

上海市工程建设规范

# 地面沉降监测与防治技术规程

Technical specification for land subsidence  
monitor and control

DG/TJ08—2051—2008

J11371—2009

2009 上海

# 上海市工程建设规范

## 地面沉降监测与防治技术规程

Technical specification for land subsidence  
monitor and control

DG/TJ08-2051-2008

主编单位:上海市地质调查研究院

批准单位:上海市城乡建设和交通委员会

实施日期:2009年4月1日

2009 上海

# 上海市城乡建设和交通委员会

沪建交[2009]102号

## 上海市城乡建设和交通委员会关于 批准《地面沉降监测与防治技术规程》 为上海市工程建设规范的通知

各有关单位：

由上海市地质调查研究院主编的《地面沉降监测与防治技术规程》，经市建设交通科技委技术审查和我委审核，现批准为上海市工程建设规范，统一编号为 DG/TJ08—2051—2008，自 2009 年 4 月 1 日起实施。

本规程由上海市城乡建设和交通委员会负责管理、上海市地质调查研究院负责解释。

上海市城乡建设和交通委员会

二〇〇九年二月一日

## 前 言

本规程是根据上海市建设和交通委员会沪建交[2007]184号文的要求,由上海市地质调查研究院会同有关单位依据国务院《地质灾害防治条例》(国务院 2003 年第 384 号)以及上海市政府《上海市地面沉降防治管理办法》(上海市人民政府令 2006 年第 62 号),密切结合上海市地面沉降监测与防治的工程实践,在认真总结实践经验和广泛征求本市有关单位和专家意见的基础上,编制完成的。

本规程对地面沉降监测与防治工作的技术要求进行了规定,适用于上海市行政区域内地面沉降的监测与防治工作。

本规程共分五章,内容包括:1. 总则;2. 术语;3. 地面沉降监测;4. 建设工程地面沉降监测;5. 地面沉降防治;6. 成果编制和归档及其条文说明。

本规程由市城乡建设和交通委员会负责管理,上海市地质调查研究院负责解释。请各单位在执行本规程的过程中,注意总结经验,积累资料,随时将有关的意见和建议寄至上海市地质调查研究院(地址:上海市灵石路 930 号,邮政编码:200072),以便今后修编时参考。

主 编 单 位:上海市地质调查研究院

参 编 单 位:上海申元岩土工程有限公司

上海地矿工程勘察院

同济大学

主要起草人:严学新 王寒梅 方 正 杨建刚 梁志荣



王正平	杨天亮	熊福文	詹龙喜	陈洪胜
水伟厚	俞俊英	黄 巍	陈明忠	王建秀
朱建锋	吴建中	张 刚	黄小秋	杨景萍
李忠诚	顾为栋	何中发	史玉金	刘铁铸
刘金宝	方志雷	贺 翀	朱万明	李金柱
主要审查人员:袁雅康	张先林	张文龙	沈新国	姚天强
许丽萍	庄翔麟	钱松宇		

上海市建筑建材业市场管理总站

二〇〇八年十二月

# 目 次

1	总 则 .....	(1)
2	术 语 .....	(2)
3	地面沉降监测 .....	(3)
3.1	一般规定 .....	(3)
3.2	技术设计 .....	(3)
3.3	监测范围 .....	(4)
3.4	监测网布设 .....	(4)
3.5	监测设施建设 .....	(7)
3.6	监测方法与技术要求 .....	(8)
3.7	监测频率 .....	(10)
4	建设工程地面沉降监测 .....	(11)
4.1	一般规定 .....	(11)
4.2	监测方案 .....	(12)
4.3	监测范围 .....	(12)
4.4	监测网(点)布设 .....	(13)
4.5	监测方法与技术要求 .....	(15)
4.6	监测频率 .....	(17)
4.7	监测预警 .....	(18)
5	地面沉降防治 .....	(19)
5.1	一般规定 .....	(19)

5.2	地面沉降危险性评估 .....	(19)
5.3	降水工程设计、施工控制 .....	(20)
5.4	地下水人工回灌 .....	(22)
6	成果编制和归档 .....	(29)
6.1	一般规定 .....	(29)
6.2	监测工作成果报告的编制 .....	(29)
6.3	监测设施竣工报告的编制 .....	(30)
6.4	资料归档要求 .....	(31)
附录 A	基岩标、分层标建设 .....	(32)
A.1	基岩标建设 .....	(32)
A.2	分层标建设 .....	(37)
附录 B	地下水位监测井与地下水人工回灌井成井工艺技术 要求 .....	(44)
B.1	成井结构 .....	(44)
B.2	成井工艺 .....	(46)
附录 C	回灌井堵塞的判别及处理 .....	(50)
C.1	回灌井堵塞现象及危害 .....	(50)
C.2	回灌井堵塞程度的判别与评价 .....	(50)
C.3	回灌井堵塞类型及成因 .....	(51)
C.4	回灌井堵塞的处理方法 .....	(52)
附录 D	回灌井的维修和保养 .....	(55)
D.1	维修保养的目的 .....	(55)

D.2	维修保养的内容 .....	(55)
D.3	维修设备、工具的选择 .....	(55)
D.4	维修检查的方法和步骤 .....	(56)
D.5	回灌井内积砂的清除方法 .....	(57)
D.6	过滤器的套补方法 .....	(58)
D.7	井壁管的补管方法 .....	(60)
D.8	疏通回灌井水路方法 .....	(62)
D.9	管井坠物打捞方法 .....	(65)
本规程用词说明 .....		(68)
引用标准名录 .....		(69)
条文说明 .....		(71)

# CONTENTS

1	General provision .....	(1)
2	Nomenclature .....	(2)
3	Land subsidence monitoring .....	(3)
3.1	General specification .....	(3)
3.2	Technical design .....	(3)
3.3	Monitoring scope .....	(4)
3.4	Monitoring network .....	(4)
3.5	Facility construction .....	(6)
3.6	Method and requirement .....	(7)
3.7	Frequency .....	(10)
4	Land subsidence monitoring of construction project.....	(11)
4.1	General specification .....	(11)
4.2	Monitoring programme .....	(12)
4.3	Monitoring scope .....	(12)
4.4	Monitoring network .....	(13)
4.5	Method and requirement .....	(15)
4.6	Frequency .....	(17)
4.7	Prewarning .....	(18)
5	Land subsidence control .....	(19)
5.1	General specification .....	(19)
5.2	Risk assessment .....	(19)

5.3	Design and control of pumping engineering .....	(20)
5.4	Artificial recharge of groundwater .....	(22)
6	Achievements compiling and filing-up .....	(29)
6.1	General specification .....	(29)
6.2	Compiling of monitoring achievements .....	(29)
6.3	Compiling of completion report of monitoring facility .....	(30)
6.4	Requirements for filing .....	(31)
APPENDIX A Construction of bedrock benchmark and borehole extensometer .....		
A.1	Bedrock benchmark .....	(32)
A.2	Borehole extensometer .....	(37)
APPENDIX B Drilling technology for groundwater level monitoring well and groundwater artificial recharge well .....		
B.1	Well framework .....	(44)
B.2	Drilling technology .....	(46)
APPENDIX C Discrimination and processing of artificial recharge well jamming .....		
C.1	Recharge well jamming and its hazards .....	(50)
C.2	Discrimination and evaluation .....	(50)
C.3	Types and reasons .....	(51)
C.4	Processing methods .....	(52)

APPENDIX D	Maintenance and repair of artificial recharge well .....	(55)
D. 1	Purpose of maintenance and repair .....	(55)
D. 2	Contents of maintenance and repair .....	(55)
D. 3	Selection of equipments and tools .....	(55)
D. 4	Method and steps of maintenance and repair .....	(56)
D. 5	Purge of inner-accumulated sands .....	(57)
D. 6	Mending of filter .....	(58)
D. 7	Mending of casing pipe .....	(60)
D. 8	Opening-up of recharge well .....	(62)
D. 9	Salvaging of falling objects .....	(65)
Captions of Word	.....	(68)
List of Reference Standard	.....	(69)
Explanation of regulations	.....	(71)

# 1 总 则

**1.0.1** 为了贯彻执行国家和上海市地质灾害防治政策,为上海市地面沉降监测与防治工作提供技术支撑,特制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于上海市行政区内地面沉降的监测与防治工作。

**1.0.3** 地面沉降包括因自然因素引发的地面沉降和因抽取地下油气、地下水和工程建设等人为活动引发的地面沉降,抽取地下水和建设工程引发的地面沉降是地面沉降的重要组成部分。

**1.0.4** 上海地区的地面沉降防治工作,必须按照本规程进行监测与防治。

**1.0.5** 地面沉降监测与防治工作,除应符合本规程的规定外,尚应符合国家、行业 and 上海市现行有关标准的规定。



## 2 术 语

### 2.0.1 地面沉降 land subsidence

因自然因素或人为活动引发地壳表层松散土层压缩并导致地面标高降低的地质现象。

### 2.0.2 隔水帷幕 waterproof curtain

用于阻截基坑侧壁及基坑底地下水流入基坑而采用的连续止水体。

### 2.0.3 地面沉降监测设施 land subsidence monitoring devices

监测土层变形及地下水位变化的各类测量标志。

### 2.0.4 基岩标 bedrock benchmark

穿过松软岩土层,埋设在坚硬岩石(基岩)上的地面水准观测标志。

### 2.0.5 分层标 borehole extensometer

埋设在不同深度松软土层或含水砂层中的地面水准观测标志。

### 2.0.6 地下水位监测井 groundwater level monitoring well

用于监测地下水位变化的管井设施。

### 2.0.7 地下水人工回灌井 groundwater artificial recharge well

用于地下水人工回灌的(或同时具备开采与回灌功能的)管井设施。

## **3 地面沉降监测**

### **3.1 一般规定**

- 3.1.1** 在地面沉降易发区内应进行地面沉降监测工作。
- 3.1.2** 地面沉降监测工作实施前,应根据区域实际情况编制设计书,并由主管部门审批确认。
- 3.1.3** 监测项目一般包括地面沉降测量、土体分层沉降监测、地下水位监测、采灌水水量监测等。
- 3.1.4** 监测水准网应采用国家一、二等水准网, GPS 监测网宜采用固定站、一级网、二级网;区域地面沉降监测网的基准点应为基岩标、建于基岩之上的 GPS 固定站、周边 IGS 站。
- 3.1.5** 地面沉降的监测工作成果应进行检查验收,并编制检查验收报告。
- 3.1.6** 建设工程地面沉降监测相关规定见第 4 章。

### **3.2 技术设计**

- 3.2.1** 在编制地面沉降监测工作技术设计书前,应组织踏勘并收集下列资料:
  - 1** 测区地形图、地面沉降监测工作设施现状分布图;
  - 2** 已有地面沉降监测工作资料;
  - 3** 测区地质、水文资料。
- 3.2.2** 在测区调查及资料收集的基础上,应根据监测目的编制

地面沉降监测工作技术设计书,内容包括:

- 1 任务由来及目的、意义;
- 2 技术设计的依据;
- 3 测区地形、地质、水文概况及已有工作条件;
- 4 监测项目及监测点布置;
- 5 监测方法及主要技术要求;
- 6 任务分工;
- 7 组织实施及监测用主要仪器设备;
- 8 成果资料检查验收;
- 9 提交成果。

### 3.3 监测范围

3.3.1 监测范围应依据地面沉降发育规律、发育程度等综合确定。

3.3.2 水准网监测范围可分为中心城区、局部区域两个层次。

3.3.3 GPS网监测范围应为上海市全市行政区范围。

3.3.4 土体分层沉降监测范围应为上海市全市行政区范围,垂直方向上以能够控制各类土层动态变化为宜。

3.3.5 地下水动态监测范围应为上海市全市行政区范围,垂直方向上以能够控制各类含水层动态变化为宜。

### 3.4 监测网布设

3.4.1 沉降监测水准网可设为全面网或逐级控制网,必须覆盖

整个沉降区域,宜充分考虑地面沉降近期发展扩大的可能范围。

### 3.4.2 水准网布设

1 地面沉降一、二等水准网应按统一的技术要求布设。一等水准路线宜沿道路布设,水准路线应闭合或成环,并构成网状;二等水准网应在一等环内布设;

2 一、二等水准网应选取基岩标、深式分层标或其它稳定的点作为结点;

3 用于局部区域高程控制的水准点,布设间距宜为 0.5km,可视实地情况适当调整;

4 用于地下水开采区和中心城区(特别是工程建设活动密集区)的水准点,宜在水准网基础上按照等间距或者按照远离监测区方向逐渐稀疏的原则适当加密;

5 轨道交通、高架道路、天然气管网、防汛墙等线型工程的地面沉降监测点宜沿其走向布设,监测点间距宜按 0.5km 布设,局部重点监测区域可按 0.2km~0.3km 间距适当加密。对于地质条件变化较大的区域,应沿垂直(斜交)于线型工程走向适当布置少量的监测点。

### 3.4.3 GPS 网布设

1 地面沉降 GPS 监测网应具有较强的图形条件以及足够的观测点重复率;

2 地面沉降 GPS 监测网应按固定站、一级网、二级网三个层次布设。布网时可逐级布设、越级布设或布设同级全面网;

3 一、二级网应布设成连续网,除边缘点外,每点的连接点

数不得少于 2 点；

4 一级网边缘点连接应构成大的闭合环,边界线宜圆滑；

5 二级网应附合在一级网上,附合的一级网不得少于 3 点；

6 一、二级网应选取稳定的基岩标、基岩点、固定站作为沉降基准,基准点在平面上应均匀分布,应能控制整个监测区域；

7 地面沉降 GPS 监测网设计时应对应沉降基准的选取、优化和突发情况进行充分的规划和论证,必须保持沉降基准的可靠、稳定、连续；

8 各级 GPS 网相邻点的平均间距应符合表 3.4.3 规定。相邻点最小间距可为平均间距的  $1/3 \sim 1/2$ ；最大间距可为平均间距的  $2 \sim 3$  倍；

表 3.4.3 GPS 网中相邻点之间的平均距离

等级	一级(km)	二级(km)
平均间距	15	7

9 一、二级网应与永久性跟踪站(固定站)联测；一级不得少于 3 站,二级不得少于 2 站；

10 为求得 GPS 网点的正常高程,应根据需要适当进行高程联测,视具体情况确定联测高程的点数。

#### 3.4.4 地下水位动态监测网布设

1 布设地区以覆盖全市潜水和承压含水层分布地区为原则；

2 布设密度以掌握地下水流场动态变化规律为原则；

3 应具备监测井建设、长期保护(存)的场地；

- 4 与现有同层次开采井间距不宜小于影响半径量值。

### 3.5 监测设施建设

#### 3.5.1 监测网建设

- 1 地面沉降监测设施建设应按照监测网络规划设计要求进行；
- 2 监测设施建设过程中发生的网点移位、标志类型更改等，应报上级主管部门审批；
- 3 监测设施建设过程中应做过程质量记录，用于质量检查、验收评审和最终资料的汇交和归档；
- 4 地面沉降普通水准点建设应符合相关技术标准的规定。

#### 3.5.2 基岩标、分层标建设

基岩标、分层标建设应满足附录 A 的相关技术要求。

#### 3.5.3 GPS 点建设

- 1 埋设现场应具备 GPS 点监测的客观条件，并便于 GPS 监测点的长期保存；
- 2 一、二级网观测墩可在现场浇注，也可先行预制，但其底盘必须现场浇注。为便于高程联测，底座上必须同时埋设不锈钢标志；
- 3 GPS 固定站现场拼装观测台、底座时，必须保证各连接螺丝拧紧到位，并保持顶部钢板水平；
- 4 GPS 固定站、观测墩应根据现场条件分别制定标牌，注明点号、联系单位、联系方式及“测量标志、严禁破坏”的标识；
- 5 标石埋设后，必须经过(至少)一个雨季后方可用于观测。基岩点埋设后，必须经过(至少)一个月以后方可用于观测；

#### 3.5.4 地下水位监测井成井工艺宜按附录 B 执行。

### 3.6 监测方法与技术要求

#### 3.6.1 监测方法

##### 1 地面沉降测量

应采用精密水准测量、GPS 测量或其它技术方法进行监测。

##### 2 土体分层沉降监测

可采用自动化监测仪或人工测量方式进行监测。

##### 3 地下水位监测

可采用自动化监测仪或人工测量方式进行监测。

##### 4 水量监测

1)地下水开采井可采用在出水管路中安装流量计的方法进行水量监测；

2)地下水回灌井可采用在回灌(进水)管路中安装流量计的方法进行水量监测。

#### 3.6.2 监测技术要求

##### 1 地面沉降测量

精密水准测量、GPS 测量技术要求应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》(GB/T12897)、《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T18314)、《地面沉降水准测量规范》(DZ/T0154)等标准的规定。

##### 2 土体分层沉降监测

自动化监测须以人工测量校准,验证稳定后方可投入使用。

##### 3 地下水位监测

1)应根据地下水位监测频率要求,设置自动化监测的水位监测频率；

2)应依据使用说明书,正确安装自动化监测仪；

- 3)人工监测前应校正测量所需的电表和测绳;
- 4)应确保测绳与电表线路畅通,使用正常;
- 5)必须以监测井固定测点高程为地下水位测量的起算高程;
- 6)应在电表指针发生偏转,稳定在最大与最小值之间时,读取测绳深度;
- 7)测量时,应连续测量三次,取其平均值作为本次测量成果数据。

#### 4 水量监测

- 1)测量前,应确定流量表的起始读数;
- 2)应取流量表的现状读数与起始读数之差为实际水量。

#### 3.6.3 监测等级

1 上海市中心城区、局部区域沉降监测网的首级高程控制监测等级为一等,应采用区域一等水准网,按照一等水准测量要求执行;在此基础上的水准加密网监测等级为二等,应采用区域二等水准网,按照二等水准测量要求执行;

2 区域 GPS 一级网应实现上海全市范围内地面沉降 GPS 测量整体性控制, GPS 二级网应在一级网基础上的局部加密。

#### 3.6.4 监测精度

1 一、二等水准测量精度应符合《地面沉降水准测量规范》(DZ/T0154-95)第 4.9 条、《国家一、二等水准测量规范》(GB/T12897-2006)第 4.2 条的规定;

2 GPS 一、二级网测量精度应符合现行国家标准《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T18314)中 A、B 级的规定;

3 土体分层沉降自动化监测精度允许平均绝对偏差为 1mm,人工监测精度应符合国家现行标准《地面沉降水准测量规



范》(DZ/T0154—95)第 10.1.2 条的规定;

