

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 1357—2020

渗流井工程勘察规范

Specifications for investigation of seepage well engineering

2020 - 09 - 15 发布

2020 - 10 - 15 实施

陕西省市场监督管理局

发 布

目 次

前言.....II

引言.....III

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....1

4 基本规定.....2

5 勘察范围及分级.....4

6 水文地质测绘.....6

7 工程地质测绘.....7

8 地球物理勘探.....8

9 钻探.....8

10 抽水试验.....10

11 渗水试验.....11

12 围岩稳定性评价.....12

13 环境水、土腐蚀性评价.....13

14 水文地质参数计算.....13

15 渗流井可开采量计算与评价.....13

16 渗流井取水水质评价.....15

17 水源保护.....15

附录 A（规范性附录） 渗流井取水原理与工程结构.....16

附录 B（规范性附录） 水质全分析测试项目.....18

附录 C（资料性附录） 地面物探方法适用条件与组合方案.....19

附录 D（资料性附录） 岩石、岩体质量及岩体优劣分级.....21

附录 E（资料性附录） 土的分类与鉴定.....23

附录 F（规范性附录） 渗流井工程可开采量计算方法.....25

附录 G（资料性附录） 渗流井工程勘察报告编写提纲.....32

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由陕西地矿集团有限公司提出。

本标准由陕西省自然资源厅归口。

本标准起草单位：陕西地矿九0八环境地质有限公司、长安大学。

本标准主要起草人：畅俊斌、马思锦、王玮、田国林、吴广涛、张兴勤、王俊杰、许毅、陈世敏、沈春强、李燕、鲁钊、白孝斌、刘思跃、元佳飞、陈建敏、赵竞哲、王明海、时涛。

本标准由陕西地矿九0八环境地质有限公司负责解释。

本标准首次发布。

联系信息如下：

单位：陕西地矿九0八环境地质有限公司

电话：029—83813035

地址：陕西省西安市临潼区人民东路57号

邮编：710600

引 言

渗流井与傍河管井等常规取水方式相比，具有单井取水量大、占地面积小和便于管理等优势，尤其在我国北方多泥沙河流地区，克服了采用渗渠取水因人造滤床极易受到河水泥沙淤塞使得取水量急剧衰减的弊端，已成为城镇和工农业供水优先选用的取水工程方式。

渗流井工程较为复杂，涉及面较广，目前国内尚无渗流井工程勘察规范，以往勘察多使用GB 50027《供水水文地质勘察规范》和GB 50487《水利水电工程地质勘察规范》等规范中相关条款规定，使用规范的勘察对象与渗流井工程差异大，规定的勘察方法和评价参数不能完全适用于渗流井工程的勘察工作，致使渗流井工程勘察的质量得不到有效保证。因此，需要规范和统一勘察工作的阶段划分、勘察任务、方法和技术要求等，为保障渗流井工程勘察的工作质量和技术管理提供依据。

渗流井工程勘察规范

1 范围

本标准规定了渗流井工程勘察的基本规定、勘察范围及分级、水文地质测绘、工程地质测绘、地球物理勘探、钻探、抽水试验、渗水试验、围岩稳定性评价、环境水、土腐蚀性评价、水文地质参数计算、渗流井可开采量计算与评价、渗流井取水水质评价和水源保护。

本标准适用于拟建渗流井工程可行性研究勘察阶段和设计勘察阶段的勘察工作。

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。

GB 5749 生活饮用水卫生标准
GB/T 14848 地下水质量标准
GB 50027 供水水文地质勘察规范
GB/T 50123 土工试验方法标准
GB/T 50218 工程岩体分级标准
GB/T 50266 工程岩体试验方法标准
GB 50487 水利水电工程地质勘察规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

渗流井 seepage well

通常由竖井、平巷、硐室和辐射孔群依次相连接组成，从多个硐室中向上部含水层加装辐射孔群，通过含水层渗流激发河流补给以增加可开采量的傍河取水工程。

3.2

竖井 shaft

渗流井集水和安装提水设备的筒状构筑物。

3.3

平巷 drift

连接硐室和竖井主要起输水作用的地下巷道。一般分主平巷和支平巷，与竖井直接相连的为主平巷，由主平巷再分支的为支平巷。

3.4

硐室 chamber

与平巷连通并能在其中采用钻机施工辐射孔群的地下场所。

3.5

辐射孔群 radial boreholes

由硐室壁向斜上方施工设置到取水含水层的多眼钻孔。因设置的多眼钻孔以硐室为中心呈辐射状分布，将这些多眼钻孔称为辐射孔群。

3.6

渗流井工程勘察 investigation of seepage well engineering

针对渗流井工程建设采用水文地质和工程地质测绘、地球物理勘探、钻探、现场试验、水及岩(土)样采集与测试等手段进行水文地质、工程地质条件探查和相关评价工作，并编制工作文件的活动。

3.7

分段抽水试验 separate-interval pumping test

将含水层中某一部分含水段作为一个抽水试段所进行的抽水试验。

3.8

渗流井可开采量 allowable yield of seepage well

合理布设的渗流井工程，在整个开采期动水位不超过设计要求且不发生危害性环境地质问题的前提下，单位时间从渗流井工程中能够取得的最大水量。

3.9

渗流井工程地下围岩 underground surrounding rock of seepage well engineering

受渗流井竖井、平巷和硐室开挖影响而发生应力状态改变的地下周围岩体。

4 基本规定

4.1 渗流井工程勘察，应根据取水目标，在提出渗流井工程建设规划的河谷区进行。

4.2 渗流井工程勘察应查明渗流井布设的水文地质和工程地质条件，提出渗流井工程布设方案建议，分析评判渗流井竖井、平巷、硐室地下围岩的稳定性，合理评价渗流井工程可开采量和取水水质，为渗流井工程建设设计提供依据。

4.3 渗流井工程勘察分为可行性研究勘察阶段和设计勘察阶段：

- a) 可行性研究勘察阶段：查明勘察区水文地质条件，求取有关水文地质参数，基本查明工程地质条件，分析确定渗流井取水方式的适宜性和渗流井工程总体布局、布设位置与展布层位，评价渗流井工程的可开采量与取水水质，对渗流井地下围岩的稳定性进行初步评判，提出工程布设的初步方案建议。工作成果应达到为设计勘察阶段提供依据的要求；
- b) 设计勘察阶段：应在可行性研究勘察阶段的基础上，复核可行性研究勘察的地质资料和结论，查明渗流井布设地段和展布层位工程地质条件，评判渗流井竖井、平巷、硐室地下围岩的稳定性，补充论证存在的专门性水文地质问题，提出工程布设方案建议，为渗流井工程设计提供依据；

- c) 勘察区地质条件复杂程度简单时, 勘察阶段可合并一次性达到设计勘察阶段;
 - d) 勘察阶段划分和勘察工作流程如图 1 所示。
- 4.4 渗流井工程勘察的工作方法和工作量, 应根据工程勘察等级, 渗流井拟布设数量和可能的总体布局, 不同勘察阶段、勘察区已有工作程度和拟选用渗流井可开采量评价方法等因素, 综合考虑确定。
- 4.5 勘察工作开始前, 应明确勘察任务和要求, 搜集分析现有资料, 进行现场踏勘, 提出勘察工作大纲。内容包括任务来源、勘察阶段、目的任务、编制依据; 河流水势与地质环境基本条件; 勘察技术路线、勘察方法和布置工作量与平面布置图; 勘察组织机构、人员与设备、进度计划、保障措施(环境、安全及质量)、预期成果; 经费概(预)算等。
- 4.6 野外勘察应按技术审查合格的勘察大纲执行, 做好地质写实与编录, 包括文字记录及影像资料等, 工作结束应现场验收。
- 4.7 渗流井工程勘察报告应由文字说明和附件(附图、附表、影像资料等)组成。文字说明应按勘察任务要求、勘察阶段和渗流井工程特点编写, 内容应符合勘察报告的编制要求。
- 4.8 勘察工作应贯彻生态环境保护理念, 按照绿色勘察相关要求开展。

