

本书系作者以其多年从事管井建設的实践經驗編写而成。

书中对供水管井的建造，从踏勘、設計到施工的全部工序，包括各种性能、规格的器材和机具的选用，事故的預防与处理，以及管井的使用与維修等，都提供了較丰富而完整的資料。这些資料多为結合我国具体情况和需要在国内行之有效、已予推广的經驗，如以泥浆护壁钻代替套管护壁钻进，用鑄鉄管、石棉水泥管等代替鋼管作井管，以及在管井設計中采用填砾过滤器等。

本书适合于凿井工程及給水設計技术人员参考，并对开凿农业灌溉管井施工人员和水利建設干部有参考价值。

供水管井的設计与建造

郭連科 张育珊 刘瑞祺 編著

建筑工程部图书編輯部編輯（北京西郊正力庄）

中国工业出版社出版（北京东黄城根10号）

北京市书刊出版业营业登记证出字第115号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店經售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $9^{3/16}$ · 字数 227,000

1964年10月北京第一版，1964年10月北京第一次印刷

印数 0001—4,210 · 定价（科四）1.20元

統一书号：15165·3144（建工-381）

我国幅員辽阔，地下水資源丰富。合理开发地下水，充分利用于工业生产、农业灌溉，以及城市建設等方面，对发展国民經济有重要意义。这是因为：一、利用地下水源，較之利用地面水源，一般可节省建設投資；二、水井分散、隱蔽，易于保証供水安全；三、供水規模，根据需要，能大能小，能集中供水，又能分散供水，应用便利；四、水源埋藏深，受气候变化的影响較小，天旱时也能不断供水，对保証农作物及时灌溉，較地面水尤为可靠；五、水溫低，变化小，用于工业生产降溫，經濟簡便；六、水质較洁淨，一般不經处理即可应用，用于灌溉农作物，可以减少病虫害的传染。

近年来我国开发和利用地下水資源的工作发展很快，供水管井的建设工程日益增加。不仅在各工业、交通部門和城市建設、国防建設方面，已經建造了大量的集中供水管井和分散供水管井，而且用于农业灌溉的管井建造量，近年来尤有巨大的增长。这是因为随着人民公社的建立和巩固，集体耕地面积扩大，土井已不能滿足灌溉的需要，广大社員迫切要求开凿管井，充分利用地下水，以逐步实现农田水利化。

由于管井建造量的不断增长，迫切需要培訓大批新的工程技術人員，以扩大凿井队伍；对于原已从事凿井工作的人員，也迫切需要交流經驗，以提高技术水平。我国近十多年来，在管井的設計、施工，以及机具的选用和維修等方面，确已积累了不少經驗，如能加以系統地整理，交流传播，对新老凿井工作人員迅速掌握和提高技术，定有不少帮助。但目前还很少出版过这方面的书籍。有鑑及此，謹将多年来在从事管井建設实践中所学习和經驗到的一些专业知識，編写成这本“供水管井的設計与建造”，

貢獻給廣大讀者，借供參考。

本書所提供的各種資料，大部分是我國凿井工作人員共同積累的、密切結合我國具體情況、多年來在生產實踐中行之有效的經驗。例如，用泥漿護壁鑽進代替套管護壁鑽進，和用鑄鐵井管、石棉水泥井管代替鋼井管，能加快建井速度，節約鋼材和建井投資；在管井設計中採用填砾過濾器，對充分開采地下水、防止涌砂和延長管井壽命，能起重要作用；等等。但由於本書採用重點介紹的方法，對某些方面的資料，如以套管護壁鑽進方法，沒有介紹，凿井設備也只介紹了國內常用的少數幾種，不能全部滿足讀者要求。

