

美国军用水井施工手册

美国军事工程学校 编 著

地 质 出版社

美国军用水井施工手册

美国军事工程学校 编 著

王让甲 戴智长 译

郭文芝 校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本手册是美国军事工程学校为在战地开发地下水的军事人员编写的。书中介绍了地下水的成因、产状、质量、勘探方法及军事上最常用的回转钻进和潜孔钻进技术与建井方法，以及在无标准军用水井钻进设备时采用的其他施工方法和完井、洗井、试井、极地水井施工等技术问题。

书中讲述的操作技术具体、细致，道理简明易懂，可作为我国水井钻探人员的参考教材。

本手册的1—5章由王让甲研究员翻译，6—11章及附录由戴智长高级工程师翻译，全书均由郭文芝同志进行了校正。

美国军用水井施工手册

美国军事工程学校 编 著

王让甲 戴智长 译

郭文芝 校

责任编辑：李顺昌

地质出版社出版发行

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店总店科技发行所经销

开本：850×1168¹/₃₂ 印张：7.125 字数：188000

1990年5月北京第一版·1990年5月北京第一次印刷

印数：1—680册 国内定价：3.75元

ISBN 7-116-00555-2/P·472

目 录

第一章 引言	1
第二章 地下水	2
第一节 地下水的成因.....	2
第二节 地下水的产状.....	3
第三节 地下水的勘探.....	10
第四节 地下水的质量.....	14
第五节 作为军用水源的地下水.....	15
第三章 水井施工原理	17
第一节 引言.....	17
第二节 水井构成.....	17
第三节 水井施工步骤.....	19
第四节 钻孔施工技术简介.....	21
第四章 迴转钻进方法	22
第一节 引言.....	22
第二节 机载迴转钻进设备.....	23
第三节 机载钻机辅助设备.....	31
第四节 迴转钻机的操作（机载和半拖挂车装钻机）.....	44
第五节 半拖挂迴转钻进设备.....	53
第六节 迴转钻进设备的运输.....	59
第五章 打捞工具和打捞技术	61
第六章 其他钻井技术	72
第一节 引言.....	72
第二节 钻井.....	72
第三节 打管钻井.....	74
第四节 水力喷射钻进.....	93

第五节	挖井	101
第六节	应急建井	108
第七章	洗井和成井	122
第一节	引言	122
第二节	下套管	122
第三节	滤水管	123
第四节	洗井	141
第五节	水井人工填砾	152
第六节	卫生保护措施	156
第八章	水井水力学和抽水试验	163
第一节	水井水力学	163
第二节	水井抽水试验	166
第九章	水泵	175
第一节	绪言	175
第二节	抽吸泵	176
第十章	极地建井方法	195
第一节	引言	195
第二节	钻进设备和辅助设备	199
第三节	极地钻进方法	200
第十一章	水井钻进设备的辅助用途	203
第一节	引言	203
第二节	地质勘探钻进	204
第三节	取心钻进和取样	205
第四节	爆破孔钻进	207
附录A	参考文献	208
附录B	标准换算	210
附录C	性能和计算表	217

第一章 引言

1-1. 目的和范围

a. 本手册是有关利用地下水和水井钻进操作的一本入门教科书，主要是为在战地负责开发地下水源的军事人员而编写的，并可作为永久性军事设施区域内钻水井的指南。该手册还包括水井钻进设备的其它应用，如提供地质资料或土壤勘探等。本手册可作为培训从事利用地下水、水井钻进和有关配套设备的使用等技术人员的教科书。

b. 本手册着重介绍地下水的成因、产状、质量和勘探等方面的内容；还将介绍军事上最常用的建井方法（迴转和潜孔钻进技术），以及在没有标准军用水井钻进设备时而采用的其它施工方法。一些通常只用于土建工程的设备和方法，在某些情况下，也可移植到军事工程上来。本手册还将介绍井眼施工完毕后的完井、洗井和试井技术；极地水井施工及有关特殊问题；水井钻进设备在采集岩石和土壤样品中的应用；各种类型的水泵。

c. 关于地下水的补给和产状，井眼的定位，以及水的净化等一般资料，可查阅参考文献“技术手册（TM）5-700野外供水”。有关地下水补给的地质资料，查阅参考文献“技术手册（TM）5-545地质学”。有关地下水和水井钻进的一些教材和参考文献见附录A。

