

中华人民共和国水利行业标准

地下水资源勘察规范

SL 454—2010

条 文 说 明

目 次

1 总则·····	89
3 基本规定·····	90
4 普查阶段地下水资源勘察·····	92
5 初勘阶段地下水资源勘察·····	95
6 详勘阶段地下水资源勘察·····	99
7 开采阶段地下水资源勘察·····	104
附录 A 地下水资源勘察资料整理及报告编制·····	106
附录 B 地下水资源勘察常用图例、符号·····	108
附录 C 水文地质测绘·····	109
附录 D 水文地质物探·····	111
附录 E 水文地质钻探·····	112
附录 F 抽水试验·····	115
附录 G 地下水动态观测·····	121
附录 H 水文地质参数计算·····	122
附录 I 地下水资源量评价·····	127
附录 J 地下水质量评价·····	133

1 总 则

1.0.1~1.0.4 地下水资源勘察是进行地下水资源评价、开发、利用、管理和保护的重要基础工作。统一、规范地下水资源勘察的技术要求、技术行为，对搞好地下水资源勘察十分必要。条文对本规范的编制目的、适用范围以及地下水资源勘察的基本任务和目的等作了原则规定。

本标准规定的地下水资源勘察是在区域水文地质调查的基础上对地下水资源评价区或地下水水源区分阶段进行的勘察。

3 基本规定

3.0.1 根据地下水资源勘察的任务和精度要求，按照由地表到地下、由一般调查到重点研究、由定性分析到定量评价的原则，将地下水资源勘察划分为普查、初勘、详勘、开采四个阶段。实际工作中，可视勘察任务的具体情况和已有资料的可利用程度及水文地质条件的复杂程度合并勘察阶段。

3.0.2 地下水资源勘察范围主要取决于勘察目的和任务要求。为区域地下水资源评价的勘察应包括评价区的全部范围；为地下水取水水源的专项勘察应包括满足需水要求的地下水水源区（地）的范围。为了合理评价地下水资源的数量、质量，至少应包括一个便于查明水文地质边界条件的相对完整的水文地质单元。

3.0.3 条文对地下水资源勘察的主要工作内容作了规定。

气象水文调查，主要包括气候、气象资料和地表水体的水文资料调查。

基础地质调查，主要包括地形地貌、地层岩性、地质构造调查等。

水文地质条件调查，主要包括地下水系统结构调查，地下水补给、径流、排泄条件及地下水边界条件调查等。

勘探试验，主要包括钻探、物探、抽水试验，渗注水试验，示踪试验及岩矿、水质分析等。

地下水动态观测，主要包括对地下水的水位、水量、水质、水温等动态特征的观测。

地下水资源量与水质评价，主要根据水文地质勘察资料对地下水资源的数量（补给量、储存量、排泄量、允许开采量）和质量进行计算、评价。

3.0.4 不同的地下水资源计算、评价方法，对勘察方法和勘察工作布置有着不同的要求。因此，在进行勘察工作布置和勘察方

法选择时，要充分考虑拟采用的评价方法对勘察资料的需要。

3.0.6 地下水资源勘察前期准备工作十分重要。通过收集、分析有关资料，进行现场踏勘，可以了解评价区或地下水水源区（地）的水文气象、地形地貌、地质概况以及工作、生活条件，便于编制勘察大纲，合理组织勘察工作的实施。

3.0.7 勘察大纲是勘察工作实施的纲要性技术文件。勘察大纲应根据任务书的技术要求，结合资料收集和现场踏勘的情况进行编制，经评审、批准后执行。条文规定了勘察大纲的主要内容，执行时可根据实际需要进行调整。

3.0.9、3.0.10 条文采用常用的分类方法，对地下水和含水层的基本类型进行了划分。

特殊类型的地下水如多年冻结区的地下水等可按其埋藏条件和分布状态另行划分。

3.0.11 表 3.0.11 是根据 1980 年 4 月《中华人民共和国水文地质图集》说明书并参考有关技术标准编制的。

含水层的富水性与含水层的分布地区、地层岩性、地质构造以及水文地质结构、埋藏条件、补给条件等有关。不同地区、不同性质的含水层的富水性有着明显的差别，其划分依据、划分标准也不尽一致。因此，应用时可根据实际情况具体划分。

3.0.12 本条关于水文地质条件复杂程度划分的规定与《供水水文地质勘察规范》（GB 50027—2001）的规定基本一致。

3.0.13 本条根据《水资源评价导则》（SL/T 238—1999）的规定对地下水资源水文地质评价类型区的划分作了规定。

3.0.14 条文参照有关标准的规定按需水量大小，将拟建水源地规模划分为特大型、大型、中型、小型四级，以便进行建设项目地下取水水源地勘察使用。

4 普查阶段地下水资源勘察

4.0.1 普查阶段是地下水资源勘察的基础阶段。本阶段主要通过收集资料和地面调查,全面了解区域或地下水资源评价区的基本地质、水文地质条件和地下水资源状况,初步划分可能富水地段。

目前我国已基本完成了1:20万区域水文地质调查。普查阶段地下水资源勘察是在区域水文地质基础上,对地下水资源评价区进行的勘察。如评价区尚无区域水文地质资料,则应同时进行区域调查。

4.0.3

2、3 气候和水文条件是影响地下水补给、转化的重要因素。进行气候和水文条件调查主要应收集长系列降水量、蒸发量、气温、湿度、冻结深度等气象资料,调查地表水系、水库、湖泊等地表水体的分布、规模,收集流量、水位、水质等水文资料。

4 主要调查水利工程建设、地下水开采、矿山开采、农业化肥以及工业废弃物、生活垃圾等人类活动对地下水水量和水质的影响。

5 地形地貌及其主导地质作用,在一定程度上反映了地下水的性质、类型及形成、分布条件。因此,要注意对地貌形态特征、成因类型、物质组成等的调查,分析地形地貌与地下水的形成、赋存关系及分布条件。

地植物的分布及其生态特征与地层、岩性和水文地质条件密切相关,利用水文地质指示植物进行地下水调查具有重要意义。地植物调查主要包括种类、名称、生长形态等生态特征及分布区的环境条件,必要时可编制水文地质指示植物图,分析地植物与地下水的关系及地下水的分布特征。

6、7 在进行地层岩性、地质构造调查时，要注意对具孔隙结构的岩石、可溶性岩石、层状地层及各种构造断裂等可能含水的地层岩性、地质构造的调查分析。同时，也应注意不透水岩层或阻水构造对地下水富集、汇集作用的调查分析。

8 可溶岩地层的埋藏条件可划分为裸露型、半裸露型、覆盖型、埋藏型 4 类。

裸露型：可溶岩地层裸露。

半裸露型：可溶岩地层以裸露为主，在谷地、盆地、河谷中有较大面积覆盖。

覆盖型：可溶岩地层大面积为松散堆积层覆盖，仅有零星露头。

埋藏型：可溶岩地层埋藏于非可溶岩层之下。

9 在进行井、泉等地下水露头调查时，要全面调查井、泉等的出露条件、出露特征，分析井、泉的补给条件，以更好地了解含水层层位及其富水性。

4.0.4 收集资料和地面调查是普查阶段主要的勘察方法。本条主要规定了进行气象水文、地质、水文地质等资料收集和水文地质测绘等的方法要求。

1、2 收集资料可以深入了解、具体掌握评价区的有关情况，对水文地质测绘、勘探工作布置有着重要的指导作用。资料收集要全面、真实，及时进行分析、统计、整理。特别是地下水资源评价直接使用的 meteorological 水文数据资料，要确保真实无误。技术资料应主要向地质、水文等有关专业部门搜集，同时也要注意对当地居民的调查访问，特别是一些有经验的民谚往往有重要的提示意义。

3 水文地质测绘是重要的勘察方法。本条第 3 款对水文地质测绘的比例尺、测绘方法作了规定。水文地质测绘方法可分为地质遥感测绘和实地测绘，条文规定的水文地质遥感测绘法是指利用遥感影像技术进行水文地质调查的测绘方法。

水文地质遥感测绘包括遥感影像资料选用、遥感图像水文地质判译、遥感影像水文地质填图以及水文地质图编制等程序。如

评价区水文地质条件简单或已有资料较多也可利用已有资料进行编图。

4 面积性探测是按网格状布置测线进行地下水探测的物探方法。进行面积性探测时，测线宜根据地形地貌条件布置，测网密度宜与水文地质测绘比例尺相适应。

9 主要水文地质参数包括：渗透系数 (K)、导水系数 (T)、给水度 (μ)、释水系数 (S)、影响半径 (R) 等。

10 地下水资源量主要包括补给量、储存量、排泄量和允许开采量。本阶段勘察主要进行资料收集、地面地质调查和少量的勘探试验工作。因此，地下水资源量只能采用比拟法和水均衡法进行概略估算。

