空器运行的，应在航空器运行 30 分钟前完成现场清理，恢复至符合复航条件；施工区域不影响航空器运行安全的，待全部工序完成后清理现场，恢复至符合复航条件。

4.9.3 不停航进行水平定向钻施工，如遇施工时间不足或其他突发状况时，应及时采用沙袋回填并压实或采用钢板覆盖等有效措施回填工作坑，确保符合复航条件。

4.9.4 钻进液运输过程中注意密封，严禁散流。待所有钻进任务完成后，剩余的钻进液应当运出机场控制区，并作无害化处理。

4.9.5 起始工作坑回填后应清除地表的泥浆，钻屑、渣土及废弃物。

4.9.6 道面上取芯、注浆等环节应做好防 FOD 措施，施工完毕应清

洁道面，确保无异物。

4.10 质量评定

4.10.1 施工单位应确保采用水平定向钻施工技术进行助航灯光改造工程的质量，主要包括注浆材料性能、道面结构性能和土面区平整度及压实度的评定。

4.10.2 注浆材料宜符合表 4.9.2 的要求。

表 4.9.2 注浆材料质量要求

检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
流动性（mm）	初始流动性	≥ 195	流动性试验：3组/孔
	30分钟流动性	≥ 85	
凝固时间（min）	初凝	≥ 60	凝结时间试验：3组/孔
	终凝	≤ 120	
抗压强度（MPa）	土基注浆	≥ 2.9	1d龄抗压强度试验：3组/孔
	基层注浆	≥ 2.9	

【条文说明】注浆材料的抗压强度检查参照《基础工程注浆用水泥浆抗压强度试验方法》。编写组通过数值模拟表明，在土基和基层中实施孔径小于 100 mm 的钻孔，各种机型组合与道面等级组合下，板底拉应力最大值都小于 2.5 MPa，不会因小孔径钻孔而导致裂板，注浆的主要作用一是固定高管，二是密封钻孔，防止降水渗入基层和土基发生软化而降低其强度。编写组根据试验结果，提出以上建议值。

4.10.3 道面结构包括隐形病害和道面强度，隐形病害用探地雷达检测（见附录 C.1），道面强度用重锤式弯沉仪检测（见附录 C.2）。探地雷达检测应符合表 4.10.3-1 的要求，重锤式弯沉仪检测应符合表 4.10.3-2 的要求。

表 4.10.3-1 探地雷达检测质量要求

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
注浆后空洞存在率	0 空洞	地质雷达扫描: 水泥道面扫描 1 次/板, 沥青道面扫描 1 次/5m

表 4.10.3-2 重锤式弯沉仪检测质量要求

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
注浆后冲击劲度模量恢复率	≥ 95	重锤式弯沉仪测试: 水泥道面沿钻孔方向板中 1 次/板, 沥青道面沿钻孔方向 1 次/4m

4.10.4 土面区工作坑回填后, 其压实度、平整度应符合表 4.10.4 的要求。

表 4.10.4 土面区工作坑回填质量要求

检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
平整度 (mm)	≤ 50	三米直尺, 连续三尺取最大值: 1 次/坑
压实度 (%)	设计要求	按 MH5007 的规定执行: 1 处/坑

5 特殊气候施工

5.1 一般规定

5.1.1 施工前应了解当地天气特点和天气变化情况，施工过程中应关注极端天气。

5.1.2 特殊气候条件下施工时，应根据特殊气候的特点和施工现场的实际情况，制订专门施工方案和应急措施。

5.1.3 施工现场如遇下列条件之一，不应进行水平定向钻停工：

- 1 施工现场日平均气温高于 35℃。
- 2 施工现场日平均气温低于 0℃。
- 3 大雨、大雪、雷电、沙暴等极端天气。

【条文说明】编写组参考《民用机场飞行区土石方与道面基(垫)层施工技术规范》（MH/T 5014）第 7 章，结合水平定向钻施工需要开挖工作坑并大量使用钻进液的特点，提出以上不应进行水平定向钻施工的特殊天气。