由於我們的技术水平有限，編寫能力較差，書中存在的問題必然很多，懇請讀者隨時提出指正。

編著者

一九六三年六月于北京

目 录

序 言

第一章 供水井群的设计	1
第一节 踏勘与资料分析鑑定	1
第二节 井群位置的选择及卫生防护带的确定	6
第三节 在各种水文地质条件下井群开采水量的計算	7
第四节 井群的形式与結構	19
第五节 井群互阻計算	21
第六节 井群設計的技术經濟比較	25
第二章 管井的设计	30
第一节 管井的一般結構	30
第二节 管井出水量及水位降計算	32
第三节 管井过滤器的类型及其口径、长度的选用	34
第四节 纏絲、包网过滤器管井的設計	41
第五节 填砾过滤器管井的設計	43
第六节 籠状填砾过滤器管井的設計	49
第七节 基岩中取水管井的設計	51
第八节 施工設計的編制	52
第三章 井壁管及过滤器	55
第一节 概說	55
第二节 各种材料井管的质量与規格	57
第三节 井管的防蝕	73
第四节 井管强度的計算	75
第四章 凿井机械工具	81
第一节 冲击式钻机及工具	81
第二节 迴轉式钻机及工具	104

第三节 钻机的维护保养与故障排除	128
第五章 泥浆	142
第一节 泥浆指标及其测定方法	142
第二节 钻进各种岩层对泥浆的要求	145
第三节 野外泥浆的配制及测定方法	148
第六章 冲击钻进	151
第一节 安装钻机及开钻前的准备工作	151
第二节 钻头的类型、规格及钎焊方法	157
第三节 钢丝绳的规格性能及维护保养	161
第四节 各种岩层的钻进方法	169
第七章 回转钻进	174
第一节 安装钻机及开钻前的准备工作	174
第二节 钻头的钎焊加工	179
第三节 冲积岩层的钻进方法	181
第四节 大口径岩心钻进	186
第八章 土样的采取、描述和水位、水质、富水性的测定	192
第一节 土样的采取	192
第二节 土样描述	194
第三节 钻进中测定含水层水位和采取水样	197
第四节 在井孔内作分层抽水试验	198
第九章 井管的安装与井管外封闭	201
第一节 井管的安装	201
第二节 填砾及井管外封闭	222
第十章 洗井及抽水试验	229
第一节 活塞洗井	229
第二节 空气压缩机洗井	232
第三节 抽水试验的准备工作	238
第四节 抽水试验	245
第十一章 凿井工程事故的预防与处理	249
第一节 井孔坍塌事故的预防与处理	249

第二节	泥浆漏失的预防与处理	251
第三节	井孔弯曲的预防与处理	252
第四节	卡钻事故的预防与处理	253
第五节	钻进中工具事故的发生与处理	256
第六节	埋钻事故的预防与处理	265
第十二章	管井的使用与维修	270
第一节	管井的验收	270
第二节	管井使用期中应注意的问题	272
第三节	增加管井出水量的人工方法	274
第四节	管井的维修	279
第五节	废井的起拔	281

第一章 供水井群的設計

为了經濟合理地开采地下水源，首先必須充分了解开采地区的水文地质特征，包括該地区含水层的分布范围、埋藏条件、富水性及其补給、排洩、运动方向，以及地下水的儲量和水質評价、水位及水質的变化規律等。因此，在井群設計前，必須进行供水水文地质勘察工作，在取得可靠的水文地质資料，并經過初步設計、技术設計及施工图設計后，再进行施工。

供水水文地质勘察，分为初步勘察和詳細勘察两个阶段。在初步勘察中，应查明所有的地下水源，并进行对比和評价，选定合适的供水地段，以滿足供水初步設計的要求。詳細勘察系在已选定的供水地段进行詳細的勘探和試驗工作，为供水井群的技术設計提供可靠的依据。对需水量很大的城市和工业基地，或者需水量虽不太大，但水文地质条件复杂的地区，都应进行專門的供水水文地质勘察工作。在地下水源丰富、需水量很容易滿足，或者需水量虽然較大，但当地的水文地质条件特別简单或过去作过很多的水文地质工作，能作出水文地质評价的地区，均可在經過資料的研究和踏勘，必要时补充部分水文地质測繪和物探工作后，即可选择合适的水源地，不經供水水文地质勘察直接布置勘探生产井。因此，設計人員必須根据踏勘和搜集、分析資料工作中的具体情况，适当掌握，借以多、快、好、省地完成設計任务。