4 地下水位监测精度允许偏差为±0.01m;

5 当使用流量表进行水量观测时,观测精度允许偏差为±0.1m³。

3.7 监测频率

3.7.1 地面沉降监测频率宜按表 3.7.1 的规定确定。

表 3.7.1 监测频率

监 测 项 目		监测频率
精密水准测量	中心城区	1 次/年
	局部区域	1 次/年
GPS 测量	一级网	1 次/年
	二级网	1 次/年
土体分层沉降监测		1 次/月
地下水位监测		1 次/月
水量监测		1 次/月

3.7.2 监测频率可根据区域地质情况、年平均沉降量和建设工程具体情况适当调整。

## 4 建设工程地面沉降监测

### 4.1 一般规定

4.1.1 建设工程在施工建设期间引发的周围区域地面沉降,应在地面沉降影响范围内进行监测工作。

4.1.2 开展监测工作前应进行现场踏勘,收集相关资料,根据相关技术标准编制监测方案。

4.1.3 建设工程地面沉降监测工作的各监测点(井)布设后应注意保护,应能保证监测数据的连续性、可靠性和全面性。

4.1.4 监测项目分为地面沉降测量、土体分层沉降监测、地下水位监测、降排水量监测等。监测项目宜依据建设工程类型进行选择,也可按表 4.1.4 的规定确定。

表 4.1.4 监测项目表

建设工程类型 监测项目	基坑工程	隧道工程
地面沉降测量	√	√
土体分层沉降监测	○	√
地下水位监测	√	○*
降排水量监测	√	—

注:√应测项目;○选测项目;\*降水时需要监测。

4.1.5 地面沉降监测工作成果应进行检查验收,并编制检查验收报告。

## **4.2 监测方案**

**4.2.1** 监测方案编制前,应对拟建场地进行现场调查,并收集下列资料:

- 1 场地及其邻近区域地形图;
- 2 场地工程地质勘察报告;
- 3 建设工程地质灾害危险性评估报告(若建设工程有地质灾害危险性评估报告);
- 4 工程设计、施工等相关资料。

**4.2.2** 监测方案宜包括下列内容:

- 1 工程概况(包括水文地质、工程地质和环境地质条件概况、工程设计和施工方案概况及工程周围环境等);
- 2 监测方案编制依据;
- 3 监测范围;
- 4 监测项目;
- 5 监测网(点)布设;
- 6 监测方法与技术要求;
- 7 监测频率;
- 8 监测预警;
- 9 监测仪器设备和监测人员组成;
- 10 监测成果及监测报告主要内容。

## **4.3 监测范围**

**4.3.1** 监测范围应依据建设工程类型和特点及地质环境条件确定。

**4.3.2** 根据监测目的、任务的不同,监测范围宜划分为地面沉降

常规监测区和地面沉降重点控制区。建设工程地面沉降监测范围分区可按表 4.3.2 的规定确定。

**表 4.3.2 建设工程地面沉降监测范围分区表**

建设工程类型			监测范围	监测范围分区	
				地面沉降 常规监测区	地面沉降 重点控制区
基坑工程	隔水帷幕完全阻断降水目的层		3H	0~3H	—
	隔水帷幕非完全 阻断降水目的层	坑内降水	6H	0~3H	3H 以外
		坑外降水	10H		
隧道工程	盾构法施工的地下铁路、道路、 管道、隧道工程		2D	单圆:0~1H 双圆:0~1.5H	1H(或 1.5H) 以外

注: H —— 为基坑开挖深度或隧道覆土层厚度; D —— 隧道底板埋深。

**4.3.3** 地面沉降常规监测区范围内的监测工作应符合现行上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08—2001)和隧道工程盾构施工相关技术标准的规定。

**4.3.4** 建设工程出现突涌、流砂等问题时,监测范围应适当扩大,以能控制地面沉降影响范围为宜。

#### 4.4 监测网(点)布设

##### 4.4.1 水准控制网布设

**1** 建设工程地面沉降监测区域外应布设一等、二等水准控制网,水准控制网由基准点组成。

**2** 基准点设置应符合下列要求:

- 1) 基准点应在施工之前布设,宜布设在监测区域之外可靠位置,观测稳定后,方可投入使用;
- 2) 基准点不应少于 3 个;

- 3) 可选用不受建设工程影响的分层标作为基准点;
- 4) 监测期间,应采取有效保护措施,确保其正常使用。

#### 4.4.2 监测点(井)布设

##### 1 基坑工程

- 1) 地面沉降监测点埋置深度应至原状土层,监测标头宜低于地面 5cm,且采用套管和井盖保护;
- 2) 地面沉降监测点应以剖面形式布置,监测剖面宜垂直于基坑边界,剖面间距宜为 50m~100m,每侧边剖面线不宜少于 1 条,并宜布设于基坑侧边中部或降压井附近。若因场地条件限制无法全部布设时,监测剖面不应少于 2 条;
- 3) 剖面上的地面沉降监测点宜从基坑边界起向外由密至疏布设;
- 4) 地面沉降常规监测区监测点布设技术方法应按现行上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08—2001)的相关规定执行;
- 5) 地面沉降重点控制区的监测点间距宜为 10m~20m。若施工和降水引发地面沉降较显著时,监测点间距宜取下限。必要时监测点也可适当加密,但点间距一般不小于 5m;
- 6) 降排地下水之前,应在基坑内、外布设与降水目的层同层次的地下水位监测井,其布设方法和技术要求应符合现行上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08—2001)的相关规定。当基坑隔水帷幕未阻断降水目的层时,在基坑外尚应在垂直(斜交)基坑边界的方向上布设与未阻断降水目的层同层次的水位监测

井,其数量应不少于 2 口,监测井宜布设在基坑中部、相邻深层降水井近中间部位。确定的井间距应能控制未阻断降水目的层的水位动态变化,井过滤器底端一般不宜超过隔水帷幕底端;

- 7)地面沉降危险性评估结果确定为危险性中等及以上级别的基坑工程,宜在地面沉降影响范围内进行土体分层沉降监测,可采用分层沉降标测定,布设深度宜大于 2.5 倍基坑开挖深度,且不宜小于基坑围护结构以下 10m。

## 2 隧道工程

- 1)地面沉降监测点埋置深度应至原状土层,监测标头应低于地面 5cm,宜采用套管和井盖保护;
- 2)地面沉降监测点应以剖面形式布置,监测剖面应在隧道轴线两侧垂直于隧道轴线方向布设,剖面间距宜为 1km~2km。每个区间段布设的监测剖面不应少于 1 条;
- 3)剖面线上的地面沉降监测点宜从隧道轴线向外由密至疏布设;
- 4)地面沉降常规监测区的监测点布设技术方法应按现行上海市相关技术标准的有关规定执行;
- 5)地面沉降重点控制区的监测点间距宜为 5m~10m,地质条件变化较大区域监测点间距宜取下限;
- 6)地面沉降影响范围内应进行土体分层沉降监测,可采用分层沉降标测定,布设深度宜大于隧道底板下 3 倍隧道外径深度。

## 4.5 监测方法与技术要求

### 4.5.1 监测方法

### 1 地面沉降测量

1)应采用精密水准测量的技术方法,监测等级为一等水准测量和二等水准测量;

2)应采用吴淞高程系统或独立高程系统作为监测的高程控制系统。

### 2 土体分层沉降监测

应采用精密水准测量技术方法,监测等级为一等水准测量和二等水准测量。

### 3 地下水位监测

可采用自动化监测仪或人工测量方式进行监测。

### 4 水量监测

1)水量监测应包括排水量及回灌量的监测;

2)水量可根据观测的对象、现场条件和测量精度等选用流量表进行监测;

3)采用流量表进行监测的,流量表应具备过滤功能,及时检修,保证其正常使用和水量监测的连续性。

## 4.5.2 监测技术要求

### 1 沉降监测

1)在沉降监测之前,应对基准点进行联测。监测期间,应定期对基准点进行联测,以检验其稳定性;

2)在工程施工之前,应对各监测点的高程初值进行测量,取两次合格的高程平均值作为初值;

3)同一工程的监测,宜固定监测人员和仪器,并应采用相同的监测方法和监测路线。

### 2 地下水位监测

地下水位监测技术要求同 3.6.2。

### 3 水量监测

水量监测技术要求同 3.6.2。

#### 4.5.3 监测精度

1 沉降监测精度要求应符合表 4.5.3 规定。

表 4.5.3 地面沉降水准监测网测量技术指标

监测网等级	往返较差、符合差和闭合差(mm)	检测已测测段高差之差(mm)
一等	$0.3\sqrt{n}$	$0.45\sqrt{n}$
二等	$1.0\sqrt{n}$	$1.5\sqrt{n}$

注：n 为测站数。

2 地下水位监测精度允许偏差为 $\pm 0.01\text{m}$ ；

3 当使用流量计进行水量观测时，观测精度允许偏差为 $\pm 0.1\text{m}^3$ 。

### 4.6 监测频率

4.6.1 建设工程引发地面沉降的监测频率宜按表 4.6.1 的规定确定。

表 4.6.1 监测频率

建设工程类型	工况描述	应测项目监测频率	选测项目监测频率
基坑工程	基坑降水、开挖到结构底板浇筑完成后 1 周	每 2~3 天监测一次；必要时可增加到每天一次	每 2~3 天监测一次
	结构底板浇筑完成后 1 周到地下结构施工至 $\pm 0.0$ 标高	每周监测 1~2 次	每周监测 1 次
	地下结构施工至 $\pm 0.0$ 标高之后	每周监测 1 次	每月监测 2 次



续表 4.6.1

建设工程类型	工况描述	应测项目监测频率	选测项目监测频率
隧道工程	隧道掘进施工过程中	每周监测 1 次, 之后逐步减少频率	每周监测 1~2 次, 必要时可加密监测
	隧道掘进施工结束后	每半年至少监测 1 次, 沉降敏感区域加密监测, 沉降相对稳定后, 每年监测 1 次	—

4.6.2 监测频率可根据区域地质条件、年平均沉降量和建设工程具体情况适当调整。

4.6.3 监测项目的累计变化量超过预警值时, 应适当加密观测。基坑工程地下结构施工至±0.0 标高一个月后和隧道工程掘进施工结束半年后连续 3 次的地面沉降趋于稳定, 可停止监测。

## 4.7 监测预警

4.7.1 地面沉降监测预警值应结合上海市地面沉降控制要求和地面沉降发育程度等因素综合确定。

4.7.2 地面沉降常规监测区的监测预警值应按现行上海市相关技术标准的规定执行。

4.7.3 地面沉降重点控制区的监测预警值宜依据上海市地面沉降控制要求、建设工程场址区地面沉降发育程度、对地质生态环境等的影响程度以及重要建(构)筑物和设施的保护要求等因素, 由建设方会同地面沉降防治管理部门和设计单位组织专家论证, 综合确定监测预警值。

4.7.4 基坑工程地面沉降监测区也可由降水目的层的水位观测值进行预警, 通过控制地下水位达到控制地面沉降的目标。

## **5 地面沉降防治**

### **5.1 一般规定**

**5.1.1** 为有效控制地下水开采引发的地面沉降,应优化地下水采灌格局、合理开发地下水资源。

**5.1.2** 为有效控制建设工程引发的地面沉降,应对建设工程进行合理规划、设计和施工。

**5.1.3** 根据地面沉降控制要求,应通过地面沉降监测和评估,采取规划控制、设计控制、施工控制和地下水人工回灌等防治措施实现地面沉降的控制。

**5.1.4** 在地面沉降防治技术中,宜优先选用能有效控制地面沉降的新技术、新方法。

**5.1.5** 为有效控制地下水开采引发的地面沉降,应系统总结年度地下水采灌量、地下水位和地面沉降动态关系,编制下年度地下水采灌方案,内容应包括方案制定的依据、原则、方法、指标等。

**5.1.6** 需进行降水的建设工程,在工程设计或施工方案评审中认定需要进行地下水人工回灌的,应实施人工回灌措施。

**5.1.7** 建设工程降水后,在地面沉降常规监测区外地面沉降现象明显时,宜对降水目的层实施地下水人工回灌措施。

### **5.2 地面沉降危险性评估**

**5.2.1** 在地面沉降易发区内编制详细规划以及进行地下水开采、建设工程时,应按照《上海市地面沉降防治管理办法》的规定,进行地面沉降危险性进行评估。

**5.2.2** 各类建设工程的地面沉降危险性评估应按照现行上海市工程建设规范《建设项目地质灾害危险性评估技术规程》(DGJ08—2007)执行。

### **5.3 降水工程设计、施工控制**

**5.3.1** 地面沉降易发区内的各类降排地下水的建设工程,应在设计和施工中按照地面沉降危险性评估结果改进设计、优化施工并采取相关的措施,实现地面沉降的控制。

**5.3.2** 建设工程降排地下水的设计、施工方案应纳入建设工程专项审查范畴,并应包括地面沉降防制措施论证等,待方案通过审查后方可实施。

**5.3.3** 降水工程设计前,应取得区域和场地工程地质与水文地质勘察资料、基坑围护设计施工资料和周围环境资料。为减少对环境的影响,基坑围护设计应与降水设计相互协调,优化设计方案。

**5.3.4** 符合下列条件之一的基坑工程应在设计审查时,对降水设计进行重点论证、审查:

1 位于吴淞江古河道分布区,开挖深度约大于 5m 的基坑工程;

2 位于晚更新世暗绿~灰黄色硬土层缺失区,降排承压水的基坑工程;

3 降排第一承压含水层或第二承压含水层地下水的基坑工程;

4 疏干潜水且未设置有效隔水帷幕的基坑工程。

**5.3.5** 疏干潜水的基坑工程宜设置有效的隔水帷幕,不能设置有效潜水隔水帷幕的基坑工程宜适当扩大基坑监测范围,并采取

有效的地面沉降控制措施。必要时应设计回灌方案和减小地面沉降的措施预案。

**5.3.6** 降排承压水的基坑工程,降水设计前应委托有资质的专业降水单位,进行专门的现场水文地质试验,取得降水设计参数,进行预测分析,论证降水对周围环境的影响,并应组织专家对降水方案进行论证,保证降水(减压)方案能够满足区域地面沉降控制要求。

**5.3.7** 按照地面沉降控制要求,降水设计方案应包括下列内容:

1 降水方案应综合考虑基坑开挖深度、水文地质条件、围护设计、施工工艺、环境保护要求和地面沉降控制要求,选择适宜的降水方式;

2 降水方案应对降水影响范围及水位降落漏斗曲线进行预测,预估降水引起周围区域地面沉降范围和可能引发的地面沉降量。对地面沉降预测评估不能满足要求的基坑降水工程,应调整优化降水方案或采取其它有效措施;

3 降水方案宜根据预测结果、周围重要建(构)筑物保护和地面沉降控制要求,提出降水引起的地面沉降及地下水位预警值;

4 降排承压水的设计、施工方案应严格按照相关规范设计降压井的结构,并根据基坑开挖不同工况的降水运行要求设计井位;

5 对降水可能引发周围区域较大地面沉降的基坑工程,降水方案中应有地面沉降防治预案和有效防治措施。对于预测引发地面沉降影响巨大的降水工程,应在降水运行之前做好地面沉降控制措施。

**5.3.8** 基坑降水可能引起较大地面沉降时,宜设置地下水回灌

井,可根据具体情况,采取抽水和回灌同步进行,或先抽水后回灌的方案,以有效控制地面沉降。降水运行前,应通过现场注水试验等方法确定回灌井点的位置和数量。当降水影响范围内有重要保护建(构)筑物时,应按照其保护要求,在其附近采取布设回灌井点等地面沉降防治措施。

**5.3.9** 对采用地下水回灌控制地面沉降的基坑工程,降水井与回灌井宜保持一定的间距或过滤器布设在不同深度;对于与降水同时进行回灌的回灌井群应与降压井一起参与地下水渗流场计算,预测地下水渗流场内各点的水头高度。最终地下水回灌总量宜与抽水总量相近。

**5.3.10** 降排承压水的基坑工程施工前应按照相关规定编制施工组织设计,其内容应包括控制周边地面沉降的完整应急措施预案。

**5.3.11** 基坑降水运行时,应安装计量装置,按时记录抽水量,严格控制抽水强度,随基坑开挖进度逐步调整抽水量。在满足开挖施工安全要求的同时,应严格控制地下水位降幅。在降水期间,宜对地下水位控制实行信息化管理与动态监测。

**5.3.12** 考虑到降水设计与降压井、回灌井的成井质量、降水运行管理等密切相关,对于水文地质条件复杂,环境要求严格或开挖深度在 25m 以上的基坑减压降水,宜由降水设计单位对该基坑降水的施工和运营管理实行总承包。

## **5.4 地下水人工回灌**

### **5.4.1 回灌井布设**

1 回灌井布设原则宜按表 5.4.1—1 的规定确定。

表 5.4.1-1 回灌井布置原则

回 灌 井 类 型 布 设 条 件	深部含水层 回灌井	浅部含水层 回灌井
地面沉降发育地区	√	—
工程建设场区附近土体变形明显地区	—	√
自来水管网到达地区	√	√
具备符合水质标准的回灌水源	√	√
考虑与同层次开采井之间的距离	√	—
考虑与同层次降水井之间的距离	—	√
与同期埋设的水准点布置方向、范围一致性	—	√
考虑同层次含水层区域地下水流动方向	√	√

注：√为应满足的条件。

2 回灌含水层宜满足下列水文地质条件：

- 1) 含水层分布平缓,具有一定渗透性,地下水流速缓慢;
- 2) 含水层厚度较大,储水条件好,空间延展性广;
- 3) 含水层顶底板隔水层分布稳定且具一定厚度,具备一定隔水性能;
- 4) 含水层水温稳定,无地温异常变化;
- 5) 含水层及地下水中不含腐蚀过滤器的有害气体和化学成分。

3 回灌井布置场地应符合表 5.4.1-2 规定。

表 5.4.1-2 地下水人工回灌井布设场地要求

回 灌 井 类 型 场 地 条 件	深部含水层 回灌井	浅部含水层 回灌井
具备建设、长期保存的场地	√	—
具备建设、回灌结束前使用的场地	—	√
具备 DN300 市政供排水管网	√	—
具备 DN100 或以上的市政供排水管网	—	√
具备三级用电负荷等级	√	√
距回灌井 50m 范围内不得存在污染源	√	√

