

The background of the cover features a stylized illustration. On the left, a vertical pipe with a pump and valve assembly is shown. To the right, there is a tall lattice tower, a building with a sawtooth roof, and a tall chimney. The entire scene is set against a textured, olive-green background.

地下水人工回灌

上海市水文地质大队
《地下水人工回灌》编写小组著

地质出版社

地下水人工回灌

上海市水文地质大队《地下水人工回灌》编写组

地质出版社

内 容 提 要

本书主要是根据上海地区管井回灌的经验编写的,同时也吸收了天津、北京、西安等工业城市和北方农村的一部分回灌经验。书中着重介绍管井回灌方法,对回灌井的结构、管井回灌技术、管井回灌中产生的问题和处理方法等都有较详细的论述。同时,对地下水人工回灌的经济效益、不同条件下适用的人工回灌类型、回灌水源的水质要求等则有较广泛的叙述。

地下水人工回灌

上海市水文地质大队《地下水人工回灌》编写组

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1977年7月北京第一版·1977年7月北京第一次印刷

印数1—5,900册·定价0.75元

统一书号, 15038·新209

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

目 录

第一章 绪论	1
第二章 地下水回灌的经济效果	6
一、增加地下水淡水补给源	7
(一) 工业城市地下水补给源的 增加情况	8
(二) 农业地区地下水补给源的 增加情况	10
二、稳定地下水位, 控制 地面 沉降	13
三、改变地下水温度, 为工厂提供冷、热源	18
(一) 使用冬灌冷水的 经济效益	19
1. 用于空调和降温的经济价值	19
2. 用于冷却和洗涤的经济价值	21
(二) 使用夏灌高温水的 经济效益	22
四、改变地下水的 水质	22
五、防止或 减少 海水入侵 含水层、污染地下水	27
六、保持地热水、天然气和石油地层的压力, 增加有效生产 能力	28
第三章 地下水人工回灌的类型和适用的水文地质条件	31
一、人工补给地下水的类型	32
(一) 地面 渗水补给	32
1. 淹没或灌溉渗水补给	33
2. 水盆地渗水补给	33
3. 渠道渗水补给	34
4. 河流渗水补给	35
(二) 诱导 补给	36
(三) 注水 补给	36
二、管井回灌适用的 水文地质 条件	37

(一) 滨海三角洲平原的管井回灌	38
(二) 冲积平原河流阶地的管井回灌	43
(三) 山前平原的管井回灌	47
(四) 石灰岩中的管井回灌	50
第四章 回灌井的结构与布设	56
一、抽水井与回灌井	56
二、回灌井的结构	59
(一) 井管	59
1. 铸铁管	59
2. 钢管	60
3. 水泥管	60
4. 塑料管	61
(二) 滤水管	62
(三) 填砾层	66
1. 填砾直径的确定	66
2. 填砾层的高度和补砂管	68
3. 填砾层的厚度	68
(四) 沉淀管	72
(五) 水泵	72
三、回灌井的施工	73
(一) 钻进	73
(二) 成井	73
(三) 施工时的注意事项	75
1. 使用优质泥浆	75
2. 拧紧井管接头	75
3. 填好砾料	75
4. 做好止水	76
5. 彻底洗井	76
四、回灌井的布设	76
(一) 区域性回灌井群的布设	77
1. 增加地下水资源的回灌井群	77
2. 控制地面沉降的回灌井群	78

3. 防止地下水污染的回灌井群.....	78
(二) 局部性回灌井的 布设	79
1. 专门回灌井.....	79
2. 灌抽两用井.....	79
第五章 回灌水源的水质要求	84
一、管井回灌水源的水质标准.....	84
(一) 回灌水的 物理性质指标	86
1. 温度.....	86
2. 嗅和味.....	86
3. 色度.....	86
4. 浑浊度.....	86
(二) 回灌水的化学性质 指标	87
1. pH 值 (氢离子浓度).....	87
2. 氯化物.....	87
3. 溶解氧.....	87
4. 耗氧量.....	87
5. 铁.....	87
6. 锰.....	88
7. 铜.....	88
8. 锌.....	88
9. 砷.....	88
10. 汞	88
11. 六价 铬	88
12. 铅	88
13. 镉	88
14. 硒	89
15. 氰化物	89
16. 氟化物	89
17. 挥发 酚类	89
(三) 回灌水的 细菌学指标	89
1. 细菌总数.....	89
2. 大肠杆菌类.....	90