1-2. 修改

为了改进本手册，欢迎使用本手册的技术人员提供修改意见。对建议修改的特定段落，应切中要害说明意见。对每条修改意见应提出理由，以便进行全面评价。提交意见时必须用DA2028表（对出版物的修改意见和空白表格），直接寄给美国军事工程学校校长〔福特贝尔沃堡（Fort Belvoir），弗吉尼亚（Virginia）22060〕。

第二章 地下水

第一节 地下水的成因

2-1. 引言

a. 据估计，地球上约百分之九十七的淡水位于地下（不包括冰川和极地冰帽所含淡水）。

b. 地下水的成因有三种：

（1）大气降水，即地球表面的降水，通常的形式是雨和

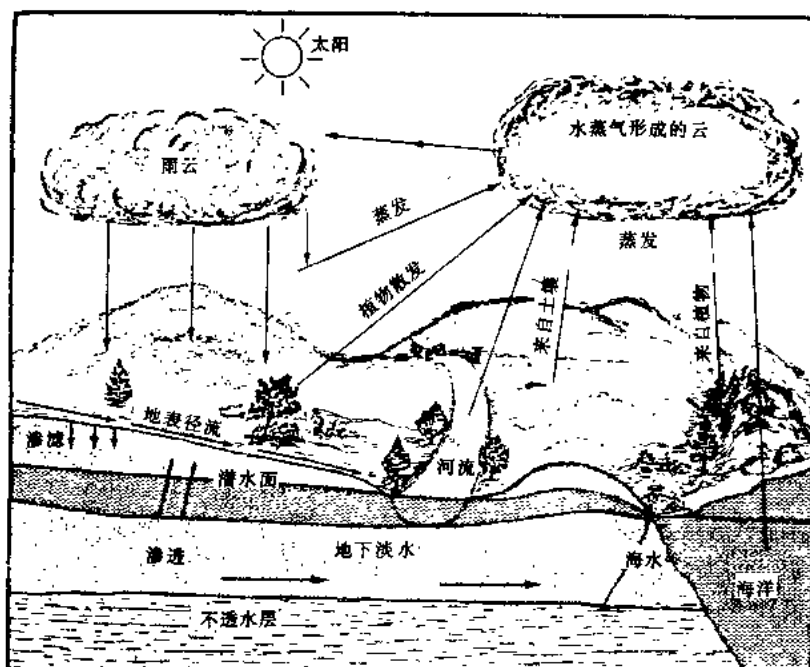


图 2-1 水循环

雪。

(2) 原生水, 即在含水层最初沉积时, 圈闭在沉积层中的地下水〔见本章2-3c(1)含水层一节〕。

(3) 岩浆水, 即岩浆在地表下部冷却时释放出来的水蒸气冷凝所形成的地下水。

c. 实际上, 普通水井产出的地下水都属于第一种地下水, 即天落水。

2-2. 水分循环

图2-1表示地球上水分的循环。从水循环观点看, 地下水来源于雨水是毫无疑问的。当水降到地面时, 大部分流入江河, 最后流入大海。另一部分通过直接蒸发和植物散发回到大气中去。只有透过土壤进入地表以下含水层的那一部分降水才成为有用的地下水。这种地下水顺地势缓慢流动, 最终渗入海洋。

第二节 地下水的产状

2-3. 引言

a. 地下水的深度和含水层的类型变化极大。关于地质学概述和地下水地质学详细内容参见技术手册5-545, 在此只扼要地概述地下水地质的几个重要方面。

b. 就作为有用的水源而论, 含水层两个最重要的特性如下:

(1) 地层的岩石性质, 决定钻井时的难易程度和不用套管护壁时井孔的稳定程度。

(2) 地层的水文性质, 决定地层是否含水以及所含的水流入井孔的难易程度。

c. 必须考虑下述三种类型地层:

(1) 含水层, 即含水的地层, 水能比较容易地流动。

(2) 储水隔水层(滞水层), 储水隔水层也可能含水, 但透水性差, 因此会阻塞水的流动。

(3) 隔水层 (不透水层), 既不含水, 又不透水。

2-4. 岩石的地质特性

a. 根据岩石的成因, 地质学家把岩石分为三大类, 根据可钻性分成两种类型。

(1) 火成岩类, 由熔融岩浆冷却形成, 如花岗岩和玄武岩。

(2) 沉积岩类, 大部分由早期形成的岩石经过侵蚀和再沉积作用形成, 如砂岩和页岩。

(3) 变质岩类, 通常在地球的深部, 由火成岩、沉积岩或早期变质岩经过高压和 (或) 高温变化形成, 但温度没有达到岩石的熔点。如果温度达到岩石的熔点, 则将变成火成岩, 而不成变质岩。片岩和片麻岩均为变质岩。

b. 固结和非固结岩石是大家都知道的两种特定的分类, 一般地说, 火成岩和变质岩是固结岩石或非固结岩石。

(1) 固结岩石通常很坚硬、块体大、难破碎。在采石场所采岩石都是固结岩石。

(2) 非固结岩石由小的岩石颗粒 (粘土到砾石) 组成, 胶结程度差, 或者完全不胶结。在砂坑和砾石坑中采取的松散砂或砾石都属于非固结岩石。

c. 在一般情况下, 固结岩石较难钻进, 但在固结岩石中钻成的井眼要比在非固结岩石中的井眼稳固得多。在固结岩石中钻成的井眼通常不需要用套管护壁。虽然在非固结岩石中钻进比较容易, 但井眼不稳定, 经常坍塌, 其缺点超过了其优点。非固结岩石中的井眼几乎都需要用套管护壁, 但产水量通常比固结岩石含水层中的水量大。

d. 非固结含水层中的地下水处于岩体颗粒或细粒之间的裂隙或孔隙之中。固结含水层中的地下水处于岩石的节理、裂隙或液体通道之中; 固结岩石中颗粒之间的含水空间很小, 甚至没有。因此非固结岩石通常比固结岩石含水多, 水的流动性也好。在一般情况下, 非固结岩石形成的含水层比固结岩石含水层好得多。

2-5. 岩石水文特性

a. 封闭式和非封闭式含水层：如上所述，岩体中含水，并能使水流到所钻的井孔中，这种地层称为含水层。含水层有两种类型：封闭式和非封闭式（图2-2）。

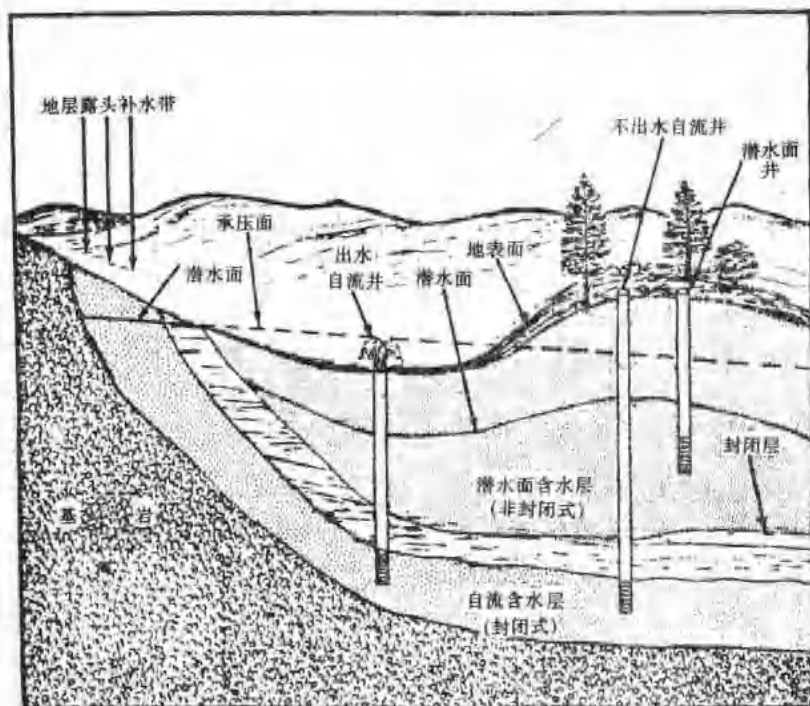


图 2-2 含水层类型

(1) 封闭式含水层：封闭式含水层的顶部和底部由不透水层即隔水层或滞水层封闭。这种夹层结构式含水层，通常含承压水。因此当钻到这种含水层时，井眼中水的高度将超过含水层的上界。水上升的水位称为承压面或测压面。如果承压面位于地面之上，则该井为自流井，不需要用水泵抽水。