第一节 踏勘与資料分析鑑定

一、踏勘

踏勘为設計的先行工作，其工作內容和要求，因任务性质而

不同；工作量的大小，决定于对当地水文地质条件了解的程度及需水量。踏勘工作应根据下列要求认真进行，以便为设计工作提供可靠的原始资料。

(1) 根据设计任务书详细了解用水单位的用水量与建设进度计划，并深入核实用水量的数字。

(2) 收集各项有关资料，如当地的水文、气象、地形、地质、水文地质勘察资料，以及附近已有的钻孔、管井及其他有关勘察资料，并详细研究、鉴定。

(3) 研究现有水源地的取水量、区域下降漏斗曲线和长期观测资料，以及水源地的卫生防护和水质处理资料（如消毒、澄清、除铁）等。

(4) 对拟采用的含水层，应深入研究其富水性及其补给区的地形、土壤和卫生防护条件等。

(5) 了解水源地施工现场的机械安装、器材供应和运输，以及动力供应等条件。

踏勘工作结束后，应编写踏勘报告，其中除包括上述各项工作的完成情况外，应重点提出对现有水文地质资料的鉴定意见和补充工作量要求，并应提出对井群设计的有关意见。对水文地质条件简单、建井数量很少的工程，可在踏勘报告的基础上，考虑直接编写管井的施工设计。

二、供水水文地质勘察工作的内容及资料鉴定

供水水文地质勘察工作分为水文地质测绘、水文地质勘探、抽水试验、地下水动态长期观测、水质和水量评价等工序。现将各工作阶段的工作内容，及分析已有资料应注意的问题，分述如下。

(一) 水文地质测绘：

水文地质测绘的目的，是结合地质、地貌测绘，进一步查明勘察区的水文地质条件，如地下水补给、排泄条件，含水层的富水性、埋藏条件及分布情况，地下水的类型、水质及水位的变化规律等。测绘工作结束时，应提出地质图、地貌图、实际材料

图、水文地质图和水文化学图等图件，以及地质、水文地质条件等文字报告。分析研究上述各项资料时，应注意水文地质测绘的范围能否满足设计要求，测绘所完成的工作量是否符合规范规定，地质、水文地质条件是否已经查清和能否满足设计要求等。

(二) 水文地质勘探：

水文地质勘探的主要目的为查清水层的数量、厚度、埋藏深度及分布范围，含水层的类型及各含水层间的水力联系，地下水的流向和水力坡度，并作出地质、水文地质剖面。水文地质勘探的主要手段为物探和钻探。

1. 常用的物探方法有电测深、电测剖面、自然电位法、电测井等方法。用电测深与电测剖面两种方法互相配合，可以查明基岩埋藏深度，古河床、裂隙带及喀斯特带。自然电位法用于测定钻孔抽水时水位下降漏斗范围。电测井法用于测定泥浆孔内含水层的矿化度，划分孔内岩层，以及在钻孔内测定含水层的富水性等。分析物探资料时，应将其结果与钻探、抽水资料对比，以检查其工作精度。此外还应检查电测深及电测剖面的范围和电测点的密度是否能满足布置井群的要求。如地质构造较复杂且点距较稀，所得出的剖面不尽可靠时，应重新布置物探工作量。