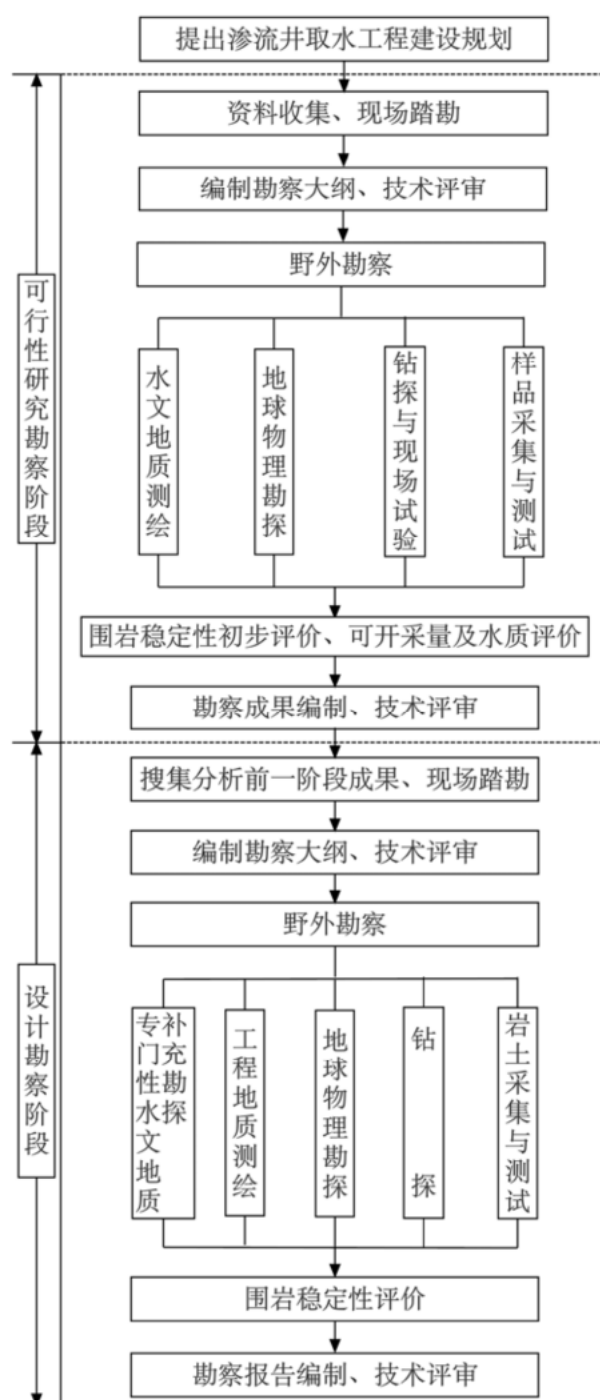


图1 勘察阶段划分及勘察工作流程图

5 勘察范围及分级

5.1 渗流井取水原理及工程结构

渗流井取水原理与工程结构应符合附录A。

5.2 渗流井工程勘察范围

按照拟布设渗流井边缘线向四周外扩2.5 km～3.5 km的河谷区圈定。

5.3 勘察区地质条件复杂程度划分

勘察区地质条件复杂程度，根据河流水势与河谷微地貌、地层岩性、地质构造和水文地质因素，采用就高不就低原则，按表1进行划分。

表1 勘察区地质条件复杂程度分类表

地质条件 复杂程度	特征因素			
	河流水势与河谷微地貌	地层岩性	地质构造	水文地质
简单	河谷形态单一，没有较大支流汇入，河流水面集中，主水流摆动趋势小，水势稳定，拟布设渗流井一侧河流水边线在平、枯水期的变动距离小，变动距离幅度小于平水期河水面宽度的 10%。一级阶地或高漫滩连续稳定分布，界限清晰易于辨识。	基岩岩层水平或倾角很缓，岩层稳定单一，围岩以硬质岩为主，岩体完整。	无断裂和褶皱构造发育。	河床漫滩潜水含水层岩性种类单一、均一、垂向透水性差异小，地下水的补给、径流、排泄条件和开采现状较为简单，水质类型较单一。
中等	河段内河谷形态有所变化，拟布设渗流井一侧有较大支流汇入但对河流水势影响小，河流水面较为集中，主水流摆动趋势不明显，水势较为稳定，拟布设渗流井一侧河流水边线在平、枯水期变动距离较大，变动距离幅度在平水期河水面宽度的 10%～20%之间。一级阶地、高漫滩有分布但不连续或显示不清。	岩层缓倾，岩性变化较大，围岩有软岩分布，岩体较完整。	无断裂构造发育。	河床漫滩潜水含水层岩性种类较多但垂向透水性差异较小，区内现状开采对地下水补径排条件已有一定的影响，地下水水质类型较复杂，第四系下伏岩层裂隙地下水在局部有微咸水分布。
复杂	河段内河谷形态变化明显，有多条较大支流汇入，河流水面宽散，主水流摆动趋势明显，水势不稳定，拟布设渗流井一侧河流水边线在平、枯水期变动距离大，变动距离幅度大于平水期河水面宽度的 20%。一级阶地未有分布或零星分布。	岩层陡倾多变，有裂隙带发育，岩性变化大，围岩有极软岩分布，岩体不完整。	有断裂和褶皱构造发育。	河床漫滩潜水含水层岩性种类多、很不均一、垂向透水性差异大，区内现状开采对地下水补径排条件已有较大影响，地下水水质类型复杂，第四系下伏岩层裂隙地下水有咸水分布。

5.4 渗流井工程建设规模

渗流井工程建设规模，根据建设目标所规划取水量，按表2划分为大型、中型和小型。

表2 渗流井工程建设规模划分表

规划取水量 Q ($10^4\text{m}^3/\text{d}$)	$Q \geq 5$	$5 > Q \geq 1$	$Q < 1$
建设规模	大型	中型	小型

5.5 渗流井工程勘察分级

渗流井工程勘察分级，依据渗流井工程建设规模和地质条件复杂程度，按表3划分。

表3 渗流井工程勘察分级表

地质条件 复杂程度	渗流井工程建设规模		
	大型	中型	小型
复杂	一级	一级	二级
中等	一级	二级	三级
简单	二级	三级	三级

6 水文地质测绘

6.1 一般规定

6.1.1 测绘范围包括整个勘察区。水文地质测绘过程中，应同步进行工程地质测绘，将有关工程地质测绘要素一同表示在水文地质测绘的实际材料图等测绘成果中。

6.1.2 水文地质测绘宜为 1：10000 或更大的比例尺。

6.1.3 水文地质测绘宜在比例尺大于或等于测绘比例尺的地质图基础上进行，当地质图的精度不能满足时，应同时进行补充地质测绘。

6.1.4 水文地质测绘首先按照路线观测和设立观测点方式，对勘察区地貌、地层、构造、岩土体类型和地下水出露的泉、井与地表水等基本水文地质内容进行测绘，以调查含水层空间结构和含水层岩性、透水性、富水性、水资源开发利用现状及环境地质问题为重点。在此基础上，还应针对渗流井工程特点，采用要素追索方式开展有关专项水文地质调查。

6.1.5 水文地质测绘路线观测每平方公里的观测点数和路线长度，不应少于表 4 规定。

表4 水文地质测绘的观测点数和观测路线长度

测绘比例尺	地质观测点数 个/km ²	工程地质观测点数 个/km ²	水文地质观测点数 个/km ²	观测路线长度 km/km ²
1：10000	3~5	3~5	5~10	4.00~6.00
1：5000	5~9	5~9	8~18	6.00~12.00
注1：同时进行地质和水文地质测绘时，表中地质观测点数应增加50%；复核性水文地质测绘时，观测点数为规定数的40%~50%。				
注2：勘察级别为一级时采用大值，三级时采用小值，二级时采用中间值。				
注3：工程地质观测点主要布设于能够反映渗流井平巷、硐室围岩区域分布特征的支沟岩层出露地带以及地质构造地表迹象点上。				

6.1.6 水文地质测绘中应采集水样测试。地表水水质全分析样品不应少于 2 组，如勘察区顺河展布距离较长并有较大支流汇入，应在河流流入勘察区断面和较大支流汇入口处，同期分别增加采取水样；地下水水质分析样品不应少于表 4 中水文地质观测点数的 60%，且水质全分析水样数量占比不应少于水样总数的 30%。水质全分析项目按照附录 B 执行。

6.1.7 水文地质测绘应结合其它勘探取得资料进行综合分析，对勘察区形成不少于 3 条分析剖面(2 条垂直河谷、1 条平行河谷)。

6.1.8 专项水文地质调查主要包括河流水边线、河床沉积物与淤积物特征、河流水下地形形态、洪水痕迹和邻区已建渗流井等调查。

6.1.9 进行水文地质测绘时,可利用遥感影像资料进行解译与填图。遥感影像一般采用纠正投影后的晒印图片,比例尺与测绘填图比例尺相近。

6.2 内容与要求

6.2.1 水文地质测绘的观测路线,总体宜以垂直河谷为主、平行河谷为辅进行布设。在地貌、地层、地质构造等界线和地质特征露头处设立观测点,标注在实际材料图上,填写相应的调查卡片,并在实际材料图上勾绘地貌、地层分布界线和地质构造、环境水文地质问题等展布范围。