5 初勘阶段地下水资源勘察

5.0.1 初勘阶段是地下水资源勘察全面展开的阶段。通过本阶段的勘察应初步查明评价区或地下水水源区的水文地质条件和地下水资源的基本状况，圈定富水地段。

5.0.3

1 地表水与周围地下水变化特征及补排关系的调查，可通过地表水流速、流量观测，地表水与周围地下水的物理性质、化学成分分析、对比，了解两者的变化、转化特征，进而分析其补排关系。

地表水与地下水的补排形式主要有集中补给、直接渗透补给、间接渗透补给、越流补给等，应结合地层岩性、地质构造条件及水位动态特征具体确定。

2~4 本阶段应在地层岩性、地质构造普查的基础上对含水地层、储水构造及地下水赋存、补给、径流、排泄条件进行分析研究。对第四纪地层地下水的调查研究，应结合地形、地貌调查进行。

5 岩溶地下水的分布与岩溶的发育密切相关。因此，应初步查明岩溶的发育规律、规模、连通性。岩溶发育的调查研究应结合区内地质发展史、岩溶发育史进行。

正确认识和划分岩溶地下水系统，对评价岩溶地下水的储存能力和补给能力有重要意义。按岩溶地下水的储存、运移形式可划分为以岩溶洞穴为主和以岩溶裂隙为主两大系统。

7 主要含水层（带）的边界条件，包括流量边界、水头边界及隔水边界等。

10 地下水开采利用情况，包括开采目的、开采方式、取水工程规模和布局、开采运行时间、开采量等。地表水开采利用情况，主要调查水库、引水工程、灌溉工程的规模、库容、引水

量、灌溉面积等。

11 初步确定的主要水文地质参数包括：渗透系数 (K)、导水系数 (T)、给水度 (μ)、释水系数 (S)、影响半径 (R)、压力传导系数 (a)、越流系数 (B) 和降雨入渗系数 (a) 等。

13 地下水污染是指在人类活动影响下，地下水水质变化朝着水质恶化方向发展的现象。初步查明的地下水污染状况，主要包括地下水污染的性质、范围等。地下水污染状况的调查与评价应结合水质分析和国家现行的水质标准进行。

14 地下水开采可能产生的环境的地质问题，主要包括地面沉降、地面塌陷、地裂缝、地下水水质恶化、海水入侵、荒漠化等。评价时，应结合环境地质条件进行。

5.0.4

1 本阶段的水文地质测绘应在普查阶段测绘的基础上对可能富水地段及论证其水文地质条件的相关地段，进行中比例尺测绘。

水文地质实地测绘法是指进行地质点标测及地质界线穿越、追索观察的测绘方法。

水文地质剖面测绘应沿地质、水文地质条件变化最大方向布置，并与钻探、物探工作布置相结合。

2 水文地质物探是地下水资源勘察中的重要手段，通过水文地质物探可以探查水文地质条件。本款对剖面性探测测线的布置作了原则规定。

3 水文地质钻探是直接探明地下水的重要勘探手段，是进行各种水文地质试验的必备工程。因此，在地下水资源勘察中要重视水文地质钻探工作。本款对勘探线和钻孔布置作了原则规定，实际工作中可根据地质、水文地质条件和勘探目的进行调整。

4 抽水试验是测定含水层水文地质参数、评价含水层富水性和水文地质条件的重要工作。抽水试验方法很多，方法选用主要取决于勘察任务、试验目的和解析方法的要求。本阶段抽水试

验的目的主要是获得含水层有代表性的水文地质参数和富水性指标,因此,宜主要进行稳定流抽水试验。

抽水试验孔一般宜远离含水层的透水、隔水边界,布置在含水层地质和水文地质条件有代表性的地段。抽水试验现场资料的整理除应及时绘制 $Q-t$ 和 $s-t$ 曲线外,尚需绘制出 $Q-s$ 和 $q-s$ 关系曲线。

观测孔深度宜与抽水孔深度一致的规定,是为了保证水位变化的观测。当然,在能保证水位变化观测时,观测孔孔深可适当减少。

5 地下水动态观测项目主要包括水位、水量、水温、水质等。地下水动态观测点(线)的布置,主要取决于观测目的和任务。为查明地下水动态的成因类型和动态特征,观测点一般呈线状布置,主要观测线穿过地下水不同动态成因类型的地段,沿水文地质条件变化最大的方向布置。为建立计算模型、水文地质参数分区及选择参数提供资料,观测点一般呈网状布置,以能控制地下水流场及水质变化。需获得边界地下水动态资料时,观测点一般在边界有代表性的地段布置。为查明咸、淡水分界面的动态特征时,观测线一般垂直分界面布置。为查明地下水与地表水体之间的水力联系时,观测线一般垂直地表水体布置。需获得用于计算地下水径流量的水位动态资料时,观测线一般垂直和平行计算断面布置。总之,应满足观测目的,实现对评价区地下水动态的控制。

6 连通试验的目的主要是查明岩溶地下水的运动途径,地下水系的连通、延展、分布情况。因此,试验工作应根据岩溶发育特征和岩溶地下水流向布置。

示踪剂法是岩溶管道发育地区经常采用的连通试验方法。示踪剂应无污染、易分解,常用的有离子化学物质、有机染料、碳氟化合物以及谷糠、木屑、石松孢子等。

7 水文地质同位素技术可分为环境同位素和人工同位素示踪两类。环境同位素的组成有稳定同位素 ^{18}O 、 ^2H (氘)、 ^{14}C 、 ^{34}S

和放射性同位素 ^{14}C 、 ^3H （氚）等，进行环境同位素测定，可以分析研究地下水的形成、补给、分布条件。人工同位素示踪常用的有 ^{131}I 、 ^{51}Cr 、 ^{82}Br 等，进行人工同位素示踪测试可了解钻孔中不同深度地下水的渗透速度和流向，确定渗透系数和弥散系数等。

8 测流法是在有渗漏的河段的上、下游断面上实测河段流量，根据其流量减少或增加的变化可分析地表水与地下水的补排关系及补排量。

9 特殊性土主要包括膨胀性土、湿陷性土、软土等。特殊性土在地下水作用下可能会产生地面膨胀、开裂、塌陷、沉陷等环境地质问题。因此，需进行必要的试验，了解其地质特性。

12 地下水资源量特别是允许开采量的计算、评价方法很多，但每种方法都有其必需的资料数据、特定的适用条件。因此，要根据勘察资料的获得情况和具体水文地质条件，选择适宜的计算、评价方法。

水文分析法、水均衡法是地下水资源量计算、评价常用的方法。采用以渗透理论为基础的解析法、数值法时，应注意介质条件、边界条件与计算公式假定条件的符合程度。

6 详勘阶段地下水资源勘察

6.0.1 详勘阶段是地下水资源勘察的重要阶段。通过本阶段的勘察应详细查明评价区或地下水水源地富水地段的水文地质条件,论证地下水资源状况,圈定宜井区,并预测评价开采后地下水资源的变化趋势及可能产生的环境地质问题。

6.0.3

1~5 规定要求在查明地层岩性、地质构造的基础上重点查明含水地层、储水构造和泉源水源地(泉域)的水文地质条件及水文地质特征。

查明评价区或地下水水源地水文地质条件、水文地质特征时,要注意对含水层均质性(均质、非均质等)、含水层边界条件(水头边界、流量边界、隔水边界等)、含水层水力特征(层流、紊流等)的分析。

岩溶的发育程度可用岩溶率量化表征,即线岩溶率(钻孔所遇岩溶洞穴的高度与钻孔总深度之比)、面岩溶率(单位面积中岩溶洞穴分布的面积)、岩溶体积率(岩溶洞穴体积与所在层位可溶岩体积之比)、钻孔遇洞率(在一个地区,揭露直径大于0.2m岩溶洞穴的钻孔与钻孔总数之比)等。

岩溶水文地质结构是分析岩溶地下水补径排、循环条件的基础。岩溶水文地质结构按岩溶层组类型可划分为均一含水层、双层含水层、多层含水层、混合含水层;按构造类型可划分为单斜型、背斜型、向斜型、断裂型。岩溶地下水类型,裸露型岩溶区可划分为岩溶裂隙潜水、地下暗河水、地下湖水;覆盖型岩溶区可划分为脉状岩溶地下水、地下河系;埋藏型岩溶区可划分为层间裂隙岩溶水、脉状裂隙岩溶水。

6 可开采含水层(带)是指透水性好、厚度大、分布广、能拦截区域地下径流或接近补给水源具有良好开采价值

的含水层（带）。对地下水源地而言则是能满足建设项目取水要求的含水层（带）。

7 地下水动态特征及其变化规律综合反映了地下水的埋藏和形成条件。研究地下水动态特征及其变化规律，对于认识评价区域地下水源地的水文地质条件和地下水资源状况具有非常重要的意义。