二、不同水质对回灌影响的 试验	90
三、回灌水源的处理方法	94
(一) 地表水	94
1. 净化的地表水	95
2. 地表水的简易处理	96
(二) 工厂 排放水	99
1. 工业回水的处理方法	99
(1) 砂过滤池 (快滤池)	99
(2) 泡沫塑料过滤池	100
(3) 塔式砾石过滤池	100
(4) 压力滤池	102
2. 工业废水的处理方法	102
(三) 地下水	102
1. 同层回灌	102
2. 异层回灌	105

第六章 管井回灌的技术方法108

一、真空回灌与压力回灌	108
(一) 真空回灌的原理与 适用条件	108
1. 真空回灌的原理	108
2. 真空回灌的适用条件	108
(二) 压力回灌的原理与 适用条件	109
1. 压力回灌的原理	109
(1) 正压回灌	110
(2) 加压回灌	110
2. 压力回灌的适用条件	110
二、回灌 井的 管路	110
(一) 真空回灌的管路	111
1. 双水表真空回灌管路安装法	111
(1) 输水管路	111
(2) 用水管路	113
(3) 排水管路	113
(4) 进水管路	113

2. 单水表真空回灌管路安装法	113
3. 真空回灌的管路密封	115
(二) 压力回灌的 管路	116
1. 压力回灌管路的装置情况	116
2. 压力回灌管路的密封	118
(1) 深井水泵	119
(2) 深井潜水电泵	119
(三) 压力回灌三种不同的 进水方式	121
三、管井回灌的 操作方法	122
(一) 真空回灌的 操作方法	122
1. 回灌前的准备工作	122
2. 回灌时的操作程序	123
3. 注意事项	124
(二) 压力回灌的 操作方法	124
1. 操作方法	124
(1) 用自来水管网压力回灌 (正压回灌)	124
(2) 用水泵加压回灌	125
2. 注意事项	126
四、回扬问题	126
(一) 含水层岩性 对回灌量变化的影响	126
(二) 几种不同回灌与 回扬方式的对比	128
1. 间断回灌与不定时回扬	129
2. 连续回灌与定时回扬	132
(三) 回扬水的 水质分析	134
(四) 回扬次数和 回扬时间的确定	138
(五) 回扬的方法	139
1. 真空回扬	139
2. 吸气回扬	139
3. 回流回扬	140

第七章 管井回灌的回灌量、水位、水温和水质的

分析.....141

一、单井回灌量的分析141

(一) 真空回灌的回灌量	142
(二) 压力回灌的回灌量	143
1. 压力与回灌量的关系	145
2. 压力对回灌井的损坏问题	146
二、回灌对地下水水位的影响	147
三、回灌对地下水温度的影响	148
(一) 回灌水温度的垂直变化	152
(二) 回灌水温度的水平变化	156
(三) 回灌水能量贮存效果的计算	159
1. 能量计算公式	159
(1) 冬灌冷量计算公式	159
(2) 夏用冷量计算公式	160
2. 能量贮存效率 α 的计算	161
3. 能量折算系数 β 的计算	161
四、回灌对地下水水质的影响	162
第八章 管井回灌中出现的問題及处理方法	168
一、回灌井的堵塞	169
(一) 堵塞情况的判断	170
(二) 物理堵塞	172
1. 气相堵塞	172
2. 悬浮物质堵塞	173
3. 砂颗粒排列变化引起的堵塞	173
(三) 化学沉淀堵塞	174
1. 地下水中溶解物质的沉淀	174
(1) 氢氧化铁沉淀	174
(2) 碳酸钙沉淀	174
2. 金属滤水管和井管腐蚀生成的铁质沉淀物	174
(四) 生物化学堵塞	176
(五) 处理回灌井堵塞的方法	177
1. 用回扬方法处理	178
(1) 回扬与加压灌水相结合的处理方法	178
(2) 真空回扬与间隔回流反冲的处理方法	181