6.2.2 调查地貌的形态、成因类型及各地貌间的界线和相互关系,分析地形、地貌与含水层的分布及地下水的埋藏、补给、径流、排泄的关系。

6.2.3 调查地层的岩性、厚度、分布范围、成因类型、时代与层序,不同地层的渗透性、富水性及其变化规律。

6.2.4 调查构造类型、性质、规模和产状。注重对断层带充填物性质和胶结状况、断层带导水性、含水性以及与河流等地表水体沟通补给状况进行追索调查。

6.2.5 调查地下水出露的泉、井等水点:

a) 泉的出露条件、成因类型和补给来源,泉的流量、水质、水温、气体成分、沉淀物、动态变化及利用状况;

b) 井的类型、结构与揭露地层,水位、水质、水温、出水量、动态变化、开采状况及出现的环境问题。可选择有代表性的水井进行简易抽水试验。

6.2.6 调查地表水流量、水位、水质、水温、含沙量和动态变化,上游取水、排水规划和开发利用状况,地表水与地下水补排关系以及河流岸边的稳定性。

6.2.7 调查分析地下水和地表水水质状况、水化学类型和变化规律。

6.2.8 对区内存在的地下水、地表水和土壤污染等环境问题,应进行重点调查,包括污染源、途径、范围、深度和危害程度等。应按照污染类型和特征,确定污染分析项目,采集相应污染水土样。结合渗流井布设方案,分析污染可能对渗流井工程取水水质的影响,提出渗流井工程布设的规避方案建议。

6.2.9 应在同流域或周边条件类似地区对已建成的渗流井展开专项调查。收集已建成渗流井、观测井等运行和监测资料,调查周边地下水水位下降、水质变化状况以及水环境问题等。

6.2.10 应调查并勾绘出河流枯水期水边线的分布与展布界线,宜采用多年遥感解译成果确定丰、枯水期水边线分布及其变化。

6.2.11 应对河床沉积物岩性、厚度和表层淤积物特征进行专门调查,勾绘出河床沉积物岩性分区,分析河床表层淤积物的特征、分布与河流水势的关系,采集河床表层淤积物土样。

6.2.12 应根据河流水势和河床水面展布特征,选取控制性断面,断面间距不宜小于 500 m,调查测量控制性断面上不同点的河床水深与河床水面下地形形态剖面线,综合分析形成河床水下地形形态高程等值线图。

7 工程地质测绘

7.1 工程地质测绘在设计勘察阶段进行,比例尺与水文地质测绘比例尺相同。

7.2 工程地质测绘主要在确定的渗流井布设地段展开,以调查和分析渗流井布设地带工程地质岩组和岩土体类型及空间展布等,形成沿渗流井主要布设线的工程地质剖面图。

7.3 调查勘察区断裂构造、尤其是活动断裂的性质、展布方向、活动强度等特征,分析断裂构造对拟布设渗流井工程可能的影响。

7.4 调查渗流井围岩可能延伸出露在河谷谷坡上的岩层，调查其岩性、风化状况、软弱岩组和物理力学性质。

7.5 调查影响渗流井围岩稳定性的特殊岩土体和结构面，如膨润土、软弱夹层和贯穿岩层节理面，应查明其产状、展布范围和工程地质特性。

7.6 调查可能影响到渗流井布设线附近和竖井施工场地安全的地质灾害隐患，分析确定地质灾害可能危害的形式、影响范围、程度及避让或防治对策建议。

8 地球物理勘探

8.1 地球物理勘探工作包括地面物探和钻孔中布置的水文测井及纵波波速测井。

8.2 地面物探主要查明第四系含水层岩性、厚度、下伏岩层风化裂隙发育带、断层破碎带、咸淡水界面的分布形态。

8.3 应根据勘察区的地质条件、探测对象的物理特征和需要解决的地质问题等因素，综合确定地面物探方法。宜选择两种或两种以上地面物探方法，从不同地球物理特性识别地层岩性等，减小多解性。地面物探方法选择确定可参照附录 C。

8.4 应开展岩石或地层的物性测定与分析统计工作，为地球物理勘探解译提供依据。

8.5 地面物探应结合勘探剖面线和拟布设的渗流井展布线布设，并充分利用钻孔资料进行综合解译。

8.6 在取芯钻孔中宜开展纵波波速测井，测试工程地质岩组中具有代表性的岩石波速。

8.7 应结合地质和水文地质条件，对地球物理勘探的实测资料进行综合分析，提出具有相应水文地质解释的物探成果。

9 钻探

9.1 钻孔布置

9.1.1 布置原则

9.1.1.1 已有工作基础原则。钻孔应在水文地质测绘、地面物探和工程地质测绘的基础上，根据勘察阶段和钻孔目的任务布置。

9.1.1.2 目的任务明确原则。钻孔包括水文地质孔和工程地质孔，水文地质孔分抽水孔和观测孔。抽水孔应以探明勘察区的地质和水文地质条件，取得有关水文地质参数和评价渗流井可开采量所需资料为主要目的布置；观测孔以观测抽水试验时含水层地下水位变化为目的布置。工程地质孔应以探查勘察区地质和工程地质条件，取得渗流井地下围岩工程稳定性评价所需资料为目的布置。

9.1.1.3 形成勘探线原则。钻孔应尽可能沿勘探线布置，以便更好地对勘察区或拟布设渗流井区形成总体控制。

9.1.1.4 一孔多用原则。抽水孔除满足水文地质布设目的外，还宜兼顾工程地质孔作用，钻探成井前进行工程地质取芯和编录。工程地质孔位有水位需求的，应在工程地质孔钻探完成的基础上，结合形成水位观测孔。

9.1.2 水文地质孔布置

9.1.2.1 水文地质孔中的抽水孔一般在可行性研究勘察阶段布置，设计勘察阶段需要进一步查明较为重大的专项水文地质问题时，应增加布设相应的抽水孔。

9.1.2.2 勘察等级为一级，拟建设 1 座渗流井时，应布置不少于 3 眼抽水孔，拟建设 2 座及以上渗流井时，按照每增加 1 座渗流井，增加 1~2 眼抽水孔进行布置；勘察等级为二级，拟建设 1 座渗流井工

程时，应布置不少于 2 眼抽水孔，每增加建设 1 座渗流井，应增加 1 眼抽水孔；勘察等级为三级，拟建设 1 座渗流井工程时，应布置不少于 1 眼抽水孔，每增加建设 1 座渗流井，应增加 1 眼抽水孔。

9.1.2.3 渗流井工程跨越水文地质条件有明显差异的地段，宜增加布置抽水孔。

9.1.2.4 渗流井工程跨越基岩裂隙发育带或劣质水体，应增加布置抽水孔。

9.1.2.5 水文地质孔中观测孔，应根据抽水试验对地下水位的观测需求进行布置。

9.1.3 工程地质孔布置

9.1.4 工程地质孔在可行性研究勘察阶段和设计勘察阶段均应布置。可行性研究勘察阶段应结合拟建设渗流井和布置的抽水孔位置，构成沿渗流井展布或垂直于河谷的勘探线布置。设计勘察阶段以对渗流井展布区工程地质条件进行总体控制为目的进行布置。

9.1.5 工程地质孔孔位宜结合硐室、平巷转折部位的地面对照位置进行布置。

9.1.6 可行性研究勘察阶段，除兼顾工程地质孔作用的抽水孔外，每座渗流井应布置工程地质孔不得少于 1 眼。勘察区存在对拟布设渗流井影响较大的构造破碎带或古河槽时，应增加布置相应的工程地质孔。

9.1.7 设计勘察阶段，每座渗流井布置工程地质作用的孔数 4 眼~7 眼。当沿渗流井平巷展布线超过 150m 无钻孔控制时，应按照每 120m~200m 间距增加 1 眼工程地质孔进行布置。

9.2 钻孔结构

9.2.1 抽水孔孔深应穿越最下部抽水含水层底板以下不小于 5m，工程地质孔孔深不应小于拟布设渗流井最大深度之下 5m，观测孔深度应与抽水孔相同，分段抽水试验应建立分层观测孔。

9.2.2 工程地质孔孔径不宜小于 108mm。

9.2.3 抽水孔孔径第四系抽水层段过滤器直径不小于 273mm，下伏岩层不小于 219mm，孔隙含水层滤水管外填砾厚度不小于 75mm。

9.3 岩芯采取

9.3.1 工程地质孔和抽水孔均应全孔取芯，岩芯直径不小于 85mm。

9.3.2 完整和较完整岩层岩芯采取率不应低于 80%，较破碎和破碎岩体不应低于 65%，对需重点查明的部位(软弱夹层、结构滑动带)宜采用双层岩心管连续取芯；粘性土平均采取率应大于 70%，单层不应低于 60%。砂性土平均采取率应大于 40%，单层不应低于 30%。无岩芯间隔不超过 1.5m。

9.4 钻孔水文地质观测及岩芯编录

9.4.1 在钻探过程中，应进行简易水文地质观测。观测和记录钻进中涌(漏)水、掉块、塌孔、缩(扩)径、逸气、涌砂、掉钻等现象发生的层位和深度，测量涌(漏)水量，观测钻进中动水位和冲洗液消耗量的变化。

9.4.2 钻取的岩芯应按顺序摆放整齐，设置回次标签，结合钻进和简易水文地质观测结果，及时进行鉴定，形成水文地质和工程地质编录原始资料。

9.4.3 水文地质岩芯编录：碎石土类、砂土类应描述其岩性、颜色、磨圆度、分选性、粒度、胶结情况和充填物；粘性土类应描述其岩性、颜色、湿度、有机物含量、可塑性和包含物；岩石类应描述其岩性、颜色、矿物成分、结构、构造、胶结物、化石、岩脉、包裹物风化程度、裂隙性质、发育程度及其充填情况。

