

高等学校交流讲义

凿井与农业供水

陕西工业大学水利系土力学及工程地质教研组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

高等学校交流讲义



凿井与农业供水

陕西工业大学水利系土力学及工程地质教研组编

中国工业出版社

本书是根据我校自拟农田水利工程专业的“凿井与农业供水”课程的教学大纲，参考苏联专家 И. П. 奥尔洛夫(ОРОЛОВ)副教授在我国讲学时的讲义，并结合我国当前具体情况和需要而编写的。初稿曾在我校试用三次，最近又按照水利电力部在武汉召开的教材选编会议的精神，作了适当的修改和补充。

本书可作为高等学校农田水利工程专业的教材和中等水利学校有关专业的教学参考书，并可供凿井和水利技术人员参考。

全书内容共分两篇计十九章：第一篇为凿井部分，其中系统叙述了开发利用地下水的条件、开采地下水的建筑物类型及其适宜条件、水量计算、结构设计等，并专门叙述了与凿井施工技术有关的一些问题。第二篇为农业供水部分，其中阐述了在我国农村当前和进一步发展的情况下，对农业供水的规划、设计和用水量、水源选择、配水、调水、水质改良等问题，并专章叙述了畜牧业供水。

最后在附录中，专门列举了几个我国农村人民公社现在已采用和推荐采用的简易供水方案，供在工作中参考。

本书由陕西工业大学水利系土力学及工程地质教研组编写，赵尔慧同志担任主编工作。

凿井与农业供水

陕西工业大学水利系土力学及工程地质教研组编

*

水利电力部办公厅图书编辑部编辑(北京阜外月坛南营房)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092¹/₁₆·印张13¹/₂·字数213,000

1961年9月北京第一版·1963年5月北京第三次印刷

印数1,668—2,307·定价(10-5)1.60元

*

统一书号: K15165·753(水电-111)

目 录

緒論

第一篇 凿井部分

第一章	地下水的开采条件和开采方式	7
§1-1	地下水的开采条件	7
§1-2	开采地下水的建筑物的类型和其适用条件	8
第二章	水井出水量的确定	10
§2-1	概述	10
§2-2	管井出水量的计算	10
§2-3	筒井出水量的计算	24
§2-4	井群出水量的计算	27
§2-5	影响井出水量的因素	32
第三章	筒井	35
§3-1	概述	35
§3-2	筒井的类型及其结构	36
§3-3	进水部分的装置	38
第四章	管井	45
§4-1	概述	45
§4-2	管井的结构	46
§4-3	进水部分的装置	49
§4-4	筒管井的优缺点	59
第五章	真空井、筒管井和水柜	60
§5-1	真空井	60
§5-2	筒管井(联合井)	63
§5-3	水柜	64
第六章	井群	65
§6-1	概述	65
§6-2	井群的形式和布置	65
§6-3	井群的结构	67
§6-4	虹吸集水管井群的设计	68
第七章	水平集水建筑物、引泉结构和其它集取地下水的建筑物	71
§7-1	水平集水建筑物	71
§7-2	引泉结构	78
§7-3	截取河床下潜流的建筑物	80
§7-4	渗透式取水建筑物	82
§7-5	人造地下水和人工增加地下含水层水量的方法	84
§7-6	在矿化程度高的地区对下渗淡水的集取	85

第八章 筒井的掘凿	86
§8-1 人工掘凿法	86
§8-2 机械化凿井法	88
§8-3 爆破法	90
第九章 管井鑽凿概述	91
§9-1 管井钻凿的特点和类型	91
§9-2 管井钻凿的方法和工作步骤	92
§9-3 管井钻凿的准备工作	93
§9-4 附属工作	93
第十章 管井人工竹弓鑽凿	96
§10-1 概述	96
§10-2 人工竹弓钻凿的主要工具	97
§10-3 人工竹弓钻凿的方法和要点	101
第十一章 管井机械冲击鑽凿	104
§11-1 概述	104
§11-2 机械冲击钻凿所常用的工具	105
§11-3 钻杆机械冲击钻凿	110
§11-4 钻杆机械冲击钻凿的方法和步骤	110
§11-5 鋼绳机械冲击钻凿	111
第十二章 管井快速旋轉鑽凿	114
§12-1 岩心钻凿	114
§12-2 全部井底旋轉钻凿(轉盘钻凿)	116
§12-3 机械钻凿时井孔的冲洗	119
第十三章 管井钻凿中的特殊工作	122
§13-1 打撈工作	122
§13-2 含水层的隔离(止水)	126
§13-3 施工抽水和抽水試驗	129
§13-4 冲洗滤水管	131

第二篇 农业供水部分

第十四章 农业供水的基本情况	132
§14-1 农业供水规划設計的基本原则和依据	132
§14-2 农业供水的用水定額	133
§14-3 用水制度	136
§14-4 供水的基本布置示意图	140
第十五章 农业供水对水的引取	141
§15-1 农业供水的水源及其选择	141
§15-2 地面水的引取	142
§15-3 大气水的收集	149
§15-4 供水水源和取水建筑物的卫生防护	151
第十六章 簡易配水方式	152
§16-1 概述	152