(2) 非封闭式含水层：非封闭式含水层的上部没有不透水层封闭。上部水面为岩石缝隙或裂隙所含的最高水位。地层中饱



图 2-3 非封闭式含水层的地下水带

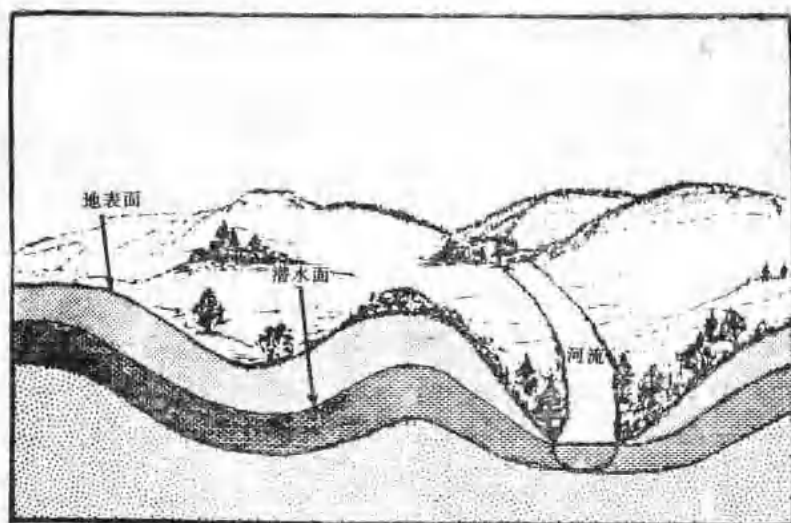


图 2-4 潜水面和地面的关系

和水的上限称为潜水面。潜水面附近及其上部的不同带见图2-3所示。一般说来潜水面就是水距地表的深度（图2-4）。丘陵地带的潜水深度，一般稍大于山谷地带的潜水深度。如果潜水面和地面相交，一般会形成喷泉、湖泊或沼泽。

b. 孔隙度：岩层的孔隙度以测定岩石中孔隙的体积来度量。它表示岩石在饱和时的含水量。孔隙度表示为岩石中的孔隙占岩石总体积的百分比，用下列公式表示：

$$\phi = \frac{100V_p}{V_t}$$

式中： ϕ ——孔隙体积占岩石体积的百分比；

V_p ——孔隙中饱和水的体积；

V_t ——岩石总体积（包括孔隙和岩石所占空间的体积）。

非固结岩石的孔隙度，与岩石的颗粒度、分选作用、胶结程度、填集作用及其它因素有关。

（1）分选作用：分选作用是以组成岩层的岩石颗粒度的变化来度量，是控制孔隙度的主要因素。分选好的地层，岩石颗粒度基本相同。分选不好的地层，岩石颗粒度变化甚大（图2-5）。通常，分选好的物质比分选不好的物质具有较高的孔隙度。