9.4.4 钻孔工程地质编录内容包括：统计与描述岩芯块度和节理裂隙；确定钻孔中流砂层、破碎带、裂隙密集带、风化带与软弱夹层的位置和深度。

9.4.5 按钻进回次测定岩石质量指标(RQD), 确定不同岩组 RQD 值的范围和平均值。 RQD 值一般按公式(1)计算确定:

$$RQD = Lp \div Lt \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

RQD ——岩石质量指标 (%) ;

Lp ——某岩组大于10cm完整岩芯长度之和 (m) ;

Lt ——某岩组钻探总进尺 (m) 。

9.4.6 根据 RQD 值, 按附录 D 划分岩石质量等级和岩体质量等级。

9.5 岩土样品采集与测试

9.5.1 土的样品采集与测试

9.5.1.1 可行性研究勘察阶段, 对每眼钻孔工程地质分层, 均应采取土的物理力学样品。

9.5.1.2 设计勘察阶段, 在每座渗流井加密布置的工程地质孔中, 选择代表性钻孔, 按照钻孔工程地质分层, 采取土的物理力学样品。

9.5.1.3 粘性土样品直径不小于 89mm, 高度不小于 200mm; 砂性土取颗粒分析样品。每种土的样品不少于 6 件。

9.5.1.4 河床淤泥层土样每座渗流井不少于 10 组, 进行颗粒分析。

9.5.1.5 渗透试验每座渗流井不少于 5 组。渗透试验的土样应进行颗粒分析。

9.5.1.6 土的物理力学试验方法应符合 GB/T 50123 的规定。

9.5.2 岩石样品采集与测试

9.5.2.1 根据勘察区工程地质岩组划分结果, 按照不同勘察阶段的取样要求, 采取相应的岩石物理力学样品进行测试。

9.5.2.2 可行性研究勘察阶段, 对每眼钻孔各工程地质岩组, 均应采取岩石样品, 进行岩石力学测试。

9.5.2.3 设计勘察阶段, 对每眼钻孔穿越渗流井拟布设层位和围岩, 分别在渗流井拟布设层段、围岩岩体中, 按岩性采取岩石力学样品。

9.5.2.4 钻孔岩石岩芯样样品直径不小于 85mm, 高度不小于 150mm。每种岩性不少于 3 组, 每组岩样不少于 3 件。

9.5.2.5 岩石力学试验测试应包括饱和单轴抗压强度和烘干单轴抗压强度, 对结构面发育明显的岩石, 应进行直剪试验。试验方法执行 GB/T 50266 的规定。

10 抽水试验

10.1 抽水试验分为单孔稳定流抽水试验、多孔非稳定流抽水试验和多孔非稳定流分段抽水试验。单孔稳定流抽水试验在第四系含水层和基岩裂隙含水层分别进行, 多孔非稳定流抽水试验和多孔非稳定流分段抽水试验在第四系取水含水层进行。

10.2 勘察级别为一级时, 应布置不少于 1 组多孔非稳定流分段抽水试验; 勘察级别为二级时, 应布置不少于 1 组多孔非稳定流抽水试验; 勘察级别为三级时, 应布置分别对第四系含水层和基岩裂隙含水层的稳定流抽水试验。

10.3 针对第四系取水含水层所进行的多孔非稳定流分段抽水试验, 其第四系含水层中所选择的分段抽水试段和水位观测层段, 应符合下列规定:

- a) 当第四系含水层垂向上岩性分层明显,具有相对弱透水层分布时,可选择第四系含水层底板与相对弱透水层之间透水性较好的含水层段,作为一个抽水试段,进行分段多孔非稳定流抽水试验;
- b) 当第四系含水层厚度较大,垂向上岩性分层不明显,可选择第四系含水层下部含水层段,进行分段多孔非稳定流抽水试验;
- c) 多孔非稳定流分段抽水试验,应设置相应水位观测孔,分别对抽水含水层段及上部含水层段进行同步水位观测。设置的分层水位观测孔,宜建立一孔多层观测系统,观测抽水层段和其它层段的水位变化。

10.4 多孔非稳定流分段抽水试验,应布设1条~2条观测孔排,并符合下列要求:

- a) 一条观测孔排时,宜垂直河流水边线布置,2条观测孔排时,宜一条垂直、另一条平行河流水边线布置;
- b) 观测孔应分层同步观测抽水含水层段和上部含水层段的地下水位,每个分层观测层段过滤器长度不应小于1m,分层观测层段之间应有效止水;
- c) 每条观测孔排上的分层观测孔数宜为2个,垂直河流水边线布置于分段抽水孔背河一侧,平行河流水边线布置于分段抽水孔上游一侧;
- d) 距抽水孔最近的观测孔,其距离不宜大于分段含水层厚度,距离抽水孔最远的观测孔应能观测到明显水位降深,且相邻观测孔同一观测层位应有明显水位降深差异。

10.5 多孔非稳定流分段抽水试验一般进行3个降深抽水试验,抽水孔最大降深应接近含水层厚度的一半,其余2次降深宜分别为最大降深的1/3和2/3。各次降深的水泵吸水管口的安装深度应相同。最大降深的延续时间不应小于24h,其余降深的延续时间应大于8h。

10.6 抽水试验时,应对抽水孔、观测孔水位和抽水孔出水量进行同步观测,宜在抽水开始后第1、2、3、4、6、8、10、15、20、25、30、40、50、60、80、100、120min各观测一次,以后每隔30min观测一次。抽水试验停止后,应按以上间隔同步观测抽水井和观测孔的恢复水位。

10.7 其它抽水试验的要求,按照GB 50027执行。

11 渗水试验

11.1 渗水试验一般选择双环法,模拟求取河床和河漫滩中地表包气带(含表层淤泥层)岩层的垂向渗透系数。

11.2 渗水试验主要布设于河漫滩,依据河漫滩特征分区,在每个分区内布设不少于2组渗水试验。

11.3 双环法渗水试验装置应符合下列要求:

- a) 内、外环直径分别为0.25m和0.50m;
- b) 用马利奥特瓶或其它装置和措施,外环和内环的水柱都保持在10cm高度上。

11.4 双环法渗水试验观测:

- a) 流量观测精度应达0.1L;
- b) 开始的5次流量观测间隔5min,以后每隔20min观测一次;
- c) 连续两次观测流量之差不大于5%时视为稳定,稳定延续时间不小于2h,即可结束试验,取最后一次注入流量作为计算值。

12 围岩稳定性评价

12.1 可行性和设计勘察阶段均应进行围岩稳定性评价。可行性研究勘察阶段宜对所划分工程地质岩组逐个评价其岩石质量，初步评价渗流井工程围岩稳定性。设计勘察阶段对渗流井工程展布层位和上、下围岩进行详细评价。

12.2 围岩稳定性评价，可选择围岩岩体质量评价法或围岩质量分级法。

12.3 采用围岩岩体质量评价法，宜采用两种方法对比评价，常用的方法为岩体质量系数法和岩体质量指标法：

a) 岩体质量系数法：

依据公式(2)求得岩体质量系数 z ，按附录D.2确定岩体质量优劣。

$$z = i \times f \times s \dots\dots\dots (2)$$

式中：

z ——岩体质量系数；

i ——岩体完整系数（无资料时可用RQD值代替）；

f ——结构面摩擦系数（影响稳定的主要结构面）；

s ——岩块坚硬系数。

$$s = Rc \div 100 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

s ——岩块坚硬系数；

Rc ——岩石饱和单轴抗压强度（MPa）。

b) 岩体质量指标法：

依据公式(4)求得岩体质量指数 M ，按附录D.3评价岩体质量的优劣。

$$M = Rc \div 300 \times RQD \dots\dots\dots (4)$$

式中：

M ——岩体质量指数；

Rc ——岩石饱和单轴抗压强度（MPa）；

RQD ——岩石质量指标。

12.4 采用围岩岩体质量分级法，围岩岩体质量分级宜由岩体基本质量指标修正值 $[BQ]$ 确定。 $[BQ]$ 值依据下列公式计算：

$$[BQ] = BQ - 100(K_1 + K_2 + K_3) \dots\dots\dots (5)$$

$$BQ = 90 + 3R_c + 250K_v \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 [BQ]——岩体基本质量指标修正值；
 BQ——岩体基本质量指标；
 K₁——地下水影响修正系数；
 K₂——主要软弱结构面产状修正系数；
 K₃——初始应力状态影响修正系数；
 R_c——岩石饱和单轴抗压强度（MPa）；
 K_v——岩体完整性指数。

注：使用（6）式时，应遵循下列限值条件：
 ① 当 R_c > 90K_v + 30 时，应以 R_c = 90K_v + 30 和 K_v 代入计算 BQ 值；
 ② K_v > 0.04R_c + 0.4 时，应以 K_v = 0.04R_c + 0.4 和 R_c 代入计算 BQ 值。