注：√为应满足的条件。

#### 5.4.2 回灌井施工

1 地下水人工回灌井成井工艺宜按附录 B 执行；

2 回灌井钻探施工工艺应符合国家现行标准《水文地质钻探规程》(DZ/T0148)的相关规定及上海地区钻探经验。

#### 5.4.3 回灌工艺

1 地下水人工回灌工艺可采用真空回灌或压力回灌。真空回灌要求地下水静水位埋深宜大于 10m；压力回灌适用于地下水静水位埋深小于 10m 的含水层或不宜采用真空回灌工艺的回灌井；

2 真空回灌井内水位以上至电动控制阀之间的管路应具备良好的密封条件；

3 压力回灌过滤器网的抗压强度应满足压力回灌要求；井管与泵座应密封；

4 回灌管路系统宜由输水管路、进水管路、回流管路、排水管路组成；

5 真空、压力两用回灌井的管路装置,可参照图 5.4.3 执行。

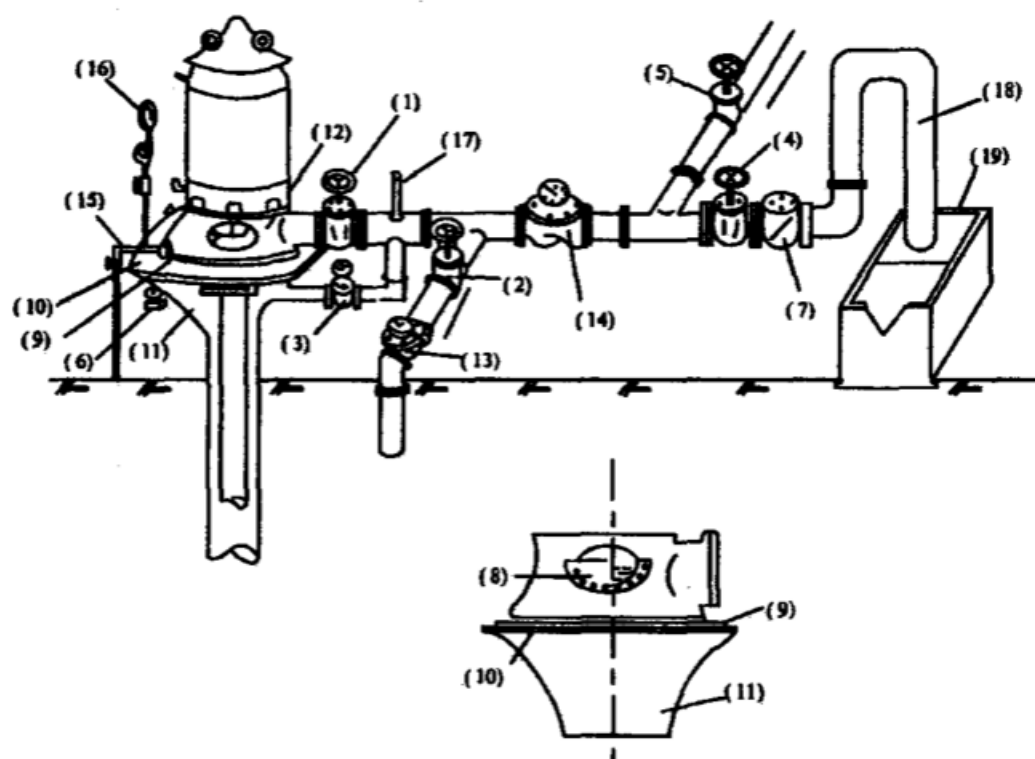


图 5.4.3 真空、压力回灌管路装置示意图

- (1)—电动控制阀 (2)—进水阀 (3)—回流阀 (4)—扬水阀  
 (5)—用水阀 (6)—放气阀 (7)—单流阀 (8)—盘根水封  
 (9)—橡皮垫 (10)—法兰板 (11)—全密封井管座  
 (12)—深井泵电动机 (13)—进水表 (14)—出水表  
 (15)—引水管 (16)—真空压力表 (17)—温度表  
 (18)—“U”形管 (19)—排水池

#### 5.4.4 回灌水源

- 1 回灌水源宜采用自来水；
- 2 建设工程施工过程中进行浅部含水层地下水人工回灌时，也可采用降水获取的地下水经处理后作为回灌原水。



5.4.5 回灌井监测

1 回灌过程中应对回灌量、静水位、动水位、回灌原水水温、地下水水温、回灌原水和地下水水质、真空度、压力等内容进行监测；

2 回灌井回扬过程中应对地下水回扬量、颜色、臭味、悬浮物、气泡等物理性状进行监测；

3 地下水人工回灌井监测内容、监测频率、精度宜符合表 5.4.5 规定。

表 5.4.5 地下水人工回灌井监测频率、监测精度一览表

类别		观测项目		监测频率	监测精度	监测时间
地下水人工回灌井	深部含水层人工回灌井	回灌量		1 次/旬	±1m³	回灌结束前
		回扬量		符合表 5.4.6 规定		回扬结束前
		地下水位	静水位	与回扬频率一致	±0.02m	回扬前
			动水位		±0.05	回灌结束前
		水温	回灌原水		±0.5℃	回灌过程中
			地下水			
		真空压力	真空度		±1.33kPa	
			压力		±0.01MPa	
		水质	回灌原水	2~4 次/年	—	成井时首次取样,回灌开始后回灌原水与地下水同步取样
			地下水	2~4 次/年	—	

续表 5.4.5

类别		观测项目		监测频率	监测精度	监测时间
地下水人工回灌井	浅部含水层人工回灌井	回灌量		1次/天	±1m <sup>3</sup>	回灌结束前
		回扬量		符合表 5.4.6 规定		回扬结束前
		地下水位	静水位	与回扬频率一致	±0.02m	回扬前
			动水位		±0.05m	回灌结束前
		水温	回灌原水		±0.5℃	回灌过程中
			地下水			
		压力			±0.01MPa	
		水质	回灌原水		1次/半年	—
			地下水	1次/半月	—	

4 地下水水样采集、保存和送检应符合国家现行标准《水文测井工作规范》(DZ/T0181)和现行国家标准《水质采样样品的保存和管理技术规定》(GB12999)相关规定；

5 水样测试要求应符合国家现行标准《地质矿产实验室测试质量管理规范》(DZ/T0130)相关规定。

#### 5.4.6 回扬方式及频率

1 回灌、回扬宜采用连续回灌 12h、定时回扬一次的方式，回扬宜在回灌前进行；

2 松散含水层回灌井的回扬频率，可按表 5.4.6 的规定确定。

**表 5.4.6 回灌井回扬频率及时间要求**

岩 性	压力类型	回扬频率
粗砂砾石	管网压力	1 次/2 日
	水泵加压	1~2 次/2 日
中细砂	管网压力	1~2 次/日
	水泵加压	2~3 次/日
粉砂	管网压力	2~3 次/日
	水泵加压	3~4 次/日

3 浅部含水层人工回灌井回扬频率以连续回灌 48h 回扬一次为宜,当回灌流量突然出现大幅减少时,应立即回扬;

4 回扬过程中当浑浊水出尽、再出清水时可停止回扬。

#### **5.4.7 回灌井维护与保养**

1 回灌井堵塞及处理方法宜按附录 C 执行;

2 回灌井的日常维护与保养宜按附录 D 执行。

## **6 成果编制和归档**

### **6.1 一般规定**

**6.1.1** 地面沉降监测与防治工作中,应分别编制监测工作成果报告、监测设施建设竣工报告;在评审或验收后,应按照资料汇交的有关要求提交上海市地质资料档案馆归档。

**6.1.2** 建设工程地面沉降监测、防治工作的中间成果报告、报表等应及时提交给业主方。

### **6.2 监测工作成果报告的编制**

#### **6.2.1 地面沉降监测工作成果**

- 1** 监测工作成果应包括现场记录资料和成果报告;
- 2** 成果报告应包括月报、年报;
- 3** 月报宜以简报形式为主。具体包括:
  - 1)地下水采灌量;
  - 2)地下水位标高;
  - 3)地面变形量。
- 4** 年报应对年度地面沉降监测、防治工作进行系统总结。具体内容包包括:
  - 1)年度地面沉降监测与防治工作概况;
  - 2)地面沉降动态变化规律;
  - 3)地面沉降防治措施与效果评价;
  - 4)下年度工作建议等。

#### **6.2.2 建设工程地面沉降监测工作成果**

- 1 监测成果应包括现场记录资料和成果报告；
- 2 成果报告应包括：
  - 1)工程概况；
  - 2)监测范围；
  - 3)监测项目和监测点布设；
  - 4)监测技术方法；
  - 5)监测实施；
  - 6)监测成果分析；
  - 7)结论与建议。

### **6.3 设施竣工报告的编制**

**6.3.1 地面沉降监测与防治设施竣工后,应整理相关质量控制资料和实物地质资料,主要包括:**

- 1 地质编录原件,钻探班报表及其它相关的原始资料;
- 2 水质测试报告、土工试验报告、测井报告;
- 3 钻孔土样或地层缩样。

**6.3.2 地面沉降监测设施竣工后应编制竣工报告,竣工报告内容主要包括:**

- 1 工程概况;
- 2 设计要求和原则;
- 3 监测设施建设施工工艺与质量评述;
- 4 每座标孔的孔口标高、平面坐标及标组平面位置图;
- 5 由地层柱状图、监测设施结构图、测井、土工测试、水质测试资料等组成的综合柱状图;
- 6 施工时间、进度及施工组织。

**6.3.3 地面沉降防治设施竣工后应编制竣工报告,竣工报告内**

容主要包括：

- 1 目的与任务；
- 2 工作部署与工作量；
- 3 施工工艺与质量评述；
- 4 回灌管路安装与回灌工艺；
- 5 地下水水位、水质、水温特征；
- 6 抽水试验与水文地质参数的计算与评价；
- 7 配置回灌井平面位置、地层柱状及成井结构、回灌管路装置、回灌工艺流程等各类附图；
- 8 主要结论与建议。

#### **6.4 资料归档要求**

**6.4.1** 地面沉降监测与防治设施建设完成后,应进行竣工验收。

**6.4.2** 竣工验收合格后 4 个月内,应完成全部资料的汇总、整理、归档。

**6.4.3** 归档要求除应符合《地质资料管理条例》相关规定要求外,尚应符合上海市现行有关规定的要求。

## 附录 A 基岩标、分层标建设

### A.1 基岩标建设

A.1.1 标杆底部宜埋设进入到完整基岩内 5m~10m, 保护管的底部必须进入新鲜基岩 2m, 确保引测标杆不受干扰。

A.1.2 基岩标结构采用保护管保护的, 应配有钢制滚轮式扶正器的无缝钢管标杆结构形式的标型(图 A.1.2)。

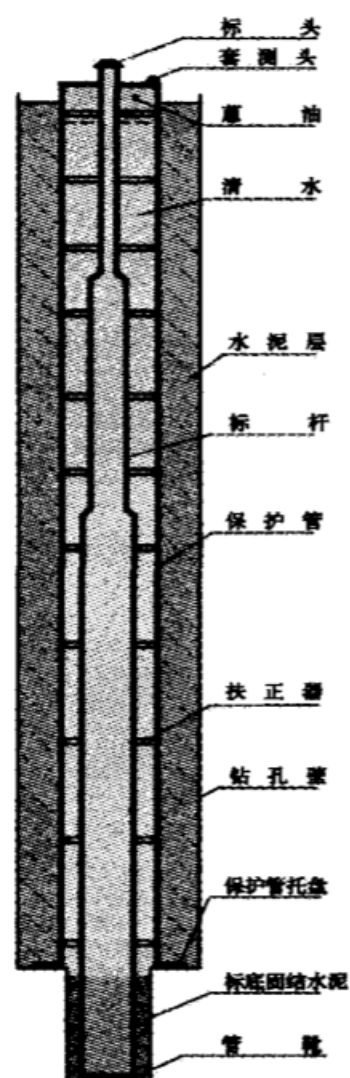


图 A.1.2 基岩标标型结构图

### A.1.3 保护管结构

1 保护管的直径及壁厚应根据基岩标埋深和标杆及扶正器的规格确定;

1)埋标深度大于或等于 150m 时,保护管外径不应小于  $\Phi 168\text{mm}$ ,壁厚不宜小于 7mm;

2)埋标深度小于 150m 时,保护管外径不应小于  $\Phi 127\text{mm}$ ,壁厚不宜小于 5mm。

2 保护管应采用优于 DZ40 的地质专用无缝钢管;

3 保护管宜采用公、母丝扣连接方式;

4 保护管底部应安装钢质环状托盘,厚度为 20mm~25mm,托盘与钻孔壁间隙不应大于 100mm。

### A.1.4 标杆结构

1 标杆结构应按照埋设深度确定:

1)埋设深度大于或等于 150m 时,应选用“多宝塔形”结构,采用合理的标杆规格及长度配比。常用的规格为: $\Phi 89\text{mm} \sim \Phi 73\text{mm} \sim \Phi 42\text{mm}$ ,长度配比按“九五分割原理”确定;

2)埋设深度小于 50m 时,可选用一径到底结构,常用规格为  $\Phi 42\text{mm}$ ;

3)其余埋设深度的基岩标可选用“二级宝塔形”结构,常用的规格为: $\Phi 73\text{mm} \sim \Phi 42\text{mm}$ ,长度配比按“九五分割原理”确定。

2 材质应采用优于 DZ40 的地质专用无缝钢管,壁厚不小于 5mm;

3 应采用地质专用套管梯形丝扣、外平接箍连接,或采用锁接头丝扣连接,接箍材质同标杆;



4 管材必须圆直,每米管材的弯曲度不得大于 1mm,壁厚误差不得大于 $\pm 10\%$ ,丝扣及变径连接必须与管材同心;

5 底部应安装钢质环状托盘,外径应小于基岩钻孔直径 10mm,厚度为 15mm~20mm。在托盘底部开  $\Phi 30\text{mm}$  的孔眼。

#### A.1.5 扶正器结构

1 结构应与标杆、保护管的结构及规格匹配,滚轮外缘与保护管内壁间应留有 5mm~6mm 间隙;

2 材质应采用 45 # 碳钢或铸钢件,滚轮应采用材质规格不低于 1Cr18Ni9Ti 型号的不锈钢,滚轮轴内镶微型轴承以减少滚动摩阻。为提高与标杆间的滑动性能,中心孔铜套可选用 ZQSN-6-6-3 铜合金材质制作(图 A.1.5);

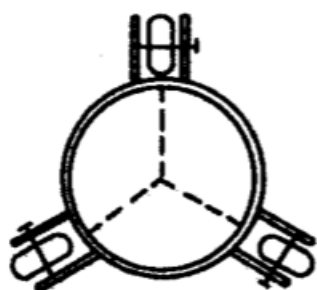


图 A.1.5 滚轮式扶正器

#### 3 扶正器安装间距

基岩标下部标杆的扶正器间距可稍短,上部间距可适当放长,宜为 6m~9m,最大间距不得超过 10m。钻孔基岩段内的标杆,可不安装扶正器。

#### A.1.6 主标头结构

1 长度宜为 400mm~500mm,应高出保护盖顶端 100mm 左右;

2 外径必须比与其相连接的顶部标杆直径大 2mm~3mm,与保护管顶盖内孔的间隙宜为 0.5mm~1mm;

- 3 应采用不锈钢材质制作,通常选用的材质为 1Cr18Ni9Ti;
- 4 顶端应车制成半球弧形。

#### A.1.7 副标头结构

- 1 副标点必须固定在保护管的保护盖上,保护盖应采用地质套管专用梯形丝扣与保护管连接;
- 2 保护盖板应开中心孔,镶有铜套,其内径应大于主标点外径 1.5mm~2.0mm。铜套的材质与扶正器同;
- 3 保护盖应采用与保护管同径的 DZ40 无缝钢管管材制成,并应采取镀铬处理;
- 4 副标头应采用防锈、防腐蚀的不锈钢制成,常用的材质为 1Cr18Ni9Ti,直径应为  $\Phi 12\text{mm}$ ,顶部制成半球弧形;

A.1.8 应根据钻孔的性质及地层情况,下入不同规格、不同深度的护管护孔。基岩标孔的覆盖层孔段可先钻小径的“导正孔”( $\Phi 130\text{mm}\sim\Phi 150\text{mm}$ ),再扩孔成孔。成孔口径应比保护管外径大 100mm~150mm,基岩孔段的钻孔口径不应小于  $\Phi 130\text{mm}$ 。

#### A.1.9 钻进时必须保持钻孔垂直,应满足下列要求:

- 1 孔口处钻孔顶角应为  $0^\circ$ ;
- 2 每钻进 50m,钻孔顶角累计递增不得大于  $0.2^\circ$ ;
- 3 终孔深度小于 300m 时,终孔顶角不得大于  $1.0^\circ$ ;
- 4 终孔深度在 300m 至 500m 之间时,终孔顶角不得大于  $1.5^\circ$ ;
- 5 终孔深度大于 500m 时,终孔顶角不得大于  $2.0^\circ$ ;
- 6 在基岩标孔施工中,每钻进(或扩孔)50m、换径及终孔时必须校正一次孔深,钻孔的孔深允许误差范围为  $\pm 1\%$ 。

#### A.1.10 保护管外的灌浆加固与补强

为增加保护管的强度、刚度,并对上覆含水层进行止水,应进

行补强、加固,在保护管与钻孔间隙内灌注水泥浆;灌浆结束后应重新校正保护管上部的垂直度,使其居中、固定;水泥浆灌注完毕必须候凝,一般候凝时间为 3~5 天。常用的灌浆方法有:

### 1 保护管外灌注法

- 1)在保护管与钻孔间隙内下入外径不大于  $\Phi 50\text{mm}$  的灌浆导管,下入深度应为保护管底部环状托盘以上 300mm,并再次循环泥浆,保持灌浆通道畅通;
- 2)现场配制水泥浆液。水泥标号应为 325,水泥浆液的水灰比不应大于 0.5,水泥浆液内不得混入杂物;
- 3)向灌浆管内泵入水泥浆液,体积宜为保护管与钻孔的环状间隙体积量;
- 4)灌浆深度应为自底部托盘至孔口距离,当孔口返出纯水泥浆液时,灌浆工序结束。同时按规范要求取 3~4 个水泥浆样,妥善保管、保管。

### 2 保护管内压浆法

- 1)将搅拌好的水泥浆液(其体积量通常为保护管与钻孔外环状间隙体积的 1.2 倍左右)直接泵入保护管内,通过保护管底部通水孔,使水泥浆液压入保护管与钻孔外环状间隙内,直至灌完;
- 2)泵入计算好的替浆清水。替浆清水应立即泵入,体积通常为保护管的管内体积与灌注通道体积之和。将水泥浆液压至保护管底,孔口返出纯水泥浆液,并将保护管顶部的压浆阀门严密封闭,在待凝不超过 12h 内,下钻杆泵入清水,将保护管内固结强度较低的水泥浆固结物清除,只保留保护管底 2m~3m 已初具强度的水泥柱;
- 3)应取 3~4 个水泥浆样,并妥善保管、保管。