11 地下水开采利用情况包括开采井的数量、位置、深度、成井结构、抽水设备、开采量、用途、年开采总量、各含水层的开采量以及水位、水质、水温的动态变化情况。

12 水文地质条件评价应包括含水层和隔水层以及储水构造和阻水构造的类型、岩性、性质、结构、分布特征、分布埋藏条件、富水性及主要水文地质参数，地下水的赋存规律、动态变化特征及其补给、径流、排泄条件，地下水的物理、化学性质等主要内容。地下水资源状况评价应包括地下水资源量（允许开采量）、质量及保证程度和开采条件下的可能变化等主要内容。

14 地下水污染源，按成因可分为天然污染源和人为污染源两大类。天然污染源，即自然界本来就存在的各种劣质水体，如海水、高矿化度地下水等；人为污染源，指因人类活动形成的污染源，如各种废水、污水、垃圾、化肥、农药等。污染物中的有害成分主要有游离氧、氨、氟化物、氰化物、二硫化物等。

污染方式可分为直接污染和间接污染两种。污染途径通常有三种：一是在含水层开采降落漏斗范围内，污染物通过含水层上部的透水岩层直接渗入含水层；二是污染从含水层的其他地段进入开采段；三是污染物借助天然或人为的某些集中通道进入含水层。

6.0.4

1 本阶段水文地质测绘主要应对基本查明的富水地段或水源地进行中或大比例尺的实地测绘。

通过剖面水文地质测绘可以更好地分析水文地质条件在空间上的变化特征，因此重点地段应进行剖面水文地质测绘。

2 物探测井是水文地质物探中必不可少的手段。通过物探测井可以准确地确定含水层（带）的厚度、深度、富水程度、咸淡水界面位置，测定某些水文地质参数。常用的测井方法很多，实际应用中应根据测试目的合理选择，若多种方法相互配合、相互印证，效果更好。

3 对水文地质钻探的勘探线和钻孔布置作了原则规定。一般情况下，为查明区域水文地质条件布置的钻孔，宜布置成勘探线的形式；主要为地下水资源评价布置的勘探孔，其布置方案应考虑拟采用的地下水资源评价方法；以水源地为勘探目的的勘探孔，应考虑探、采结合，钻孔宜布置在富水性好、成井把握性大的地段。

当采用数值法评价地下水资源时，应侧重对水资源计算区边界的勘探并满足计算区水文地质参数分区的要求。

4 对抽水试验方法及抽水试验孔的布置作了原则规定。

多孔抽水试验观测孔的水位不存在抽水孔水跃值和抽水孔附近三维流的影响，利用观测孔的水位观测数据，可以提高井流公式所计算出的水文地质参数的精度。此外，利用观测孔的水位，可以用多种作图方法求解稳定流和非稳定流的水文地质参数，可以绘制抽水的人工流场，帮助判别含水层的边界位置与性质、补给方向、补给源等水文地质条件。因此，条文规定了应在主要富水层（带）及计算断面进行多孔抽水试验。

开采性的抽水试验的必要性，包括两个方面：一是为了充分验证拟开采孔地下水开采条件；二是水源地地下水赋存条件复杂，其补给条件和边界条件难以查明，需进行开采性抽水试验。

分层抽水试验的主要目的是确定各含水层的水文地质参数，同时了解各含水层之间的水力联系。因此，有多层含水层时宜进行分层抽水试验。进行分层抽水试验时应严格分层止水。分段抽水试验的目的是为确定厚层含水层不同埋深段的富水性差异，同时也可确定开采井的深度和分段取水提供依据。因此，同一含水层厚度较大时，宜进行分段抽水试验。进行分段抽水试验时应

严格分段止水。

进行大流量、大降深群孔抽水试验采用的流量、降深值宜接近或大于设计开采量和降深值。

关于试验方法。由于本阶段需要通过抽水试验获得渗透系数、导水系数、释水系数等较多的水文地质参数，因此，宜选用非稳定流的抽水试验方法。当需要获得开采孔群（组）设计所需如影响半径、井间干扰系数等水文地质参数和水源地允许开采量时，则需选用群孔抽水试验。如设计开采量远小于地下水补给量，可选用稳定流抽水试验方法；反之，则选用非稳定流的抽水试验方法。

观测孔（线）应根据抽水试验的目的布置：

（1）为求取含水层水文地质参数的观测孔，一般应和抽水孔组成观测线，观测线的位置应根据抽水时可能形成的水位降落漏斗的特点确定。

（2）当抽水试验的目的在于查明含水层的边界性质和位置时，观测线应通过主孔，垂直于欲查明的边界布置。

（3）对欲建立地下水水流数值模拟模型的大型抽水试验，宜将观测孔比较均匀地布置在计算区域内。

（4）当抽水试验的目的在于查明垂向各含水层之间的水力联系时，宜在同一观测线上布置分层的水位观测孔。

5 地下水动态是地下水埋藏条件和形成条件的综合反映。根据地下水的动态特征可进一步分析、认识评价区或地下水水源地的水文地质条件，识别不同类型的含水层。同时，地下水动态资料是计算地下水某些均衡要素以及进行地下水资源评价必不可少的资料。详勘阶段要进一步完善观测系统，认真进行地下水动态观测。

8 测定地下水实际流速，主要是为了确定地下水的补给方向和强、弱径流带的位置。测试方法大致有化学法、比色法、电解法、充电法等。测试方法及示踪剂可根据试验目的和试验条件选用。

示踪剂投放点与观测点的距离可参考表 1。

表 1 示踪剂投放点与观测点间距推荐表

岩（土）性质	投放点与观测点间距（m）
细粒砂	2~5
含砾粗砂	5~15
透水性好的裂隙岩石	10~15
岩溶发育的石灰岩	>50

9 注水试验是一种在野外现场测定包气带土层垂向渗透性的简易方法。在研究大气降水、灌溉水、渠水、暂时性表流等对地下水补给量时，常需进行渗水试验。试验方法可根据试验目的和精度要求等因素按 SL 345 的规定选用。

14 地下水补给来源有降水渗入、地表水渗入、地下水侧向流入和垂向越流以及人工补给等，补给量计算时应以天然补给量为主，同时考虑合理的补给增量。天然条件下，地下水的储存量呈周期性变化，一般应计算一年内最大储存量和最小储存量。允许开采量的大小，是由地下水的补给量和储存量决定的。计算地下水的允许开采量是地下水资源评价的核心，目前已有的计算方法很多，实际应用中可按附录 I 的规定，根据具体条件选择适用的方法进行计算。

16 取水建筑物类型大致有管井、筒井、水平集水工程、斜井、大池、扩泉井等六类，其适用性主要根据地形地质条件和水文地质条件以及设计需水量、施工方法、抽水设备等因素确定。取水建筑物布局主要指取水井在平面和剖面上的布置、排列形式及井间距与井数等，应根据水文地质条件以及用水目的，本着合理、经济、安全的原则确定。

7 开采阶段地下水资源勘察

7.1 一般规定

7.1.1 开采阶段是地下水资源勘察的最后阶段，主要在地下水开采运行期实施。本阶段勘察应根据开采运行的资料和出现的问题，检验前期勘察成果的正确性，分析、论证水源地扩大开采的可能性，查明、论证出现的水文地质、环境地质问题。

7.1.3

1 水文地质条件的变化主要表现为地下水赋存、补给和边界条件的变化，因其变化可能会对地下水开采运行的水位、水质、水量等产生影响。因此，应查明水文地质条件的变化情况，分析原因，评价其对开采运行的影响。

2 地下水可更新能力评价是地下水资源评价的重要基础，也是制定地下水合理开发利用模式的重要依据。因此，应进行地下水可更新能力评价。

4 验证地下水允许开采量，评价其对开采运行的保证性，是本阶段勘察的核心内容，是地下水允许开采量评价精度满足 A 级要求的保证，应根据多年开采运行资料进行计算、评价。

6 扩大开采可能性的论证是本阶段勘察的重要内容，应在认真分析多年连续开采运行有关资料和必要的勘探、试验工作的基础上进行。

7.1.4 本阶段的勘察方法主要是对开采运行资料的统计、分析以及必要的测绘和勘探、试验。开采运行的各种资料包括开采量、水位、水质、水温等是分析、论证水源地扩大开采和查明出现的水文地质、环境地质问题的重要依据。因此，要确保资料的充分、真实、连续、有效，注意系统性分析和相关性分析。

5 推荐的水源地扩大开采量的计算方法都有一定的适宜性和局限性，实际应用中应根据开采运行资料和水文地质条件选用

并相互论证计算。

7 地下水可更新能力评价有多种方法，如地下水更新性评价、地下水测年评价、地下水平均滞留时间估算、地下水补给强度估算等。本规范采用的评价方法是根据国土资源部中国地质调查局和中国地质科学院水文地质工程地质研究所的有关资料编制的。