12.5 具体按照 GB/T 50218 执行。

13 环境水、土腐蚀性评价

渗流井工程混凝土、钢筋混凝土中钢筋受环境地下水、土体的腐蚀状况，依据接触含水层地下水和土体析出液水质测试结果，按照GB 50487评价。

14 水文地质参数计算

14.1 含水层垂向渗透系数

对多孔非稳定流分段抽水试验资料，应根据试验区水文地质条件，建立三维非稳定流数值模型，求取含水层垂向渗透系数以及水平渗透系数、给水度、河流渗漏补给能力等参数。

14.2 其它水文地质参数

其它水文地质参数，按照GB 50027进行求取。

15 渗流井可开采量计算与评价

15.1 一般规定

15.1.1 进行渗流井可开采量计算，应具备下列资料：

- a) 拟定渗流井工程布设方案；
- b) 计算区含水层岩性、结构、厚度、分布规律、水文地质参数及区内潜水位等值线图；
- c) 计算区边界条件，地下水类型与含水层结构，地下水补给、径流和排泄条件；
- d) 水文、气象资料和开展的地下水动态观测资料。

15.1.2 渗流井可开采量可采用数值模型法、解析法和类比法计算。渗流井工程勘察级别为一级的，应采用数值法进行计算；勘察级别为二级的，宜采用数值法进行计算；三级级别的宜采用解析法、类比法计算。

15.1.3 采用类比法时，应满足下列条件：

- a) 类比分析对象与拟预测对象之间的水文地质条件、水动力条件相似；
- b) 类比分析对象与拟预测对象之间的工程特征相似。

15.1.4 采用解析法进行计算时，应满足下列条件：

- a) 计算区条件与解析解适用条件基本吻合；
- b) 计算区内含水层水文地质参数变化较小。

15.1.5 采用地下水流数值模拟方法计算渗流井可开采量，应对计算结果进行地下水均衡分析，分析检验开采条件下各均衡要素的构成与变化值的合理性。

15.2 渗流井可开采量计算与确定

15.2.1 采用数值法进行渗流井可开采量计算与确定，宜按照以下步骤进行：

- a) 确定计算范围；
- b) 建立计算区水文地质概念模型；
- c) 建立计算区水文地质数学模型；
- d) 建立数值模拟模型；
- e) 模型的识别与参数确定；
- f) 渗流井可开采量计算及降深预测。

15.2.2 根据勘察区天然状态及渗流井开采状态的水文地质条件，确定地下水系统特征及边界条件，并选用适当的控制方程和定解条件来建立数学模型。本标准推荐的控制方程和边界概化与数学描述方法见附录 F。

15.2.3 采用数值法计算时，应采用拟合校正方法进行参数识别和模型验证。

15.2.4 数值模型的识别和检验，应利用相互独立的不同时段的资料分别进行，并符合下列要求：

- a) 模拟的地下水流场要与实测值基本一致；
- b) 模拟地下水的动态过程要与实测的动态过程基本相似；
- c) 模拟的地下水均衡要素及其变化应与实际均衡基本相符；
- d) 识别的水文地质参数应符合实际水文地质条件。

15.2.5 渗流井可开采量计算应符合下列要求：

- a) 对计算区的气象水文要素进行分析，确定多年平均、75%、90%频率下的年平均降水量、蒸发量、河流水位、河川径流量等；
- b) 根据预测年限分时段预估边界流量、水位、垂向交换水量等；
- c) 论证地下水开采方案是否满足技术、经济和环境的要求；
- d) 预测成果的精度应采用数值模型计算的地下水均衡结果分析评价；
- e) 提出推荐的渗流井开采方案。

15.3 渗流井可开采量评价

计算的渗流井可开采量应进行合理性与可靠性分析。一般从参数选择、计算方法、补给量、补给能力、储存量、调节能力等方面进行保证程度论证，并与区内或邻区相类似已建成渗流井的可开采水量进行类比分析。

15.4 补给量、储存量计算

补给量、储存量计算及其它水量评价，按照GB 50027执行。

16 渗流井取水水质评价

16.1 渗流井取水水质评价应在取水含水层地下水、地表水、岩层裂隙地下水水质评价的基础上，结合渗流井取水量补给构成，对渗流井取水水质进行趋势预测评价，预测渗流井开采后水质可能发生的变化趋势，提出趋向于地表水或含水层地下水水质结果，作为渗流井取水水质评价结果。

16.2 渗流井取水存在劣质含水体补给，应分析劣质含水体补给对渗流井取水水质造成的影响。

16.3 渗流井取水水质评价按照 GB/T 14848 执行。如渗流井取水作为生活饮用、工业用水或灌溉用水水源的，应按照对应的用水标准进行水质评价。

16.4 渗流井取水作为饮水型地方病地区生活饮用水源的，其生活饮用水水质评价，应结合 GB 5749，根据当地环境保护和卫生防疫等特殊要求进行。

17 水源保护

17.1 对勘察布设的渗流井工程，应提出水源保护措施和建议。

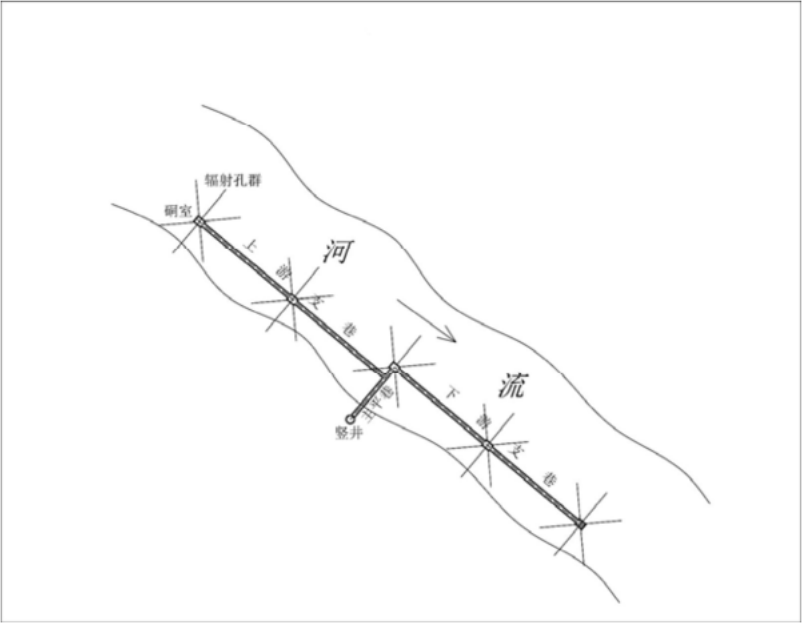
17.2 根据总体布设方案，提出地下水和地表水水质、水位监测措施。地下水监测点应能够控制渗流井主要补给地段和取水含水层，可利用勘察钻孔或机民井进行水质、水位监测。地表水监测点应设置在渗流井补给河段的上游断面，对河流水位、水质进行监测。对监测点应提出监测频率、水质检测项目、样品采集等相关技术要求。