§16-2	配水管网的基本布置示意图	152
§16-3	配水管网的布置原则	154
§16-4	配水管网的计算	155
§16-5	管子的类型及其接合	159
§16-6	管道上的装备	164
§16-7	管道的敷設	167
§16-8	管道的验收和試压	168
第十七章	調节建筑物	170
§17-1	水塔	170
§17-2	水塔調节容积的确定	172
§17-3	水塔高度的确定	174
§17-4	蓄水池	175
第十八章	水质改良	177
§18-1	农业供水对水质的要求	177
§18-2	簡易水质改良的方法	177
第十九章	畜牧业供水	193
§19-1	养畜場的供水	193
§19-2	放牧場的供水	197
附录	簡易农业供水的几个参考方案	206
一、	取用地下水的参考方案	206
1.	改良土井, 高架水箱远方輸水	206
2.	用渗水柜或过滤池滤取河流渗流水	207
二、	取用地面水的参考方案	207
1.	土沉淀池、磚砌慢滤池和清水池, 間歇供水	207
2.	磚砌沉淀池、慢滤池和清水池, 間歇供水	209
3.	利用接触滤池一次淨化水	209
4.	沉淀桶敞开式快滤桶形式	211
主要参考文献		212

緒 論

一、凿井与农业供水^①的意义和在社会主义建設中的作用

水是人类維持生命的主要物质之一，如果没有水就会没有生命。随着社会的发展，人类物质生活与文化生活的逐步提高，对水的需要量也就愈来愈要求增多。在国民經济的各个部門中，几乎没有一个部門是能不要水而进行生产的，特別对农业生产來說，水就更为重要。人类在很早以前，从生产实践中已累积了丰富的取水和治水的經驗。在干旱和缺乏地面水的地区，人們利用凿井或其它类似的方法取用地下水以飲用和灌溉。由是說明凿井和供水对于人类的生活和生产，是有着十分密切的关系的。

近代由于建設事业和科学技术的发展，凿井技术也有了发展和得到更加广泛的应用。諸如：各种建筑物地基的钻探，工程地质及水文地质的勘探，各种矿藏的探查和天然液体(水、盐水和石油)以及天然气(可燃气，氮)等的开采，均須利用凿井技术。

在我們祖国辽阔的大地上，有着极其丰富的地下水資源。在西北、华北等地，很早就有凿井灌溉和供水的經驗。解放后，特別是在大跃进的年代里，在党的领导下，全国各地农民以土法上馬，土洋結合的方法，凿井数以千万眼計，对农业增产，尤其对抗旱起了相当大的作用。同时也使凿井技术和方法迅速地向前推进了一步。

实践証明，地下水是最稳定和可靠的水源，几乎遍地皆是，到处都有。在西北各地常是地表显得十分干枯，而地下却暢流着大量的地下水，且不受或很少受到气候的影响。

凿井以利用地下水灌溉，由于井設于灌区内或其附近，縮短了輸水渠道的长度，从而减少了灌溉水量的渗透損失，并提高了灌溉系統的有效利用系数。同时也不会象引用河水时那样，常会受到泥沙的威胁，使有时虽急于用水，但因河水泥沙含量过大，而不得不关閘停水。另外，在某些地区，当取用地下水灌溉时，还可以降低地下水位和减少或防止灌溉土地的次生盐漬化和沼泽化，从而改良了土壤。

供水也称給水或自来水，它随着社会的发展而不断扩大了被应用的范围。因为其实用范围和要求不同，供水工程可分为：城市(公共)供水，各种工业企业供水，矿区供水，铁路供水，农业供水和施工工地临时供水等。

农业供水，是以科学的技术和方法，供給足够数量 and 良好质量的水，以滿足农村人民公社社員的生活和畜牧业、公社工业以及消防用水的一門科学。

农业供水是有很大意义的。它能給广大农民在日常生活上带来很多方便，大大地改善农村卫生条件，并能免除或減輕繁重的汲水和运水的劳动。

农业供水对畜牧业也有着很重要的意义。在人工飼养的畜牧場中，由于实行对牲畜供水的机械化，不但可大量减除劳动力的耗費，且显著提高了畜产品的产量(据苏联經驗可提高10~30%)。同时随着对牲畜飼养的卫生条件的改善，也相应减少了牲畜的發

^① 农业供水一詞系由俄文 Сельскохозяйственное Водоснабжение 直譯而来。在教育部翻譯印发的苏联农田水利专业教学計划中初次出現此譯名，一直沿用至今。此譯名似有些含混，易被理解为包括农田灌溉在內。編写本书时，有同志建議改为“农村給水”。究以何譯名为佳，尚需进一步推敲。