5.2 高温、低温和雨季施工

5.2.1 当施工现场连续 4h 平均气温高于 30℃时，应采取高温施工措施。

5.2.2 高温施工宜安排在当日气温较低的早晨、傍晚或夜间施工。

5.2.3 高温施工应对注浆材料、道面变形监控设备等采取遮阳措施。

5.2.4 高温施工宜调整注浆材料的配合比，使其流动性、初凝和终

凝时间符合施工要求。

5.2.5 连续 5 d 日平均气温不高于 5℃时,进行土基或基层水平定向钻施工,属于低温施工。

【条文说明】参照《民用机场飞行区土石方与道面基(垫)层施工技术规范》(MH/T 5014) 7.2.1 条“连续 15 d 日平均气温低于 0℃时,进行土石方工程施工,属于低温施工。”、7.2.2 条“连续 5d 日平均气温不高于 5℃时,进行基(垫)层工程施工,属于低温施工。”,由于水平定向钻施工需要循环使用钻进液,并且需要搅拌水泥砂浆对钻孔进行回灌,编写组提出以上水平定向钻低温施工的标准。

5.2.6 气温降至 5℃时,对不符合冬季机械用油标准的各类润滑油、工作系统油宜全部更换,用油标准按各类机械说明书中的要求执行。

5.2.7 含有冷却系统的机械设备,在气温降到 5℃以下时,宜及时加注防冻液。

5.2.8 施工前准备工作应符合下列规定:

- 1 应及时获取气象预报资料,避免大雨以上时段施工;
- 2 应准备必要的防汛防洪抢险器材和设备、防雨遮盖材料,水泥等原材料应有防雨、防潮措施,施工机具应有防止积水淹没等措施;
- 3 应保证施工场地和生活区临时排水设施畅通;
- 4 应加强临时用电检查;
- 5 定向钻机、注浆机等设备应有防雷措施。

5.2.9 工作坑开挖施工时,应合理设置现场防(排)水系统,加强临时排水措施,及时引排施工作业面的积水。

5.2.10 雨季施工使用的各种电气设备应配有防雨装置,降雨后应

对供电线路和设备进行检查，合格后方可送电施工。

征求意见稿

6 施工安全与绿色施工

6.1 一般规定

6.1.1 施工期间应严格执行国家和民航有关施工安全标准、规范，保障人员、设备等安全。

6.1.2 民用机场助航灯光改造工程水平定向钻施工应遵循资源节约、环境友好的绿色施工理念。

6.2 施工安全

6.2.1 施工前应对各种危险源进行识别和评估。

6.2.2 施工前应进行安全培训和安全技术交底，全面检查施工场地、施工机具及安全防护设施。

6.2.3 施工场地规划及机械设备、用具放置应符合安全施工要求，并设专人管理、维护和检查。

6.2.4 施工人员应按规定正确使用安全防护用品和用具。

6.2.5 施工中应加强施工机械设备的安全管理。

6.2.6 施工现场的临时用电、消防应符合有关安全规定。

6.2.7 施工现场应设有醒目隔离设施。

6.2.8 夜间施工时施工机械设备应配有充足的照明装置。

6.2.9 夜间施工时开挖的工作坑、孔洞等部位应设置警示标志。

6.3 绿色施工

- 6.3.1 水平定向钻机、注浆机和发电机等设备选型优先考虑低噪音产品，加强设备维护，定期保养。
- 6.3.2 施工现场照明灯具宜选用节能灯具，并配备定向式可拆除灯罩。
- 6.3.3 现场使用的柴油发电机安装防漏油设施，对机壳进行覆盖保护
- 6.3.4 施工过程中应保护生态环境，施工产生的各类垃圾应及时清理。

附录 A 水平定向钻施工准备资料

A.1 机场水平定向钻施工方案提纲

1. 编制依据
 - 1.1 设计文件
 - 1.2 现行法律法规
 - 1.3 遵循的验收规范、质量检验评定标准等
2. 工程概述
 - 2.1 工程概况
 - 2.2 场地工程地质情况
 - 2.2.1 工程地质条件
 - 2.2.2 施工方案选择
3. 水平定向钻施工技术方案
 - 3.1 定向穿越点统计
 - 3.2 水平定向钻施工技术
 - 3.2.1 施工前准备（资料收集、现场踏勘、平面与剖面设计、机具材料与人员配置）
 - 3.2.2 测量放线
 - 3.2.3 钻进液配置
 - 3.2.4 水平定向钻进
 - 3.2.5 回拖电缆套管