（2）胶结程度：胶结物是指自然产生的粘性物质，它可将岩层的颗粒粘结成岩石。普通的胶结物质包括碳酸钙（ CaCO_3 ）

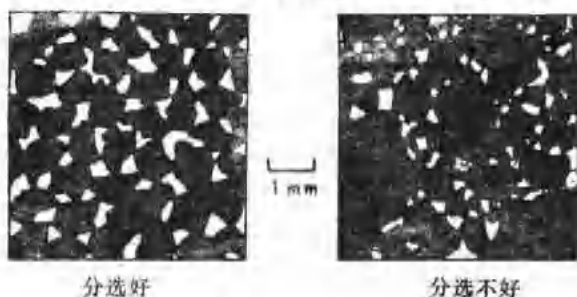


图 2-5 砂层的分选作用

和二氧化硅（ SiO_2 ）。这些胶结物质通常通过孔隙水沉积在岩石颗粒上。因为胶结物占据了本应含水的孔隙，所以，对特定岩石来

说，胶结程度越高，孔隙度就越低。

(3) 填集作用：填集作用用以说明岩石颗粒“密集”的方式。图2-6表示规则圆形颗粒的两种不同的填集形式。正方形排列的颗粒间的空隙较大。

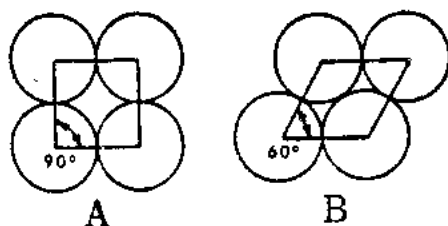


图 2-6 岩石颗粒的填集排列形式

A—正方形排列；B—菱形排列

c. 渗透性：渗透性是用岩石的透水能力来度量。受压水流过多孔岩石时，水从岩石颗粒之间相互连通的孔隙中流过。由于流动的水和岩石颗粒之间的摩擦，又因为水必须沿着颗粒之间弯曲的通道流动，所以当水流过岩石时，水的压力就有所损失。受压水流过岩石中一定距离，压力损失愈大，岩石的渗透性愈低。渗透性可用下列公式表示：

$$K = \frac{QLP}{A(p_i - p_f)}$$

式中：K——渗透性，加仑/(天·英尺²)，

Q——泵入水的体积，加仑/天；

L——水流经长度，英尺；

P——水的密度，磅/英尺³；

A——横截面积，英尺²；

p_i ——初始压力，磅/英尺²；

p_f ——最终压力，磅/英尺²。

和孔隙度一样，渗透性也受分选作用、胶结程度和填集作用的影响，并受粒度的影响，通常是颗粒愈大，孔隙愈大，渗透性

也愈大。图2-7表示一个多孔立方体的渗透性。为便于说明水井方面的问题，用 K 表示温度为 60°F ，水力梯度为1（水平流动1英尺，水头高度下降1英尺），水流过的横截面为1平方英尺时的含水物质的流量（加仑/天）。

2-6. 可能含地下水的地貌区

下述地区是一些较有希望含有地下水的地貌区。这里只简要地介绍过去成功建井的地区，不打算面面俱到，包罗万象。

a. 江河泛滥平原区：在一般情况下，河水除在河道中流动外，在河床下面的非固结多孔沉积层中还有潜流。在江河形成的

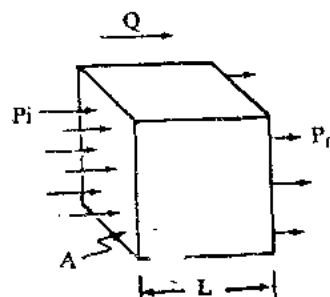


图 2-7 多孔立方体的渗透性

历史中，这种沉积层通常由早期沉积形成，例如泛滥期，同时在江河的两边平行于江河形成一狭窄平地，称为江河泛滥平原。如果在泛滥平原上钻井，在沉积层中的干净的砂层和砾石层中，便可能找到充足的地下水源。

b. 冰碛覆盖地区：世界上许多中等纬度地区（如美国北部，加拿大和欧洲北部），曾一度被厚冰层覆盖。冰层消退以后，遗留下不同厚度的沉积物，叫冰碛。有些沉积物是冰层消退时冰川的溶水留下的，而现在成为丰富的含水层。在这些非固结地区所钻的很多水井，可产出足够的水灌溉冰川沉积地区的农田。不过需要强调的是，很多冰碛没有受溶水的冲蚀，沉积物的分选作用又很差，所以不能形成好的含水层。

c. 滨海平原区：在世界上很多大陆边缘地区，长期以来海水一直在后退，留下很厚的非固结沉积物。这些沉积物在沉积之前受海浪的作用，反复冲刷、分选和“清洗”，会含有大量的地下水。如在这些地区钻井，其产水量足以灌溉农田。这种地下水地貌最好的例子是美国的东南和南海岸。

d. 玄武岩高原：世界少许地区，在过去的地质年代，从地

球内部喷发出来的熔岩形成玄武岩席，覆盖大片地区。这些情况可用本世纪夏威夷火山活动的例子来说明。岩浆席常常由连续的岩流形成，有几百英尺厚。当玄武岩席冷却时，有些部分会较快地凝固或变硬，在岩席内部便产生洞穴。在岩浆席冷却时，岩浆席中会形成节理和裂隙。在整个岩席冷却变硬之后，这些洞穴和裂隙会由地下水充填。如在该地区钻水井，产水量会很大，这一点已得到证明。