病率。另外，还給机械化配制飼料提供了先决条件。

在天然放牧場上，供水問題更显得特殊重要。因在荒漠的草原地区，常是缺乏良好的天然水源的。这就对畜牧业的发展給予了很大的困难和妨碍。因此，要大力发展畜牧业，就必须先行解决其供水問題。

在农村人民公社中，目前已兴办了許多工业企业，諸如各种农产品加工厂，化肥厂，农具厂等等，它們都需要一定数量和质量的水。

农业供水只有在社会主义制度的国家中，才能被重視和得到彻底解决。苏联在这方面已作出了光輝的榜样，現今在絕大多数的国营农場和集体农庄中，都已建有完善的农业供水系統，且部分也有了下水道。随着社会主义建設的迅速发展，我国农村中的农业供水也必将得到迅速的发展。

二、我国在凿井与农业供水方面的貢獻和展望

关于凿井的技术和方法，我国发明和使用最早。我国人民开始定居于黄河上游，該地地势高亢，气候干旱，常遭旱灾的威胁，所以我們的祖先早就研究开泉凿井，利用地下水作供水和灌溉之用。据考証在黃帝时便开始有井，至三代时应用的就更多。易經云“改邑不改井”，即置邑須先置井之意。詩經有“凿井而飲，耕田而食”之句，更充分地說明了此点。历代对于凿井技术和汲水工具均有不断的創造和改进。远在汉代以前，就发明了“人工竹弓凿井法”，深凿500米以上的火井和盐井。此法直至現今还在沿用，而且經過不断改进，現在已广泛为各地羣众所掌握，有些地区已改革为半机械化，成为向大自然索水的有力武器了。

早在紀元前145年(汉孝帝中元五年)时，我国已首先創造了引用地下水的坎儿井。在新疆的許多地方，坎儿井是灌溉和供水的主要建筑物。直至現在，在国民經济中仍然起着重要的作用。

唐朝时候(公元778年前后)，李泌在杭州开凿六眼井，深穿暗沟引西湖水，作为居民供水之用。由此足証我国在一千多年以前，便有了較完备的引取湖水的建筑物了。

明代徐光启曾著“旱田用水疏”，其中載有許多凿井的方法。他建議：在江南海墟深数尺有水，应建池塘蓄水(与現今水柜相似)；掘深数丈才得水时应凿井。明代的井已分有石井、磚井、葦井、竹井和土井等数种。揚水工具已有桔槔、轆轤、龙骨水車等。徐光启还研究和总結了探測地下水以定井位的所謂“审井源法”和辨別水质好坏的方法。

在一千年以前，我国人民已发明用明矾澄清水的方法。在現代供水工程中，采用明矾作为混凝剂，以加速水中悬浮物质的所謂“混凝沉淀”，成为最新水质改善方法中所不可缺少的程序。

近几年来，經中国科学院考古研究所的調查，在陝西咸阳长陵几处挖掘出了秦代的类似管道三通和井圈等物，有力地証明了祖国劳动人民在凿井和供水方面的确有过很多貢獻。但几千年来，我国由于长期的封建制度和国民党反动統治，凿井和供水事业很难得到发展。

解放后，仅只有十一年多的時間，在党和毛主席英明的领导下，祖国面貌已焕然一新，各项事业都得到飞跃的发展。在凿井和供水方面也表明了这一点。在解放前国民党反动派統治时期，全国只有沿海被帝国主义盘据和官僚买办享乐的少数几个大城市才設有自来水(供水)，很多大中城市尚不可及，何能談到农村。解放后十一年来，由于規模

巨大的工矿企业不断兴建，新型工业城市迅速增加，供水事业也相应地得到了很大的发展。在广大农村中，在供水方面也得到了普遍的改善。特别在大跃进的年月里，在北京、天津、上海、南京和广州等大城市的郊区农村人民公社已建立起了很多的简易自来水，得到农民的极大欢迎。

在凿井方面也同样得到了极大的发展。从解放后，特别在水利化运动以来，在党的领导下，在总路线的光辉照耀下，各地一方面组织群众用土法凿井，逐步改革凿井工具和总结先进经验；另一方面也大量制造了多性能的轻、重型凿井机械，积极培养和训练凿井技术人才，深入学习苏联和其它兄弟国家的先进技术和经验，使我国的凿井事业得到了迅速的提高和发展。

由于祖国社会主义建设事业的迅速发展，同时农村人民公社已经巩固和壮大，故解决农业供水问题已逐渐提到日程上来了。对于农业供水来说，最好的应该是集中的和机械化的供水系统。但这绝不意味着要解决目前的农业供水问题，就非兴建完善的供水系统不可。当前一方面由于农业生产还未能达到这样的水平；另一方面在我国这样辽阔广大的农村中，在同一时间里都要建立起完整的近代化的供水系统，也不可能供给这么多的器材。故对目前的农业供水应首先解决其中最突出和最急待解决的问题，如开辟良好水源，简易水质改良和改进提水工具等。在条件比较好的地方，也可建立简单的供水系统。总之应本着勤俭办一切事业的精神来办农业供水系统，坚决按照两条腿走路的方针，土法上马，先土后洋，土洋结合，因陋就简，就地取材，随发展逐步过渡。同时也应该结合农村人民公社的规划作出适应的较长远农业供水规划，分期分段逐步解决，以臻逐渐完善。