(3) 连续回扬与间歇停泵反冲的处理方法	181
2. 用化学方法处理	182
二、回灌井水质变坏	184
(一) 水质变坏的情况和原因	184
(二) 处理方法	186
(三) 防止水质变臭的措施	187
三、回灌井出砂	187
(一) 出砂情况的分析	187
(二) 管井套补	189
1. 掏砂	189
2. 确定破裂部位	189
3. 滤水管套补方法	190
4. 井管套补方法	190
(1) 管内套补	191
(2) 管外套补	192
结束语	193

第一章 绪 论

在毛主席革命路线的指引下，上海工人阶级在控制地面沉降的实践中，运用毛主席的哲学思想，大规模地开展了地下水人工回灌工作，初步控制了上海地面沉降，并且丰富和发展了管井回灌技术。

上海是我国最大的工业城市，开采地下水已有一百多年的历史。由于大量集中开采地下水，形成了区域性地下水位下降漏斗，水压降低，发生地面沉降，在市区和近郊区形成了一个碟形沉降洼地。到一九六五年，最严重的地区下降了2.63米，对工业生产、城市建设造成了严重的威胁。

为了解决抽用地下水与地面沉降的矛盾，上海深井管理工人和科技人员在党的领导下，开展了用人工补给地下水，抬高地下水位，控制地面沉降的科学实验。

一九五八年夏季，由于许多工厂大量抽汲地下水，地下水位下降至负35—40米。有些工厂深井出水断续，或深井泵轴空转发热而损坏。为了增加地下水的补给量，抬高地下水位，上海棉纺织厂深井管理工人利用废井（井深95米，口径250毫米）进行回灌试验。他们将经冷风洗涤室喷雾的地下水回收起来，再灌入废井内。当水灌满井管时，井管内水位下降速度为4.2米/分（灌水量相当于12.9吨/时），并测试了水温和水量的变化。结果恢复了地下水位，增加了附近深井的出水量。

一九六〇年，上海第三制药厂进行了管井回灌试验，利用该厂的工业冷却废水灌入井里，结果也恢复了地下水位，增加了单井的出水量。

一九六三年起，在上海市纺织工业局、上海市棉纺公司、上海市自来水公司和上海市水文地质大队等单位的共同协作下，开

展了人工补给地下水的试验研究工作。

第一次试验选了三个工厂。上海无线电二厂92米深的废井，回灌10小时堵塞；曹阳八村95米深的废井，回灌2小时后停灌；纺织电机厂101米深的2号废井，回灌24小时，因溢水而停灌。这次试验因没有掌握管井回灌的技术，又是在废井中灌水，因而未获得成功。

第二次试验选在复兴岛深145米的管井内进行。采用了不同的回灌技术，经过多次反复，终于试验成功了定期回扬的真空回灌技术方法。

自一九六三年夏季到一九六五年春季，约一年多时间里，先后进行了不同回灌方法、不同回灌量和不同回灌持续时间的试验，累计回灌时数共1600小时，总回灌水量5.83万吨，平均回灌量36.4吨/时。试验中不断改进回灌井的装置和操作方法，逐步掌握了回灌技术，在运用真空回灌方法方面，取得了初步成功经验。

一九六五年春夏之际，上海市棉纺公司选择了上棉一厂、七厂、十五厂、二十一厂和三十一厂等五个单位开展群众性的地下水人工回灌试验。上棉七厂的工人师傅总结了前几次的回灌试验经验，先后进行了深井水、工业回水、过滤的工业回水以及自来水等四种不同水源的回灌试验。研究了灌灌停停、连续回扬与间断回扬等不同的回灌技术方法，测试了回灌前后的水质与水温的变化。通过试验，发现了灌入含水层里的水，流动速度缓慢，水温变化不大，为以后开展管井冬灌夏用和夏灌冬用奠定了基础。