#### **A. 1. 11 标杆的埋设**

- 1** 标杆必须下到预定深度,允许误差为 $\pm 0.1\text{m}$ ;
- 2** 标杆下到位后,向标杆内灌入标号为 325、水灰比为 0.5 的定量水泥浆液,其体积量宜为钻孔基岩孔段实际体积的 80%;
- 3** 保护管与标杆间注入清洁水(一般为自来水),上部 2m~3m 灌入防锈油。

**A. 1. 12** 基岩标竣工后,应安装窖井盖或建设标房对标体进行保护。

### **A. 2 分层标建设**

**A. 2. 1** 分层标标间距不宜小于 4m。在相邻分层标埋设标底的深度差较大的情况下,标间距可适当减小。

**A. 2. 2** 分层标结构宜选用保护管保护、无缝钢管标杆、带滚轮的金属扶正器、标底配有滑筒、插钎及护管托盘的分层标标型(图 A. 2. 2),并应满足下列要求:

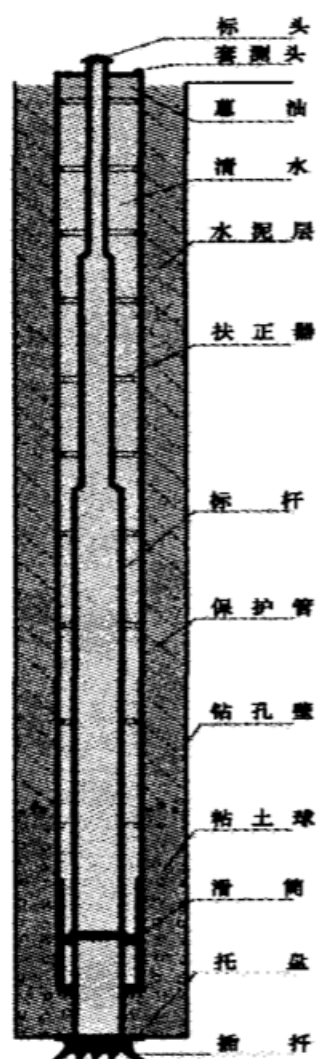


图 A. 2. 2 分层标标型结构图

- 1 标杆必须与标底托盘、插杆连为一体；
- 2 保护管底部必须安装滑筒装置，并应根据地层特征调整保护管底部与标底的合理间距；
- 3 标杆与保护管之间必须安装扶正器；
- 4 在保护管与钻孔间隙内必须采取下部投粘土球止水、上部灌注水泥浆或填土加固。

### A. 2. 3 保护管结构

- 1 保护管的结构形式宜采用单层结构保护管或单层管外补强保护管；

2 规格应根据分层标埋深确定:埋深大于 150m 时可选用  $\Phi 146\text{mm}$  或  $\Phi 168\text{mm}$  规格;埋深小于 150m 时可选用  $\Phi 127\text{mm}$  或  $\Phi 108\text{mm}$ ,材质选用 DZ40 地质专用无缝钢管,管壁厚度不宜小于 5mm;

3 连接应采用地质专用套管的梯形丝扣、外平接箍连接,接箍材质同保护管;

4 保护管必须具有良好的圆直度,丝扣加工须保证与保护管同心度。

#### A. 2.4 标杆结构

1 埋深在 50m~150m 之间的分层标,宜采用“宝塔型”结构的标杆,宜采用“双宝塔”结构。标深大于或等于 150m 的分层标,也可采用“三宝塔”结构,并按“九五分割原理”设置。小于或等于 50m 的浅式分层标,可采用上、下同径的标杆;

2 标杆材质可选用 DZ40 地质专用无缝钢管,壁厚不小于 5mm;

3 底部与位于滑筒中心的滑杆顶部对接接头相连接,使标杆与标底连为一体。

#### A. 2.5 标底结构

1 由底部插钎、钢质环状托盘、滑杆、对接接头组成,相互连为一体;

2 插钎应由 DZ40 无缝钢管制成,直径为  $\Phi 89\text{mm}$ ,壁厚为 6mm,长度视土层软硬确定,宜为 300mm~400mm,沿其轴向均匀地开 8~10 条叉缝。压标时在外力作用下,将开过叉缝的插钎斜向插入地层,与地层固为一体。标底的结构见图 A. 2. 5;

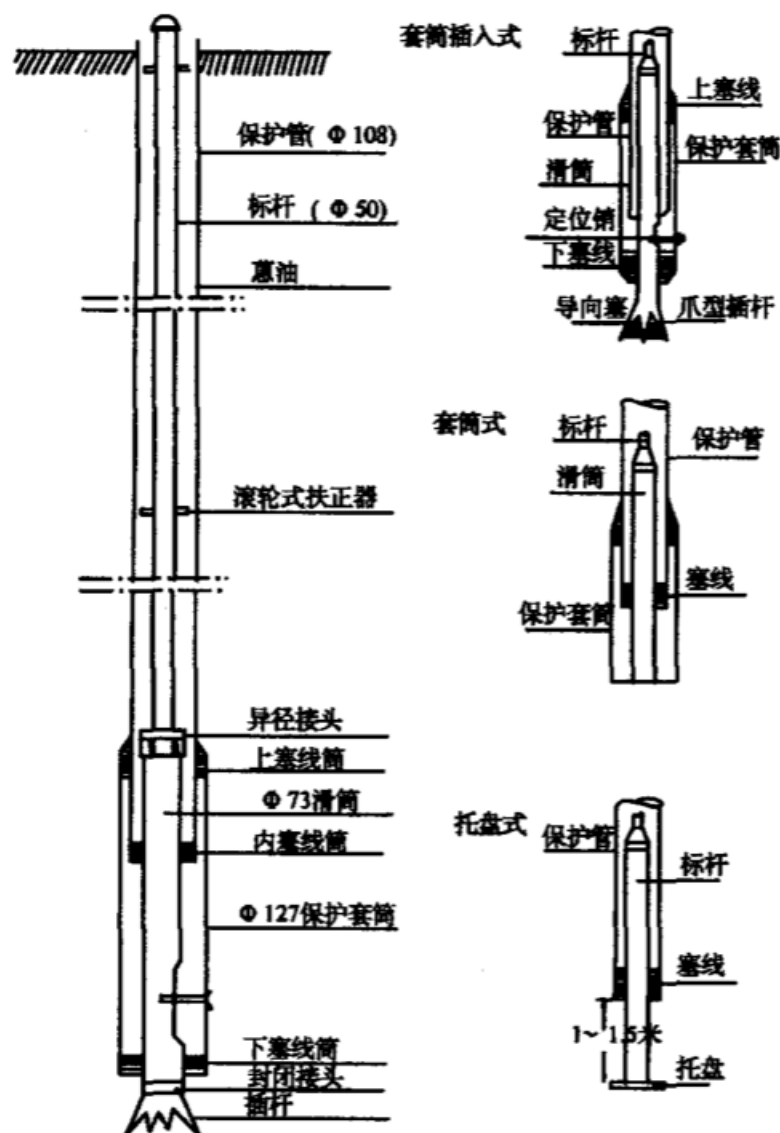


图 A.2.5 分层标标底结构示意图

3 插杆全部压入地层时,位于上部的钢质环状托盘必须平稳地座落在目的监测层面上;

4 滑杆的下部与钢质环状托盘连接,上部通过对接接头与标杆相连。通过连接在保护管底部特殊滑筒的滑动、密封作用,使滑杆、标杆与保护管能在一定距离(1m~2m)内上下滑动;

5 托盘外径应不宜小于钻孔直径 50mm,厚度为 20mm~25mm,材质为 45 # 碳结钢;

6 滑杆直径不应小于  $\Phi 60\text{mm}$ ,长度不宜短于 1500mm,采用

45#碳结钢车磨制成。

#### **A.2.6 滑筒结构**

1 液压滑筒由外筒、液压腔、注油螺栓、液压油、上密封盖、铜套、油封、中心轴孔、锥形密封底盖等组成密封滑动系统；

2 在液压滑筒的上部安装一组滑杆导正装置，由下列部件组成：

- 1)外壳：应采用同规格的保护管制成，下与液压滑筒、上与保护管连接；
- 2)导正滑道：应由固定在外壳内壁上的两根呈 $180^\circ$ 方向的方钢与安装于滑杆上端的二块导正凹槽组成，导正凹槽沿着方钢上下滑动，使标杆与保护管的滑动更加稳定；
- 3)滑杆应安装在滑筒的中心，借助液压密封系统使滑筒与滑杆上下滑动（滑杆保持不动），完成保护管与标杆之间的垂向位移；
- 4)滑筒底部的密封底盖应安装倒锥形的导向体，以减少保护管下沉时对下部地层及标底的影响。

#### **A.2.7 保护管与标底滑动间距的确定**

保护管与标底的滑动间距应依据地层的特性及分层标的埋设深度确定，范围为400mm~1000mm。

#### **A.2.8 扶正器、主、副标点的结构形式与基岩标同。**

**A.2.9** 钻孔开孔口径应根据地表地层的性质及标孔的用途选择，通常应大于分层标孔成孔直径100mm~200mm。下入孔口护管后，下部钻孔应采用多级扩孔、一径到底施工。

#### **A.2.10 钻孔垂直度及孔深校正技术同基岩标。**

**A.2.11** 应在爪形插钎底部放置锥形木楔，最大外径应大于插钎内径10mm~15mm，长度不应超过100mm。为防止下入孔内时



木楔中途脱落,应预先将锥形木楔装入爪形插钎内孔。

**A. 2. 12** 保护管、标底必须下到预定埋标深度,深度误差不应超过 $\pm 1\%$ 。

**A. 2. 13** 压标底

1 在保护管内下入压标钻杆,利用钻机油缸压力,通过压标钻杆、滑杆将插钎压入土层。同时,底部托盘也随之下滑,最终使环状托盘底面平稳坐落在目的监测层上。也可直接压保护管,压力通过保护管、环状托盘、将插钎压入土层;

2 压标深度必须大于插钎的长度;

3 上提保护管时,应在保护管内下入钻杆压住滑杆,保持标底固定不动,然后再上提保护管,调整好保护管底与标底的合理间距。

**A. 2. 14** 对接标杆

应在保护管内,按照编号逐根下入标杆,并在规定的位置安装扶正器。当下至滑杆顶部对接接头处,核对深度误差小于 $\pm 100\text{mm}$ 后,顺时针旋转标杆,将标杆与对接接头拧紧,使标杆与标底连为一体。

**A. 2. 15** 保护管外的止水、加固与补强

为防止与上覆含水层连通,应在保护管与钻孔间隙内投入粘土球止水,在粘土球以上孔段灌注水泥浆,对保护管进行加固、补强。

1 应在标底以浅 20m 孔段投入干粘土球封孔止水;

2 粘土球顶部至孔口的钻孔环状间隙内:深式分层标(深于 50m)应采用灌注水泥浆加固,灌浆技术要求同基岩标保护管外灌浆;浅式分层标(浅于 50m)可全部用粘土块回填、封孔加固;

3 粘土球应由优质膨润土制作并风干,直径不应大于

30mm,粘土球、粘土块不应投入过快,以防止中途“架桥”;

4 封孔、加固水泥的标号不应低于 325,水泥浆液的水灰比不应大于 0.5;

5 孔口部位应灌注水泥浆加固;

6 止水、灌浆结束后,必须使保护管顶部垂直、居中、固定。

#### **A. 2. 16 标体的防锈、防腐蚀要求**

1 下保护管和标杆前,必须清除内、外壁锈蚀层,并涂刷防锈蚀保护层;

2 标体高于地面的裸露部位,应采用不锈钢制作,或对其进行镀铬处理;

3 成标后,保护管内应灌满清水,使整个标体处于“无氧的还原环境”之中,上部 2m~3m 灌入防锈油,通常选用腐蚀性小的机油或机械油。

**A. 2. 17 分层标竣工后,应安装窰井盖或建设标房对标体进行保护。**

## **附录 B 地下水位监测井与地下水人工回灌井成井工艺技术要求**

### **B.1 成井结构**

**B.1.1** 地下水位监测井包括钻孔口径、井管口径、终孔孔深、井壁管、过滤器、沉淀管、填砾、止水与封孔等,其结构示意图如图 B.1.1 所示。

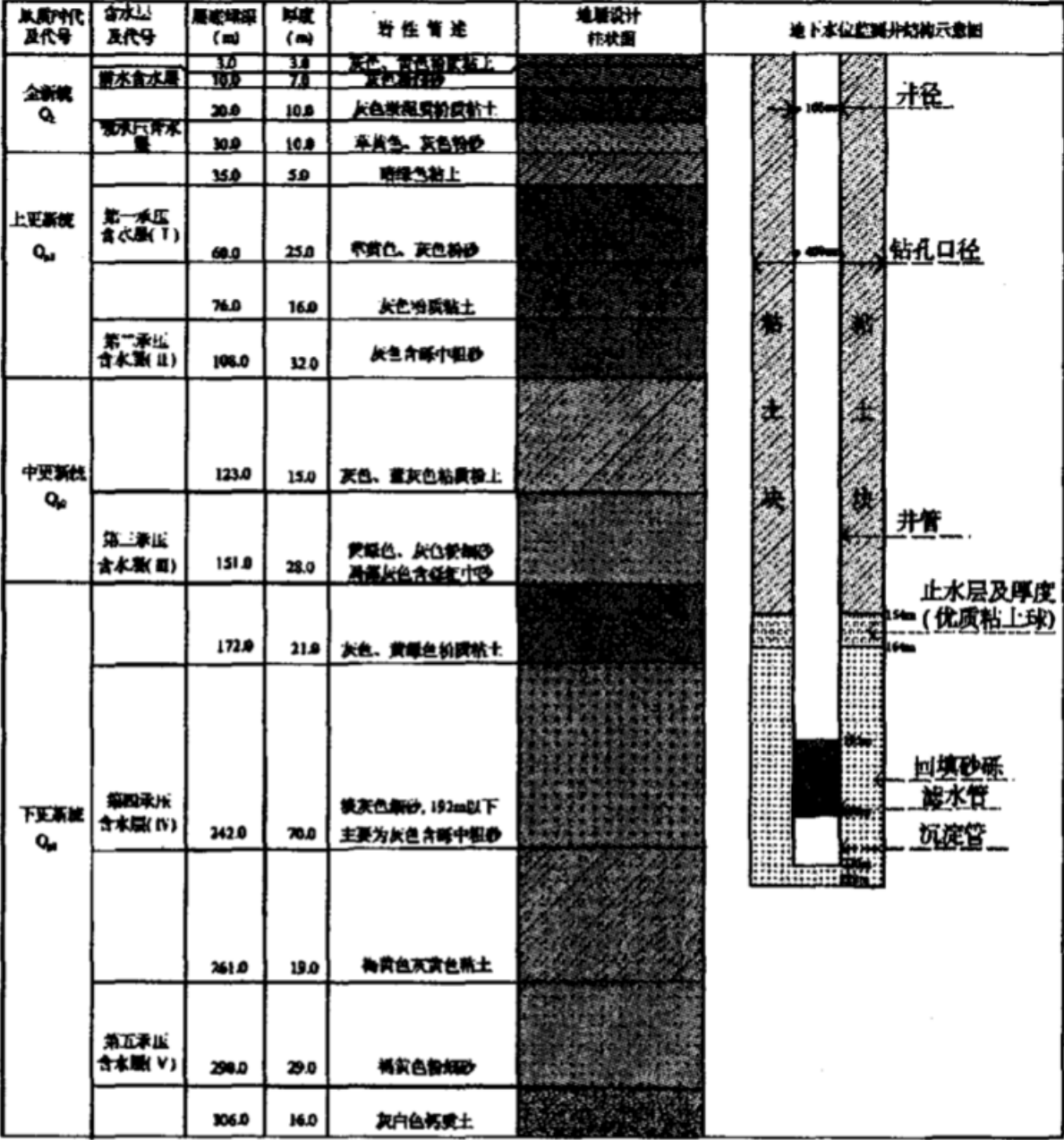


图 B.1.1 上海地区典型含水层地下水位监测井成井结构示意图

B.1.2 地下水人工回灌井结构包括钻孔口径、井管口径、终孔孔深、井壁管、过滤器、沉淀管、填砾、止水与封孔等,其结构示意图如图 B.1.2 所示。

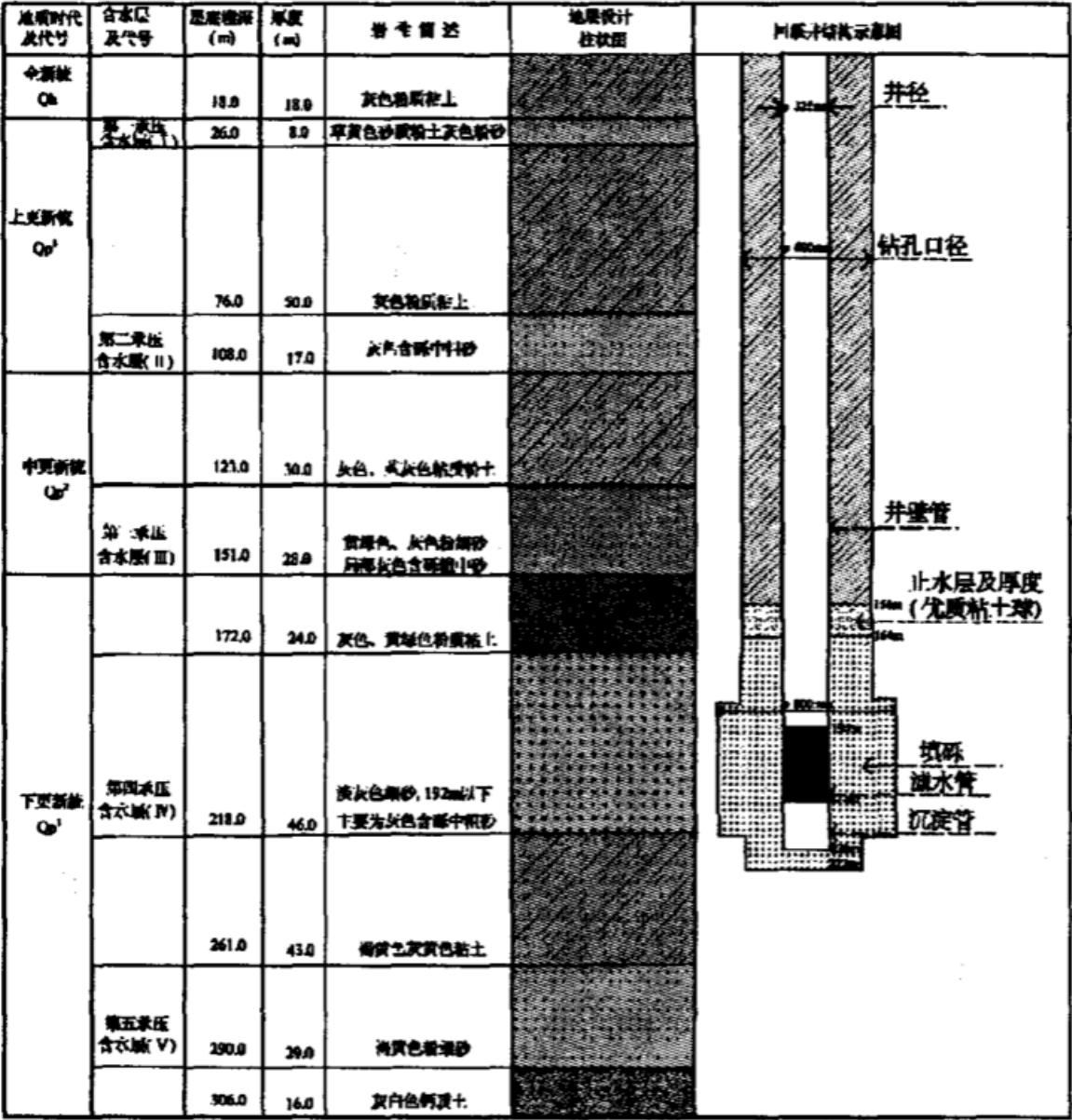


图 B. 1. 2 上海地区典型含水层地下水人工回灌  
井成井结构示意图

B. 2 成井工艺

B. 2. 1 地下水位监测井与地下水人工回灌井钻孔孔径与井径宜符合表 B. 2. 1 规定。

**表 B. 2. 1 地下水位监测井与地下水人工回灌井钻孔孔径与井径一览表**

类型	开孔孔径 (mm)	钻孔孔径 (mm)	目的层过滤器段 孔径(mm)	终孔孔径 (mm)	井径
地下水位 监测井	同径,一般 400				4 英寸, 或 5 英寸
地下水人 工回灌井	应大于非回 灌孔段口径 100mm~ 200mm	一般 600	目的含水层中过 滤器段的孔径宜 大于过滤器外径 400mm~500mm	与钻孔孔径 同径	10 英寸, 或 12 英寸