祖国的凿井与农业供水事业，在党的正确领导下，在人民公社的无比优越制度下，随着生产的大跃进，肯定会得到更大的发展。

三、凿井与农业供水的任务和內容

凿井与农业供水这门课程，按其性质可分为两部分：第一部分是凿井工程，主要是论述在开发利用地下水时，如何正确和合理地开采地下水利资源，其中包括以垂直集水系统(井)为主的灌溉和供水的规划、设计和施工。同时对其它常用的集取地下水的建筑物，也作了必要的阐述。

凿井工程是专指钻凿水井的，在其施工部分，虽与其它用途的钻探工程有相似之点，但并不完全相同。

第二部分是农业供水工程，主要论述如何供给农村人民公社社员的生活用水，附属工业企业的生产用水和畜牧业用水。它不同于城市和工矿企业等的供水。而是根据农业和人民公社的特点，结合当前条件和进一步发展远景，提出切合实际的规划设计方案。

在农业供水部分中，包括规划设计时应考虑的主要原则，用水量的确定，以及以地下水源为主的供水水源的选择，简易配水和对水质的改良。并根据畜牧业的特点，以专章作了讲述。

最后并附有几个我国农村人民公社现在已采用和推荐采用的简易供水方案，供在条件相似的情况下，作为参考。

本课程的性质是属于专业课的，故在学习之前，必须先掌握水力学、水文地质、抽水机和抽水站、施工等的基本知识。

第一篇 凿井部分

第一章 地下水的开采条件和开采方式

§1-1 地下水的开采条件

由于生产发展的需要,尤其是农业生产的迫切要求,现今对地下水的开发利用已不是个别点綫問題,而是成为大部地区或大面积的綜合开发利用了。在这种情况下,就必须对开采地区的地下水开采条件有一全面的了解和掌握,始能制定出切合实际、符合需要和經濟的规划与設計,从而才能合理正确地开发利用地下水利资源。

一、开采地下水的自然条件

1. 开采地区的水文地质特征 水文地质特征是开采地下水的先决条件,它决定着对开采地区地下水开发利用的可能性。为了充分全面地了解,使不致因局部現象而誤解,还必须对較大范围的区域地质构造和区域水文地质条件,以及地形、地貌和气象等特征有一大概的認識,才能对开采地区地下水的成因,补給来源和流向等得到真实的了解。

对于开采地区的水文地质特征,主要应明确:

(1) 岩性和地质构造,包括整个地层各隔水层和含水层的特性、层数、产状分布情况和各含水层的水力状态(自由、承压)等;

(2) 地下水的埋藏情况 包括地下水的埋藏深度、各含水层的厚度和其水位的变化幅度等;

(3) 地下水的儲量 包括靜儲量、动儲量、調节儲量和开采儲量等。

(4) 各含水层的水量和水质評价(对灌溉、供水和其他用途)。

2. 地下水开发利用图

按上述水文地质特征,結合开采地区的用途和需要,以及現有开发利用的情况和用水对象的分布等繪制出簡明的“地下水开发利用图”。在該图中不仅要清晰地表明主要的自然条件,而且为了密切为生产服务,还应合理地区划出开采范围。此范围不能一概而論,而是按不同开采地区的具体情况而定的。

在水量比較丰沛的情况下,应将水量和水质进行比較,視何者在地下水經流該地区时,变更較大,且結合生产要求,来恰当划分。例如:水量无显著变化,而水质变化較大,且生产对水质要求高时,則以水质为划分标志;反之,应以水量的变化为划分标志。有时虽水质变化較大,但生产对水质要求不高,而主要要求为水量时,仍应以水量变化为划分标志。如二者全部或大部均較滿意,此时便可斟酌情况,或可以开采难易作为划分标志。

对于水量不足或稀少的情况,常是以滿足水量为主要条件,則应珍惜所有的地下水源,甚至水量很小者,都应标于图中。划分范围时,以埋藏条件或以儲量等为标志,应視具体情况而定。

划分开采范围可分成若干級或給予不同評价。

二、开采地下水的经济技术条件

对于合理地开采地下水来说，自然条件仅是问题的一方面，而另一方面还应充分地考虑开采地区的经济技术条件，因为前者只是具备了开采地下水的可能性，或者仅提供了开采的方向；而后者却有着很大程度的现实性，故也是十分重要的。只有二者密切地结合起来，才能比较完善地开采利用地下水源。经济技术条件主要应考虑者有：