一九六五年夏季，上海市自来水公司在三口95米深的专门开凿的回灌井中，进行了不同回灌方法试验，测试了地下水位回升的情况以及水质和水温的变化。通过多次试验，详细地记录了各项数据，接着又进行了连续回扬，取得了较完整的回灌技术数据，并进一步证实了在地下水位较低的情况下，利用真空回灌与定期回扬相结合的方法是有效的。

在群众性试验的基础上，我队对以往数十次回灌试验进行了

系统总结，并经过多次地下水位观测和地面沉降水准测量，肯定了管井回灌有利于提高地下水位，能够有效地控制地面沉降，并解决工厂生产抽用地下水的问题。“冬灌夏用”，还能够改变地下水的温度，是值得推广的技术方法。

在专业队伍总结和提高的基础上，又到群众中普及和推广。在无产阶级文化大革命的第一年，展开了全市性地下水人工回灌的群众运动，共计有七十多家工厂，一百三十四口深井同时回灌，大大地增加了地下水的天然补给量，使地下水位抬高了十多米。夏季开采时，获得了比原水温低的地下水，为工厂生产提供了新的冷源。夏用期结束后，上海地面不但没有下沉，经水准测量反而平均上升了6毫米。这是几十年来连续下降以后第一次出现了上升现象，开始控制了上海的地面沉降。

随着无产阶级文化大革命的胜利，更多的工厂开展了地下水人工回灌工作，齐心协力共同奋战，许多工厂从“要我灌”变为“我要灌”，一变过去“不灌照用”、“少灌多用”为力争“多灌少用”，发扬了共产主义风格，把地下水人工回灌当作为子孙万代造福，要不要上海的大事来抓，使管井回灌进一步形成了千军万马，汹涌澎湃的热潮。几百口深井同时进行回灌，充分显示了我国社会主义制度的优越性。

战斗在第一线的广大深井管理工人，“一不怕苦，二不怕死”，以大无畏的革命精神进行战斗。滴水成冰的严寒天气，正是地下水回灌的“黄金季节”，工人们抗严寒，冒风雪，日夜坚守深井旁，满怀革命豪情地说：“为了革命，越冷越要干！”

深井靠人管，人靠毛泽东思想指导。几年来广大深井管理工人和技术人员运用毛主席哲学思想，指导开采和回灌地下水，出现了不少“井专家”和“井医生”，使管井回灌技术由浅入深，由局部到比较完整，由低级向高级发展。从管井冬灌夏用发展到夏灌冬用，随抽随灌。从真空回灌发展到加压回灌，进而又创造了降温加压回灌的新方法。从泵管内灌发展到泵管外灌和泵管、井管同时灌，使回灌量成倍增加。地下水人工回灌工作的胜利进行，

不仅初步控制了上海的地面沉降，而且为工厂生产提供了新的冷源和热源，使上海的地下含水层变成为一个巨大的地下“冷库”和“热水瓶”。

在无产阶级文化大革命中，地下水人工回灌在其他工业城市和广大农村也得到了蓬勃的发展，并且创造了许多先进的回灌技术，积累了许多宝贵的经验，使地下水人工回灌工作成为一株放射异彩的奇葩，为我国的水文地质事业增添了绚丽的光彩。

北京市在工业集中地区，根据地下水冬季开采少，夏季集中开采的特点，利用一些冬闲井抽汲地下水，经过大气喷淋降低地下水原来的温度后，再灌入其他深井里，使地下贮藏更多的冷源，减少夏季地下水的耗用量。同时还根据北京地区的地质、水文地质条件和水源情况，采用了水库补给、渠道补给、水盆地补给、灌溉补给、大井注水等各种人工补给地下水的方法，增加地下水的补给量。