7.2 环境地质问题勘察

7.2.1 地下水是环境地质作用中最活跃、最重要的因素。因地下水导致的环境地质问题，可能是天然条件下产生的，也可能是地下水开采条件下产生的。分析时，要注意区分两种不同的类型，主要分析因地下水开采可能引起的环境地质问题。

与地下水有关的环境地质问题的评价包括现状评价和发展趋势预测评价。现状评价包括环境地质现象的规模、分布特征、性质类型、等级程度等；发展趋势预测评价包括主要影响因素的影响趋势分析和范围、幅度、速度等发展趋势分析及危险性评价等。

7.2.2 环境地质条件是环境地质现象产生的原因，岩土工程地质性质是环境地质条件中的重要因素。在进行与地下水有关的环境地质问题勘察中，要注意对发生区岩土工程地质性质的了解，特别是在地下水开采的水动力条件下的变化特征。

条文未对勘察工作量作出具体规定，实施中可根据具体情况确定。

5、6 系根据国土资源部中国地质调查局的有关资料编制。

附录 A 地下水资源勘察资料 整理及报告编制

A.1 一般要求

A.1.2 勘察过程中获得的各种原始资料应在现场及时整理，以便及时补充修正。

A.1.3 数据资料的统计范围主要应根据水文地质条件确定，宜为同一水文地质单元中具有统一水文地质条件的区域。如，具有统一补给、排泄条件的水均衡区或同一含水层（带）、同一储水构造等。

采用多种方法对同一水文地质参数或要素进行计算，其成果建议值，不能简单取其数学统计的平均值或范围值。而应根据勘察区的水文地质条件以及可能的开采利用方案综合考虑、合理确定。这样可以使计算结论更加符合水文地质的实际，避免单纯计算带来的偏差。

A.1.4 条文仅对成果图表编制的基本要求作了规定。由于不同的勘察阶段，需要编制的成果图表不同；不同的水文地质条件，成果图表所反映的内容不同。因此，成果图表的具体形式可根据实际需要确定。

A.1.5 勘察报告是综合反映勘察区全部勘察成果的重要文献，是对勘察区水文地质条件以及地下水资源水文地质评价的科学论证。条文对勘察报告编制的基本要求作了规定。

勘察报告除满足本条文规定的要求外，还应满足委托单位及审查部门的有关规定。

A.2 勘察报告编写

本节对地下水资源勘察报告编写的章节安排和主要内容以及主要附图附表作了规定。实际工作中，可根据勘察任务的特点、勘察阶段以及水文地质条件的复杂程度，灵活掌握、有所侧重、

增补删减。

如需编制专题报告如水文地质测绘报告、水文地质试验报告、环境地质报告等，可根据编制目的和内容进行编制。

此外，勘察报告及相关勘察资料应进行校、审检验，并按规定归档。

附录 B 地下水资源勘察常用图例、符号

本附录参照有关技术标准对地下水资源勘察常用图例、符号及着色作了规定。

实际工作中如另有需要，可按照常规通用、表示明确、花纹简单、绘制方便、易于微机成图的原则选择或拟定新的图例、符号。

附录 C 水文地质测绘

C.1 一般规定

C.1.1~C.1.4 水文地质测绘是地下水资源勘察的重要方法。条文对水文地质测绘的一般技术要求作了规定。

同时进行地质、水文地质测绘时,地层单元的划分除按 C.1.2 条的规定执行外,还应考虑地质测绘地层单元划分的规定。重要地质现象如断层破碎带、裂隙密集带等应结合水文地质条件单独划分,必要时可扩大比例尺表示。

表 C.1.4 参照《供水水文地质勘察规范》(GB 50027—2001)按不同比例尺的要求对水文地质实地测绘的观测点数和观测路线长度作了规定。实际测绘中,可根据测区地质、水文地质条件的复杂程度适当加密、加长。

水文地质剖面是研究、分析测区地层岩性、地质构造分布特征及其水文地质特征的重要图件。宜在测区纵横方向及主要水文地质现象部位测制水文地质剖面。

C.1.5

3 遥感影像水文地质填图的野外验证工作必不可少。采用地质遥感法进行水文地质测绘,有些资料如地层、地质构造的产状、性质,井、泉所属含水层类型、水位、水质、水量等,在遥感影像上难以获见;有些资料在室内很难得出正确的解译成果。因此,必须到野外实地验证、补充。

C.2 水文地质测绘内容和要求

本节规定了水文地质测绘的主要内容和要求。执行时,可根据测区的地质、水文地质条件以及勘察阶段、勘察任务的要求有所侧重。

水文地质测绘要重点调查研究与水文地质及水文地质环境有

关的地貌、地质现象。如河谷、冲沟、阶地、岩溶及山前冲、洪积扇等地貌的调查；砂、砂砾石层等松散堆积层及碎屑岩、可溶岩和风化岩等可能含水地层和含水岩石的调查；破碎带、裂隙密集带等具有储水空间的地质构造的调查等。

泉水流量的测量方法，有堰测法、容积法、排水法、浮标法及流速仪法。一般常用堰测法，如三角堰、矩形堰、梯形堰等。

C.3 各类地区水文地质测绘的专门要求

本节根据不同地貌类型区地下水的分布特征及其水文地质条件，规定了水文地质测绘的专门要求。测绘的具体内容和要求宜按 C.2 节的规定执行。

附录 D 水文地质物探

D.0.1 水文地质物探方法很多。由于所依据的基本原理不同，每种方法都有其具体的适用条件和应用范围。因此，宜结合勘察区的场地条件、地质、水文地质条件及探测目的，选用合适的方法。

由于物探方法的局限性和成果的多解性，在水文地质条件中等以上复杂地区宜进行两种以上方法的综合物探，以相互验证、求得共解。

D.0.2 水文地质物探的基本原理是利用被探测地质体的地球物理特性（如电法、磁性等），通过测定地层岩性、地质构造的空隙和地下水的物性显示，判断含水层（带）和地下水的存在、分布。因此，只有当被探测体基本满足探测方法的使用条件时，才能得出较好的效果。本条文规定了采用物探时，被探测体应具备的基本条件。考虑到各种物探方法的适用条件不尽一致，因此只能对被探测体的共性要求作出一般规定。

附录 E 水文地质钻探

E.1 一般规定

E.1.2~E.1.5 钻孔的结构设计要求在实际工作中充分收集、研究和利用已有资料，合理设计钻孔结构，达到节省勘察费用，提高效益的目的。

条文中关于止水的规定与要求主要针对勘探孔而言。为保证观测资料的正确，长期观测孔也应分层止水。

E.2 抽水孔过滤器

E.2.1 过滤器种类繁多，结构各有不同。本条对过滤器的类型选择作了推荐性或允许性规定，试验中应根据含水层的水文地质特征及岩性特征，合理选用。

包网过滤器尽管造价偏高，但其对观测精度影响较小。因此，观测孔宜采用包网过滤器。

E.2.2 生产实践和试验研究表明，松散地层中在相同的条件下，抽水试验过滤器的直径增加，其出水量随之相应增加。但当直径增加到一定限度（如过滤器直径大于 200mm）时，出水量增加的幅度将逐渐减少。本条关于“抽水孔过滤器骨架管的内径，松散地层宜大于 200mm”的规定，主要考虑了出水量增加的有效直径以及在松散地层中易于施工的因素。

基岩勘探孔中的过滤器直径，考虑到孔径过大时钻进困难，过小又不能安装抽水设备。为至少能满足空气压缩机抽水的要求，并保证获得比较正确的抽水试验资料，所以本条规定在基岩层中“宜大于 100mm”。

E.2.3 资料表明，在相同条件下抽水孔出水量随过滤器长度的增加而增加。但当过滤器长度达到某一数值后，出水量增加的幅度却很小，甚至毫无实际意义。由此，从实际的角度

度可以引出一个过滤器“有效长度”的概念，即指抽水孔的出水量增加强度 $\Delta Q \text{ (L/s)} / \Delta L \text{ (m)} < 0.5$ 或进水量占整个抽水孔出水量 90%~95% 时的过滤器长度。据统计、计算分析，在通常出水量和水位下降值的情况下，过滤器“有效长度”大致为 20~30m。

本条文对厚含水层中过滤器的长度可采用 20~30m，在执行中可以理解为：当水位下降值较小或渗透性能较强的情况下，可采用 20~30m；当水位下降值较大或渗透性能较弱的情况下，可采用 30m 或更长一些。另外，当确有把握采用某些计算公式换算不同过滤器长度的出水量时，也可采用其他数值。