2. 钻探工作主要为揭露含水层及隔水层的厚度、岩性、埋藏深度，了解地下水水位、水质及富水性等。工作期中，应测量初见水位和稳定水位，采取土试料和土样，采取水样和测量水温。有条件时，在钻探过程中应进行简易抽水试验。分析研究钻探资料时，应考虑钻孔的布置能否查清勘探区的水文地质条件，钻孔密度能否满足设计井群的要求，否则应适当作补充钻孔。此外应检查钻孔深度是否已凿穿需要查明的各含水层，钻孔口径能否满足抽水试验规定的要求，否则，亦应补作合格规格的钻孔。此外，对于水位测量、水质分析和含水层颗粒分析资料是否合乎规范要求，也应作详细检查。

(三) 抽水试验：

抽水试验是对含水层进行水量和水质评价的重要手段。其目

的在于获得各个含水层的渗透系数、影响半径、钻孔的单位水位降出水量、出水量与水位降的关系，并通过多孔抽水試驗和互阻抽水試驗，取得准确資料，以便为計算地下水开采儲量及設計井群提供可靠依据。检查抽水試驗成果时，首先应检查抽水钻孔占全部钻孔的百分率是否达到規定标准，一般初勘阶段規定为30~50%，詳勘阶段規定为50~75%。研究分析抽水钻孔过滤器的結構設計是否合理，出水量是否正常，抽水动水位是否已真正穩定，水位穩定延續時間是否符合要求。如发现抽水钻孔数目少、钻孔出水量不正常、水位穩定時間过短等現象，应适当补作抽水試驗工作。在喀斯特及深层自流水地区进行地下水儲量評价，主要是依靠抽水試驗，因此对成果的检查更应深入細致地进行，如不合乎要求，必須补作工作，直到获得切实可靠的資料为止。

(四) 地下水动态长期观测：

在勘察过程和水源地开采过程中，应有半年以上以至数年的长期观测，研究地下水动态。其目的，在于查明在天然及人为因素影响下，地下水的水位、水量及物理、化学性质等的变化規律，地下水与地表水动态关系，并評定地下水水源地在长期使用过程中的A₁級开采儲量。分析长期观测成果时，应研究观测网的布置是否合理，长期观测期中是否遵照規定測量水位和分析水质。一般勘察工程往往因为观测期限不够长，而不能达到要求的儲量級別。为了保証儲量評价的正确性，对长期观测的期限应要求严格。

(五) 結論：

結論中应提出对地下水水质、水量的結論性評价和对水源地的选择及有关取水构筑物及卫生防护带的建議。分析报告書結論时，应研究其儲量評定的原始数据是否可靠，計算方法及公式的选用是否合理，儲量級別是否符合于設計阶段的要求，水质評价原始資料是否全面可靠，水质能否滿足用水要求。如果水质評价不能滿足用水要求且无法处理或处理成本过高时，必須另选其他地区重新勘察。如果儲量評定根据不足，或者儲量級別不能滿足

設計阶段要求，亦須补作工作。至于对取水构筑物及卫生防护带的建議，亦須加以分析研究，然后提供設計参考。

三、地下水开采儲量的分类及其在设计中的应用

地下水开采儲量，是地下水总儲量的一部分。根据对水文地质条件的研究程度，地下水开采儲量可分为 C_2 、 C_1 、 B 、 A_2 、 A_1 五級。在整个水文地质地区及各个含水层或含水层的某一部分，均可計算地下水的开采儲量。設計人員可根据供水任务要求，結合設計阶段适当采用。现将各級儲量的划分与应用原則分述如下：

(一) C_2 級儲量：

C_2 級儲量是在踏勘、搜集和整理现有水文地质資料的基础上所估算出的地下水儲量。 C_2 級儲量可作为布置勘探钻孔或某些勘探生产井的依据。在地下水源丰富、地下水儲量远远大于需水量的情况下，可以直接布置勘探生产井。

(二) C_1 級儲量：

C_1 級儲量是在水文地质測繪的基础上，根据現有钻孔及有关水文地质資料所作出的儲量評價。在水文地质条件相似的情况下，根据附近地区已有的高級儲量，用比拟法可以确定 C_1 級儲量。据有 C_1 級儲量，对地下水的水质、水量和分布規律已有初步概念，故 C_1 級儲量可以作編制远景规划和选择初步勘察地段的依据。在水文地质条件简单且需水量不大的地区，可以直接用以布置勘探生产井。