- 3.2.6 验通
- 3.2.7 注浆
- 3.2.8 灯具安装
- 3.2.9 恢复施工现场
- 3.3 施工工期进度
(人员、设备的安排)
- 4. 施工关键技术措施
 - 4.1 关键工序（导向钻进）、特殊过程（回拖电缆套管）的实施控制
 - 4.2 注意事项
- 5. 质量保证措施
 - 5.1 原材料管理
 - 5.1.1 PE管采购、质量检验和质量缺陷处理
 - 5.1.2 注浆材料采购、质量检验和质量缺陷处理
 - 5.2 施工过程质量管理
- 6. 安全文明施工措施
 - 6.1 安全措施
 - 6.1.1 安全施工大纲
 - 6.1.2 施工现场管理规定
 - 6.1.3 施工用电管理
 - 6.1.4 水平导向钻进施工危险源辨识
 - 6.2 文明施工及环保措施

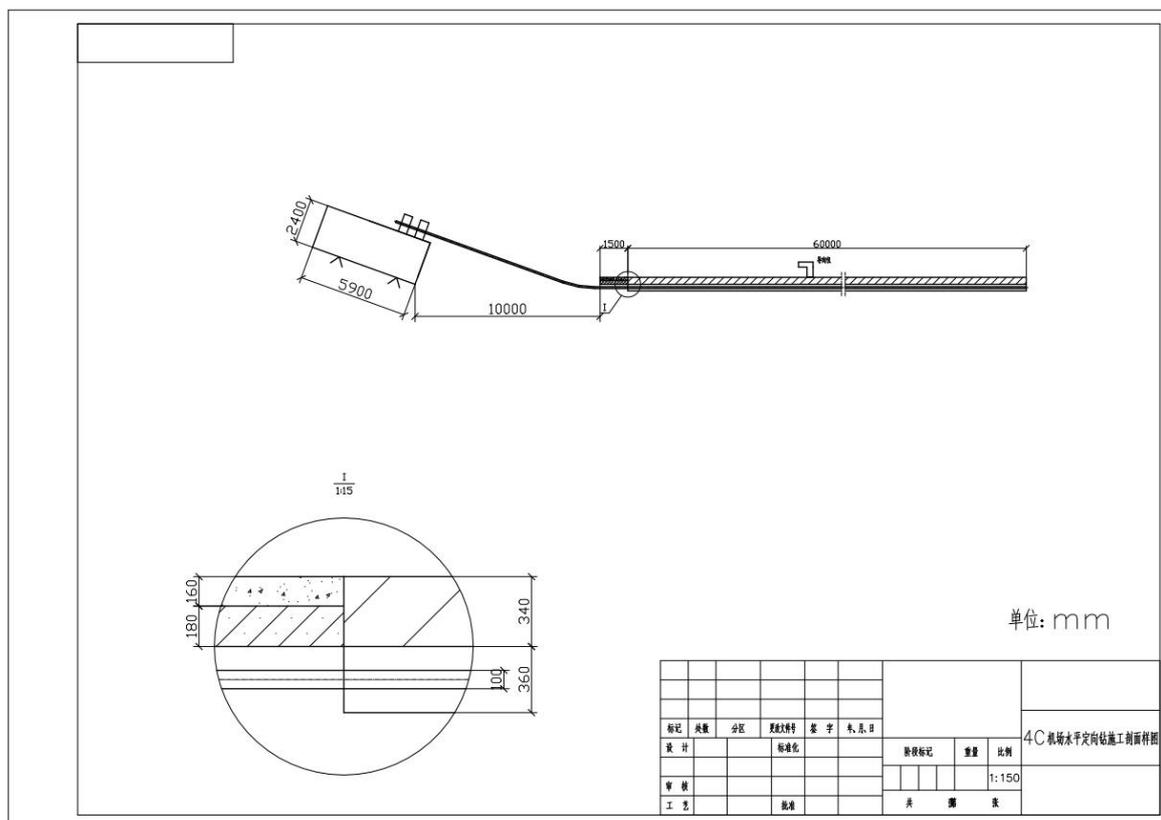
- 6.2.1 文明施工措施
 - 6.2.2 环境因素辨识表
 - 6.2.3 环境保护措施
 - 6.3 机械施工安全技术措施
 - 7. 不停航施工方案
 - 8. 管线保护措施
 - 9. 应急救援措施
 - 9.1 施工事故及应急措施
 - 9.2 物体打击事故应急准备与响应预案
 - 9.3 机械伤害应急准备与响应预案
 - 9.4 触电事故应急准备与响应预案
- 附图 1: 机场水平定向钻施工地下管网图
- 附图 2: 机场水平定向钻施工平面布置图
- 附图 3: 机场水平定向钻施工剖面图