E. 2. 4 抽水孔过滤器骨架管的孔隙率（宜大于 15%）系参照了有关技术标准的要求作了规定。

E. 2. 6 填砾过滤器具有有效孔隙率大、水头损失小、进水渗透流速小、出水大，并能防止涌砂堵塞，耐腐蚀的特点，是一种普遍应用的过滤器。本条根据国内相关技术标准对填砾过滤器的滤料规格和缠丝间隙作了规定。

E. 3 钻孔施工

E. 3. 2 基岩钻孔由于孔壁稳定，应采用清水钻进。松散地层当孔壁不易坍塌，钻进比较容易的情况下，可采用水压钻进；反之，则应采用泥浆钻进。采用泥浆护壁钻进时，为了避免滤料层的淤塞，造成洗孔困难，应在下管前和充填滤料前换浆，将孔内的稠泥浆逐步换为稀泥浆。

E. 3. 3 规定孔斜的要求，不仅能保证抽水试验正常进行，而且也能保证正确判定地层或孔隙岩溶的深度和位置。条文规定孔斜度不大于 1.5° 的要求，是考虑到目前我国常用的井斜仪的精度，其误差一般为 $\pm 0.5^\circ$ 。孔深误差不大于 2‰，是综合分析了有关规范的规定，为保证钻探精度而得出的。该数据包括了测量工具本身的误差和相应的观测误差。

关于洗孔出水含砂量，其数值计算有质量比和体积比两种形

式，且前者约为后者的 2 倍。我国的习惯做法是在现场直接按体积比测定水中含砂量，无需再灶干称重换算成质量比，这样简便易行，故条文规定的含砂量数值为体积比。

E. 3.4 为了保证地层鉴定和地质现象识别以及试验需要，本条对钻探取样作了规定。如试验有特殊需要，应满足试验要求。

附录 F 抽水试验

F. 1 一般规定

F. 1. 1 抽水试验方法因允许开采量计算方法与精度要求不同而异。单孔抽水试验，仅在一个试验孔中抽水，用以确定涌水量与水位降深的关系，概略取得含水层渗透系数；多孔抽水试验，在一个主孔内抽水，在其周围设置若干个观测孔观测地下水位，通过多孔抽水试验可以求得较为确切的水文地质参数和含水层不同方向的渗透性能及边界条件等；群孔抽水试验，在影响半径范围内，两个或两个以上钻孔中同时进行的抽水试验，通过群孔抽水试验确定水位下降与总涌水量的关系，从而预测一定降深下的开采量或一定开采定额下的水位降深值，同时为确定合理的布井方案提供依据。为数值方法提供模拟原型的群孔抽水试验，应对计算域的流场作整体揭露；试验性开采抽水试验，是模拟未来开采方案而进行的抽水试验，一般在地下水天然补给量不很充沛或补给量不易查清，或者勘察工作量有限而又缺乏地下水长期观测资料的水源地，为充分暴露水文地质问题，宜进行试验性开采抽水试验，并用钻孔实际出水量作为评价地下水可开采量的依据。

水文地质条件简单，初步查明含水层的渗透性及分布规律时，宜选择单孔抽水试验；水文地质条件复杂的工程区，为查明含水层的渗透性和渗透各向异性时，宜在区内典型地段布置多孔抽水试验。

F. 1. 2 抽水试验孔采用完整孔还是非完整孔，主要取决于含水层厚度和含水层在垂直方向上的均一性。一般情况下，如果含水层比较均一，而且厚度又不很大时〔《水利水电工程钻探抽水试验规程》（SL 320—2005）中厚度大、小分界的标准定为 15m〕，宜采用完整孔抽水，其过滤器长度宜为含水层厚度的 0.9 倍以上；非完整孔抽水，其过滤器长度和位置，应根据拟选用公式的

适用条件确定。非均质层状含水层，当其单层厚度不小于 3m 时，可采用非完整孔进行分段抽水，过滤器置于单层中部，长度宜不大于 1/3 单层厚度，当单层厚度小于 3m 时，不宜进行分段抽水试验。多个含水层需要进行分层抽水时，抽水孔段的结构类型，应根据各个试验含水层的厚度分别确定，并应对试验含水层和相邻含水层间的隔水层或相对隔水层采取止水隔离措施。

F.1.3 本条作如下说明：

(1) 关于观测孔布置的方向。当地下水存在着坡度（尤其是水力坡度较大）时，在不同方向上的水头损失是不相等的。因此，需要根据试验的目的来考虑观测线的布置方向。譬如，为计算水文地质参数，观测线常垂直地下水流向布置，以减少水力坡度对计算参数的影响；若测量含水层不同方向的非均匀性和实测抽水的影响范围，可根据具体目的布置观测线；若需要查明边界条件时，应在边界有代表性的地段布置观测孔。

(2) 关于观测孔距抽水孔的距离。为计算参数用的观测孔距抽水孔的距离，应取决于从观测孔中测得的水位下降值是否符合计算公式中的要求。譬如常用的计算公式：

$$s = \frac{Q}{2\pi KM} \ln \frac{R}{r} \quad (1)$$

是假设地下水为层流和二维流的情况下推导出来的，而没有考虑在产生紊流和三维流时所造成的水头损失。因此从观测孔中测得的水位下降值应满足推导上述公式的条件。

观测孔距抽水孔的距离，一般当 $r > M$ 时，紊流、三维流的影响就很小，对计算精度不会有大的影响。所以本规范规定，距抽水孔的第一个观测孔的距离宜大于含水层厚度。三维流的影响与抽水孔的出水量及过滤器直径的大小有关，如抽水孔出水量很小，过滤器直径比较大时，则第一个观测孔可以靠抽水孔更近一些。

关于远观测孔的距离，一般要求从孔中测得的水位尽量不受含水层边界的影响且易于达到稳定，以便于资料的分析和采用多种方法计算水文地质参数。为此，原则规定“距第一个观测孔的

距离不宜太远”。这样，也可保证孔中有较大的水位降，减少测量时的观测误差。

上述规定，主要是为了利用观测孔中的水位下降值求水文地质参数而制定的。若是为了实测影响范围或其他用途，则可不受其限制。

(3) 关于观测孔的数量。观测孔的数量与所采用的计算公式的要求有关。为了能使同一资料采用多种方法进行计算，相互比较，因此规定同一观测线上的观测孔数宜为 3 个。

(4) 关于观测孔过滤器的设置。对观测孔过滤器的设置，要求置于同一含水层、同一深度。过滤器长度相同，以增强可比性，给分析、利用资料提供方便。

F.1.5 本条强调观测孔和抽水孔在抽水前和抽水中，抽水孔和观测孔中的静水位和动水位、动水位和出水量均应同步观测，目的是能完整地获得抽水孔出水量与抽水孔及各观测孔动水位之间的相互关系。

F.1.6 恢复水位观测的时间间隔，在最初的 10min 内，本标准的规定是间隔 1min 的测 4 次，间隔 2min 的测 3 次，这是根据目前地下水测试工具的现状做出的最低标准的要求。今后随着测试工具的改进与普及，可将最初的时间间隔缩短至 10~30s，以使其更能反映出恢复水位在最初时间里的真实变化情况。

F.2 稳定流抽水试验

F.2.1 稳定流抽水试验水位下降不宜少于 3 次，其理由是：

(1) 可以获得含水层出水条件、补给条件，边界性质等水文地质信息。

(2) 可以获得孔的抽水试验特性曲线，以便正确选择计算水文地质参数的公式。

(3) 可以获得计算单孔出水量及其降深的外推依据。

(4) 多降深的水文地质参数计算，可以相互验证，有利于保证求参计算的可靠性。

各次下降的水泵吸水管口的安装深度应相同。

当抽水孔出水量很小，试验时的出水量已达到抽水孔极限出水能力时，水位下降次数可适当减少。最大降深的确定主要取决于含水层厚度，承压水的水头，以及涌水量对应的动水位值，同时适当考虑抽水设备的能力。

F.2.2 流量稳定标准主要是看有无持续增大或变小的趋势，同时本条还给出了允许流量波动的范围值。《抽水试验规程》(YS 5215—2000)中根据不同的抽水设备给出了不同的允许流量波动的范围，水泵抽水，出水量波动率不大于 3%；空压机抽水，出水量波动率不大于 5%。

F.2.3 本条没有采用通常的“在多长时间的时间间隔内不超过某一数值”的规定，是因为在抽水试验中时常遇到即使在规定的时间内间隔内水位变化不超过规定的数值，但是从相邻的时间间隔内水位变化的对比来看，水位实际上并没有稳定，而呈现持续上升或下降的趋势。因此，动水位的稳定与否，单看水位的波动范围是不够的，更主要的是要考虑有无持续上升或持续下降的趋势。所谓“在一定范围内波动”，是指不同的抽水设备，可能出现的水位上下波动值。

有观测孔时，应以最远观测孔的动水位判定。应考虑自然水位的影响，在滨海地区应考虑潮汐对动水位的影响。

F.2.4 规定稳定延续时间，主要是为了检查抽水试验地段，由孔中抽出的水量与地下水对孔的补给量是否已经达到平衡。达到两者平衡的时间，对各种补给条件和不同颗粒组成的含水层是不一样的。实际上，一旦出水量与补给量能达到平衡时，稳定延续时间就没有必要太长，因为在整个稳定延续时间内，水位的波动已在允许范围内。但在补给条件较差的地区，应特别注意是否达到了稳定，必要时，应延长稳定延续时间。