**B. 2. 2 钻孔取芯应满足下列要求**

- 1 宜进行地层全取芯(连续取芯)钻进,至目的含水层底面时止;
- 2 粘性土采取率不应低于 90%,砂性土采取率不应低于 70%。

**B. 2. 3 钻孔孔斜应满足下列要求**

- 1 钻孔深度小于 50m 时,要求终孔测斜,孔斜不应大于 1°;
- 2 钻孔深度大于 50m 时,要求每 50m 及终孔测斜,孔斜每百米不应大于 1°,终孔钻孔累计孔斜不应超过 1.5°,钻孔终孔孔斜可累计计算,超差必须纠正。

**B. 2. 4 钻进中每 50m 及终孔校正孔深,其误差不应大于千分之一。**

**B. 2. 5 井管、过滤器、沉淀管口径、材质、长度宜按表 B. 2. 5 的规定确定。**

**表 B. 2.5 井管、过滤器、沉淀管口径、材质、长度一览表**

内容	壁厚 (mm)	口径 (mm)	长度(m)	材质
井管	8	同径	过滤器至地表段	地质专用无缝钢管
沉淀管			3~5	
过滤器			视含水层厚度,当含水层小于 10m 时,一般为完整井,长度为含水层厚度的 2/3 左右;当含水层大于 10m 至几十米时,宜为非完整井,长度根据要求设置	与井管同规格的骨架管 焊肋筋缠铜丝过滤器

### B. 2.6 围填应满足下列要求

- 1 围填砂应采用与目的含水层砂颗粒级配相匹配的天然石英砂,围填砂型号应根据相关规范确定;
- 2 围填高度应高于含水层顶面,高出高度约为含水层上部隔水层厚度的  $1/3 \sim 1/2$ ,遇特殊情况应现场再次确定;
- 3 投砾方式宜采取动态投砾方式,边投边测砾料所在深度。

### B. 2.7 止水与封孔要求

- 1 止水层应采用优质粘土球,高度不宜小于 10m,粘土球直径为 3cm~5cm;
- 2 止水结束后应进行止水效果检验,检验合格后,孔口至止水深度间可采用粘土块围填,孔口应采用优质粘土封口。

**B. 2.8** 宜采用活塞及空压机交替洗井,抽出的井水含砂量达到设计标准,地下水的单位涌水量与该含水层附近供水井相近或二次活塞洗井单位涌水量不再增加时,可停止洗井。

### B. 2.9 抽水试验应满足下列要求

- 1 静止水位观测中水位稳定时间应符合相关规范要求(稳定时间不应小于 4h);

**2 进行单落程(最大降深)稳定流抽水试验,动水位稳定时间不应少于 16h;**

**3 停泵后观测恢复水位,水位恢复至抽水前的静水位后,宜继续观测 4h 左右;**

**4 根据相关规范,记录抽水试验过程中的出水量、地下水位、水温等数据;**

**5 抽水试验结束前应采集地下水样。**



## 附录 C 回灌井堵塞的判别及处理

### C.1 回灌井堵塞现象及危害

#### C.1.1 回灌井堵塞时常出现下列现象:

- 1 回灌量保持恒定时,回灌水位逐渐或迅速上升,溢出井口;
- 2 回灌水位或压力保持恒定时,回灌量逐渐或迅速减少;
- 3 动水位持续下降,甚至出现断水现象;
- 4 回扬水呈锈黄色、有臭味,含有大量杂质、絮状沉淀物和小气泡。

#### C.1.2 回灌井严重堵塞时产生的危害:

- 1 灌水效能不断降低;
- 2 过滤器和含水层渗透性能衰减,引发微生物的孳生、繁殖和水质污染;
- 3 井、泵管腐蚀、过滤器网破裂、出砂。

### C.2 回灌井堵塞程度的判别与评价

#### C.2.1 回灌井的堵塞,可采用下列方法判别:

- 1 回灌水量、水位、回扬量与动水位相关曲线斜率出现突变点或拐点;
- 2 单位回灌量、出水量随时间变化曲线斜率急剧下降;
- 3 根据 C.1.1 回灌井堵塞现象进行判别。

#### C.2.2 回灌井的堵塞程度及堵塞后的疏通程度,可分别用堵塞比( $D_s$ )和疏通比( $S_t$ )进行判别(表 C.2.2-1 和表 C.2.2-2)。

表 C. 2. 2—1 回灌井堵塞程度判别表

堵塞比(Ds)	单位回灌量减少(%)	井的质量评价
>0.6	<40	轻度堵塞
0.6~0.3	40~70	中等堵塞
<0.3	>70	严重堵塞

注: Ds 为回灌末期单位回灌量与回灌初期单位回灌量的之比值。

表 C. 2. 2—2 回灌井堵塞后疏通程度判别表

疏通比(St)	单位开采量减少(%)	井的质量评价
>0.8	<20	疏通良好
0.8~0.5	20~50	中等疏通
<0.5	>50	疏通较差

注: St 为开采初期单位开采量与开采末期单位开采量之比值。

### C. 3 回灌井堵塞类型及成因

C. 3. 1 回灌井堵塞类型包括物理堵塞、化学沉淀堵塞及生物化学堵塞(表 C. 3. 1)。

表 C. 3. 1 回灌井堵塞类型分类表

类 型		成 因
物理堵塞	气相堵塞	管路密封不严,空气进入含水层,堵塞砂层孔隙
	悬浮物堵塞	悬浮物质被带入含水层,堵塞了过滤器、填砾层和含水砂层孔隙
	砂颗粒压密堵塞	填砾层、含水砂层压密,孔隙度减小,渗透性能降低

续表 C.3.1

类 型		成 因
化学沉淀堵塞	氢氧化铁沉淀堵塞	回灌水混入空气,氧溶于水,增加了地下水中溶解氧含量,氧与 $\text{Fe}^{2+}$ 作用生成氢氧化铁沉淀物,堵塞了滤网、填砾层和含水砂层孔隙
	碳酸钙沉淀堵塞	地下水中大量钙和重碳酸离子,受灌水温度和压力变化影响,生成碳酸钙沉淀,堵塞了滤网、填砾层和含水砂层孔隙
	过滤器电化学腐蚀的铁质沉淀堵塞	金属过滤器受电化学腐蚀作用,溶于地下水中的 $\text{Fe}^{2+}$ 离子含量增加,与 $\text{OH}^-$ 离子结合生成胶体状的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,堵塞了过滤器网缝隙、填砾层及含水砂层孔隙
生物化学堵塞	铁细菌堵塞	细菌孳生繁殖过程中,分泌的氧化还原酶能接触性的加速 $\text{Fe}^{2+}$ 氧化成 $\text{Fe}^{3+}$ ,生成红褐色、锈黄色絮状 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀,聚积在过滤器缝隙、填砾层及含水砂层孔隙中,形成铁细菌堵塞。
	硫酸盐还原菌堵塞	硫酸盐还原菌生化活动中分泌的氢化酶,将 $\text{SO}_4^{2-}$ 还原为 $\text{S}^{2-}$ ,促使阴极去极化,生成 $\text{FeS}$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,聚积在过滤器缝隙、填砾层及含水砂层孔隙中,形成硫酸盐还原菌堵塞。

C.4 回灌井堵塞的处理方法

C.4.1 管井堵塞处理方法:

- 1 处理回灌初期出现的气相堵塞和悬浮物堵塞,宜采用回扬的处理方法;
- 2 化学堵塞宜采用化学与回扬处理相结合的处理方法;
- 3 处理回灌后期出现的生物化学堵塞,宜采用化学试剂处理与回扬相结合的处理方法。

C.4.2 轻度物理堵塞的处理可依据表 C.4.2 执行。

**表 C.4.2 压力回扬适用条件及操作方法**

回扬方法	适用条件	操作方法
真空回扬	对地层砂的吸力大,清除井内沉淀物的能力强,适用于过滤器结构强度较大的回灌井回扬	回扬前,关闭进水阀、回流阀和放气阀,开足电子控制阀、电子扬水阀,然后开泵回扬
吸气回扬	对含水层的吸力中等,清除井内沉淀物的能力中等,适用于过滤器结构中等强度的回灌井的回扬	回扬前,关闭进水阀、回流阀,开足电子控制阀、电子扬水阀和放气阀,然后开泵回扬
回流回扬	对含水层的吸力小,清除井内沉淀物的能力弱,适用于过滤器结构强度较差或已出现断水和出砂的回灌井的回扬	回扬前,关闭进水阀和放气阀,开足电子控制阀、回流阀和电子扬水阀,然后开泵回扬

**C.4.3 严重物理堵塞的处理可依据表 C.4.3 执行。**

**表 C.4.3 严重物理堵塞回扬反冲方法的适用条件和操作方法**

回扬方法	适用条件	操作方法
回扬与间歇停泵反冲	适用于过滤器结构强度较差回灌井	回扬前,关闭进水阀、回流阀,开足电子控制阀、电子扬水阀和放气阀,然后开泵回扬。水清后,每隔 3min~5min 采用间歇扬水与停泵方法
真空回扬与间歇回流反冲	适用于具有回流管装置的回灌井	回扬前,关闭进水阀、回流阀和放气阀,开足电子控制阀、电子扬水阀,然后开泵回扬。水清后,每隔 5min~10min 打开和关闭一次回流阀
回扬与加压回灌反冲	适用于具有加压设备及过滤器结构强度较好或新凿回灌井	回扬前,关闭进水阀、回流阀,开足电子控制阀、放气阀和电子扬水阀,然后开泵回扬。水清后,停泵,立即关闭电子控制阀和电子扬水阀,开足进水阀,缓慢打开电子控制阀,先从泵管内灌水,待空气从放气阀放光并溢出水后,再关闭放气阀。每次扬水、停泵和加压灌水时间,宜分别控制在 15min、5min 和 30min

**C.4.4 过滤器化学沉淀堵塞宜采用酸洗法,并按下列要求操作:**

1 酸洗前,应掌握井管和过滤器的口径、深度、材质及静动水位等资料;

2 将带有橡皮封的注酸管( $\Phi 38\text{mm}$  黑铁管或硬塑料管)下至过滤器上端,在井口上方注酸管接储酸桶和放气管,并在连接管上各装一阀门;

3 宜采用 10% 浓度盐酸并加 2% 浓度酸洗抗蚀剂溶液;

4 将配制好的盐酸和酸洗抗蚀剂溶液(注酸量按橡皮封以下井深和断面积计算)倒入酸管桶,打开储酸桶阀门,向井下过滤器注入盐酸,待储酸桶内的盐酸流尽,关紧储酸桶阀门,迅速打开放气管阀门,放尽反应气体后,关闭放气管阀门,使盐酸在井内封存 24h~72h;

5 取出注酸管,再用空压机和活塞反复冲洗,直至过滤器上化学沉淀物抽出,水路疏通为止。

#### C.4.5 铁细菌堵塞处理方法应按下列要求操作:

1 在井水中分别加入 3% 浓度的过氧化氢( $1\text{m}^3$  水中加入  $0.001\text{m}^3$ )和 10% 浓度的亚硫酸钠溶液( $1\text{m}^3$  水中加入  $0.02\text{m}^3$ );

2 采用回扬与加压回灌反冲方法,疏通过滤器水路;

3 采用经曝气和锰砂过滤预处理后的回灌水进行回灌;

4 每天定时回扬,保持过滤器水路畅通。

#### C.4.6 硫酸盐还原菌堵塞处理方法应按下列要求操作:

1 连续 8d~10d 定时向井中通纯氧;

2 在井水中加入 3% 浓度的过氧化氢( $1\text{m}^3$  水中加入  $0.001\text{m}^3$ );

3 采用回扬与加压回灌反冲方法,疏通过滤器水路;

4 每天定时回扬,保持过滤器水路畅通。

## **附录 D 回灌井的维修和保养**

### **D.1 维修保养的目的**

**D.1.1** 疏通过滤器及其周围填砾层和含水砂层孔隙的地下水通道,防止回灌井堵塞,保持回灌井正常灌水功能。

**D.1.2** 进行回灌井维修,防止管井和泵管的锈蚀,磨损、井管出砂、井周地面坍塌和确保电动机的正常使用。

### **D.2 维修保养的内容**

**D.2.1** 回灌井的常规维修保养,应包括下列内容:

- 1 深井泵电动机的维修保养;
- 2 深井泵维修保养;
- 3 过滤器网堵塞物质和沉淀管沉积泥砂的清除。

**D.2.2** 回灌井特殊故障的检修,应包括下列内容:

- 1 突然断水或电动机出现故障后的检修;
- 2 大量带出填砾砂后的过滤器套补;
- 3 大量带出地层泥、砂后的井管套补;
- 4 井中坠物和补管的打捞;
- 5 井口地面坍塌后的管外止水填封。

### **D.3 维修设备、工具的选择**

**D.3.1** 回灌井常用的维修设备和工具包括:卷扬机、三脚架、滑车(俗称葫芦)掏砂器、实心重杆(含附件)和链条钳、管子钳、活络扳手、钢丝吊攀以及其它金属工具等。

**D.3.2** 回灌井备用的设备和工具包括:空气压缩机、CO<sub>2</sub> 洗井设备、酸化洗井装置、泥浆泵、泥浆调和桶、活塞、小钻杆、钻井用水龙头、不同规格的管子及其它有关特制专用工具等。

**D.3.3** 回灌井常用的打捞工具包括:三齿抓钩、转钩、内倒钩、活塞装置、撑牙装置、内翻牙装置、灯泡插头管、冲管、反牙丝锥、滚轮割刀和钢刀等。

#### **D.4 维修检查的方法和步骤**

**D.4.1** 一般维修检查,宜采用下列方法之一:

- 1 抽水检查;
- 2 木模检查;
- 3 等砂器检查;
- 4 井下电视检查。

**D.4.2** 回灌井抽水检查,应包括下列内容:

- 1 观察记录电动机运转情况;
- 2 地下水静、动水位的变化情况;
- 3 回扬水质物理性状(包括颜色、臭味、悬浮物、气泡等)以及出浑水和泥砂情况。

**D.4.3** 回灌井木模检查,应按下列要求操作:

- 1 制作木模;
- 2 将木模安装在配有木模套筒的实心重杆上;
- 3 将安装木模的实心重杆,缓慢放入井内,直到木模被搁置为止;
- 4 起吊实心重杆,测量木模被搁置的深度;
- 5 将木模打印装置用实心重杆放入离木模被搁置 3m~5m 处冲下;

6 吊出木模打印装置,根据木模底部打出的印痕,判别井内是否有积砂、坠物、井壁管以及过滤器的损坏状况。

**D.4.4 回灌井等砂器检查,应按下列要求操作:**

- 1 制做等砂器和支架护套;
- 2 在实心重杆上装配好重杆、伸缩杆连接器和活塞伸缩杆,并用螺帽将活塞伸缩杆上的支架护套固定在等砂器上;
- 3 将装好等砂器的实心重杆,放到井内静水位以下不同深度上下抽动;
- 4 稍后,用卷扬机缓慢吊出等砂器,查看等砂器内的积砂情况,判定漏洞或裂缝位置。

**D.4.5 回灌井井下电视检查法,是一种采用井下电视检查井管错裂和过滤器堵塞、破裂状况的先进设备,从地面显示屏上直接观察到井内存在的各种损坏故障的先进方法。**

### **D.5 回灌井内积砂的清除方法**

**D.5.1 回灌井在回扬过程中不断出现含砂、泥水现象时,应立即停止回灌。**

**D.5.2 回灌井积砂类型及除砂方法的选择宜按表 D.5.2 确定。**

**表 D.5.2 回灌井积砂类型及除砂方法**

积砂类型	积砂程度(Lv)	除砂方法	适用条件
轻度出砂	$<1/3$	深井泵、空气压缩机	井管、过滤器完好
严重出砂	$1/3 \sim 1/2$	须先用泥浆封堵破裂的井管,然后再用泥浆泵、掏砂器除砂	局部井管破裂
极严重出砂	$>1/2$	须先套补破裂的过滤器,然后再用掏砂器除砂	过滤器破裂