A.2 机场水平定向钻施工准备检查单

项目名称			
施工地点		施工时间	
项目简介			
施工方案			
施工场地检查情况			
施工机具准备情况			
施工材料准备情况			
项目负责人（签字）		施工员（签字）	

注：施工员填写，现场负责人检查签字后，由施工员保存。

A.5 机场水平定向钻施工剖面图



A.6 机场水平定向钻施工机具清单

机场水平定向钻施工机具清单				
序号	名称	单位	数量	备注
1	水平定向钻机			
2	取芯机			
3	抽水机			
4	PE 电缆套管			
5	PE 电缆套管密封盖			
6	柴油发电机			
7	水箱			
8	水管			
9	空压机			
10	液压泵			
11	注浆机			
12	注浆管			
13	回浆管			
14	封孔器			
15	钻头夹具			
16	塑料薄膜			
17	对讲机			
18	小型挖掘机			
19	自卸货车			
20	压路机			
21	夯实机			
22	钢板			
23	铁锹			
24	镐头			
25	台秤			
26	推车			

27	取水用具			水桶、水瓢
28	取注浆材料用具			剪刀、水瓢等
29	劳保用品			手套、安全帽、 反光背心、口罩
30	便携式 FWD			
31	HWD 弯沉仪			
32	探地雷达			

A.7 机场水平定向钻施工材料清单

机场水平定向钻施工材料清单		
注浆材料性能要求		
性能		
初凝时间		
终凝时间		
流动性		
30min 后流动性		
1d 抗压强度		
钻孔材料		
植物胶	配比(水:植物胶/膨润土)	
	重量(kg)	水
		植物胶 (或)膨润土

附录 B 水平定向钻施工记录表

B.1 钻进液配比记录表

工程名称									
施工区域				钻进液配制人员					
钻孔液配比及性能参数									
配制时间:					配制容量:				
序号	配料名称	容量	静切力	动切力	PH 值	马氏漏斗粘度 (s)	比重	滤失量	...
1									
2									
3									
4									
5									
施工单位					监理单位				
质量员: 技术负责人:					专业监理工程师:				
年 月 日					年 月 日				

B.2 定向钻进施工记录表

工程名称								
施工区域				施工日期				
钻机型号				导向设备				
钻进开始时间				钻进结束时间				
钻杆	距离/m	深度/m		方位角	偏差/mm	倾斜角/%		备注
		设计	实际			设计	实际	
1								
2								
3								
施工单位					监理单位			
质量员： 技术负责人：					专业监理工程师：			
年 月 日					年 月 日			

B.3 电缆套管回拖敷设记录表

工程名称			
施工区域		施工日期	
钻机型号		钻孔孔径/mm	
钻杆	扭矩	回拖力	
1			
2			
3			
施工单位		监理单位	
质量员： 技术负责人：		专业监理工程师：	
年 月 日		年 月 日	

B.4 注浆施工记录表

工程名称				
施工区域		施工日期		
注浆机型号				
钻孔孔径/mm		回拖管外径/mm		
给料编号	给料量	给水量	注浆压力	注浆量
1				
2				
3				
施工单位		监理单位		
质量员： 技术负责人：		专业监理工程师：		
年 月 日		年 月 日		

B.5 注浆道面变形监测记录表

工程名称						
仪器型号					施工日期	
测线编号	施工工序	基准点	变形观测点	高差观测值	误差	备注
1						
2						
施工单位				监理单位		
质量员： 技术负责人：				专业监理工程师：		
年 月 日				年 月 日		