17.3 对人为改变河床地层结构、形态等影响渗流井安全取水的活动，应提出限制和防护等措施建议。

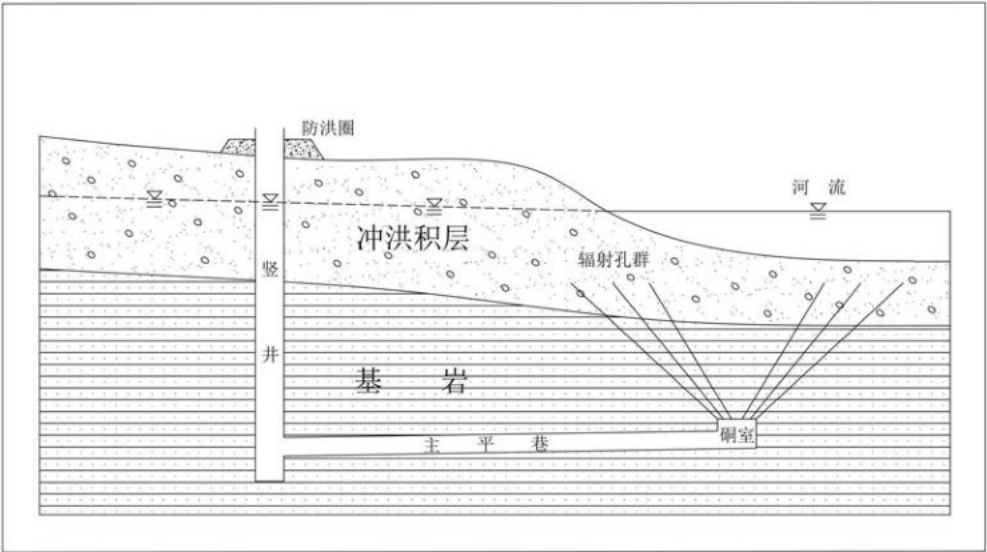
附 录 A
(规范性附录)
渗流井取水原理与工程结构

A.1 渗流井取水原理与工程结构

平面示意图见图A.1，剖面示意图见图A.2。



图A.1 平面示意图



图A.2 剖面示意图

A.2 渗流井工程结构规格取值

渗流井工程结构规格取值见表A.1。

表A.1 渗流井工程结构规格推荐表

工程结构	规格推荐值
竖井	断面：圆形；净内径 3.5m~4.0m；深度：依平巷开口深度和沉淀段长度确定。
平巷	断面：半圆顶直墙式；净断面：(高)2.2m~2.5m×(宽)2.0m；上覆岩层厚度：一般不得小于平巷高度 5 倍；平巷底部起扬角度：3‰左右。
硐室	断面(垂直平巷方向)：半圆顶直墙式；净断面：(高)3m×(宽)3m×(长)4m；上覆岩层厚度：一般不得小于平巷高度 5 倍；相邻硐室间距：40m~70m。硐室个数：4 个~7 个。
辐射孔	孔径：108 mm~127mm；单孔长度：20 m~65m；仰角：17°~30°；硐室辐射孔个数：15 眼~25 眼。
注：《渗流井取水机理研究》对辐射孔长度、辐射孔仰角、相邻硐室间距提出了设计优化推荐值，其中辐射管长度 44.07m~62.79m；辐射孔仰角24.82°~17.14°；推荐相邻硐室间距50m~70m。	

附 录 B
(规范性附录)
水质全分析测试项目

水质全分析测试项目见表B.1。

表B.1 水质全分析测试项目表

项目名称:									
送样单位:					野外编号:				
取样地点:					采样日期:				
检测编号:					报告日期:				
检测项目		$\rho(B^{Z+})$ /(mg·L ⁻¹)	$c(1/zB^{Z+})$ /(mmol·L ⁻¹)	$x(1/zB^{Z+})$ /10 ⁻²	检测项目		$\rho(B)$ (mg·L ⁻¹)	检测项目	$\rho(B)$ (mg·L ⁻¹)
阳 离 子	K ⁺				矿化度		以 碳 酸 钙 计	总硬度	
	Na ⁺				溶解性总固体			暂时硬度	
	Ca ²⁺				耗氧量(以O ₂ 计)			永久硬度	
	Mg ²⁺				BOD ₅			负硬度	
	NH ₄ ⁺				偏硅酸			总碱度	
	Fe ³⁺				游离CO ₂			总酸度	
	Fe ²⁺				侵蚀CO ₂		氟化物		
	Al ³⁺				硫化物		汞		
	总计				溴化物		砷		
阴 离 子	Cl ⁻				碘化物		镉		
	SO ₄ ²⁻				锂		六价铬		
	HCO ₃ ⁻				铈		挥发性酚类		
	CO ₃ ²⁻				硒		灼烧减量		
	OH ⁻				硼		灼烧残渣		
	NO ₃ ⁻				钼		阴离子表面活性剂		
	NO ₂ ⁻				铜		备注:		
	F ⁻				铅				
	PO ₄ ³⁻				锌				
总计				锰					
菌落总数/(CFU/mL)					总大肠菌群/(MPN/100mL或CFU/100mL)				
三氯甲烷/(μg/L)					四氯化碳/(μg/L)				
苯/(μg/L)					甲苯/(μg/L)				
总α放射性/(Bq/L)					总β放射性/(Bq/L)				
色/ (铂钴色度单位)					浑浊度/NTU)				
嗅和味					肉眼可见物				
pH									
备注									

检测:

审核:

签发:

附 录 C
(资料性附录)
地面物探方法适用条件与组合方案

C.1 常用地面物探方法

常用地面物探方法的应用范围和适用条件见表C.1。

表C.1 常用地面物探方法的应用范围和适用条件表

方法名称			应 用 范 围	适 用 条 件
电 法 勘 探	电 阻 率 法	电阻率测深法	1.确定覆盖层、风化层的厚度及基岩起伏情况，勘探深度一般为 $1/2\sim 1/5AB$ ；	探测对象有一定的厚度，岩性倾角小于 20° ；相邻层电性差异显著，水平方向电性稳定；地形平缓
		电阻率剖面法	2.确定孔隙含水层的分布、埋深、厚度、寻找冲洪积扇、古河床或其贮水作用的古地形；	探测对象具有一定的宽度和长度，电性差异明显，电性界面倾角大于 30° ；覆盖层薄，地形平缓
		高密度电阻率法	3.探测具有一定规模的断层、裂隙带的分布情况； 4.划分咸淡水界面。	探测对象与围岩的电性差异显著，其上方没有极高阻和极低阻的屏蔽层；地形平缓，覆盖层较薄
	激发极化法		寻找地下水，测定含水层埋深和分布范围，评价含水层的富水性	测区内游散电流的干扰较小，存在激电效应差异
电 磁 法 勘 探		频率电磁测深法	探测具有一定规模的断层、裂隙、地下洞穴及不同岩层界面	探测对象与围岩电性差异显著；覆盖层的电阻率不能太低；噪声干扰较小
		瞬变电磁测深法	探测具有一定规模的断层、裂隙、地下洞穴及水下第四系厚度等	探测对象与其埋深比较规模较大，且相对围岩呈低阻；其上方没有极低阻的屏蔽层；外来电磁干扰较小
地 震 勘 探		反射波法	探测不同深度的地层界面	探测界面上下地层的波阻抗应具有明显差异，反射界面视倾角小 30°
		折射波法	探测覆盖层厚度及基岩埋深	探测界面下边地层的波速必须大于界面上边地层的波速，折射界面视倾角小于 $90^{\circ}\sim i$ （ i 为折射波临界角）
		瑞雷波法	探测覆盖层厚度和分层；探测不良地质体	被测地层与相邻层之间，存在明显的波速和波阻抗差异
层析成像			评价岩体质量；评价岩体风化程度、圈定地质异常体、对工程岩体进行稳定性分类；探测地下洞穴、暗河、断裂破碎带等	探测对象与围岩有明显的物性差异；电磁波 CT 要求外界电磁波噪声干扰小
放射性氦气测量法			探查张性、活动断裂和蓄水构造等	氦气测量值在背景上有足够的显示

C.2 渗流井工程勘察地面物探方法

渗流井工程勘察地面物探方法选择见表C.2。

表C.2 渗流井工程勘察地面物探方法选择参考表

解决的地质问题	地面物探方法										
	电阻率测深法	电阻率剖面法	高密度电阻率法	激发极化法	频率电磁测深法	瞬变电磁测深法	层析成像	地震反射波法	地震折射波法	地震瑞雷波法	放射性氦气测量法
确定覆盖层的厚度及基岩面形态	√	√	√		√	√		√	√	√	
探测隐伏断层、断层破碎带位置	√	√	√		√	√	√	√	√		√
判断构造带充填物性质	√		√		√	√	√				
划分基岩风化带，确定其厚度	√	√	√		√	√		√	√		
判断含水层富水性				√			√				
划分咸淡水界面	√	√	√	√	√	√	√				

C.3 渗流井工程勘察地面物探方法

渗流井工程勘察地面物探方法参考组合方案见表C.3。

表C.3 渗流井工程勘察地面物探方法参考组合方案

解决的地质问题	电阻率测深法	高密度电阻率法	激发极化法	频率电磁测深法	地震反射波法	地震瑞雷波法	放射性氦气测量法
探测基岩面起伏形态，探测隐伏断层、破碎带	√	√			√	√	√
评价含水层富水性，划分咸淡水界面	√	√	√	√			
确定构造空间形态	√			√	√		
注1：划分咸淡水界面时，若地表不是十分干燥，通过电极浇水可改善接地条件；地表干燥，接地条件差的情况下，建议采用频率电磁测深法。 注2：欲确定隐伏构造平面位置，建议采用放射性氦气测量法。 注3：定量确定构造空间分布特征采用电阻率剖面法、高密度电阻率法、地震反射波法组合。							

附录 D
(资料性附录)
岩石、岩体质量及岩体优劣分级

D.1 岩石质量等级

岩石质量等级见表D.1。

表D.1 岩石质量等级表

等级	$RQD(\%)$	岩石质量描述	岩体完整性评价
I	90~100	极好的	岩体完整
II	75~90	好的	岩体较完整
III	50~75	中等的	岩体中等完整
IV	25~50	劣的	岩体完整性差
V	<25	极劣的	岩体破碎

D.2 岩体 z 值

岩体 z 值范围及其优劣分级见表D.2。

表D.2 岩体 z 值范围及其优劣分级表

岩体结构类型	代号	岩体质量系数 z 值一般范围			
整体结构	I ₁	2.5~20			
块状结构	I ₂	0.3~10			
层状结构	II ₁	0.2~5			
薄层状结构	II ₂	0.08~3			
镶嵌结构	III ₁	0.2~2.5			
碎裂结构	III ₂ 、III ₃	0.05~0.1			
散体结构	IV	0.002~0.1			
岩体质量系数(z)	<0.1	0.1~0.3	0.3~2.5	2.5~4.5	>4.5
岩体质量等级	极坏	坏	一般	好	特好