(三) B 級儲量：

B 級儲量是經過供水水文地质初步勘察和短期（一般不少于6个月且包括枯水季节；如水文地质条件复杂时，不少于一年）的地下水动态观测后所評定的地下水儲量。 B 級儲量可提供設計部門作选择供水水源地和作供水初步設計的依据。如水文地质条件简单，或者儲量远远大于需水量时，也可用以布置勘探生产井或生产井。

(四) A_2 級儲量：

A_2 級儲量是在供水地段經過水文地质詳細 勘察和一年以上的地下水动态觀測后所評定的地下水儲量。据有 A_2 級儲量，对于水量、水质及卫生防护方面已掌握了充分可靠的資料，故 A_2 級儲量可作为給水技术設計的依据。

(五) A_1 級儲量：

A_1 級儲量是在具备 A_2 級儲量一切資料的基础上，进行长期的开采抽水，据有三年以上的地下水动态觀測資料后所評定的地下水儲量。 A_1 級儲量可用以分析研究目前供水地段的开采情况，借以編制水源地的改建或扩建設計。如水文地质条件简单，或者儲量超过开采水量較多的情况下，可在較短时间的开采抽水后，即进行扩建設計。

第二节 井群位置的选择及卫生防护带的确定

一、井群位置的选择

在适当的技术經濟和卫生防护条件下，井群位置首先应选择 在渗透性好、厚度大、开采儲量大的含水地段。在采用冲积层潛水时，如果河水与含水层有密切的水力联系，且河流有一定的流量保証时，最好沿岸边布置井群。在其他条件相同的情况下，选择井群位置应偏重于下列地段：（1）距用戶最近的地段；（2）标高最低的地段；（3）动水位最高的地段；（4）便于扩建水源地的地段；（5）洪水时不被淹沒的地段；（6）城市的上游地段；（7）生活飲用水源能避免受到污染的地段；（8）考虑防空要求和避免毒物侵入井群，应选择易于掩蔽的地段。

此外，选择井群的位置尚須考虑到特殊的水文地质条件。例如：（1）井群的位置須远离泥炭田、沼泽地带及含有大量鉄盐、鎂盐及其他盐类的岩层；（2）应避免自含盐量高的岩层吸取地下水，否則将使井水的含盐量增加，在沿海地区应避免海水侵入；（3）在喀斯特地区建立井群，应考虑水源卫生防护的可能性；（4）在强烈地震区，应估計到因火山爆发而引起災害的可能性，并設法避开。

二、水源卫生防护带

新建生活飲用水源井群，不論其水质如何，都需要設置卫生防护带，以防止污水自地表渗入含水层使地下水受到污染。卫生防护带的范围，主要依据饱气带及饱和带的岩层岩性、地下水类型、水的物理、化学性质，以及井群附近的卫生条件等而确定。卫生防护带一般分为戒严带、限制带和观察带等。

（一）戒严带：

戒严带为泵房及水井所在地。在戒严带禁止修建任何其他建筑物，并应設有围墙。一般凡覆盖有6米以上防护层的生活用水井，戒严带半径为30米；覆盖层在6米以内的生活用水井，戒严带半径为50米。

（二）限制带：

如果距管井300米以内含水层不露出地面，或者含水层与地面水沒有互补关系时，一般可不設此地带。否則，应根据土壤复盖及地下水流速，确定限制带的范围。一般在地下水流速为1~2米/昼夜时，限制带半径（包括戒严带半径在內，下同）为30~60米；流速为2~6米/昼夜时，限制带半径为60~180米；流速为6~10米/昼夜时，限制带半径为180~300米。在此地带內应考虑防止水源污染或水质变坏的防护措施，如限制排入大量污水，限制修建粪坑、渗水厕所和堆积粪便，以及限制破坏深层土壤的工程等。

（三）观察带：

观察带的范围包括可能引起传染病传播的地区。在此境界內，应不断进行流行病学的观察，以便及时采取防护措施。观察带一般置于可能通过送水管路散播传染病的地区。

第三节 在各种水文地质条件下井群开采

水量的计算

一、岸边渗透取水井群（或单井）开采水量的计算

当河漫滩冲积层与河床水有直接的水力联系，且河水在枯水

季节能保持充足的流量时，井群开采后，引起地下水位的下降，河水将直接渗入，形成井水的主要补给来源。在此种情况下，井群应沿河床布置；其位置与距离，视河床的具体情况而定。由于岸边的淤积与冲刷，对水源的补给关系很大，必须事先详细调查河床，深切掌握河床的淤积与冲刷规律。一般井群应布置在河床极少变迁、河底淤积很少或冲刷较强的地段，以免开采后水量逐渐减少。

(一) 井群沿河布置的位置和距离：

井群沿河布置，与河岸的距离应大于 30 米；如河岸有冲刷的危险，这个距离还应增大。设计井群时，要使岸边河水渗入速度在 2.5 米/昼夜以下。

(二) 井群的出水量计算：

岸边渗透取水井群的出水量计算公式，按下列不同情况选用：

1. 如图 1-1 的情况，直线排井群（无压水、完整井）用公式（1-1）—佛尔赫格依麦尔公式—计算。

$$H^2 - Z^2 = \frac{Q}{1.37K} \lg \frac{2b}{r} \cdot \frac{s_1}{a_1} \cdot \frac{s_2}{a_2} \cdot \frac{s_3}{a_3} \cdots \quad (1-1)$$

式中： Q ——每井出水量（吨/昼夜）；

H ——不透水层上水体水面高度（米）；

Z ——抽水时井内水柱高度（米）；

K ——渗透系数（米/昼夜）；

b ——从 A 井到河的距离（米）；

r ——井的半径（米）；

$a_1, a_2, a_3, \dots$ ——从 A 井到 1 号，2 号，3 号等井的距离（米）；

$s_1, s_2, s_3, \dots$ ——从 A 井到 1 号，2 号，3 号等映象井的距离（米）（这些映象井与 1 号，2 号，3 号等井联线垂直于河流，相应各井的间距为 $2b_1, 2b_2, 2b_3$ 等，其中 b_1, b_2, b_3 等为 1 号，2 号，3 号等井到河水位的距离）。

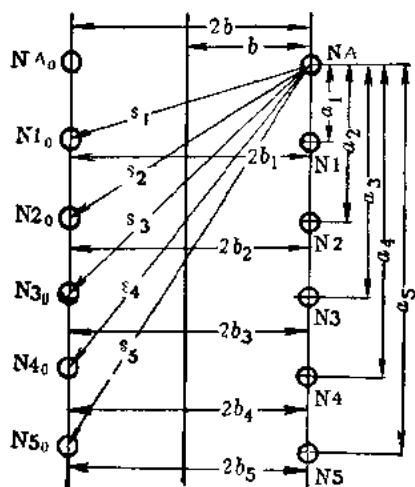
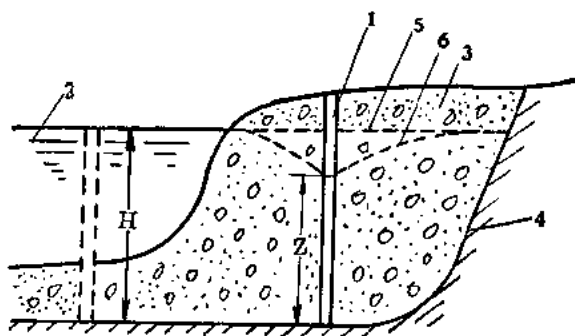