附录 C 道面结构检测

C.1 探地雷达检测

C.1.1 在水平定向钻钻进前，应采用无损检测方式如探地雷达（GPR）对计划钻进路线附近道面进行道面结构性能检测，探明道面原始结构性能。

C.1.2 应当采用 GPR 或其他无损检测技术对定向钻钻进完成后的钻孔进行检测，以确定钻孔空间位置与孔洞成孔情况。

C.1.3 应当采用 GPR 或其他无损检测技术对注浆效果进行检测，以确定注浆后的钻孔密实程度。

C.1.4 GPR 操作人员应当具备现场解译雷达图谱的工作能力，能够在每次检测结束后现场对图谱进行分析，并以解译成果指导水平钻进、注浆工作。

C.1.5 GPR 需对钻孔上覆道面进行全面检测，保证水泥道面每块板至少 1 次检测的频率，保证沥青道面检测间隙不超过 5m。

C.1.6 单通道二维探地雷达检测路线宜采用下图 C.1.6-1 和图 C.1.6-2 所示两种路线布置。

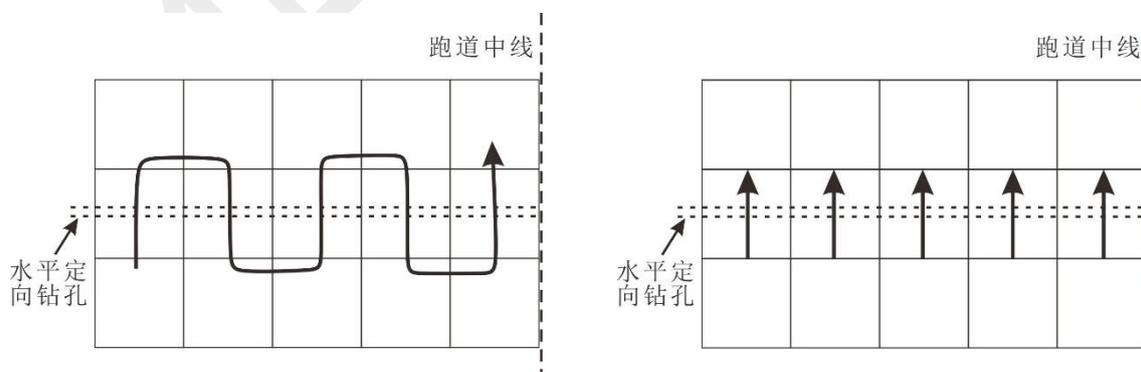


图 C.1.6-1 S型检测路线

图 C.1.6-2 一字型检测路线

C.1.7 多通道三维探地雷达检测路线宜采用覆盖式检测路线，参考路线见下图 C.1.7 所示。

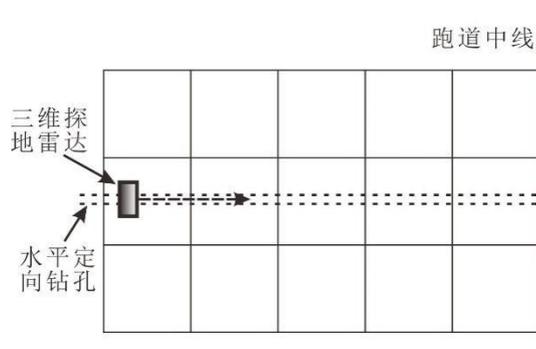


图 C.1.7 三维探地雷达检测路线示意图

C.1.8 GPR 检测过程中，应当严格记录检测位置、道面单元号、检测路线、检测钻进工序等信息，并按要求填写《探地雷达探测现场记录表》（见表 C.1.8）

C.1.9 GPR 钻前检测完成后，现场解译未钻孔道面结构特征，对发现的异常部位，应当填写《探地雷达异常部位现场记录表（钻孔前）》（见表 C.1.9）。

C.1.10 GPR 检测后现场解译图谱时，对发现的异常部位应当复测一次，复测后如恢复正常，即在相同部位再测一次，如结果正常，则取用正常结果。

C.1.11 GPR 检测后现场解译图谱时，对发现的异常部位应当复测一次，复测后依然存在异常，即对该部位开展验证工作，以确定异常情况，并且填写《探地雷达异常部位验证现场记录表》（见表 C.1.10）。

C.1.12 常见道面病害类型有空洞、脱空、疏松、富水等，现场检测人员应当及时识别并指导钻进工作。

表 C.1.8 探地雷达探测现场记录表

工程名称							
探测道面单元				施工日期			
仪器型号							
天线主频 (MHz)				编号			
测线编号	钻进工序	探测道面单元	测线起终点		测线长度	误差	备注
			起点	终点			
施工单位				监理单位			

<p>质量员： 技术负责人：</p> <p>年 月 日</p>	<p>专业监理工程师：</p> <p>年 月 日</p>
-------------------------------------	------------------------------

征求意见稿

表 C.1.9 探地雷达异常部位现场记录表 (钻孔前)

工程名称			
异常部位编号		异常部位位置描述	
异常部位道面单元号			
异常部位信息			
异常类型			
异常部位埋深 (m)			
异常部位尺寸 (m)			
异常部位雷达图谱		异常部位雷达图谱	
施工单位		监理单位	
解译人: 复验人:		专业监理工程师:	
年 月 日		年 月 日	