D.3 岩体质量分级

岩体质量分级见表D.3。

表D.3 岩体质量分级表

岩体分类	I	II	III	IV	V
岩体质量指标(M)	>3.0	$1.0\sim 3.0$	$0.12\sim 1.0$	$0.01\sim 0.12$	<0.01
岩体质量	优	良	中等	差	坏

附 录 E
(资料性附录)
土的分类与鉴定

E.1 碎石土分类

粒径大于2mm的颗粒质量超过总质量50%的土，应定名为碎石土，并按表E.1进一步分类。

表E.1 碎石土分类

土的名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒质量超过总质量 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒质量超过总质量 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50%
角砾	棱角形为主	
注：定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。		

E.2 砂土分类

粒径大于2mm的颗粒质量不超过总质量的50%，粒径大于0.075mm的颗粒质量超过总质量50%的土，应定名为砂土，并按表E.2进一步分类。

表E.2 砂土分类

土的名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量 25%~50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒质量超过总质量 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒质量超过总质量 50%
细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 85%
粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50%
注：定名时应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。	

E.3 粉土分类

粒径大于0.075mm的颗粒质量不超过总质量的50%，且塑性指数等于或小于10的土，应定名为粉土。

E.4 粘性土分类

E.4.1 塑性指数大于10的土应定名为粘性土。

E.4.2 粘性土应根据塑性指数分为粉质粘土和粘土。塑性指数大于10，且小于或等于17的土，应定名为粉质粘土；塑性指数大于17的土应定名为粘土。

注：塑性指数应由相应于76g圆锥仪沉入土中深度为10mm时测定的液限计算而得。

附 录 F
(规范性附录)
渗流井工程可开采量计算方法

F.1 类比法

可采用公式 (F.1) 类比计算渗流井可开采量:

$$Q = Q_0 \frac{s \cdot K \cdot A}{s_0 \cdot K_0 \cdot A_0} \dots\dots\dots (F.1)$$

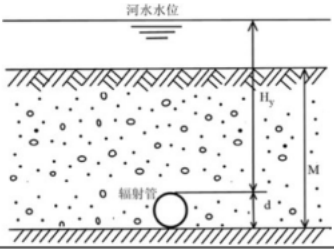
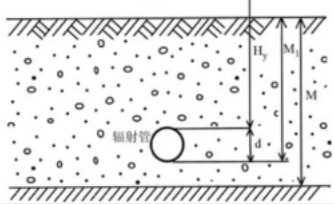
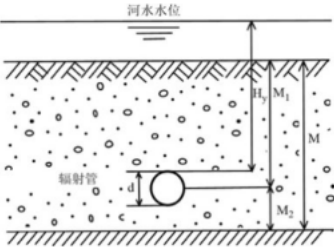
式中:
 Q ——拟建渗流井可开采量, $[L^3T^{-1}]$;
 Q_0 ——类比渗流井可开采量, $[L^3T^{-1}]$;
 s ——拟建渗流井竖井降深, $[L]$;
 K ——拟建渗流井所在含水层渗透系数, $[LT^{-1}]$;
 A ——拟建渗流井布设面积, $[L^2]$;
 s_0 ——类比渗流井竖井降深, $[L]$;
 K_0 ——类比渗流井所在含水层渗透系数, $[LT^{-1}]$;
 A_0 ——类比渗流井布设面积, $[L^2]$ 。

F.2 解析法

F.2.1 辐射管经验系数法

- F.2.1.1 渗流井可开采量计算可通过将渗流井看成由硖室、辐射管系统组成的聚合体, 在忽略辐射管内水头损失条件下, 首先采用表中计算公式计算河床单根辐射管出水量。
- F.2.1.2 河床单根辐射管出水量计算公式见表F.1。

表F.1 河床单根辐射管出水量计算公式

示意图	计算公式	适用条件
	见公式 (F.2)	1、完整式辐射管 2、潜水 3、河床下开采
	见公式 (F.3)	1、非完整式辐射管 2、潜水 3、河床下开采
	见公式 (F.4)	1、非完整式辐射管 2、潜水 3、河床下开采 4、 $M_2 > M_1/4$
	见公式 (F.5)	1、非完整式辐射管 2、潜水 3、河床下开采 4、 $M_2 < M_1/4$

$$Q_f = \frac{\pi \lambda K l s}{\ln \cot \left(\frac{\pi}{8} \cdot \frac{d}{M} \right)} \dots\dots\dots (F.2)$$

$$Q_f = \frac{2\pi \lambda K l s}{\ln \left[\tan \left(\frac{\pi}{8} \cdot \frac{4M_1 - d}{M} \right) \cot \left(\frac{\pi}{8} \cdot \frac{d}{M} \right) \right]} \dots\dots\dots (F.3)$$

$$Q_f = \frac{2\pi \lambda K l s}{\ln \frac{M_1^2}{M_2 d}} \dots\dots\dots (F.4)$$

$$Q_f = \frac{2\pi \lambda K l s}{\ln \frac{4M_1}{d}} \dots\dots\dots (F.5)$$

式中:

Q_f ——单根辐射管出水量, $[L^3T^{-1}]$;

π ——圆周率, 无量纲;

λ ——河流淤塞系数, 无量纲, 对于不浑浊河水取值0.8, 中等浑浊河水取值0.6, 浑浊河水取值0.3;

K ——渗透系数, $[LT^{-1}]$;

l ——辐射管长度, $[L]$;

s ——辐射管降深 $[L]$;

注: 考虑到渗流井的竖井、硐室、平巷中产生的水头损失很小, 确定辐射管降深时可近似采用竖井降深。

d ——为辐射管直径 $[L]$;

M ——含水层厚度, $[L]$;

M_1 ——辐射管之上平均含水层厚度, $[L]$;

M_2 ——辐射管之下平均含水层厚度, $[L]$ 。

注: 河床单根辐射管出水量计算公式为水平展布的辐射管, 对于倾斜的辐射管, 可以辐射管进水段中点为基准确定辐射管之上、下平均含水层厚度。

F.2.1.3 设每个硐室辐射管个数为 n , 当辐射管均匀分布时, 硐室出水量可用公式 (F.6) 计算:

$$Q_d = \alpha \cdot n \cdot Q_f \dots\dots\dots (F.6)$$

式中:

Q_d ——硐室出水量 $[L^3T^{-1}]$;

α ——0.5~0.8为经验系数, 一般 n 越大 α 越小, K 越大 α 越小;

n ——单个硐室辐射管个数, 无量纲;

Q_f ——单根辐射管出水量, $[L^3T^{-1}]$ 。

F.2.1.4 设渗流井硐室个数为 m , 当硐室均匀分布时, 渗流井出水量可用公式 (F.7) 计算:

$$Q = \beta \cdot m \cdot Q_d \dots\dots\dots (F.7)$$

式中:

Q ——渗流井出水量 $[L^3T^{-1}]$;

β ——0.5~0.8为经验系数, 一般 m 越大 β 越小, K 越大 β 越小;

m ——渗流井硐室个数, 无量纲;

Q_d ——硐室出水量 $[L^3T^{-1}]$ 。

F.2.2 硐室辐射孔群大井法

渗流井开采地下水后, 以各硐室为中心逐渐形成各自统一的降落漏斗, 理论上可将各硐室辐射孔群概化成理想的“大井”在工作。可通过大井法的潜水完整井井流计算单个硐室出水量, 依据设计的硐室个数计算渗流井可开采量。其计算公式见公式 (F.8)、公式 (F.9)、公式 (F.10) 和公式 (F.11)。

$$Q_d = 1.366K \frac{(2H-s)s}{\lg R_0 - \lg r_0} \dots\dots\dots (F.8)$$

$$R_0 = r_0 + 2s\sqrt{KH} \dots\dots\dots (F.9)$$

$$r_0 = \sqrt{F/\pi} \dots\dots\dots (F.10)$$

$$Q = \gamma \cdot m \cdot Q_d \dots\dots\dots (F. 11)$$

式中:

Q_d ——硐室出水量, $[L^3T^{-1}]$;

K ——含水层渗透系数, $[LT^{-1}]$;

H ——含水层平均厚度, $[L]$;

s ——抽水后竖井降深, $[L]$;

R_0 ——引用影响半径, $[L]$;

r_0 ——大井引用半径, $[L]$;

F ——辐射孔分布范围的水平面投影面积, $[L^2]$;

π ——圆周率, 无量纲;

Q ——渗流井出水量, $[L^3T^{-1}]$;

γ ——0.6~0.9 为经验系数, 一般 m 越大 γ 越小, K 越大 γ 越小;

m ——渗流井硐室个数, [无量纲]。

F.3 数值法

F.3.1 适用要求

采用数值法计算渗流井可开采水量时, 应综合考虑自然状态及渗流井开采中的水文地质条件, 确定地下水系统特征及边界条件, 并选用适当的控制方程和定解条件来确定数学模型。