1. 施工条件 在实际生产中常会遇到这样的情况，虽在开采地区有良好的深层承压水或自流水，但由于凿井机械所限，一时难于开采，就不得不考虑开采较浅者或潜水。有时虽利用筒井、水平集水建筑物开采潜水较方便，但却由于劳动力很缺（荒漠或沙漠地区更甚）或因其它条件所限，困难较大，而现有方便的管井钻机时，则应考虑采用管井。

2. 建筑材料 在当前情况下，对各种建筑材料一时还难于充分满足，尤其是金属管材还很缺乏，故应仔细考虑当地现有建筑材料和找寻必要的代用材料。

3. 抽水设备 抽水设备对地下水的开采也有着直接的关系。目前有些地方，由于缺少适宜的抽水设备，而限制了对地下水有效的利用。当然这其中与动力设备也有密切的关系。

经济技术条件固然很重要，且应该充分加以考虑，但决不能因此而受其限制或等待条件。必须本着既重视现实条件，又尽力争取创造条件，开采出更多的地下水源。

§1-2 开采地下水的建筑物的类型和其适用条件

开采地下水的形式很多，尤其从大跃进以来，各地根据地区条件和特点，更创出了许多新的形式。其中最常见者如表1-1所列。

开采地下水建筑物的类型不论有多少种，按其与地面的方向来分，大体可分为：

1. 垂直集水系统 在此系统中为各种井，如：筒井，管井，自流井，筒管井和井群等；

2. 水平集水系统 常称为水平集水建筑物，其中包括：水平廊道，水平坑道（巷道），坎儿井和截潜流等；

3. 联合系统 即垂直与水平集水系统联合在一起的型式，诸如水柜、地下河网等；

4. 引泉结构 主要是利用各种泉水（上升泉、下降泉）的建筑物系统。

以上四种系统除引泉结构特殊外，在一般情况下常是根据地下水的埋藏深度、含水层的厚度、出水量的大小不同而采用其不同的形式。

当地下水埋藏较深时，应采用垂直集水系统，其中含水层埋藏在30米以上时，不论是潜水或无压层间水或承压水均以采用管井为宜。而含水层埋藏在5~30米时，则多采用筒井，如上层潜水含水层很薄或出水量不大，且下面又有良好的承压水时，则常采用筒管井。

如潜水含水层距地表在10米范围内，且其厚度较薄，下面具有良好的不透水底垫层时，以采用水平集水建筑物为佳；而在山前冲积扇地带，可考虑采用坎儿井的形式。

如为了增大集水沟、池塘等的出水量，且下层有良好的承压水时，则可采用水柜或地下河网等的联合系统。

上述仅从水文地质的自然条件来论，如再结合开采的经济技术条件，便应结合实际

表 1-1 开采地下水的建筑物的类型和其适用条件

序号	代表名称	同类名称	提水	自流	构造要点	适用条件
1	开泉	炸泉、引泉、挖泉		✓	开发或扩大井泉, 将水引出	山区, 丘陵, 洼涝地区
2	串井	坎儿井、水巷		✓	暗渠, 集水引水工程	冲积扇, 丘陵
3	搬倒井	搬倒塘		✓	井、塘侧面开口, 把水引到下游	山区, 丘陵
4	接力井	深井带窖, 二仙传道井, 梯级井	✓		二级以上接力提水的筒井, 井旁或有水窖以储水	黄土高原, 地下水位深的地区
5	截潜流	治漏河, 地下河, 双层水庫, 潜流水庫	✓	✓	在干涸的砂卵石河床筑潜坝, 拦截潜流将水引出	山区, 丘陵, 平原
6	泉组河	自流水柜		✓	用明渠或暗渠串通几十个泉管, 将水汇流引到下游	冲积扇边缘, 地面坡度在1/500以上的平原
7	自流井			✓	井水自流喷出地面	凡有自流构造的地区
8	筒井	土井, 坑井, 砖井, 石井, 穿靴戴帽井等	✓		直径在1米以上的潜水井	潜水丰富地区
9	管井	洋井, 机井	✓		直径在100~500毫米用各管子或小砖筒加固井壁的井, 可取深潜水和承压水	平原, 低洼地区
10	真空井		✓		井管与水泵进水管密封連結	地下水位深且水量丰富的地区
11	横管填砾井		✓		在筒井中向四外打横管, 井筒外圈填砂砾	潜水不丰富地区
12	地下水庫	八仙聚会井	✓		在筒井底部打洞或开巷道, 以地下水为主要水源, 有时也容纳地表水	在干旱潜水不丰富、地层较坚固的地区
13	井群	联井, 梅花井, 连珠井, 虹吸联井	✓		两个以上的筒井以連通或虹吸管連結起来	以利用潜水为主的地区
14	泉水湖	平原水庫, 人工湖	✓	✓	主要靠地下水来源的大型坑塘或水庫	潜水丰富地区或泉水連串出头地区
15	沙漠湖	水潭		✓	在沙漠复盖地区挖湖	沙漠复盖层厚度在10米的内的地区
16	下泉井	筒管井, 联合井, 子母井, 砖管井, 三吊井, 改良井	✓		在筒井底部下泉管, 或管井	潜水贫乏而层間水丰富的地区
17	水柜	塘底下泉	✓		长方形深沟, 或坑塘底部下泉	低洼, 潜水丰富地区
18	机井水庫			✓	机井旁修建蓄水池, 由池中放水自流灌溉	平原, 尤其是利用风力提水时适用
19	地下河网	河网下泉	✓		利用地下水为主的深渠, 河道	沙漠复盖层地区, 洼涝地区
20	泉連塘庫	連环地下水庫, 渠塘連井, 竹节水庫, 透河串井	✓		泉水及其地下水的蓄水工程和調节水利工程	山区, 丘陵, 平原低洼地区, 沙漠地区