第三节 地下水的勘探

2-7. 引言

地下水不能用眼睛直接看到，因此，如何确定地下水的存在便成为主要问题。本节将介绍一些勘探地下水的直接和间接的方法。

2-8. 现有水井

虽然这种方法只能用于居民区，但却是最有效的方法。如果在一个地区当地人打过水井，那么便可认定该地区有地下水。通常，这类信息由该地区的情报部门提供。现有水井不仅可说明该地区有地下水，还可提供含水层类型的资料（自流井或潜水面井，固结岩层或非固结岩层）和在该地区成功建井的具体方法。当把现有水井作为军用时，要特别注意水是否受到污染。水的污染有两种原因：天然污染（当地废物和动物污染）和人为污染（敌军投毒）。

2-9. 泉、湖、沼泽

由于地下水位高于地面而形成的湖泊或沼泽是某地区有地下水的另一重要标志。但很难断定湖泊或沼泽是否由高于地面的地下水形成的。泉水是泄漏出地表的地下水。如果有泉水出现，便说明该地区有一定量某种类型的地下水存在。

2-10. 植物

在沙漠地区，植物的种类和茂密程度，可说明地下水的位置



图 2-8 能表示地下水存在的沙漠植物

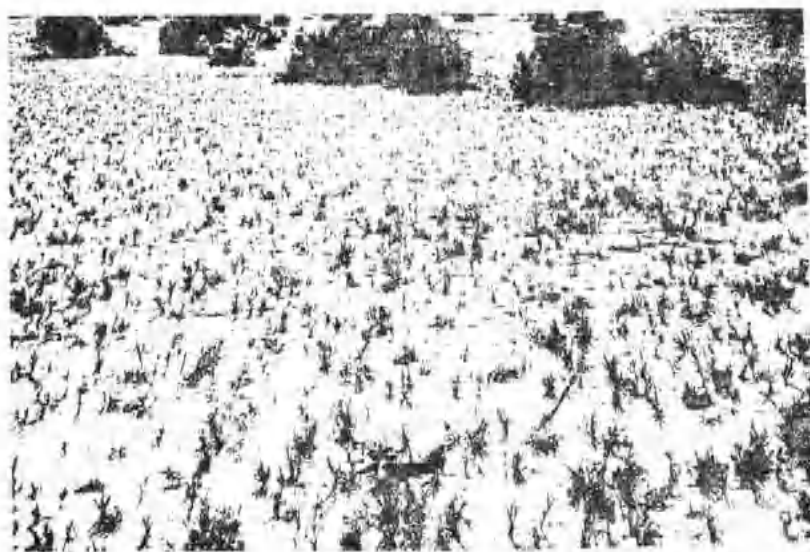


图 2-8(1) 能表示地下水存在的沙漠植物



图 2-8(2) 能表示地下水存在的沙漠植物

和深度。图2-8中的植物能表示有地下水存在。使用这种观察方法时必须非常注意，地下水与植物的种类及数量之间的关系不是固定不变的。要想用这种方法成功地找水，一定要参考过去利用这种观察方法的经验。

2-11. 地球物理方法

可用物探方法探测地下水的存在及深度，如地震法和电阻率法。地震法是用地表下爆破产生震动波，并检测震波从岩层反射回来的方法，以确定岩层的构造。在地下水的产状受地下构造控制的地区，这种方法非常成功。电阻率法是测量大地的电阻，可直接探测地下水。地震法和电阻率法的技术和仪器的应用非常复杂，尤其是数据的解释更复杂。另外，这些物探仪器和技术，经常需要工兵部队所不具备的设备和技能。因此，这两种探测技术很少用于军事工程方面。