F.3.2 控制方程

渗流井取水计算以水头为因变量的连续性方程见公式 (F. 12) :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \dots\dots\dots (F. 12)$$

式中:

h ——水头, $[L]$;

K_{xx} 、 K_{yy} 、 K_{zz} ——分别为 x 、 y 、 z 三个方向上的渗透系数, $[LT^{-1}]$;

S_s ——弹性释水率, $[L^{-1}]$;

x, y, z ——坐标变量, $[L]$;

t ——时间变量, $[T]$ 。

F.3.3 初始条件

初始条件为模拟初始时刻水头在空间上的分布。

$$h(x, y, z, t)|_{t=0} = h_0(x, y, z) \dots\dots\dots (F. 13)$$

式中:

$h(x, y, z, t)$ ——水头函数, $[L]$;

$h_0(x, y, z)$ ——初始水头已知函数, $[L]$;

x, y, z ——坐标变量, $[L]$;

t ——时间变量, $[T]$ 。

F.3.4 边界条件

F.3.4.1 第一类边界条件：指已知边界上水头分布状况的边界条件。

$$h(x, y, z, t)|_{\Gamma_1} = h_1(x, y, z, t) \dots\dots\dots (F.14)$$

式中：

 $h(x, y, z, t)$ ——第一类边界 Γ_1 上的水头函数，[L]； $h_1(x, y, z, t)$ ——第一类边界 Γ_1 上的水头已知函数，[L]； x, y, z ——坐标变量，[L]； t ——时间变量，[T]； Γ_1 ——第一类边界。

F.3.4.2 第二类边界条件：指已知边界上流量的边界条件。

$$K \frac{\partial h}{\partial \mathbf{n}}|_{\Gamma_2} = q_1(x, y, z, t) \dots\dots\dots (F.15)$$

式中：

 $q_1(x, y, z, t)$ ——第二类边界 Γ_2 上的单位面积流量已知函数，[LT⁻¹]； K ——渗透系数，[LT⁻¹]； h ——水头，[L]； $\mathbf{n}$ ——第二类边界 Γ_2 上的外法线方向单位向量，[无量纲]； x, y, z ——坐标变量，[L]； t ——时间变量，[T]； Γ_2 ——第二类边界。

F.3.4.3 第三类边界条件：指已知边界上水头和其法向导数的线性组合的边界条件。

$$\left(\frac{\partial h}{\partial \mathbf{n}} + \alpha h \right)|_{\Gamma_3} = \beta(x, y, z, t) \dots\dots\dots (F.16)$$

式中：

 h ——水头，[L]； $\mathbf{n}$ ——第三类边界 Γ_3 上的外法线方向单位向量，[无量纲]； x, y, z ——坐标变量，[L]； t ——时间变量，[T]； α ——第三类边界 Γ_3 上的已知函数，[L⁻¹]； β ——第三类边界 Γ_3 上的已知函数，[无量纲]； Γ_3 ——第三类边界。

F.3.4.4 潜水面边界条件：

$$\begin{cases} h = z \\ \mu \frac{\partial h}{\partial t} = K_{xx} \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + K_{yy} \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right)^2 + K_{zz} \left(\frac{\partial h}{\partial z} \right)^2 - (K_{zz} + W) \frac{\partial h}{\partial z} + W \end{cases} \dots\dots\dots (F.17)$$

式中：

 μ ——给水度，[无量纲]；

h ——水头, [L];

K_{xx} 、 K_{yy} 、 K_{zz} ——分别为 x 、 y 、 z 三个方向上的渗透系数, [$L T^{-1}$];

x, y, z ——坐标变量, [L];

t ——时间变量, [T];

z ——潜水面标高, [L];

W ——潜水面垂向源汇项, [$L T^{-1}$].

F.3.5 含水层与渗流井井管间的交换量

含水层与渗流井井管间的交换量计算公式:

$$Q_e = C(h_p - h) \dots\dots\dots (F. 18)$$

式中:

Q_e ——井管与含水层间的交换量, [$L^3 T^{-1}$];

h ——含水层的水头, [L];

h_p ——管流中的水头, [L];

C ——井管的透水性能, [$L^2 T^{-1}$].

F.3.6 “渗流—管流耦合模型”理论计算

F.3.6.1 当采用“渗流—管流耦合模型”理论计算时, 对于每个井管节点的透水性能 $C_{j,i,k}$ 可采用下式计算:

$$C_{j,i,k} = \frac{\sum_{ip}^{np} K_{j,i,k} \pi d_{ip} \frac{1}{2} (l_{ip} \tau_{ip})}{r_{ip}} \dots\dots\dots (F. 19)$$

式中:

$C_{j,i,k}$ ——计算井管节点的透水性能, [$L^2 T^{-1}$];

np ——与计算井管节点相连的井管个数, [无量纲];

ip ——与计算井管节点相连的第 ip 个井管, [无量纲];

$K_{j,i,k}$ ——计算井管节点的含水层渗透系数, [$L T^{-1}$];

π ——圆周率, 无量纲;

d_{ip} ——与计算井管节点相连的第 ip 个井管直径, [L];

l_{ip} ——与计算井管节点相连的第 ip 个井管内流程长度, [L];

τ_{ip} ——与计算井管节点相连的第 ip 个井管弯曲度, [无量纲];

r_{ip} ——与计算井管节点相连的第 ip 个井管半径, [L].

F.3.6.2 井管内的流量计算公式为:

$$Q_p = \begin{cases} \frac{\pi d^2}{4} \frac{d^2 g}{32\nu} \frac{\Delta h_p}{l} & Re \leq 3000 \\ \frac{\pi d^2}{4} \frac{2gd}{0.316} \left(\frac{d}{\nu}\right)^{0.25} \left(\frac{1}{u}\right)^{0.75} \frac{\Delta h_p}{l} & 3000 \leq Re \leq 10000 \\ \frac{\pi d^2}{4} 8gd \cdot \left(\log_{10} 3.71 \frac{d}{e}\right)^2 \cdot \frac{1}{u} \frac{\Delta h_p}{l} & Re \geq 10000 \end{cases} \dots\dots\dots (F. 20)$$

式中:

Q_p ——井管内流量, $[L^3T^{-1}]$;
 π ——圆周率, 无量纲;
 d ——井管直径, $[L]$;
 g ——重力加速度, $[LT^{-2}]$;
 ν ——水的运动粘滞系数, $[L^2T^{-1}]$;
 Δh_p ——管流中的水头损失, $[L]$;
 l ——井管内流程长度, $[L]$;
 u ——井管中平均流速, $[LT^{-1}]$;
 e ——井管内壁的粗糙度, $[L]$;
 Re ——雷诺数。

F. 3. 6. 3 在渗流井离散化网格基础上, 当管道充满水时, 管道节点*i*的水均衡可表示为:

$$\sum_{j=1}^{np} Q_{p_{ij}} + Q_e = 0 \dots\dots\dots (F.21)$$

式中:
 np ——与计算井管节点*i*相连的井管个数, [无量纲];
 $Q_{p_{ij}}$ ——与计算井管节点*i*相连的第*j*个井管内流量, $[L^3T^{-1}]$;
 Q_e ——井管与含水层间的交换量, $[L^3T^{-1}]$ 。

附 录 G
(资料性附录)
渗流井工程勘察报告编写提纲

- 1 序言
 - 1.1 项目来源与勘察目的、任务
 - 1.2 地理位置与交通条件
 - 1.3 水文地质工程地质研究程度
 - 1.4 社会经济概况和水资源开发利用现状
 - 1.5 工作概况及质量评述
- 2 地下水形成的自然条件
 - 2.1 气象水文概况
 - 2.2 地貌概况
 - 2.3 地质概况
- 3 水文地质条件
 - 3.1 地下水类型及赋存特征
 - 3.2 含水层特征及富水性
 - 3.3 地下水的补给、径流与排泄条件
 - 3.4 水化学特征与水质
- 4 工程地质条件
 - 4.1 地质构造
 - 4.2 岩(土)体工程地质分类及特征
 - 4.3 渗流井工程初步布置方案
 - 4.4 地下硐室围岩工程地质分类与稳定性
- 5 渗流井可开采量评价
 - 5.1 水文地质概念模型及其数学描述
 - 5.2 水文地质参数计算
 - 5.3 地下水天然资源量计算
 - 5.4 渗流井工程可开采量评价
 - 5.5 渗流井取水水质评价
- 6 水环境问题及水源保护
 - 6.1 渗流井工程适宜性与建设方案
 - 6.2 水环境问题
 - 6.3 水源保护
- 7 结论与建议
 - 7.1 结论
 - 7.2 建议

附图:

实际材料图
地质地貌图
地质剖面图

水文地质图

水文地质剖面图

工程地质图

工程地质剖面图

渗流井工程布设方案图

渗流井工程工程地质剖面图

附件：

渗流井工程勘察物探报告

附表：

钻孔综合成果表

水质分析成果、岩(土)样测试成果、抽水试验成果等统计表