注:1. Lv 为出砂回灌井的过滤器长度(m);



2.  $L_v$  前的分数值,系指积砂顶面高出过滤器底端的过滤器长度(m)。

### **D. 5. 3 采用掏砂器除砂,应按下列要求操作:**

1 制作掏砂器;

2 用双绳筒卷扬机的副绳筒钢丝绳将掏砂器放入井内积砂部位;使钢丝绳和掏砂器相加的总长度比井口至砂面的长度长30cm~50cm;

3 用人力拉动钢丝绳(一拉一放),待掏砂器装满砂后,再用卷扬机吊出掏砂器,倒出积砂。

## **D. 6 过滤器的套补方法**

### **D. 6. 1 套补过滤器前,应制作下列工具:**

1 过滤器补管;

2 挡砂罩;

3 封砂罩。

### **D. 6. 2 过滤器补管制作,应符合下列要求:**

1 圆孔骨架管(无缝钢管)口径应比原过滤器口径小二级;

2 骨架管的圆孔孔隙率不应小于25%;

3 过滤器的有效长度不应小于过滤器总长的90%;

4 过滤器外侧应加焊高度为6mm~8mm的垫筋,数量不少于10根;

5 采用缠丝直径 $\Phi 3\text{mm}$ 的梯形紫铜丝,缠丝间距应根据含水层岩性确定,一般为0.75mm~1.00mm,缠丝外侧应加焊直径为 $\Phi 3\text{mm}$ 紫铜丝的纵向加强筋和3道横向加强箍;

6 过滤器补管长度应等于或稍大于原过滤器的长度(图D. 6. 2);

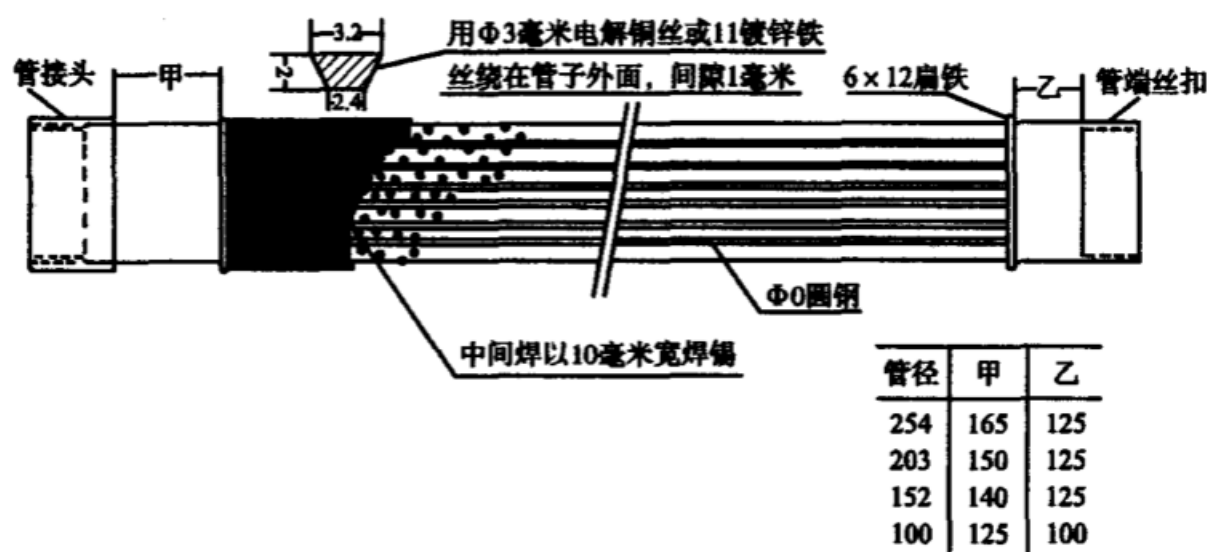


图 D. 6. 2 补管滤水管示意图

7 在补管储砂管的最上端沿直径方向切割宽 25mm, 长 180mm 两个对称的丁字槽;

8 在补管、过滤器或沉淀管底端, 切割 3~4 面底窗;

9 在底窗的上端管内焊一道假底(不焊死), 在底窗的上端管子外焊一道真底(焊死);

10 在距储砂管上端 1m 处和底窗外各焊接 4~6 根  $\Phi 10\text{mm}$  ~  $\Phi 12\text{mm}$  的圆钢导向护栅, 其最大外径应比井径小 8mm 左右。

D. 6. 3 挡砂罩的制作, 应符合下列要求:

- 1 挡砂罩内灯泡插头管应比补管口径小 25mm;
- 2 在灯泡插头管圆钢横销外面焊上导向护栅(小于补管内径);
- 3 在灯泡插头管外焊上 1mm 铁皮制成的护罩;
- 4 挡砂罩内横销的直径不得大于丁字槽(横销在丁字槽内能自由退出和挂上)。

D. 6. 4 封砂罩的制作, 应符合下列要求:

- 1 封砂罩是将两根异径管子焊在一起, 再根据异径管口径制成喇叭罩, 分别焊在异径管上;
- 2 用口径大的一节管子起套住补管储砂管丁字槽的作用,

口径与补管口径相同的管子,搁在补管头上起连接作用;

3 上下喇叭罩宜用薄钢板制作,喇叭罩外径应小于井径;

4 制作的封砂罩,上下要直。

**D.6.5** 过滤器套补施工中,应按下列要求操作:

1 将补管吊入井内,将有丁字槽的管头固定在井口;

2 用挡砂罩内的灯泡插头管闷住丁字槽;

3 用钢丝绳或管子接送补管至井内预定深度后,拧开挡砂罩内的横销,使其退在丁字槽的入槽内;

4 将填砾缓慢倒入井内,用测绳测量填砾高度,直至填到高出补管顶端 1m 时为止;

5 提出测绳,吊出挡砂罩,下入封砂罩,套住补管储砂管上的丁字槽;

6 疏通水路后,起出封砂罩,检查填砾高度,如发现填砾减少,应重新补填填砾,然后再放好封砂罩,最后,安装深井泵。

## **D.7 井壁管的补管方法**

**D.7.1** 井壁管补管应制作下列必备工具:

1 绞刀;

2 扩张器。

**D.7.2** 井壁管错裂后的补管可采用腾空补管法、分段补管法或漏洞补管法。

**D.7.3** 腾空补管法套补井管应按下列要求操作:

1 选用小口径冲管和泥浆泵清出井内泥砂,用泥浆封住井壁管错裂部位,再用木模打印,查明错裂深度和程度;

2 用  $\Phi 100\text{mm}$  钻杆将绞刀缓慢接送至井内错裂部位,绞刀管应居中稳固于井管中央,以防晃动。然后向右转动绞刀,校正

上、下错裂井管；

3 对于涌砂较少的一般井壁管的错裂，也可采用扩张器进行处理，即用钢丝绳将带有扩张器的实心重杆送至井管错裂部位，然后用卷扬机吊起实心重杆（不要拉起扩张器），利用实心重杆冲击扩张器，使井壁管错裂部位逐渐被扩张器校正，至扩张器能上下通过为止；

4 根据处理后形成的最大直径，计算出腾空补管的口径。将装置好的补管用重管压送井内，直至补管的固定箍被错裂部位搁住为止；

5 在补管上安好封砂罩，先疏通水路，再用掏砂器掏出井内积砂，然后安装深井泵投入使用。

**D.7.4 采用分段补管法套补井壁管时，应按下列要求操作：**

1 对于井管错裂且过滤器损坏的回灌井，必须先用绞刀或扩张器处理好井管错裂部位，清除井内积砂，接着套补过滤器，最后将腾空补管安置在井管错裂部位；

2 腾空补管后过滤器再次损坏的回灌井，应根据具体情况决定补管的方法。如腾空补管的口径较大，可将套补过滤器的补管，由腾空补管的管子内送下，套补好过滤器；如腾空补管的口径不大，则应先取出腾空补管，检查错裂部位是否移动。如无移动，应先套补过滤器的补管，然后再将取出的腾空补管重新安置橡皮喇叭、棕皮碗后，再安置在井管错裂部位。如错裂部位有移动，应先对移动部分进行处理，而后再套补过滤器的补管。

**D.7.5 采用漏洞内套管补管法套补较大口径井管时，应按下列要求操作：**

1 应选用比井管口径小一级的井管作为内套管，补管前，宜先在内套管外底部扎一道棕皮和一、二道橡皮喇叭（制作同腾空

补管);

2 将补管接送至漏洞部位以下 2m~3m;

3 在补管顶端焊一法兰盘,座在原井管上。

**D.7.6** 采用漏洞内套连接管补管法套补已经套补过补管的井管时,应按下列要求操作:

1 吊出原补管上的封砂罩;

2 选取与原补管相同口径的井管,其长度从原补管顶端起算,应超过漏洞 3m~5m。在管底端装一最大直径小于井管直径 25mm 以上的喇叭形引路罩,井管上端割好丁字槽,焊好导向护栅;

3 将井管送下套入原补管的头上;

4 在内套连接管与井管间填砾后,再安好原封砂罩。

**D.7.7** 采用漏洞外套管补管法套补较小口径井管时,应按下列要求操作:

1 应选用比井管大 2 级的钢管作外套管,将井管底端割成锯齿形;

2 用钻机和泥浆泵,钻空清洗出漏洞以下 3m~5m 井外周围地层;

3 下入外套管至孔底,并用粘土填实外套管外地层。

## **D.8 疏通回灌井水路方法**

**D.8.1** 水路疏通方法可采用深井泵疏通法、活塞疏通法、空压机疏通法、酸化洗井疏通法、液体 CO<sub>2</sub> 疏通法和开底疏通法等。

**D.8.2** 采用深井泵疏通法操作时,应按下列要求操作:

1 间断抽水(即开泵抽水后,当井水被抽至井口时,立即关泵),待井水恢复至静水位时,再开启深井泵,到井水快要涌出井

外时,再关泵;

2 按上述操作,开、关泵 3~4 次后,长开一次深井泵,彻底清除过滤器、填砾层和含水层砂粒孔隙中带有杂质沉淀物的浑水,待水质由浑变清后,再关闭深井泵。

**D. 8. 3 采用活塞疏通法疏通水路时,应按下列要求操作:**

1 选用轮胎橡皮作活塞皮,其外径应比井管内径大 16mm 左右,其内径孔应按活塞管外径计算;

2 活塞皮下部放 2~3 个铁垫圈,其直径自上而下逐渐减小,最下面的垫圈要焊固在管子上,最大的垫圈应比井管内径小 25mm 左右;

3 活塞皮上部的垫圈要小,只要垫管能压住而不使活塞皮下井后翻掉即可;

4 首次用钢丝绳将装有活塞的实心重杆送入井内时,可先下至静水位以下 15m~20m 左右的井管中,然后试拉活塞,以检验活塞皮大小,井架的负荷及卷扬机的牵引力。试拉后,将活塞逐渐下至更深处,并逐渐加大活塞垫圈,以确保活塞的安全使用;

5 用卷扬机上拉钢丝绳,至活塞拉出井口后,再下放活塞,如此反复不断上拉下冲活塞,直到浑水出尽,过滤器水路通畅为止。

**D. 8. 4 采用空压机疏通法疏通水路时,应按下列要求操作:**

1 采用空压机与活塞联合洗井方法;

2 空压机洗井时,出水管应下至过滤器内,自上而下,逐层冲透,直至浑水出尽变清为止;

3 洗井过程中,如出水总是清水多于浑水,则宜改用加大风量的方法。启动空压机时,先将储气桶阀门关掉,以提高储气桶内的压力,待储气桶达到预定压力(或安全阀门允许的最大压力)

时,快速打开储气桶的出气管阀门,待井水冲出井口后,关闭出气管阀门;

4 反复 3~4 次逐层冲洗后,再进行一次正常扬水,以清除井内浑水。

**D.8.5 采用酸化洗井疏通法疏通水路时,应按下列要求操作:**

1 将带有橡皮封的注酸管下至过滤器上端,在井口上方,注酸管接储酸桶和放气管,连接管上各装一阀门;

2 按计算的酸量,将 10%浓度的盐酸、酸洗抗蚀剂和醋酸稳定剂倒入储酸桶内,盖上桶盖;

3 打开储酸桶阀,通过注酸管将盐酸注入过滤器内;

4 待储酸桶内盐酸流尽,关紧储酸桶阀,打开放气管阀,放完反应气体后,关闭放气管阀;

5 一般酸洗井应进行 3~4 次酸洗,每次应注酸 200kg~250kg;

6 注酸后,一般至少应隔一天,方可取出注酸管,再采用空压机或活塞洗井,至过滤器堵塞疏通和洗清井内酸液为止;

7 现场注酸时,应有安全防护装置。

**D.8.6 开底疏通法应按下列要求操作:**

1 将麻花钻头,装置在  $\Phi 100\text{mm}$  底端焊有导向护栅的管子上接送至井底,井口用木板将送管固定于井管的同心位置;

2 绞动送管,在井底钻一孔,再改用多片爪子钻,将孔径扩至  $\Phi 100\text{mm}$  以上,然后起出送管;

3 用空压机抽水(出水管下至过滤器段),待过滤器周围填砾坍塌后,停止抽水,起出出水管和风管;

4 用掏砂器掏清井内积砂,封底后,再用活塞或空压机抽水,直至水路疏通为止。



## **D.9 管井坠物打捞方法**

**D.9.1** 回灌管井维修保养中的打捞,可分为坠物打捞和补管打捞两类。

**D.9.2** 管井坠物打捞,应符合下列原则:

1 只限于处理在井内积砂面上影响掏砂或妨碍管井维修保养的坠物,对不妨碍深井正常出水的小物体,可不必打捞;

2 坠落井内的泵管和需取出重新套补的补管必须及时打捞;

3 打捞前,必须查清所需打捞物体的长度、规格、特征,以及深井的口径、管材、损坏情况,以便制作合适的打捞工具;

4 打捞前,应用木模打印法检测需打捞坠物的准确位置,状态以及井、泵管间隙大小和积砂的深度,以便选用相应的打捞方法。

**D.9.2** 打捞未被积砂掩埋的泵管或有接头管时,可采用下列方法:

1 支承架打捞法:适用于井、泵管间隙小,泵管上地轴较短直立泵管的打捞;

2 转钩打捞法:适用于坠落管与井管间隙较大,管子头斜靠在井壁上管子的打捞;

3 内倒钩打捞法:适用于坠落管井径较大,管子头未依靠在井壁上的泵管或管子的打捞;

4 马蹄式内倒钩打捞法:适用于坠落管井径较大,管头依靠在井壁上的泵管或管子的打捞。

**D.9.3** 打捞空心管时可选用下列方法:

1 木塞打捞法;



- 2 活塞打捞法；
- 3 双撑牙打捞法。

**D.9.4 井内积砂面上未被积砂掩埋的小口径无接头实心管或带有长轴泵管的打捞，可用内翻牙打捞法，可按下列程序操作：**

- 1 打捞前，应查明井中坠管的位置，口径和积砂情况；
- 2 制作内翻牙；

3 制作内翻牙打捞管：将制作好的内翻牙，按图 D.9.4 装在一块直径与打捞管内径一致、厚 20mm 左右的圆钢板上，并将其装在打捞管内。在圆钢板下应焊上支撑架和用 1mm 厚铁皮制成的内喇叭罩（其下口口径同打捞管径，上口口径同圆钢板孔径），作引导用。内翻牙也系上镀锌铁丝。

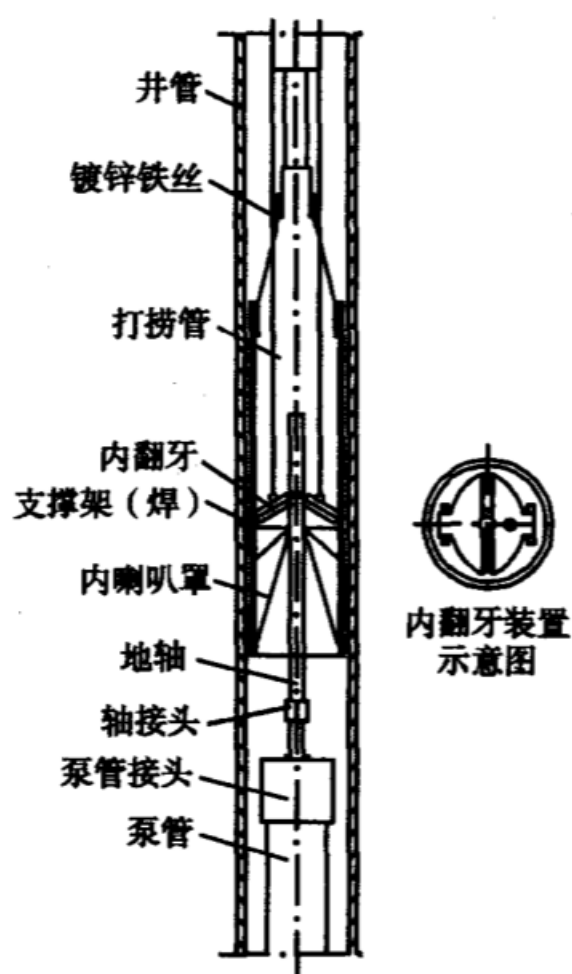


图 D.9.4 内翻牙打捞装置示意图

4 向井内送内翻牙打捞管时,也要同时缓慢送下镀锌铁丝,当打捞管进入内喇叭罩内,被内翻牙卡住后,松开提拉的镀锌铁丝,起吊接送管,内翻牙即能咬住坠落泵轴或坠管,将其打捞上来。

**D.9.5** 打捞被井内积砂掩埋坠管时应符合下列规定:

1 需先采用木模打印方法,查明井内坠落管的具体情况,然后再选用适宜的打捞方法。

2 可采用先冲后捞或边冲边捞方法,用泥浆泵冲出坠落管底端以上的积砂后,再根据坠落管的具体情况,选用上述 D.9.2~D.9.4 条中相应的方法,打捞出坠管。

**D.9.6** 打捞补管时宜采用相应方法,操作程序如下:

- 1 假底冲脱法;
- 2 分节打捞法;
- 3 滚轮割刀打捞法;
- 4 钢刀剖管打捞法。

## 本规程用词说明

1 为便于执行本规程条文时区别对待,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:

正面用词采用“必须”;反面用词采用“严禁”。

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面用词采用“应”;反面用词采用“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:

正面用词采用“宜”;反面用词采用“不宜”。

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应符合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