图 1-1 岸边渗透取水井群出水量计算

1. 管井; 2. 水体; 3. 含水层; 4. 不透水层; 5. 静水位;
6. 水位降落曲线

2. 如图 1-2 直线排井群中 (完整井), 每井出水量可用公式 (1-2) — 阿维扬诺夫公式 — 计算。

$$Q = \alpha \frac{2\beta_1}{1 + \beta_1} \left[Q_2 + \frac{2bKT_1}{L_1} (H - h_0) \right] \quad (1-2)$$

式中: Q — 井群中每井出水量 (吨/昼夜)

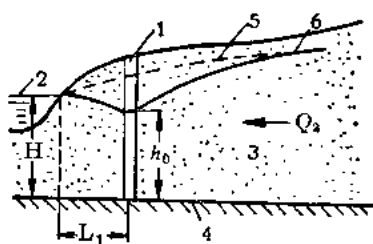


图 1—2 岸边渗透取水井群出水量计算

1. 管井; 2. 水体; 3. 含水层; 4. 不透水层; 5. 静水位;
6. 水位降落曲线

$$\beta_1 = \frac{1}{1 + \frac{2b}{L_1} B}, B = 0.733 \lg \frac{b}{\pi r}, r \text{ 为井半径};$$

$$b = \frac{1}{2} \text{ 井距 (米);}$$

K ——渗透系数 (米/昼夜);

$$T_1 \text{——无压水中采用 } \frac{H+h_0}{2} \text{ (米);}$$

L_1 ——自井排至岸边距离 (米);

H ——不透水层上水体水面高度 (米);

h_0 ——抽水时井中水柱高度 (米);

Q_2 ——宽度为 $2b$ 范围内, 从分水岭流来的地下水流量 (吨/昼夜);

α ——淤塞系数。

淤塞系数值因河床类型、河水流速、浑浊度、洪水冲刷情况, 以及井群的开采条件而不同, 最好根据附近类似井群的經驗数字, 用比拟法确定, 或用井群开采初期观测资料推算。在缺乏上述资料的地区, 可根据水文观测资料估计。一般在河水很清时, 用 $\alpha=0.8$; 河水浑浊度中等时, 用 $\alpha=0.6$; 河水浑浊度很大, 且冲刷力很差时, 用 $\alpha=0.3$ 。

3. 如图1—3情况, 計算单井出水量用公式 (1—3) 一佛尔

赫格依麦尔公式一。

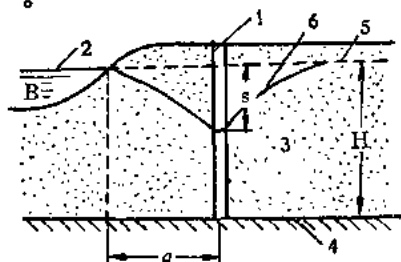


图 1—3 岸边渗透取水单井出水量计算

1. 管井；2. 水体；3. 含水层；4. 不透水层；5. 静水位；6. 水位降落曲线

$$Q = 1.37 \frac{K(2H-s)s}{\lg \frac{2a}{r}} \quad (1-3)$$

式中：Q——完整式单井出水量（吨/昼夜）；

K——渗透系数（米/昼夜）；

H——含水层厚度（米）；

s——井内水位下降值（米）；

a——从井孔到水体岸边距离（米）（a 值小于影响半径的 1/2）；

r——井孔半径（米）。

如井孔位于两个水体之间，井的出水量计算如公式(1—4)——罗曼诺夫公式一。

$$Q = \frac{\pi K(H_1^2 - H_2^2)}{2.3 \lg \left[\frac{2B}{\pi r} \cos \frac{\pi(L_1 - L_2)}{2B} \right]} \quad (1-4)$$

式中：Q——单井出水量（吨/昼夜）；

K——渗透系数（米/昼夜）；

H_s——井孔所在地地下水水头高度，自不透水层算起，

$$H_s = \sqrt{\frac{L_2}{B} (H_1^2 - H_2^2) + H_2^2}, H_1 \text{ 为第一水体内水}$$