条件而选择适合当地条件的最佳开采建筑物的类型。

泉水乃是地下水天然露头的一种特殊形式, 故在利用时, 只能根据其自然特点, 尽量收集利用, 勿使壅回或堵塞改道, 其结构类型基本上是固定的。

第二章 水井出水量的确定

§2-1 概 述

水井中不论是筒井或管井均可分为完整井和不完整井。完整井是井筒穿过所取水的含水层的整个厚度, 井底直达承托的不透水层上(图 2-1 中 *a*)。完整井水仅是由井壁进入井内, 而不完整井则水可仅从井底进入, 或仅从井壁进入, 也可从井壁井底同时进入(图 2-1 中之 *b*、*c*、*d*)。

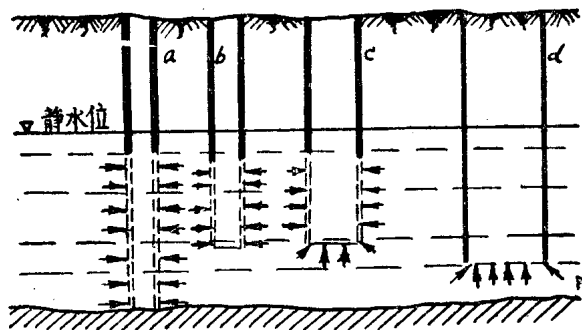


图 2-1

由于水井的进水形式有上述诸种, 且因地下水的水力状态〔自由(潜水)和承压〕不同, 其出水量的计算方法也相异。故在计算水井的出水量时, 必须考虑下列诸条件:

- (1) 井与井之间有无影响;
- (2) 所凿取含水层的水力状态;
- (3) 含水层的特征和其凿凿程度(完整井和不完整井);
- (4) 地面水(河、湖等)对井的出水量有无影响;

(5) 对计算准确度的要求。

关于水井出水量的计算, 按不同阶段可有两种计算方法: 一种方法是初步计算, 即在初步设计阶段, 利用勘察和实验所得的资料, 将凿取含水层的水文地质主要特征(水压、含水层的厚度、渗透系数等)和井的形式因素, 按数学分析的理论公式计算。另一种方法是最終计算, 即在施工设计阶段, 根据抽水实验所得的资料, 以精确求得井的出水量, 常用经验公式或图解法计算。下面按上述情况分别说明单个管井和筒井的计算方法。

§2-2 管井出水量的计算

一、单井出水量的初步计算

1. 完整井(井壁进水)的出水量可按裘布衣公式计算^①:

(1) 无压水〔潜水和无压层间水(参看图 2-2, *a*)〕: 当地下水流为层流状态时, 渗透速度可按达西公式 $v = Ki$ 确定(式中 K ——层流时的渗透系数; i ——地下水的水力坡度), 此时

^① 该公式在水力学和水文地质学课程中已学过, 故在这里仅引入利用, 不再作详细分析。

$$Q_{\text{完,层}}^{\text{无}} = 1.37K \frac{H^2 - h^2}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (2-1)$$

或

$$Q_{\text{完,层}}^{\text{无}} = 1.37K \frac{(2H - S)S}{\lg \frac{R}{r}}. \quad (2-2)$$

式中 $Q_{\text{完,层}}^{\text{无}}$ ——层流时无压水完整井的出水量(升/秒、米³/秒或米³/昼夜);

K ——取凿含水层的渗透系数(米/秒, 米/昼夜);

H ——含水层的厚度(米);

h ——井中水深(米);

S ——井中水位降落或抽水深度(米);

r ——井的进水部分(滤水层或滤水管)的半径(米);

R ——井的影响半径(米)。

如地下水为混合流状态, 则渗透速度应按斯姆列克尔公式 $v = K_c i^{\frac{1}{m}}$ (式中 K_c ——混合流的渗透系数; m ——指数的倒数, 其数值由抽水试验定出) 确定, 故井的出水量计算公式便改为:

$$Q_{\text{完,混}}^{\text{无}} = 2\pi K_c \sqrt[m]{\frac{m-1}{m+1} \times \frac{H^{m+1} - h^{m+1}}{\frac{1}{r^{m-1}} - \frac{1}{R^{m-1}}}}, \quad (2-3)$$