表 C.1.10 探地雷达异常部位验证现场记录表

工程名称			
异常部位编号		异常部位位置描述	
解译人		验证人	
复测人		复测结果	
验证结果			
验证方式			
验证日期			
异常类型			
异常部位埋深 (m)			
异常部位尺寸 (m)			
异常部位验证情况 (可附图片)			
施工单位		监理单位	
解译人: 复验人: 年 月 日		专业监理工程师: 年 月 日	

C.2 HWD 检测

C.2.1 在水平定向钻钻进前,应采用重锤式弯沉仪(HWD)沿计划钻进路径进行道面结构模量检测,探明道面原始结构承载能力。

C.2.2 应采用 HWD 沿钻进路线对定向钻钻进完成后(注浆前)、注浆终凝后进行道面结构模量检测,掌握道面钻进及注浆后承载力变化情况。

C.2.3 采用冲击劲度模量(ISM)为评价指标作为道面结构模量评价指标。

$$ISM = F / D_0 \quad (C.2.3)$$

式中:ISM—冲击劲度模量(kN/mm);

F —HWD 冲击荷载(kN);

D_0 —荷载中心弯沉值(mm);

C.2.4 道面结构模量检测测点应沿钻进方向布置。

1 水泥混凝土道面测点位于每块板块的板中位置,如图 C.2.4-1 所示;

2 沥青混凝土道面测点从距道面边缘 3m 处开始(不含道肩),每隔 4m 布设一点,如图 C.2.4-2 所示。

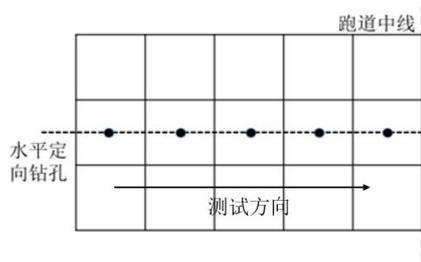


图 C. 2. 4-1 水泥混凝土道面测点布置

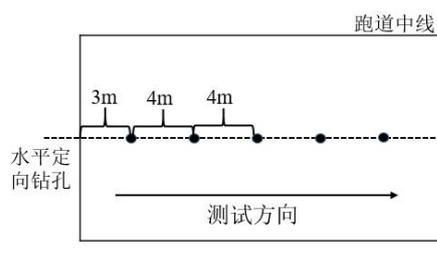


图 C. 2. 4-2 水泥混凝土道面测点布置

C. 2. 5 道面结构模量检测时应对每个点位进行编号，每个测点测试 3 次，记录测试数据，详表见附录 B. 8

C. 2. 6 道面结构模量检测时应根据道面的结构厚度调整加载重量，确保承载板中心点的弯沉值达到 $110 \mu\text{m}$ ，可参照《民用机场道面评价管理技术指南》(MH/T 5024) 的有关规定执行。

C. 2. 7 不同阶段进行道面结构模量检测时，测点应尽可能位于同一位置以便减小检测误差。

C.2.8 道面结构模量检测记录表

工程名称					
仪器型号		检测时间			
钻线编号					
测点编号	钻进工序	冲击载荷 (KN)	载荷中心弯 沉值 (mm)	冲击劲度模 量 (KN/mm)	备注
施工单位			监理单位		
检测人: 复核人: 年 月 日			专业监理工程师: 年 月 日		

标准用词说明

1 为了便于在执行本指南条文时区别对待，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，采用“可”。

2 本指南中指定应按其他有关标准、指南或其他有关规定执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……的规定执行”。非必须按所指定的标准、指南和其他规定执行时，写法为“可参考……”

引用标准名录

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。本文件中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。

- [1] 《水平定向钻敷设电力管线技术规定》(DL/T 5776)
- [2] 《石油天然气建设工程施工质量验收指南油气输送电缆套管穿越工程第1部分：水平定向钻穿越》(SY/T 4216.1)
- [3] 《油气输送电缆套管工程水平定向钻穿越设计指南》(SY/T 6968)
- [4] 《水平定向钻机操作规程》(GB20904)
- [5] 《水平定向钻机》(JB/T 10548)
- [6] 《民用机场道面评价管理技术指南》(MH/T 5024)
- [7] 《运输机场专业工程施工组织设计指南》(MH/T 5061)
- [8] 《民用机场飞行区土石方与道面基(垫)层施工技术指南》(MH/T 5014)