天津市为了解决抽用地下水与地面沉降的矛盾，也开展了管井冬灌夏用的群众运动。开始只有几个工厂十几口深井进行回灌，很快发展到几十个工厂近百口深井同时进行回灌，使天津市的地面沉降得到缓和。

陕西省西安市和河北省石家庄市在纺织工厂集中的地区，开展了轰轰烈烈的管井冬灌夏用的群众运动，每年为工厂的夏季车间生产用水提供了丰富的水量和充沛的冷源，大大地节约了煤炭和电力的消耗。

浙江省杭州市利用净化的钱塘江水进行管井回灌，并改造了咸地下水的水质。

同样，在广大的农村，如华北平原广泛地采用机井、池塘、沟渠、水盆地等进行回灌，增加地下水的补给，为抗旱夺丰收提供了较多的水源。

为了使管井回灌技术得到更快的发展和普及，有必要认真总结一下已有的经验。认识来源于实践，来源于群众。广大深井管理工人是深井回灌的实践者，也是创造者。在党的领导下，组织

了工人、技术人员和领导干部三结合的《地下水人工回灌》编写小组。在编写过程中，上海有四十多个工厂先后参加了座谈，有一百八十多位深井管理工人参加了总结经验。为了取得必要的技术数据，又先后在三个试验点上进行了重点试验，建立了几组地下水水温观测孔。国家地质总局还邀请了一些省、市、自治区的水文地质队和有关工厂对进一步修改《地下水人工回灌》书稿进行讨论。我队也曾派专人去北京、天津、西安、石家庄、杭州等地学习他们开展地下水人工回灌工作的经验，搜集了许多宝贵的资料。

在编写过程中，得到了上海市纺织、化工、轻工等许多进行回灌工作的工厂，上海市自来水公司和兄弟省（市、自治区）水文地质大队的大力支持和热情帮助，在此均表示深切的感谢。

人工补给地下水的方法和工程建筑设施很多，本书主要介绍管井回灌技术经验。除了着重总结上海地区的经验之外，也注意吸收了兄弟省（市、自治区）的经验和引用了一些国外的资料。本书内容疏漏错误之处，请读者同志们加以批评指正。

第二章 地下水回灌的经济效果

地下水是关系到工业生产、农田灌溉、人民生活的重要资源。我国一些大工业城市，如上海、北京、天津、西安等，都大量开采地下水作为工业用水或生活用水的水源。同样，我国广大农村，特别是北方干旱和半干旱地区，也广泛地开采地下水。由于农业生产的发展，灌溉面积不断扩大，地下水的开采量正在不断增加。

地下水的开发利用，对工农业生产的发展起着重要的作用。在合理的开采技术条件下，地下水有充足的补给来源作保证，因而是可以说是一种“取之不尽，用之不竭”的天然资源。但是，在大规模开采地下水的工业城市和农业地区，如果过量开采地下水，开采量大大超过了区域的天然补给量，破坏了地下水资源的平衡，地下水位就会逐年下降，形成区域地下水位下降漏斗，并且逐年扩大和加深，使地下水资源日趋枯竭。其后果是单井出水量逐渐减少，原有的抽水设备不能使用，使一些水井损坏报废，严重影响工农业生产。有些地区，还会引起地面沉降、水质恶化和污染等问题。因此，在开发利用地下水时，必须充分研究地下水的补给、径流、排泄条件，运用人类已经掌握的各种科学技术方法，根据地下水的运动规律，利用自然，改造自然，才能兴利防害，使地下水更好地为工农业生产服务。

为了增加地下水的补给来源，解决大量开采地下水而造成的矛盾，广大的深井管理工人、贫下中农和水文地质工作者、水利干部，在许多工业城市和农村开展了人工补给地下水的回灌工作，人为地调节地下水的采、补关系，造成补给、径流、排泄的新的均衡，使其适应工农业生产发展的需要。

地下水人工回灌除了能增加地下水的淡水补给源，稳定地下水位以外，在一定的条件下，还能用来控制地面沉降，改变地下