因 $\frac{1}{R^{m-1}}$ 实际很小, 故可忽视, 则:

$$Q_{\text{完,混}}^{\text{无}} = 2\pi K_c \sqrt[m]{\frac{m-1}{m+1} (H^{m+1} - h^{m+1}) r^{m-1}}. \quad (2-4)$$

当地下水流在裂隙岩层中具有紊流性质时, 其渗透速度则应按克拉斯诺波里斯基公式 $v = K_T \sqrt{i}$ 确定, 即:

$$Q_{\text{完,紊}}^{\text{无}} = 2\pi K_T \sqrt{3 \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right) (H^3 - h^3)}. \quad (2-5)$$

(2) 承压水(图2-2, b, c)

对于承压水情况的计算, 可以按动水位高于上面不透水层的底面和低于此底面两种情况考虑。

第一种情况即 $h > T$:

① m 值与含水层的主要颗粒粒径有关, 按斯姆列克尔的意见, 在1~2的范围内变化。伊兹巴什曾指出, 当颗粒直径由5~10毫米, 且水力坡度由0.1~1时, 其值变化在1~1.8范围内。在无试验数值的情况下, 可近似采用下表中所列数值。

颗粒粒径(毫米)	0.5~1	1~2	2~3	3~5	5~7	7~10
m 值	1.1	1.2	1.25	1.3	1.4	1.5

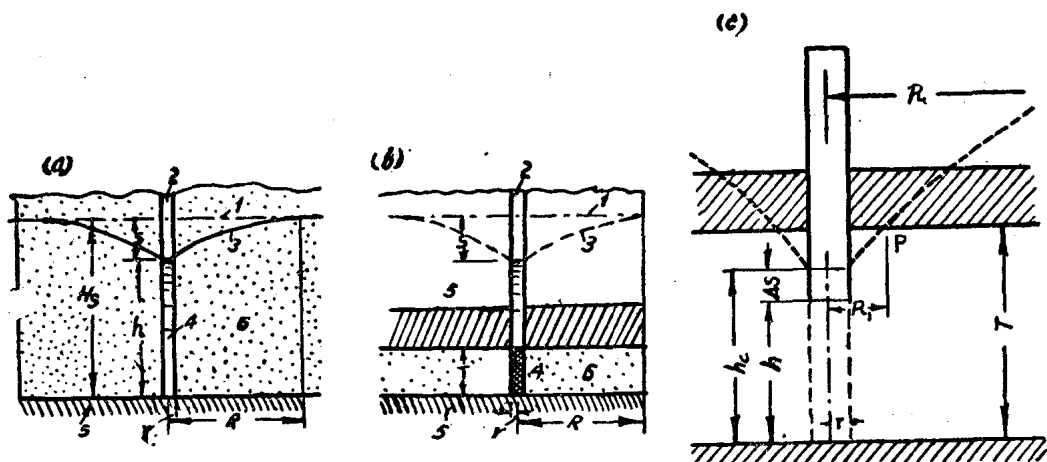


图 2-2 完整单井出水量计算图

1—静水位；2—管井；3—降落曲线；4—滤水管；5—不透水层；6—含水层。

地下水为层流状态时：

$$Q_{\text{压, 层}}^{\text{压}} = 2.73K \frac{T(H-h)}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (2-6)$$

或

$$Q_{\text{压, 整}}^{\text{压}} = 2.73K \frac{TS}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (2-7)$$

式中 H ——承压水的水头(米)；

T ——承压水含水层的厚度(米)；

其余符号同前。

地下水流为混流状态时：

$$Q_{\text{压, 混}}^{\text{压}} = 2\pi TK_c^m \sqrt{\frac{(m-1)(H-h)}{\frac{1}{r^{m-1}} - \frac{1}{R^{m-1}}}}. \quad (2-8)$$

当 $\frac{1}{R^{m-1}}$ 值甚小时，可忽略不计，则：

$$Q_{\text{压, 混}}^{\text{压}} = 2\pi TK_c^m \sqrt{(m-1)(H-h)r^{m-1}}. \quad (2-9)$$

地下水流为紊流状态时：

$$Q_{\text{压, 紊}}^{\text{压}} = 2\pi TK_r \sqrt{\frac{H-h}{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}}}. \quad (2-10)$$

式中符号同上。

第二种情况即 $h < T$ ：

由图 2-2, c 中可看出，在弱承压水或水位降落较大的情况下，在水位降落曲线上便可找到这样一点 P ，其纵坐标为 T ，横坐标为 R_1 。点 P 以上，即水位降落在 $R \sim R_1$ 的范

閘中时，地下水是承压的，其出水量可按上列諸式計算。而点 P 以下，即地下水位在 $R_1 \sim r$ 的範圍内时，地下水是无压的，故其出水量应按相应的无压水公式計算，即：

$$Q = 1.37K \frac{(2H - T)T - h_c^2}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (2-11)$$