F.3 非稳定流抽水试验

F.3.1 抽水孔出水量保持常量的规定是必要的，变流量的方法

也可行,但通常总是以流量 Q 不变的解作为整理抽水试验资料方法的基础。这不仅是因为常流量的试验方法操作简便,而且还因为该方法应用广泛,资料丰富,研究的人员较多,研究时间较长,成熟度也高,将有利于保证成果质量。

F.3.2 在承压含水层中抽水时,采用 $s-\lg t$ 关系曲线;在潜水含水层中抽水时,采用 $\Delta h^2-\lg t$ 关系曲线。拐点是指曲线上斜率的导数等于零的点。当有观测孔时,应采用最远观测孔的 s (或 Δh^2) $-\lg t$ 关系曲线。

$[s$ (或 Δh^2) $-\lg t]$ 关系曲线无拐点时,延续时间根据试验目的确定,宜使其水平投影在 $\lg t$ 轴上的数值不少于两个对数周期。

F.3.3 本规范规定的观测时间,是根据尽量能满足非稳定流公式“瞬时现象”的要求,又考虑到目前测试技术水平实现时空高分辨的可能性程度而综合确定的。

F.3.5 群孔抽水试验,一般为定流量、一次降深抽水。但有时在有补给保证的前提下,可根据总出水量与水位降深关系推断允许开采量。

F.3.6 开采性抽水试验,一般是在水文地质条件复杂、补给条件不清的地区进行。由于这类地区评价地下水资源比较困难,用一般的解析方法难以解决问题或可靠性不大时,需要借助开采性抽水试验来验证地下水补给量或确定允许开采量。

由于这种抽水试验方法的工期长、消耗大,除特殊情况需在勘探阶段进行外,一般应利用开采井结合试生产进行。

F.4 试验资料整理

F.4.1 通过水位、流量历时曲线图,可以发现试验过程中的异常情况,同时还可根据曲线变化趋势,判断稳定时间的起点和稳定时间的长短。绘制 $Q-s$ 关系曲线是为了确定钻孔的出水能力,推算钻孔的最大可能出水能力和单位出水量、以及判别含水层的水力性质,检查抽水试验正确与否的重要依据。

F. 4. 2 由于自然界地质及水文地质条件极为复杂，且目前对水文地质参数计算的经验总结和有关科研工作还不够深入，而抽水的情况和抽水试验的方法又多种多样，宜根据具体条件和公式的基本原理与适用条件合理地选用。

F. 4. 3 影响半径采用裘布依公式求得，但由于裘布依公式推导时的条件与实际不符，因此，计算结果是一个近似值。根据近来较多的人所接受的概念，影响半径应当分两种情况进行考虑：第一种情况为含水层侧向有补给源，当抽水量与补给量达到平衡时，此时影响半径 R 的数值完全取决于边界的形状和抽水井距边界的距离，而与含水层厚度、渗透系数值及抽水时间无关；第二种情况为含水层为无侧向补给的无限含水层，随着抽水时间的延长，含水层的地下水储量不断消耗，降落漏斗不断向外扩展，因而影响半径 R 是随着抽水时间而增加的。

附录 G 地下水动态观测

G.1 一般规定

地下水动态观测是了解地下水动态变化规律、研究地下水均衡状态、认识水文地质条件、进行地下水资源数量、质量评价的重要方法。条款对地下水动态观测的一般技术要求作了规定。

应说明的是，本规范规定的地下水动态观测是勘察期间的地下水动态观测，并非地下水的常规监测。当然，勘察期间应注意收集、利用常规监测网站及其有关资料。

地下水动态观测点、观测线的布置原则，可参照 5.0.4 条 5 款条文说明。

地下水动态受气候气象、水文、地质以及人为因素的影响，是一个复杂的、有一定周期的过程。因而，对地下水动态规律的认识，需要经过相当长时间的观测和资料积累。为了全面掌握地下水动态的规律，地下水资源勘察时宜尽早开展地下水动态观测。

附录 H 水文地质参数计算

H.1 一般规定

水文地质参数是表征含水层性质特征的重要参数,是进行水文地质计算和地下水资源评价的重要依据。本节对水文地质参数计算基础资料的采集以及计算方法的选择作了规定。

为使参数计算符合推导公式的假定条件,保证计算结果的误差在允许范围内,H.1.5条规定了潜水孔计算公式中当采用观测孔水位资料进行计算时,应符合下降漏斗的坡度小于 $1/4$ 的限定条件。

普查阶段主要是通过资料收集和地面调查,了解勘察区的基本地质、水文地质条件。因此,主要水文地质参数可采用经验值或水文地质类比获取。

H.2 渗透系数、导水系数与压力传导系数

渗透系数 K 是表征含水层渗透能力的参数。本节规定了利用单孔、多孔稳定流和非稳定流以及同位素示踪测井等试验进行渗透系数、导水系数与压力传导系数计算的方法和公式。使用时应注意公式的适用范围和条件。

H.2.1 规定了采用单孔稳定流抽水试验资料计算渗透系数的方法。

1 当抽水试验关系曲线 $Q-s$ (或 Δh^2)呈直线时,说明该抽水试验井损较小,可直接选用附录H表H.2.1中的公式计算渗透系数。

2 当抽水试验关系曲线 $Q-s$ (或 Δh^2)呈曲线时,说明该抽水试验井损较大,在计算 K 值时应消除其影响,以提高单孔计算的精度。本规范推荐使用作图截距法和插值法。

理论推导知,任何 $Q-s$ 关系曲线可采用一个高次方多项式表示为式(2):

$$s = a_1 Q + a_2 Q^2 + \cdots + a_n Q^n \quad (2)$$

式中 a_1 、 a_2 、 $\cdots$ 、 a_n ——待定系数。

而一次项系数 a_1 可用式 (3) 表达：

$$a_1 = \frac{1}{2\pi KM} \ln \frac{R}{r} \quad (3)$$

由此可知，当求得 a_1 值后，即可求得 K 值。

(1) 插值法求 $Q-s$ 代数多项式。以四组 $Q-s$ 抽水试验资料为例，式 (2) 可简化为式 (4)：

$$s = a_1 Q + a_2 Q^2 + a_3 Q^3 + a_4 Q^4 \quad (4)$$

采用均差表求 $Q-s$ 多项式及其待定参数 a_1 。

表 2 插值均差表

n	Q (m^3/d)	s (m)	一阶均差	二阶均差	三阶均差	四阶均差
0	0	0				
1	Q_1	s_1	a_{11}			
2	Q_2	s_2	a_{12}	a_{22}	a_{33}	
3	Q_3	s_3	a_{13}	a_{23}	a_{34}	a_{44}
4	Q_4	s_4	a_{14}	a_{24}		

表 2 中 $a_{11} = \frac{s_1 - 0}{Q_1 - 0}$; $a_{12} = \frac{s_2 - s_1}{Q_2 - Q_1}$; $a_{13} = \frac{s_3 - s_2}{Q_3 - Q_2}$; $a_{14} = \frac{s_4 - s_3}{Q_4 - Q_3}$;

$a_{22} = \frac{a_{12} - a_{11}}{Q_2 - 0}$; $a_{23} = \frac{a_{13} - a_{12}}{Q_3 - Q_1}$; $a_{24} = \frac{a_{14} - a_{13}}{Q_4 - Q_2}$; $a_{33} = \frac{a_{23} - a_{22}}{Q_3 - 0}$; $a_{34} =$

$\frac{a_{24} - a_{23}}{Q_4 - Q_1}$; $a_{44} = \frac{a_{34} - a_{33}}{Q_4 - 0}$ 。

则 $s = a_{11}Q + a_{22}Q(Q - Q_1) + a_{33}Q(Q - Q_1)(Q - Q_2) + a_{44}Q(Q - Q_1)(Q - Q_2)(Q - Q_3)$

对上式展开得: $a_1 = a_{11} - a_{22}Q_1 + a_{33}Q_1Q_2 - a_{44}Q_1Q_2Q_3$

求得待定系数 a_1 后, 即可以 $1/a_1$ 取代相应公式中的 Q/s [或 $Q/(H^2-h^2)$] 分别计算 K 值。

在作均差表时, 要求抽水段落 $Q-s$ 曲线上均匀分布, 否则, 需要在 $Q-s$ 图上取等距点作均差表。

(2) 作图截距法。当 s/Q (或 $\Delta h^2/Q$)— Q 关系曲线呈直线时, 可采用作图截距法求待定系数 a_1 。

作图截距法的应用条件是抽水试验资料的曲线关系应为抛物线型 (即 $s=a_1Q+a_2Q^2$)。当 $Q-s$ 不是抛物线型时, 即 s/Q (或 $\Delta h^2/Q$)— Q 不呈直线而呈曲线, 则该资料包括 Q 的高次方项, 且曲线的“截距”存在随意性。此时应使用插值法来描述抽水资料的一般表达式。

为求准待定系数 a_1 应做一次地下水水位小降深的抽水, 使 s/Q (或 $\Delta h^2/Q$)— Q 关系曲线上能有一个实测点靠近纵轴, 从而提高截距的精度。应用作图截距法的示意图参见《供水水文地质勘察规范》(GB 50027—2001)。

(3) 表 H. 2. 1 中序号 3、4 两个非完整井公式与常用的国外公式比较, 其计算精度是比较高的。

H. 2. 2 利用多孔抽水试验观测孔的资料计算 K 值时, 时常会遇到采用靠近抽水孔的观测孔资料算得的值偏小, 而采用远离抽水孔的观测孔资料算得的值偏大的现象。究其原因, 一方面可能是抽水没有达到稳定的要求, 另一方面还在于没有考虑公式的适用条件, 即抽水试验关系曲线 $s-\lg r$ 应呈直线关系:

$$s = \frac{Q}{2\pi KM} \ln R - \frac{Q}{2\pi KM} \ln r \quad (5)$$

靠近抽水孔的观测孔由于受孔周阻力的影响, $s-\lg r$ 曲线容易偏离直线段; 远离抽水孔的观测孔则受边界的形状和性质的影响, 也将偏离直线段。因此在采用表 H. 2. 2 中裘布依公式时, 要求观测孔内的 s (或 Δh^2) 在 $s(\Delta h^2)-\lg r$ 关系曲线上能连成直线。

H.3 给水度和释水系数

从使用情况来看, 确定给水度 μ 和释水系数 S 的方法均有局限性。抽水试验法受推导公式时假设条件的限制, 计算精度取决于实际的水文地质边界条件与理论公式假设条件的符合程度; 野外试验方法的施工比较麻烦, 且受指示剂性质的影响很大, 测定的结果既有成功的也有失败的; 室内试验方法需要的原状土样难于采取; 经验系数法带有人为随意性。因此, 在实际勘察中应根据具体条件采用不同针对性的方法, 才能获得正确的结果。

表 3 列出了一些岩(土)体给水度的经验值, 供参考。

表 3 给水度 μ 经验值

名 称	μ	名 称	μ
黏土	0.02~0.035	细砂	0.08~0.11
粉质黏土	0.03~0.045	中细砂	0.085~0.12
粉土	0.035~0.06	中砂	0.09~0.13
黄土状粉质黏土	0.02~0.05	中粗砂	0.10~0.15
黄土状粉土	0.03~0.06	粗砂	0.11~0.15
粉砂	0.06~0.08	泥质胶结的砂岩	0.02~0.03
粉细砂	0.07~0.010	裂隙灰岩	0.008~0.10

H.4 降水入渗系数及影响半径

H.4.1~H.4.3 降水入渗系数 α 的物理意义是降水渗入量与降水总量的比值。降水入渗系数的大小取决于地表土层的岩性结构、地形坡度、植物覆盖以及降水量的大小和形式。其中, 地表土层的岩性结构影响最为显著。确定降水入渗系数的方法有动态观测法、经验数值法、现场测定法及公式计算法等, 勘察中可根据具体情况, 适宜选择。

表 4 列出了一些岩(土)体降水入渗系数的经验值, 供参考。

表 4 降水入渗系数 α 的经验值

名 称	α	名 称	α
黏土	0.01~0.02	半坚硬岩石（裂隙较少）	0.10~0.15
粉质黏土、粉土	0.02~0.05	裂隙岩石（裂隙率中等）	0.15~0.18
粉 砂	0.05~0.08	裂隙岩石（裂隙率较大）	0.18~0.20
细 砂	0.08~0.12	裂隙岩石（裂隙率大）	0.20~0.25
中 砂	0.12~0.18	岩溶化极弱的灰岩	0.01~0.10
粗 砂	0.18~0.24	岩溶化较弱的灰岩	0.10~0.15
砂砾石	0.24~0.30	岩溶化中等的灰岩	0.15~0.20
砂卵石	0.30~0.35	岩溶化较强的灰岩	0.20~0.30
坚硬岩石（裂隙极少）	0.01~0.10	岩溶化极强的灰岩	0.30~0.50
注：根据其他资料，此表数值可能偏小。			

H. 4. 4 本条给出了影响半径的计算公式。由于计算公式推导时的特定条件与勘察实际并不十分符合，因此计算结果只能是一个近似值。

此外，也可用浸润曲线外推法、 $s-\lg r$ 直线交汇法等图解法确定影响半径。

表 5 列出了影响半径 R 的经验值，供参考。

表 5 影响半径 R 经验值

岩 性	主要颗粒粒径 (mm)	R (m)
粉砂	0.05~0.1	25~50
细砂	0.1~0.25	50~100
中砂	0.25~0.5	100~200
粗砂	0.5~1.0	300~400
极粗砂	1.0~2.0	400~500
细砾	2.0~3.0	500~600
中砾	3.0~5.0	600~1500
粗砾	5.0~10.0	1500~3000

附录 I 地下水资源量评价

I.1 一般规定

I.1.1 地下水资源量评价是在认真分析、研究评价区水文地质条件、水文地质计算参数、地下水动态变化规律以及地下水开发利用方案的基础上,对地下水资源量及其分布特征和开发利用条件的综合计算、评价。因此应充分具备条文规定的资料。

I.1.2 地下水资源量尤其是允许开采量的计算、评价方法很多,但每种方法都有其特定的适用条件。因此,应根据勘察阶段精度要求和勘察资料的获得情况,结合水文地质条件选择适宜的计算、评价方法。

表 6 为廖资生、余国光先生等关于地下水资源评价方法的分类,供参考。

表 6 地下水资源评价方法分类

评价方法分类	主要方法名称	所需资料数据	适用条件
以渗流理论为基础的方法	解析法	渗流运动参数和给定边界条件、起始条件	含水层均质程度较高,边界条件简单,可概化为已有计算公式要求模式
	数值法(有限元、有限差、边界元等),电模拟法	一个水文年以上的水位、水量动态观测或一段时间抽水流程资料	含水层非均质,但内部结构清楚,边界条件复杂、但能查清,对评价精度要求较高,面积较大
	泉水流量衰减法	泉动态和抽水资料	泉域水资源评价
以观测资料统计理论为基础的方法	水力削减法	需抽水试验或开采过程中的动态观测资料	岸边取水
	系统理论法(黑箱法),相关外推法,Q—s 曲线外推法,开采抽水试验法		不受含水层结构及复杂边界条件的限制,适于旧水源地或泉水扩大开采评价

表 6 (续)

评价方法分类	主要方法名称	所需资料数据	适用条件
以水均衡理论为基础的方法	水均衡法, 单项补给量计算法, 综合补给量计算法, 地下径流模数法, 开采模数法	需测定均衡区内各项水量均衡要素	最好为封闭的单一隔水边界, 补给项或消耗项单一, 水均衡要素易于测定
以相似比理论为基础的方法	直接比拟法(水量比拟法), 间接比拟法(水文地质参数比拟法)	需类似水源地的勘探或开采统计资料	已有水源地和勘探水源地地质条件和水资源形成条件相似

1.1.3 条文根据《水资源评价导则》(SL/T 238—1999)和《供水水文地质勘察规范》(GB 50027—2001)的要求,对平原区、山丘区和水源地应评价、计算的地下水资源量作了规定。

1.1.5 计算时段对地下水资源量计算、评价的精度有着明显的影响,计算时段的选择是许多计算、评价方法涉及的问题。条文分三款对不同条件下计算时段的选择作了规定。

1 采用“多年平均”作为计算时段。实际工作中常用两种方法,一是采用勘察年份前 5~10 年;二是采用典型年组合如取丰 ($P=25\%$)、平 ($P=50\%$)、枯 ($P=75\%$)、极枯 ($P=97\%$) 水平年 4 年的组合作为计算时段。

2 采用需水保证率年份作为计算时段,是在储存量小、调节能力有限时常用的方法。需水保证率一般为 95% 或 97%。如为泉水水源,则以其流量频率曲线为依据按需水保证率要求直接进行计算、评价;如为仅具有当年调节能力的孔隙潜水水源,则采用需水保证率年份的丰、平、枯水季作为计算时段。

3 采用连续枯水年组或设计枯水年组作为计算时段,主要用于傍河水源的地下水资源计算、评价。一般此类水源其地表水的补给量约占 70%~80%,为此,可在地表径流丰水年组与枯水年组多年变化规律中,选取其中最不利的连续枯水年组作为计算时段。设计枯水年组,则是由连续枯水年频率组合起来作为计算时段。

I.2 补给量的计算与确定

I.2.2

1 计算公式即达西断面流量公式。如计算断面很长,含水层渗透系数、厚度及水力坡度变化较大时,可分段计算,然后叠加计量。

2 地下径流模数的数值受季节影响变化较大,如某岩溶区地下河系,枯水区为 0.004,洪水期最大为 0.5,相差 125 倍。因此,利用地下径流模数计算时,要充分考虑补给条件的变化和影响。

I.2.3

1 降水入渗系数 α 可按附录 H 中 H.4 的规定确定。

I.2.4

1

1) 计算方法适用于河(渠)附近地区无地下水水位动态观测资料,但具有完整的计量河(渠)流量的地区。式中, λ 即上、下两个水文断面间河(渠) $(\epsilon_0 + \epsilon_{\text{渠}})$ 与 $(Q_{\text{上}} - Q_{\text{下}} + Q_{\text{区入}} - Q_{\text{区出}})$ 的比率,可根据有关测试资料分析确定。据有关成果分析其取值范围一般为 0.2~0.4,衬砌良好且常年过水的砂性土质河(渠)可取小值,未衬砌且间歇过水的黏性土质河(渠)可取大值。

2 计算方法实际为湖(塘)出入水量平衡法。计算时,式中的参数应取多年平均值。

I.2.8 本条规定的方法主要适用于含水层以地下水径流补给为主的地区。

I.2.9、I.2.10 条文对全排型泉水和地下水主要以地表径流形式排泄时,采用水文分析法确定排泄量,以排泄量反求补给量作了规定。

I.3 储存量的计算

I.3.1、I.3.2 条文分别规定了潜水含水层和承压含水层储存量

的计算方法。由于地下水的补给和排泄的不均衡，地下水位常常随时间而变化，因而地下水的储存量也随时而异。因此，可根据计算目的采用不同时段储存量。含水层特征在空间上变化较大时，可分层分区计算。

I.4 排泄量的计算与确定

I.4.2

1 试验公式系应用较广泛的柯夫达—阿维里扬诺夫公式。式中， Δ_0 根据经验，黏土一般为 5m、壤土 4m、砂壤土 3m、粉细砂 2m。

2 潜水蒸发系数 C 系潜水蒸发量 ϵ 与潜水蒸发强度 ϵ_0 之比，即 $C = \epsilon/\epsilon_0(\%)$ ，表示其相对的强度。

I.4.3 对同一地下水均衡单元或含水层而言，补给量和排泄量大致相等，只是运动形式不同，前者是流入（补给），后者是流出（排泄）。因此，两者可利用同一方法正反运算求得。

I.4.6 河川基流量是一般山丘区和岩溶山区地下水的主要排泄量，可通过分割河川径流量过程线的方法计算。

I.5 允许开采量的计算与确定

I.5.1 本条规定的不同条件下允许开采量计算和确定的基本方法，有的主要用于区域性允许开采量的计算、评价，有的主要用于集中开采地段允许开采量的计算、评价。实际应用中，应根据评价区的水文地质条件和地下水的动态特征以及勘察资料，结合计算方法的适用条件选用。

1 水均衡法是一种常用的方法，主要适用于地下水埋藏较浅，补给和消耗条件较单一的地区，如山前冲、洪积平原和岩溶区。应用时要注意均衡区（范围、边界条件等）的确定、均衡要素（补给量、消耗量等）的选择及均衡期的划分等。

2 可开采系数法适用于水文地质条件研究程度较高，并具有现状条件下地下水总补给量、水位动态、实际开采量长系列资

料的地区。此法计算方便、关键在于正确选定可开采系数的 ρ 值。

可开采系数 ρ 的确定应遵循以下基本原则：

(1) 由于浅层地下水资源量中，有一部分要消耗于水平排泄和潜水蒸发，故可开采系数 ρ 应不大于1。

(2) 开采条件良好〔单井涌水量大于 $10\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$ 〕的地区，可开采系数宜选用较大值，一般为0.8~0.9。

(3) 开采条件一般〔单井涌水量为 $2.5\sim 10\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$ 〕的地区，可开采系数宜选用中等值，一般为0.6~0.8。

(4) 开采条件较差〔单井涌水量小于 $2.5\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$ 〕的地区，可开采系数宜选用较小值，一般不大于0.6。

4 地下水径流量法是以补给量反求允许开采量的方法。此法较简单，应用时要注意合理确定地下水径流量，同时要保证地下水的补给以地下水径流为主，不产生其他途径的补给源。

5 水文分析法主要依据水文实测资料的统计分析，其评价结果较为客观，具有较强的实用性。采用水文分析法确定允许开采量需有地表水径流量实测值与长系列的降水、径流量观测资料，并建立相关关系。回归分析中，回归线的误差范围宜用均方差判断，精度由剩余标准离差（S）来衡量。频率分析法中，经验频率曲线法应按月平均流量由大到小顺序排列成表，进行编号，计算频率，并绘制频率曲线；理论频率曲线法应计算流量均值（ Q_P ）、离差系数（ C_V ）及偏差系数（ C_S ），并绘制曲线。

7 比拟法适用于各种地下水资源类型区，主要在普查、初勘阶段应用，有降深比拟法、下降系数比拟法、泉群最小流量比拟法等。应用比拟法确定允许开采量的精度，取决于两者水文、水文地质条件等的相似程度。

9、10 运用地下水动力学的解析法计算、确定允许开采量。解析法的计算公式很多，选用时应根据水文地质条件或地下水开采动态类型，分析、判定是采用稳定流公式还是非稳定流公式；根据地下水类型、含水介质和边界条件，选择承压水井还是潜水

井的公式。同时，还要考虑拟定的开采方案对计算的要求。

解析法适用于含水层的均质性和各向同性程度较高、边界条件较简单，可概化为选定计算公式要求的模式的评价区。实际上，除少数情况下可以直接运用解析公式计算允许开采量外，常常是用解析公式计算允许开采量，再用水均衡法计算补给量，以论证其保证程度。

其中，第10款规定的岸边渗入公式多为映射原理推导的公式。实际计算中，应考虑长期开采条件下淤塞对渗入补给的影响，以及附加降深对井内水位的影响。

12 补偿疏干法，适合于具有周期性补给和含水层有调蓄能力的傍河、冲洪积扇、山间河谷等水源地。需注意的是，枯水期无补给或补给量不足时，其开采量与动水位必须满足设计要求；丰水期所得到的补给量，除满足补给期设计开采要求外，还应具备全部补偿枯水期所动用储存量的能力。

13 运用下降漏斗法进行相关分析确定扩大允许开采量，适用于具有长年开采动态系列的稳定型水源地扩建允许开采量评价。

15 “全排型”和“非全排型”是一种相对的定性概念，所谓“全排型”是指绝大部分泉水溢出地表排泄。

1.5.2 数值法是近年来随着电子计算技术的出现而发展的一种地下水资源评价方法。目前应用十分广泛，效果较好。主要用于水文地质条件较为复杂的地下水资源评价。常用的数值法有有限单元法和有限差分法。

实际应用中，要重视数值模型的识别工作。识别数学模型的一般顺序为：先检验修正所选用的参数，再识别边界条件和数学方程。通过对数值模型的识别，使拟合误差降到最小，对水文地质条件的理解和数值模型的概化更符合实际。

1.5.4 本条文参照《地下水资源分级分类标准》（GB 15218—94），根据地下水资源勘察的实际，按四阶段、五级精度对地下水允许开采量及水文地质条件等研究程度作了相应规定。

附录 J 地下水质量评价

J.0.1 本条规定了地下水质量评价的基本要求。

J.0.2 本条根据《地下水质量标准》(GB/T 14848)的有关规定,对地下水质量分类评价作了规定。

1 单项组分评价中的地下水质量分类是依据我国地下水质量状况和人体健康基准值,参照生活、工业、农业等用水水质要求,将地下水质量划分为五类。

Ⅰ类:地下水化学组分含量低,原则上适用于各种用途;

Ⅱ类:地下水化学组分含量较低,原则上适用于各种用途;

Ⅲ类:以人体健康基准值为依据,适用于生活饮用水、农业用水和主要工业用水;

Ⅳ类:以农业和工业用水要求以及人体健康风险为依据,适用于农业和部分工业用水,适当处理后可作生活饮用水;

Ⅴ类:不宜作生活饮用水,其他用水可根据使用目的选用。

J.0.3 本条对地下水水质适用性评价作了规定。

《生活饮用水卫生标准》(GB 5749)系国家颁布的生活饮用水水质标准,因此,生活饮用水应按此标准进行评价。

工业用水,由于不同工业生产对水质要求各不相同,因此,应根据工业用途的水质要求,按生产或设计提出的水质要求或国家有关部门(行业)的现行相关标准进行评价。

农业灌溉用水由于地区不同、土壤性质不同、作物种类不同,对水质的要求也不尽相同,因此,除应按《农田灌溉水质标准》(GB 5084)的标准进行评价,也可按当地的有关标准进行评价。