- 国家一、二等水准测量规范 GB/T12897  
全球定位系统(GPS)测量规范 GB/T18314  
生活饮用水卫生规范 GB5749  
水质采样样品的保存和管理技术规定 GB12999  
水文地质钻探规程 DZ/T0148  
地质矿产实验室测试质量管理规范 DZ/T0130  
地面沉降水准测量规范 DZ/T0154  
水文测井工作规范 DZ/T0181  
测绘产品检查验收规定 CH1002  
测绘产品质量评定标准 CH1003  
黑色冶金行业标准 YB/T5052  
基坑工程施工监测规程 DG/TJ08—2001  
建设项目地质灾害危险性评估技术规程 DGJ08—2007

**上海市工程建设规范**

**地面沉降监测与防治技术规程**

**DG/TJ08—2051—2008**

**条文说明**

2009 上海

# 目 次

1	总 则 .....	(73)
3	地面沉降监测 .....	(75)
3.1	一般规定 .....	(75)
3.3	监测范围 .....	(75)
3.4	监测网布设 .....	(75)
3.6	监测方法与技术要求 .....	(76)
4	建设工程地面沉降监测 .....	(77)
4.1	一般规定 .....	(77)
4.3	监测范围 .....	(77)
4.4	监测网(点)布设 .....	(83)
4.7	监测预警 .....	(85)
5	地面沉降防治 .....	(87)
5.3	降水工程设计、施工控制 .....	(87)
5.4	地下水人工回灌 .....	(87)

## Contents

1	General provision .....	(73)
3	Land subsidence monitoring .....	(75)
3.1	General specification .....	(75)
3.3	Monitoring scope .....	(75)
3.4	Monitoring network .....	(75)
3.6	Method and requirement .....	(76)
4	Land subsidence monitoring of construction project.....	(77)
4.1	General specification .....	(77)
4.3	Monitoring scope .....	(77)
4.4	Monitoring network .....	(83)
4.7	Prewarning .....	(85)
5	Land subsidence control .....	(87)
5.3	Design and control of pumping engineering .....	(87)
5.4	Artificial recharge of groundwater .....	(87)

# 1 总 则

**1.0.1** 从城市地质角度分析,影响上海城市建设、经济发展和城市安全的地质与环境地质问题比较多,但其危害程度是不一样的。按照发育范围、影响程度和造成的经济损失等方面的考虑,目前地面沉降是本地区最主要的地质灾害类型。

**1.0.2** 作为地方性规范,本规程适用于上海市行政区域范围。由本市开展的地面沉降监测与防治工作,应以本规程的技术规定为准。

地面沉降作为上海地区最主要的地质灾害,具有不可逆和累加的特点。在国内,上海地面沉降的历史最长,影响也最大,防治研究的成效也最为显著。由于地面沉降影响因素十分复杂,地面沉降影响范围和发展速率在不同空间、时间上具有较大的差异性。监测资料表明,半个多世纪以来,地面沉降已使上海区域地貌形态发生显著变化,目前中心城区高程普遍小于 3.5m,地面沉降不可逆和累加的特点给城市防汛防涝工作带来直接严重影响,而不均匀地面沉降对线性工程的安全运营造成的严重影响也将是持续的、长期的。根据《上海市地面沉降防治管理办法》,对上海地区的地面沉降监测与防治工作提出了具体要求,本规程作为上海市工程建设规范,是《上海市地面沉降防治管理办法》具体实施的技术依据。

**1.0.3~1.0.4** 由于上海地区地质条件的特殊性,除了大规模超采地下水引发的地面沉降外,在地下工程开挖施工期间,降排水、土体开挖卸载、动荷载对土层的扰动等人类工程活动均会在建设工程周围一定范围内引发不同程度的地面沉降问题,这不仅对建



设工程本身的安全和周围环境带来不利影响,更重要的是将对地面沉降整体防治带来不利,从而影响上海地区的城市安全和可持续发展。

根据《上海市地面沉降防治管理办法》有关规定和要求,结合目前上海市建设工程引发地面沉降的特点,本条规定的建设工程地面沉降是指基坑工程和隧道工程两种特定类型的工程建设引发的地面沉降。建设工程地面沉降的监测、防治工作是地面沉降监测与防治工作的重要组成部分,必须按照本规程相关规定进行地面沉降的监测、防治工作。

**1.0.5** 在上海地区各类建(构)筑物基坑施工影响范围内的基坑监测采用《基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08—2001)或其他现行国家、行业和地方有关标准;隧道工程的安全监测按照相关行业或主管部门的监测要求执行。本规程中建设工程地面沉降监测与防治的重点区域均为现行技术标准中规定的监测范围以外的一定区域。

## 3 地面沉降监测

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 本条规定了在地面沉降易发区内应进行区域地面沉降的监测工作。因上海地区地面沉降是最突出的地质灾害,全市面临着地面沉降防治的艰巨任务,地面沉降易发区内地面沉降较显著,也是地面沉降防治的重点区域,必须加强监测工作。

### 3.3 监测范围

**3.3.2** 本条中局部区域是指为了特定目的而选定的、需进行地面沉降监测的特定范围,如典型建筑物密集区、生命线工程沿线、沉降漏斗区、地下水人工回灌试验区等。

### 3.4 监测网布设

**3.4.2** 上海市地面沉降“十一五”防治规划的实施,加大了对重点地区和城市生命线工程安全管理的重视程度,为此对全市一、二等水准网进行了优化设计。中心城区水准点间距普遍加密至0.5km,对于轨道交通等特别关注的线路或差异沉降较大之处,加密至0.2km~0.3km。

**3.4.3** 根据地面沉降监测区域范围、精度要求和十年来GPS监测试验结果,在参照《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2001)控制网分级、精度要求基础上,本规程中提出地面沉降GPS监测网按固定站、一级网、二级网三个层次布设。《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2001)中GPS控制网

按测量精度分为 AA、A、B、C、D、E 级,主要用于国家和局部 GPS 控制网的设计、布测与数据处理,更侧重于平面控制测量。相对于国家和局部区域的大面积范围,地面沉降监测区域一般较小,主要集中在人类活动频繁的城市及周边地区,且主要注重垂向分量(大地高)的变化,为此《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2001)不完全满足地面沉降的需要。鉴于地面沉降对 GPS 测量垂向精度的要求,从客观上限定了控制网的分级不可能在 GPS 二级网控制下继续分三级网、四级网……。在精度等级上,地面沉降 GPS 固定站相当于《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2001)的 AA、A 级,一级网相当于《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2001)的 B 级,二级网相当于《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2001)的 C 级。

### **3.6 监测方法与技术要求**

**3.6.1** 目前,地面沉降测量普遍采用的测量方法为精密水准测量、GPS 测量,随着研究的不断深入和成熟,自动化监测、InSAR 等技术逐渐纳入日常监测技术方法。为此,在本规程中将自动化监测、InSAR 等技术表述为“其它技术方法”。

## 4 建设工程地面沉降监测

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 依据《上海市地面沉降防治管理办法》等有关规定和要求,结合目前上海市建设工程引发地面沉降的特点和上海市地面沉降防治工作目标,本规程适用于引发区域地面沉降的建设工程特指基坑工程和隧道工程两种特定类型。本条明确了基坑工程在开挖施工和降排水期间、隧道工程在盾构施工期间,应在建设工程引发地面沉降的影响范围内进行地面沉降监测工作。监测与防治的重点区域为现行技术标准中规定的地面沉降常规监测范围以外的一定区域。

### 4.3 监测范围

**4.3.1** 建设工程在施工建设期间或运营一段时间内引发的区域地面沉降有一定的规律性,其影响范围主要与工程类型、施工工艺、地质条件等密切相关。因此,监测范围一般按照建设工程类型和特点及其周围地质环境条件确定。

目前建设工程地面沉降监测工作主要是针对建设工程本身结构的安全和稳定以及对周围环境的影响程度进行的,其重点关注的区域范围有限,一般为基坑开挖深度的3倍范围;隧道工程监测断面宽度:1)单圆盾构一般为2倍覆土层厚度,2)双圆盾构隧道一般为3倍覆土层厚度范围。根据《上海市地面沉降防治管理办法》和上海市地面沉降控制要求,对于降排地下水(尤其是承压水)的基坑工程和采用盾构法施工的隧道工程引发的地面沉降

影响范围和影响程度均较大,其监测范围应是引发地面沉降的全部影响区域,因此,建设工程引发的地面沉降监测范围应适当扩大,以适应上海市地面沉降控制要求,加强地面沉降防治工作。

**4.3.2** 上海地区基坑工程的工程实践和研究分析表明,基坑工程开挖和降水引发的地面沉降影响范围远大于现行规范执行的 $3H$ ( $H$ 为基坑开挖深度或隧道覆土层厚度,下同),甚至可达到 $10H$ 。本规程依据建设工程引发地面沉降影响范围内的地面变形规律分析和地面沉降防治的目的不同,将影响范围划分为两个区,即地面沉降常规监测区和地面沉降重点控制区。其中地面沉降常规监测区是现行技术标准中建设工程引发地基变形的区域,因施工或降水活动产生的地基土层水平位移和垂直位移均较显著,可能影响结构本身的安全和稳定及破坏周围区域的环境。该区域地基变形一般较难有效控制,仅能控制在设计容许范围内,是现行技术标准规定必须监测的范围,其监测范围和技术要求按现行上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08—2001)和隧道工程盾构施工相关技术规范的规定执行。在地面沉降常规监测区以外的区域因施工或降水活动引发的土层位移以垂直位移(即地面沉降)为主,该区域地面沉降受建设工程影响相对较小,但若控制措施不力,可能引发较大范围和较大幅度的地面沉降问题,且该区域的地面沉降是区域地面沉降的组成部分,将可能增大区域地面沉降的危害程度和防治难度,因此该区域是地面沉降防治的重点区域,其影响程度可通过相应的措施减少或避免,即该区域为地面沉降可控制区域,是地面沉降重点控制区。该分区从地面沉降防治的角度出发,符合建设工程地面沉降影响规律和上海市地面沉降防治要求,同时也是对现行技术标准中地面沉降监测的有效补充,填补了建设工程引发地面沉降监测工作

的空白。

上海地区深基坑工程的监测、数值分析和工程经验表明,常规监测区是基坑开挖施工和降水引发的地基变形显著区,即为对基坑结构安全和周围环境影响程度较大区域,影响范围一般在 $3H$ 以内;其沉降累计最大值一般位于距基坑边界约 $0.5H\sim 1.0H$ 附近,主要因基坑开挖引发的坑周土体沉降和坑外地下水位下降引发土体固结沉降的叠加效应所致。

工程实践表明,基坑工程引发区域地面沉降的主要影响因素为降排地下水,降水引发基坑工程周围大范围地下水位(头)下降,形成地下水位降落漏斗区,从而引发区域地面沉降,其影响范围最大时甚至可达 $10H$ 以上。其中止水帷幕完全阻断降水目的层的基坑工程,因基坑内外基本没有水力联系,坑内降水对坑外地下水位无影响,对坑外地面沉降影响不大,其影响范围一般在 $3H$ 以内(见图 4.3.2-1 上海某基坑地面沉降实测曲线图, $H$ 为 $34\text{m}$ ,实测范围为 $10H$ ),因此该类型基坑的监测范围宜按照现行技术标准规定的 $3H$ 。对于止水帷幕非完全阻断降水目的层的基坑工程,当采用坑内降水方式时,其影响范围一般在 $6H$ 范围内(见图 4.3.2-2 某基坑地面沉降实测曲线图, $H$ 为 $21\text{m}$ ,实测范围为 $10H$ ),该类型基坑监测范围不宜小于 $6H$ ;当采用坑外降水方式时,其影响范围一般可达到 $10H$ ,甚至超过 $10H$ (见图 4.3.2-3 某深基坑地面沉降实测曲线图, $H$ 为 $18\text{m}$ ,实测范围为 $10H$ ),因此,该类型基坑监测范围不宜小于 $10H$ 。

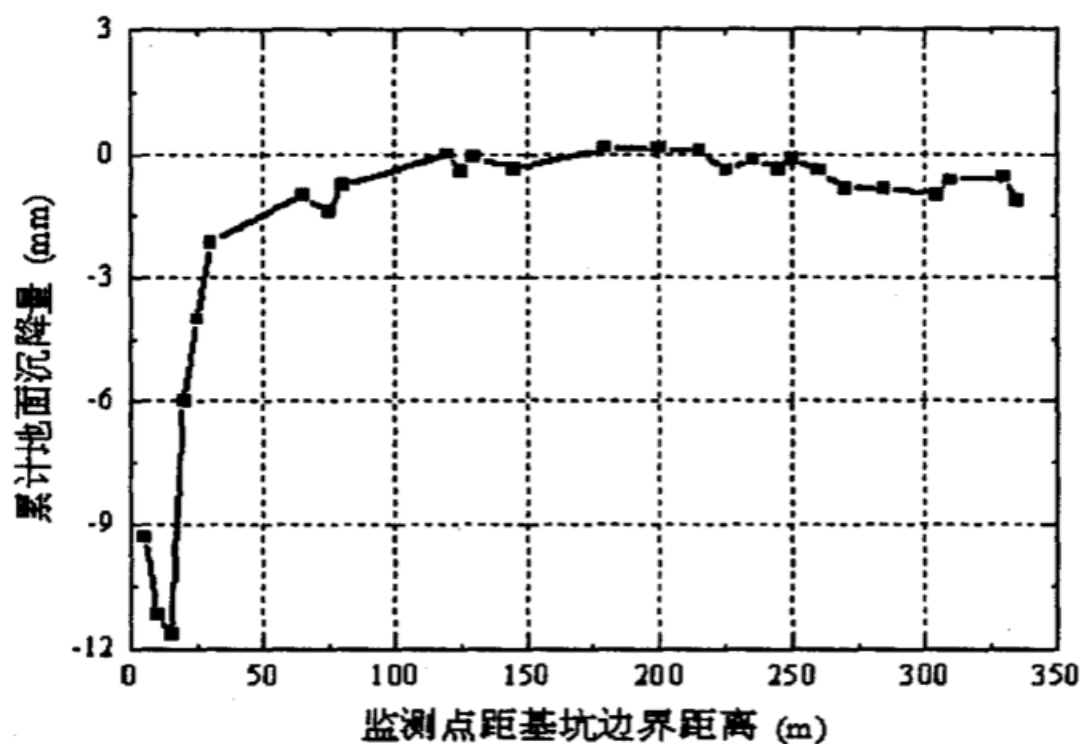


图 4.3.2-1 止水帷幕完全阻断降水目的层的某深基坑工程实测剖面累计地面沉降曲线图(2007 年)

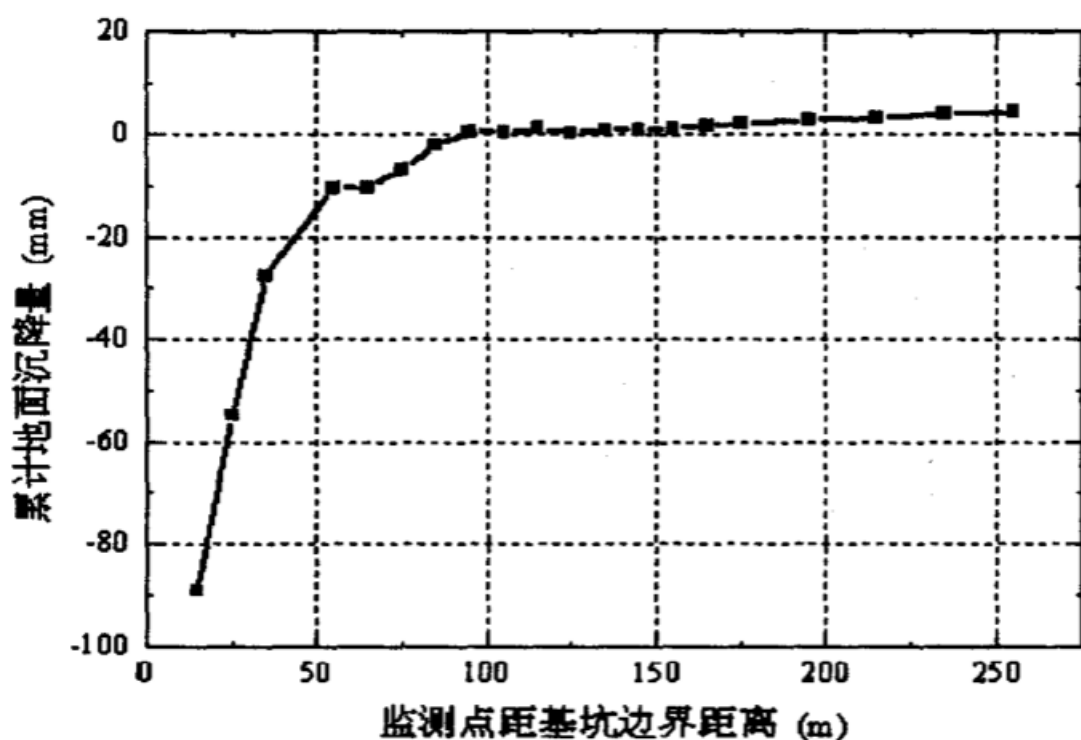


图 4.3.2-2 止水帷幕非完全阻断降水目的层的某深基坑工程实测剖面累计地面沉降曲线图(2008 年)



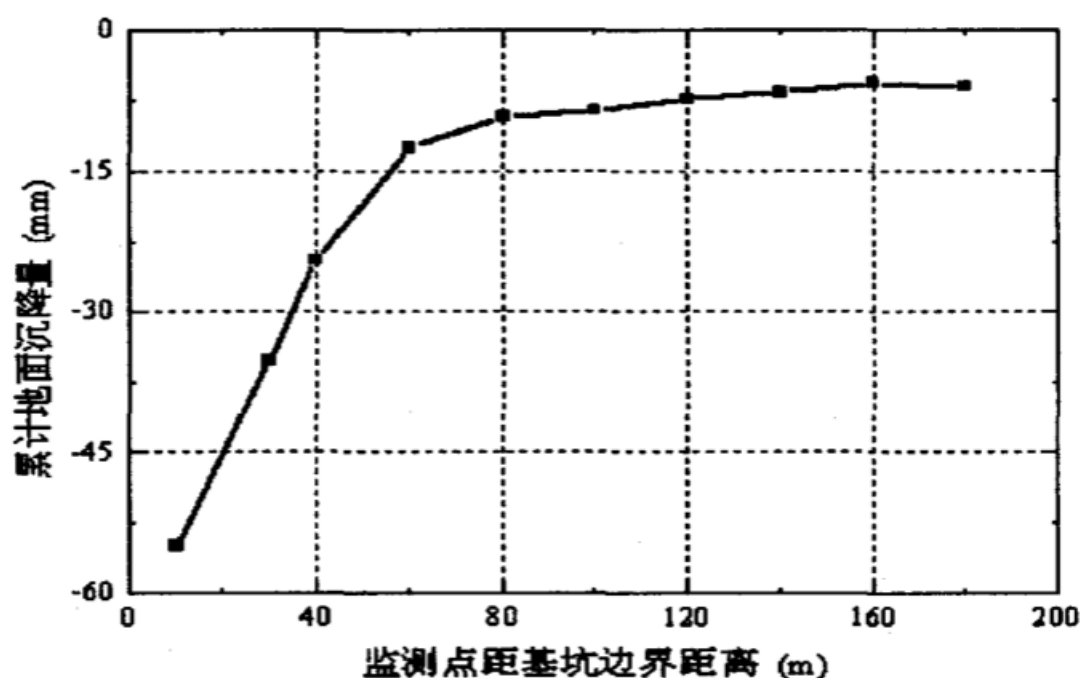


图 4.3.2-3 采用坑外降水方式的某深基坑工程  
实测剖面累计地面沉降曲线图(2008 年)

隧道工程因盾构施工扰动,引发的地面沉降槽近似呈正态曲线形态,一般地面沉降的横向影响范围约为距隧道轴线两侧各  $H+C$  ( $H$  为隧道覆土层厚度、 $C$  为盾构外径)。而后期的固结沉降进一步加大地面沉降量(如图 4.3.2-4、图 4.3.2-5 所示,图 4.3.2-5 中监测数据表明后期固结沉降超过 35%),沉降槽的范围也相应扩大(如图 4.3.2-5 所示,横向沉降槽 217d 后达  $1.48 \sim 1.88(H+C)$ ),横向沉降槽扩大的程度同地质条件、施工参数和隧道埋深等关系密切,考虑到其它偶然因素,地面沉降的监测范围宜在隧道两侧各为 2 倍的隧道底板埋深,且双圆盾构隧道监测范围宜适当扩大。监测范围可根据具体工程实际作适当调整,宜覆盖地面沉降的整个影响范围。



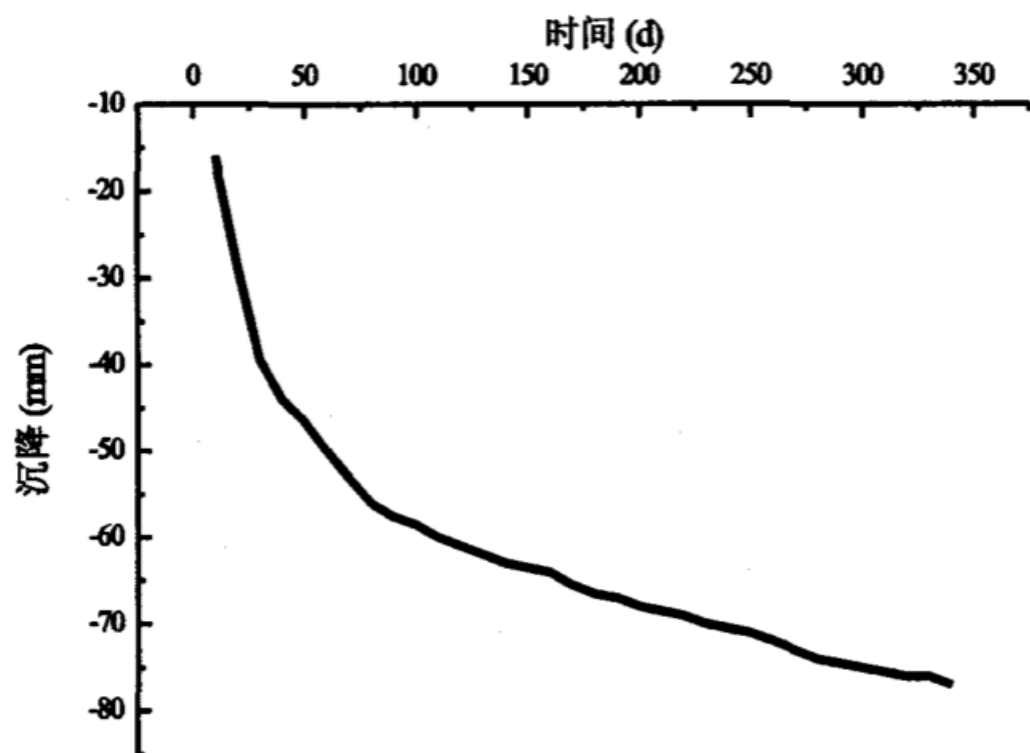
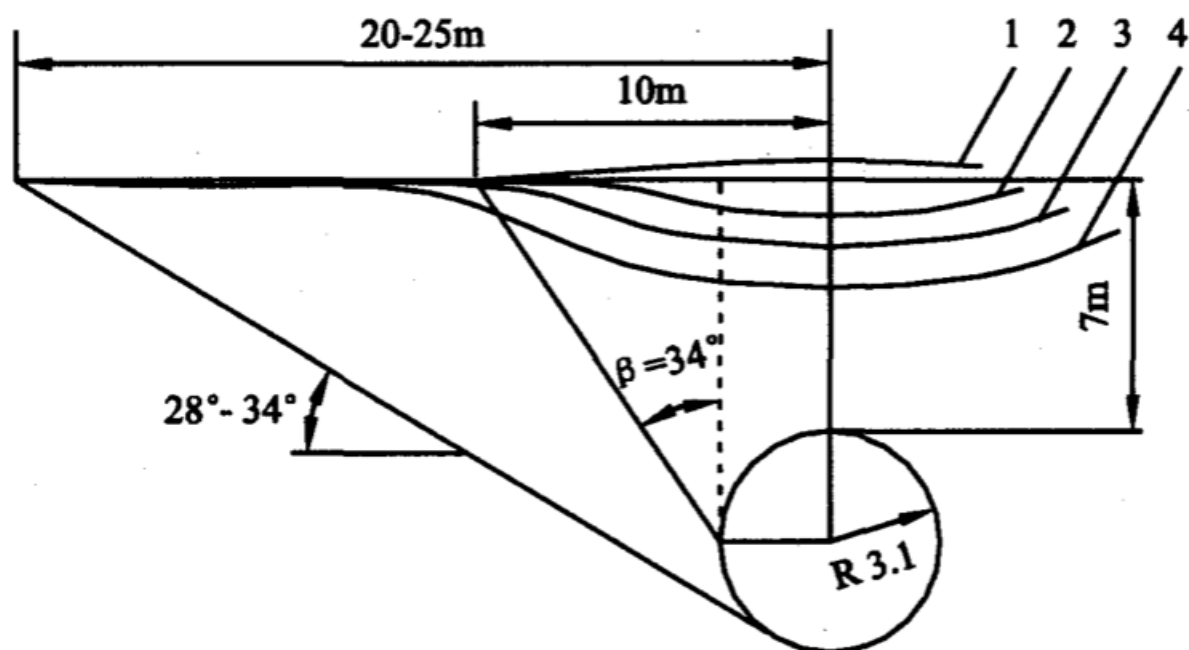


图 4.3.2—4 地铁一号线某测点地面沉降随时间变化(2002,璩继立)



曲线	离开挖面距离	最大沉降	备注	曲线	离开挖面距离	最大沉降	备注
1	前方 0.6m	+14mm	—	3	通过后 62m	-47mm	施工阶段
2	通过后 8m	-25mm	—	4	通过后 217天	-75mm	固结阶段

图 4.3.2—5 实测盾构推进引起的横向沉降槽随时间的发展(1991,刘建航)

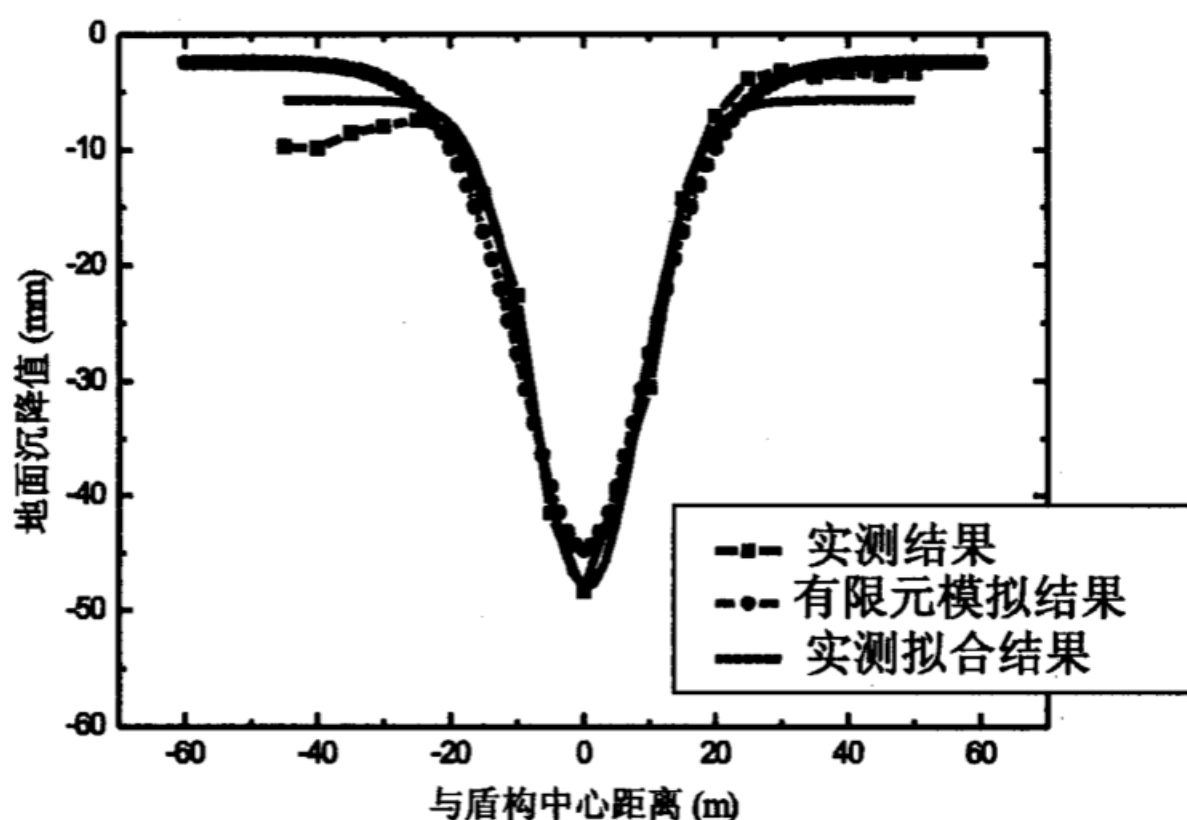


图 4.3.2—6 盾构隧道推进过程中实测剖面  
累计地面沉降曲线图(2008 年)

**4.3.3** 建设工程地面沉降常规监测区的监测工作主要任务是保证工程本身结构和周围环境的安全,在现行相关技术标准已有规定,与本规程并不矛盾,是相辅相成的关系,因此,地面沉降常规监测区的监测工作与现行相关技术标准的规定一致。

**4.3.4** 上海地区特定建设工程因施工引发水土突涌、流砂等工程事故时有发生,由此而引发的地面沉降影响程度大且危险性高,因此,在地面沉降监测过程中,发生此类事故时,应加强监测工作,适当扩大监测范围,以能控制地面沉降影响范围为宜。

## 4.4 监测网(点)布设

### 4.4.2 监测点(井)布设

#### 1 基坑工程

本条依据基坑工程的特点和地面沉降的发育规律,规定了基坑工程监测点(井)布设的原则。

- 2) 基坑工程地面沉降影响范围较大,为了全面监测基坑开挖和降水引发的地面沉降,应在垂直基坑边界的剖面线上布设监测点,在基坑主要边界上应保证有一条监测剖面,一般布设于边界中部或降压井附近;对于长大基坑,其监测剖面应覆盖整个影响范围,剖面线间距宜为 50m~100m。若因场地条件限制,监测剖面无法全部布设时,监测剖面不应少于 2 条,以满足地面沉降监测和防治的基本要求。
- 3) 依据建设工程地面沉降发育规律,沿建设工程边界向外,地面沉降呈非线性衰减趋势,因此,在监测剖面线上的监测点间距宜由密至疏布设,可在有效监测的同时,减少监测工作量。
- 4) 本规程规定的地面沉降常规监测区与现行相关规范规定的监测区域一致,因此,本规程不再对地面沉降常规监测区的监测布设技术方法做另行规定,可按现行规范执行。但在执行过程中,地面沉降常规监测区与地面沉降重点控制区监测点应统一布设,做到本规程与现行技术标准的衔接和互补。
- 5) 地面沉降重点控制区监测点间距可适当放大,但对于重大工程或对地面沉降影响较大的基坑工程,其监测点间距宜取下限,也可根据实际情况适当加密。
- 6) 基坑工程降排地下水引起坑外地下水位下降是引发区域地面沉降的直接原因,因此,在降水前,应在基坑内、外布设与降水目的层同层次的地下水位监测井,监测井

布设方法和技术要求应按现行上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》(DG/TJ08—2001)的相关规定执行。但对于隔水帷幕未阻断降水目的层的基坑工程,在基坑外应布设与降水目的层同层次的地下水位监测井,且监测井布设应能保证正确反映未阻断降水目的层的水位动态变化,为地面沉降监测与防治提供及时的地下水动态变化信息。

## 2 隧道工程

- 1)地面沉降监测点、分层标宜布设在地质条件复杂、变化较大和有可能对土层产生较大扰动区域。
- 2)因隧道工程路线一般较长,地面沉降监测剖面不宜过密布设,应以可控制地面沉降影响范围为原则布设,剖面线间距一般取为 1km~2km。但地铁隧道相邻车站区间长度一般小于 1km,每个相邻车站区间段的监测剖面不应少于 1 条。
- 3)依据建设工程地面沉降发育规律,沿建设工程边界向外,地面沉降呈非线性衰减趋势,所以,在监测剖面线上的监测点间距宜由密至疏布设。

## 4.7 监测预警

4.7.3 地面沉降监测的目的是为地面沉降防治提供数据支撑,因此地面沉降重点控制区的预警值宜依据上海市地面沉降控制要求、建设工程场址区地面沉降发育程度、对地质生态环境等的影响程度以及重要建(构)筑物和设施的保护要求等因素,由建设方会同地面沉降防治管理部门和设计单位组织专家论证,综合确定监测预警值。

**4.7.4 基坑工程重点控制区的地面沉降主要由降排地下水引发的,因此,监测预警值也可根据坑外降水目的层水位观测值,将地面沉降监测预警转化为地下水位埋深预警,从而实现地面沉降的监测和控制,但应进行抽水试验以确定降水目的层的水文地质及沉降计算参数。**

## 5 地面沉降防治

### 5.3 降水工程设计、施工控制

**5.3.1** 上海地质环境总体相对比较脆弱,这与其所处的地理环境密切相关。市域面积的95%以上都属于地质灾害易发区,而地面沉降又是本市最主要的地质灾害类型,因此根据地质灾害区划,地质灾害易发区即为地面沉降易发区,易发区中根据引发地面沉降的难易程度又分低、中、高三个亚区。

低发亚区主要分布在西南部湖沼平原毗邻剥蚀残丘的基底浅埋地区和东部滨海平原基底凸隆地区,第四纪松散层相对较薄,地下含水层不发育,工程地质条件总体良好,存在轻度引发地面沉降地段。中发亚区主要分布在湖沼平原区的基底凹陷带和滨海平原区的广大地区,基底埋深250m~320m,第四纪松散层发育,地下含水层发育,工程地质条件总体良好,存在容易引发地面沉降和软土地基形变地段。高发亚区主要分布在城区、长江南岸带及河口砂岛地区,存在极易诱发地面沉降地段。

### 5.4 地下水人工回灌

#### 5.4.1 回灌井布设

1 回灌井布设应以地面沉降发育地区优先考虑为原则;回灌井布设地区同时满足水文地质条件、回灌水源水量与水质要求等条件为原则。

对于同层次开采地区,回灌井宜布设在地下水流向的上游、开采井影响半径范围以内;一般与同层次开采井之间的距离宜保

持在 100m~200m。

对于同层次开采井群,回灌井应布设于开采井群的最大影响区,并与开采井交叉布设,以有效控制地下水位的下降。

在基坑降水影响范围内进行浅部含水层回灌工作时,回灌井应根据降水方案及地面沉降监测剖面线布设,同时应考虑与降水井间的间距、与地面沉降监测剖面线方向一致性等因素。

3 地下水回灌井施工及正常运行时,其供配电、室内照明、线缆敷设、接地保护等用电负荷等级为三级负荷,故场区附近应具备 220/380V 电源与电缆进线条件;同时为确保应急供电状况发生时正常工作,每个回灌井所在泵房内宜配备一台移动式柴油发电机作为应急备用电源。

为避免在建工程(如在建中的地面沉降监测设施、地下水开采井、地面或地下大型工程等)对回灌工作的影响,地下水回灌井建设场地应布设于在建工程施工影响范围之外,两者间距一般取为 100m~200m。

采用机械钻孔时,应避免对地下各类管线(自来水、煤气管道、光缆及电缆)等埋设物造成危害,距管线最近的地下水回灌井安全间距一般取为 5m~10m。

#### 5.4.3 回灌工艺

2 因连通器两端液位的高差产生的压强差,引起液体自行流动的现象称为虹吸现象。真空回灌就是利用虹吸现象进行的。

当在泵管内水面至电动控制阀门密封的管路区间开泵扬水时,泵管和输水管路内充满地下水。停泵,并立即关闭电动控制阀门和电动扬水阀门后,由于重力作用,泵管内水体迅速向下跌落,于是在泵管内水面至电动控制阀门密封的管路区间内形成真空。在大气压力作用下,泵管内水位若与泵管外井管内水位保持

压力平衡(一个大气压力,相当于 10m 水柱高度),则泵管内水柱只能下跌至静水位以上 10m 高度,此时压力真空表上将显示 760mm 汞柱的真空度。

在真空状态下,打开进水阀门和缓开电动控制阀门后,因虹吸作用,回灌水就能迅速进入泵管内,破坏原有的压力平衡,产生新的水头差,在井周围形成一定的水力坡降,回灌水就能克服阻力不断向含水层中渗透。



[www.bzxz.net](http://www.bzxz.net)

免费标准下载网