式中 h_c 为井壁外水层的高度(米)。

上列諸式中的渗透系数 K 值，与含水层的顆粒粒徑有关，准确者应由抽水或注水試驗求得，或用相应大顆粒的渗透仪测定，也有用篩分析以經驗公式計算者，但后二法均較前法略差。在初步近似計算中，可采用表 2-1 中所列数值。

表 2-1 渗透系数 K 的数值

岩 层 名 称	顆 粒 粒 徑 (毫米)	渗透系数 K 值 (米/昼夜)
砂质壤母(砂土)	—	0.2~0.07
細粉砂	0.05~0.1	1.0~5.0
細砂	0.1~0.25	5.0~10.0
中砂	0.25~0.5	10.0~25.0
粗砂	0.5~1.0	25.0~75.0
极粗砂	1~2	50.0~100.0
砂带砾石	—	75~150
砾石带粗砂	—	100~200
純砾石	—	>200

关于水井的影响半徑 R ： R 表示在某一水位降落时，由水井中心到水位降落的最外边缘(即地下水位不变化之点)的距离。它与含水层的透水性、厚度和水位降落有关，一般应用抽水試驗的方法，可得出較符合点际和准确的 R 值。在試驗中欲将試驗水位降落时的影响半徑($R_{試}$)轉換为設計水位降落时的影响半徑($R_{設}$)时，可按克拉斯諾波里斯基——凱尔克斯的公式計算：

对无压水的情况：

$$R_{設}(\lg R_{設} - \lg r_{設}) = R_{試}(\lg R_{試} - \lg r_{試}) \frac{S_{設}(2H - S_{設})}{S_{試}(2H - S_{試})}. \quad (2-12)$$

对承压水的情况：

$$R_{設}(\lg R_{設} - \lg r_{設}) = R_{試}(\lg R_{試} - \lg r_{試}) \frac{S_{設}}{S_{試}}. \quad (2-13)$$

式中 $r_{設}$ ——井的設計半徑或以直綫布置井羣的引用設計半徑，等于 $\frac{L}{4}$ (L 为井羣分布直綫的长度)；

$r_{試}$ ——抽水試驗所用的試井或取水井的半徑；

$S_{設}$ ——井內設計水位降落；

$S_{試}$ ——当測定 $R_{試}$ 时，井內的实际水位降落；

H ——无压水含水层的厚度。

用公式(2-12)和(2-13)求解 $R_{設}$ 的数值时，可用試算法或由預先制成的曲綫查得。

如无試驗資料，在初步計算中，可利用經驗公式确定 R 值，最常用者有：

И.И.庫沙肯的公式:

$$R = 575S\sqrt{KH}. \quad (2-14)$$

式中 S ——井中水位降落(米);

H ——无压水含水层厚度或承压水的水头高度(米);

K ——渗透系数(米/秒)。

如渗透系数 K 以米/昼夜表示时, 則(2-14)式改写为:

$$R = 2S\sqrt{KH}. \quad (2-14)'$$

B. 吉哈尔德特的公式:

$$R = 3000S\sqrt{K}. \quad (2-15)$$

式中符号和因次与(2-14)式相同。

公式(2-15)与(2-14)比較, 因前者未考虑无压水含水层的厚度或承压水的水头高度, 故其值常偏大, 較不准确。而后者只是抽水开始(8小时)所得到的, 其值虽接近平均值, 但稍偏小。

另外在初步估算中, 也可采用表2-2所列的經驗数值近似地确定 R 值。該表为И.И.歌哥列夫对粒状含水层所給的 R 值, 其适用条件为井中水位降落不大于数米, 抽水持續時間不小于5~8昼夜, 且无表面水增添渗入。

表 2-2

岩 石 名 称	顆 粒 直 徑 (毫米)	影 响 半 徑 R 值(米)
細 粉 砂	0.05~0.1	25~50
細 砂	0.1~0.25	50~100
中 砂	0.25~0.50	100~200
粗 砂	0.5~1.0	300~400
极 粗 砂	1.0~2.0	400~500
細 砾 石	2.0~3.0	400~600
中 砾 石	3.0~5.0	500~1500
粗 砾 石	5.0~10.0	1500~3000

2. 不完整井: 管井在不完整的情况下, 其进水方式固可分为井壁进水和井壁井底同时进水两种情况, 但因管井直徑很小, 又多用沉砂管, 后种情况很少見, 故实际只是一种情况。

(1) 无压水(图2-3, a):

$$Q_{\text{不完}}^{\text{无}} = A_1 \left[1.37K \frac{(2H - S)S}{\lg \frac{R}{r}} \right]. \quad (2-16)$$

(2) 承压水(图2-3, b)

$$Q_{\text{不完}}^{\text{压}} = A_2 \left[2.73K \frac{TS}{\lg \frac{R}{r}} \right]. \quad (2-17)$$

式中 A_1 和 A_2 ——福尔赫盖米尔对不完整井出水量計算的改正系数。其值可用下式計算: