

9854 26

地下水储量的评价

(苏联) H.A. 普洛特尼科夫著

蔡 祖 煌 译

中国工业出版社

地下水儲量的評價

(苏联)H. A. 普洛特尼科夫著

蔡 祖 煌 譯

中国工业出版社

本书是苏联繼“供水用地下水儲量分类及其計算方法”(Н. А. 普洛特尼科夫等著, 1946年)一书之后出版的第二本詳細闡述地下水儲量评价問題的著作。书中全面总结了最近十余年来苏联在这方面积累的經驗, 因此内容要新穎和丰富得多。值得我国水文地质人員学习和創造性地运用。

本书論述了各种地下水儲量的概念, 詳細敘述了评价各种儲量的任务、根据和方法, 而把重点放在评价开采儲量的方法上。这些方法密切結合地质、水文地质等自然条件和技术經濟条件, 其中大部分已得到实践驗證。书中明确指出了这些方法的应用范围, 对它們进行了比較评价, 不少方法并附有計算实例。

本书利用数学統計法和誤差理論第一次成功地分析了水文地质观测和計算的精度問題; 闡述了地下水开采儲量评价报告书的内容, 并附有“地下水开采儲量分类”和应用这个分类的规范。书中还強調了地下水儲量评价和水质评价的統一性; 討論了增加开采儲量的方法等等。

Н. А. ПЛОТНИКОВ
ОЦЕНКА ЗАПАСОВ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Государственное научно-техническое издательство
литературы по геологии и охране недр

Москва 1959

* * *

地下水儲量的评价

蔡祖煌 譯

*

地质部地质书刊編輯部編輯 (北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社出版 (北京修鐵廠路內10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

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 $8^{15/16}$ ·字数210,000

1962年10月北京第一版·1963年7月北京第二次印刷

印数707—1,313·定价(10-6) 1.40 元

*

統一书号: 15165·1619 (地质-169)

地下水儲量的評價

(苏联)H. A. 普洛特尼科夫著

蔡 祖 煌 譯

中国工业出版社

本书是苏联繼“供水用地下水儲量分类及其計算方法”(Н. А. 普洛特尼科夫等著, 1946年)一书之后出版的第二本詳細阐述地下水儲量评价問題的著作。书中全面总结了最近十余年来苏联在这方面积累的經驗, 因此内容要新穎和丰富得多。值得我国水文地质人員学习和創造性地运用。

本书論述了各种地下水儲量的概念, 詳細敘述了评价各种儲量的任务、根据和方法, 而把重点放在评价开采儲量的方法上。这些方法密切結合地质、水文地质等自然条件和技术經濟条件, 其中大部分已得到实践驗證。书中明确指出了这些方法的应用范围, 对它們进行了比較评价, 不少方法并附有計算实例。

本书利用数学統計法和誤差理論第一次成功地分析了水文地质观测和計算的精度問題; 阐述了地下水开采儲量评价报告书的内容, 并附有“地下水开采儲量分类”和应用这个分类的规范。书中还強調了地下水儲量评价和水质评价的統一性; 討論了增加开采儲量的方法等等。

Н. А. ПЛОТНИКОВ
ОЦЕНКА ЗАПАСОВ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Государственное научно-техническое издательство
литературы по геологии и охране недр

Москва 1959

* * *

地下水儲量的评价

蔡祖煌 譯

*

地质部地质书刊編輯部編輯 (北京西四羊市大街地质部院內)

中国工业出版社出版 (北京修鐵廠路內10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

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 $8^{15/16}$ ·字数210,000

1962年10月北京第一版·1963年7月北京第二次印刷

印数707—1,313·定价(10-6) 1.40 元

*

統一书号: 15165·1619 (地质-169)

原 序

本書研討評價地下水儲量，特別是評價開采儲量的方法。在開采地下水時，為了進行取水設計，必須對地下水開采儲量作出評價。

地下水在國民經濟中的意義是巨大的：在供水、灌溉、醫療，以及從咸水和鹵水中提取食鹽、溴、碘等各種可溶物質等方面，都廣泛地利用地下水。但是對地下水開采儲量的評價問題研究得還不夠，實踐中在解決這些問題時常遇到很大的困難。關於這個問題的第一本專門性著作在1946年間世⁽⁶⁸⁾。自從這本著作出版以後的十年內，又積累了不少經驗，這些經驗反映在許多文章中。在地下水運動、特別是不穩定運動和可壓縮液體的運動理論方面，以及以後在估計到地下水流、其補給和排洩邊界和集水建築物結構特點，來計算集水建築物方面，都發表了新的著作。

積累起來的經驗和地下水運動理論的進一步發展，使我們有可能在本書中更精確、更廣泛地闡述評價地下水開采儲量的方法。

本書中確定了各種地下水儲量（永久儲量，調節儲量，地下水流的流量或動儲量以及開采儲量）的原理，結合不同的自然和技術條件探討了評價這些儲量的任務、根據和方法。本書第一次分析了水文地質計算的精度。此外，分析了地下水開采儲量評價報告書的內容。

書中附有“地下水開采儲量分類”和應用這分類的規範。

所研究的大部分方法在勘查和開采地下水的多次實際工作中得到了驗證，但在今後還需要使之進一步精確和發展，在某些情形下還需要改變。

對本書的意見請寄到國立地質保礦科技出版社或寄給作者（莫斯科，莫霍瓦亞街11號，莫斯科地質勘探學院，Н. А. 普洛特尼科夫教授收）。

目 录

原序

第一章 地下水儲量的概念 設計阶段 地下水开采儲量按研究程度的分类.....	8
§ 1. 地下水儲量的概念.....	8
§ 2. 設計阶段 不同設計阶段对水文地质研究程度的原則性要求.....	15
§ 3. 地下水开采儲量按勘探等級和研究程度的分类.....	17
第二章 地下水埋藏的水文地质条件.....	19
§ 4. 地下水埋藏的水文地质条件及其分类方案.....	19
§ 5. 对水文地质条件計算方案的意見.....	23
第三章 地下水永久儲量的确定.....	25
§ 6. 地下水永久儲量的統計 用实验室方法和野外試驗方法測定給水系数.....	25
第四章 地下水調节儲量的統計.....	29
§ 7. 調节儲量概論.....	29
§ 8. 根据給水系数統計地下水調节儲量.....	29
§ 9. 用积分方法統計調节儲量.....	31
第五章 橫断面內地下水流天然流量的計算.....	34
§ 10. 按照以綫性和非綫性渗透定律为基础的公式計算地下水流的流量.....	34
§ 11. 根据真实速度計算地下水流的流量.....	50
§ 12. 根据井的补給帶用繪制等水位綫的方法計算地下水流的流量.....	51
§ 13. 根据影响半径計算地下水流的流量.....	54
§ 14. 用馬利舍夫斯基法計算地下水流的流量.....	55
§ 15. 用測压法計算地下水流的流量.....	56
§ 16. 用鑽孔单位涌水量法計算地下水流的流量.....	58
§ 17. 地下水流的流量随时间的变化.....	60
§ 18. 对确定橫断面內地下水流天然流量的各种方法的比較評价.....	60
第六章 地下水平衡的計算.....	62
§ 19. 地下水平衡計算的基础.....	62
§ 20. 根据大气降水滲入量計算地下水的平衡; 地下水不稳定运动的有限差数方程式.....	68
§ 21. 根据地下逕流模数和含水层逕流模数确定地下水流的流量.....	71

§ 22.	根据泉的流量确定地下水流的流量.....	73
§ 23.	根据地下水对地表水的补给量或地表水对地下水的补给量 确定地下水流的流量.....	74
§ 24.	对根据平衡统计确定地下水流流量的各种方法的比较评价	74
第七章	概論地下水开采儲量值及其組成部分的确定	75
§ 25.	水文地质条件和地下水天然动态对其开采儲量的影响.....	75
§ 26.	含水层开采地段的选择.....	79
§ 27.	在开采影响下地下水动态的变化.....	81
§ 28.	截取地下水的技术条件对其开采儲量值的影响.....	82
§ 29.	鑽孔和矿井开采时涌水量的变化.....	85
§ 30.	不同目的用水时对水质的要求和评价 卫生防护带.....	90
§ 31.	水井开采时井中地下水位的降低.....	100
§ 32.	开采地下水时对取水工程和地下水的观测.....	101
§ 33.	评价地下水开采儲量的原則和方案.....	102
第八章	地下水在开采时成分的变化	105
§ 34.	地下水在开采时成分的稳定性和易变性概論.....	105
§ 35.	地下水在河水渗入时成分的变化和人工地下水成分的变化.....	106
§ 36.	与充气带內氧化过程有关的地下水成分的变化.....	107
§ 37.	地表盐水渗入时地下水成分的变化.....	111
§ 38.	在海边和盐水体旁“浮”在矿化度較高的水上的地下水淡水 成分变化的可能性.....	113
§ 39.	另一成分的水从含水层其他地段渗入时地下水成分的变化.....	113
§ 40.	从其他含水层渗入时地下水成分的变化.....	115
§ 41.	含水层中压力的降低对地下水成分的可能影响.....	117
§ 42.	地下水的污染.....	117
§ 43.	在导水工程中地下水成分的变化.....	118
§ 44.	地下水在开采时成分的可能变化.....	119
第九章	地下水开采儲量值的评价方法	120
§ 45.	根据横断面內地下水流天然流量的計算来评价地下水开采 儲量.....	120
§ 46.	用测压法评价地下水开采儲量.....	125
§ 47.	估計到岸边渗入评价地下水开采儲量.....	127
§ 48.	利用平衡统计法评价地下水开采儲量.....	130
§ 49.	估計到調节儲量的变化评价地下水开采儲量.....	134
§ 50.	用集水建筑物阶梯法评价潛水流开采儲量.....	136
§ 51.	估計到动用永久儲量评价地下水开采儲量.....	143

§ 52.	根据单井抽水資料評價地下水开采儲量	146
§ 53.	用互阻井法評價地下水开采儲量	148
§ 54.	估計到含水层的彈性評價自流水开采儲量	152
§ 55.	用降落漏斗法評價自流水开采儲量	167
§ 56.	評價含气自流水开采儲量	179
§ 57.	用比拟法評價地下水开采儲量	181
§ 58.	含水层天然補給条件的变化对地下水开采儲量值影响的估計	182
§ 59.	增加地下水开采儲量的方法	183
§ 60.	为供水、灌溉、工业利用和医疗目的确定地下水开采儲量的特点	186
§ 61.	在多年冻结条件下确定地下水开采儲量的特点	188
§ 62.	根据水文地质条件选择确定地下水开采儲量值的方法	190

第十章 下降泉开采儲量的評價 197

§ 63.	評價下降泉开采儲量时对一般水文地质条件和下降泉出露地段的分析	197
§ 64.	截取下降泉的基本原理和方案 增大下降泉流量的可能性	199
§ 65.	泉的流量的不均匀性, 泉的涌水量的指标及其時間图	201
§ 66.	下降泉水成分的易变性和对評價下降泉水质的意見	202
§ 67.	泉的流量的保証程度 泉的分配和保証率曲綫	203
§ 68.	根据概率論分析泉的流量和繪制保証率的理論曲綫	205
§ 69.	泉的流量与气象和水文因素間相关关系的研究	215
§ 70.	用比拟法确定泉的指标	220
§ 71.	泉的流量观测期限的扩展	222
§ 72.	用布西内斯克-迈埃方程式和古貝尔图表确定泉的最小流量	223
§ 73.	潛水流壅水时对泉开采儲量的評價	224
§ 74.	对确定下降泉流量和开采儲量的各种方法的評價	226

第十一章 上升泉开采儲量的評價 228

§ 75.	上升泉引水的原則和根据水文地质条件对其涌水量的評價	228
§ 76.	上升泉流量的不均匀性	230
§ 77.	上升泉水成分的易变性	232
§ 78.	确定矿泉开采儲量的特点	233
§ 79.	上升泉流量和泉水成分的保証程度	233

第十二章 水文地质观测和計算的精度 234

§ 80.	水文地质观测和計算精度和誤差概論	234
-------	------------------	-----

§ 81.	由于简化水文地质条件和研究得不够详细引起的误差	234
§ 82.	测量精度和水文地质计算的误差	237
§ 83.	观测的偶然误差 为达到预定精度所需的观测次数	244
§ 84.	确定水力坡度的精度	246
§ 85.	对作图精度的意见	248
§ 86.	对计算精度的意见	249
第十三章	地下水开采储量分类应用规范 水文地质调查和 报告书	251
§ 87.	地下水开采储量分类应用规范的一般内容	251
§ 88.	为各级研究程度所需的水文地质调查	251
§ 89.	地下水开采储量评价报告书的内容	253
参考文献		258
附录:		
1.	地下水开采储量分类原理	263
2.	地下水开采储量分类应用规范	265

第一章 地下水儲量的概念 設計阶段

地下水开采儲量按研究程度的分类

§ 1. 地下水儲量的概念

在研究地下水水量問題时，特别是在解决利用地下水的各种問題时，我們常遇到下列概念：

- (1) 含水层(帶)內水的体积；
- (2) 地下水流的流量；
- (3) 利用引水工程能从含水层(帶)中取得的流量。

地下水的体积通常以立方米表示，而其流量以升/秒，立方米/小时，立方米/昼夜，升/昼夜，立方米/年表示。

不同的作者有时使用不同的術語来表达这些关于地下水水量的概念及其組合，这使我們在參閱文献时遇到某些困难。

最重要的是对各种地下水水量的概念下正确的定义，并估計到自然条件，估計到修建各种建筑物、开采地下水或与地下水作斗争时引起的变化，来描述这些水量。

在分析关于开采地下水时确定含水层位中水的体积的問題时，最重要的計算指标之一是含水层的給水量，它以給水系数 m_p 表示（自由流出的水的体积与岩石总体积之比）；通常取孔隙比和最大分子体积容水量之差額作为这个系数。当含水层未被水飽和时，一个重要的計算量是飽和差或飽和差系数 m_H ，它等于孔隙比和天然湿度之差。

实际上給水系数和飽和差系数略小于理論上計算出来的数值，这是因为，第一，在岩石中除了相当于最大分子容水量的水以外，还可能含有部分毛細水；第二，水分的給出，特别是从小孔隙岩石中，在時間上有所延迟（关于這個問題我們在下面还要研究）；第三，在土石被水飽和时通常其中还留有空气的小气

泡。

为进行概略的计算，可取表1中所列的给水系数平均值（按照H.K. 吉林斯基^[21]）。

表1 給水系数值

土	石	不同土石构造的 m_e 值	
		很疏松	較致密
粗	砂	0.30	0.25
中	砂	0.25	0.20
細	砂	0.20	0.15
粉	砂	0.15	0.10

含水层中水的体积可以理解为两部分。

具有自由水面的地下水水位变化带内水的体积 这个体积在一年內，以及在多年內都有变化（季节变化和多年变化）。这个体积调节地下水的流量，因此我們把地下水的这部分体积称为地下水的调节儲量。

水位变化带以下具有自由水面的含水层中水的体积，以及承压含水层中水的全部体积 在天然条件下，处于这种情况的地下水的体积只随地质年代发生变化，因此我們把这部分儲量称为永久儲量。

在开采和其他人为原因的影响下，地下水的调节儲量和永久儲量可以变化（見 § 6, 7, 8, 9, 49, 50, 51, 58）。此外，必須注意到，在层压力变化时，承压含水层中地下水永久儲量按水的体积可以几乎不变，但由于密度和比重发生了变化，其质量和重量并不是固定不变的。在許多情况下，这具有計算意义（見 § 54）。

某些作者常常不区分调节儲量和永久儲量，而把它們統称为靜儲量、消极儲量以及永久儲量，这就不正确地把一个概念納入另一概念。然而，把地下水的体积区分为调节儲量和永久儲量，

具有重大的理論和实际意义。永久儲量給我們提出了关于含水层中水的固定体积的概念，而調节儲量是地下水平衡的最重要的要素。知道了調节儲量，往往就可以近似地統計地下水流的流量和含水层的开采儲量。

地下水流的流量，根据通过垂直于地下水运动方向的含水层断面(或其部分)的地下水水量来确定。在含水层的不同地段內，在不同時間，地下水流的流量可以，并且經常是不同的。某些作者对这个概念(地下水流的流量)給以动儲量、天然动儲量等术语。但是“地下水流的流量”这一术语明确而相当簡練地表达了这个概念，因此我們認為沒有必要再用新的术语。估計到合理的技术經濟条件(引水工程的結構和分布，提水設備，經濟指标等)，并且在引水工程工作的預定期限內不使开采动态和水质恶化的情况下从含水层中取得的地下水流量，我們称之为地下水开采儲量。

地下水开采儲量取决于水文地质条件、开采对地下水动态的影响、集水建筑物的分布和結構，并且随時間发生变化。开采儲量值可大于、等于或小于地下水流在天然状态下的流量。

地下水开采儲量首先取决于水文地质条件。含水层各別地段的不同富水性、含水层的埋藏深度、地下水位及水质，都能造成取得地下水的不同技术經濟条件，并能影响开采儲量的数值。

在一年和多年期間內，水文地质条件的变化主要取决于含水层的补給条件。地下水水位、地下水流的流量、泉的流量和其他影响开采儲量变化的水文地质指标都随着改变。因此，在天然条件、主要是含水层补給条件的影响下，使开采儲量的数值发生变化。

由于这个緣故，常常不但对各別的含水层，而且对含水层的各別地段都要确定地下水开采儲量。

地下水集水建筑物的結構对开采儲量值也有影响。地下水集水建筑物，指的是引水工程系統，且考虑到从中取水的方法(抽水或自流)。假設有一潛水流(图1)。要从这种潛水流中截取

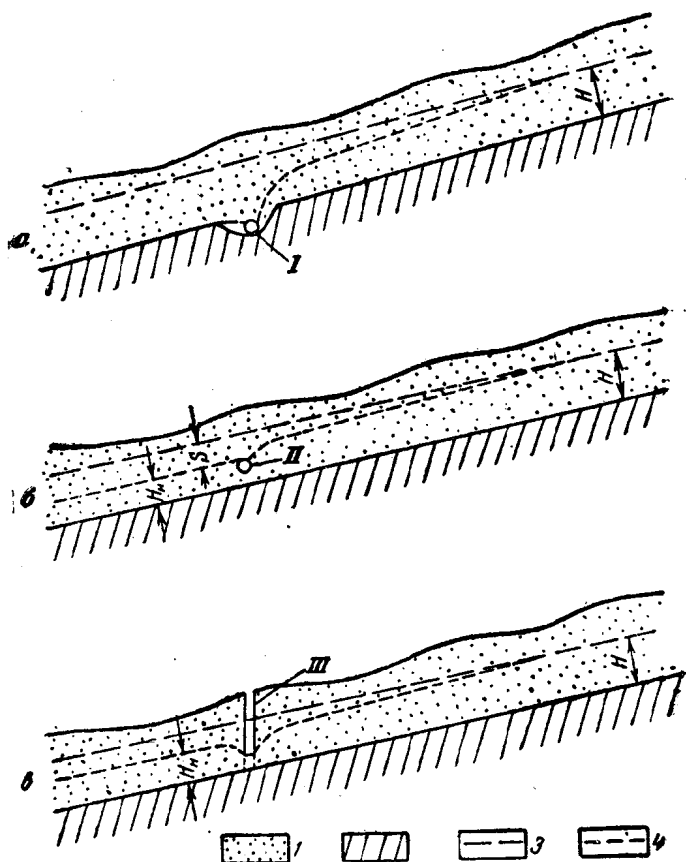


图 1 地下水集水建筑物结构对潜水流
开采储量值的影响示意图

1—含水层；2—隔水岩石；3—天然潜水位；4—用集水建筑物开采时的潜水位

I—潜水流纵剖面中的完整水平集水建筑物；II—潜水流纵剖面中的不完整
(подвешенный) 水平集水建筑物；III—潜水流纵剖面中的由完整井组成的
集水建筑物

地下水，可用略低于含水层底板的完整水平集水建筑物（排水管或廊道）（图1，a）、不完整水平集水建筑物（图1，б）、由完

整井^①或不完整井組成的集水建築物(圖1, б)。在第一种情形下,用完整水平集水建築物截取地下水時(圖1, а),我們可完全或几乎完全截取潛水流。在后两种情形下(圖1, б和 в),我們只能部分截取地下水流,因为在下面地下水流的另一部分会流走。这一点取决于井距和井中水位降低值。由此例可見,集水建築物的結構也能影响地下水开采儲量值。

現在我們来研究地下水的开采对其开采儲量值的影响。汲取地下水時,在集水建築物地段上水位有所降低。因此,在集水建築物上游的水力坡度和地下水流的流量通常增大。当充沛的補給源离集水建築物不远,例如当含水层和河流有紧密的水力联系,而地下水集水建築物布置在河流沿岸時,这种現象表現得特別明显。河谷中产于古代冲积沙砾的、寬度不大的河床下承压水流

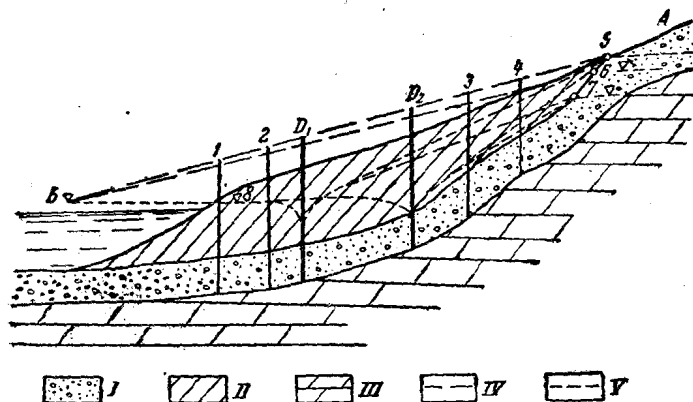


图 2 寬度不大的河床下承压水流縱剖面示意图

- I—砂砾含水古冲积物；II—粘土和淤泥质冲积物；III—局部有裂隙的隔水泥灰岩；IV—天然水压綫；V—开采地下水时的水压綫
A—地下水補給区；B—地下水入海区； D_1 —由钻孔組成的集水建築物 I； D_2 —由钻孔組成的集水建築物 II
1, 2, 3, 4—观测孔；5—在 A 区内補給有保証时的地下水位标高；6—天然条件下,在 A 区内補給无保証时的地下水位标高；7—在开采时和在 A 区内補給无保証时的地下水位标高；8—开采时在 1—2 孔断面上的承压水位标高

① 井是垂直的引水裝置,即钻井(孔)和矿井。

(图2)④，可作为例子。在A区内河流在砾石上流过，并补给含水层。在B区内含水层洩水入海。我們暫且認為，地下水是由集水建筑物 A_1 开采的，这是一排垂直于水流布置的完整孔。假設在集水建筑物 A_1 以上3—4两观测孔間河床下承压水流的地段上，开采时的平均水力坡度 I_{n0} 比天然条件下的平均水力坡度 I_{n0} 要大两倍。如果承压水流中地下水的运动根据綫性定律（达西定律），那么开采时在集水建筑物上游的水流流量与平均水力坡度的变化成比例地增加，即亦增大两倍。

这样，开采使地下水流的动态发生重要的变化。如果集水建筑物下游地段上地下水流的水力坡度在开采时等于零（在观测孔1—2地段上），那么这个集水建筑物的涌水量（即开采儲量）等于集水建筑物上游水流的流量。如在集水建筑物上游河床下承压水流中的这流量比天然流量大两倍，那么开采儲量也将比地下

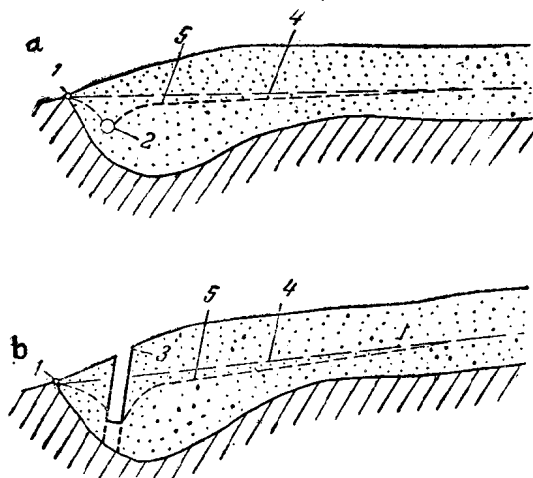


图 3 集水建筑物在排洩区附近的潛水流縱剖面示意图

a—垂直于水流設置的水平不完整集水建筑物示意图；b—由垂直于水流設置的完整井組成的集水建筑物示意图

1—泉；2—水平集水建筑物；3—完整井；4—天然水位綫；5—开采时的水位綫

④图2上的剖面是沿河谷繪制的。

水流天然流量大两倍。

在其它水文地质条件下，例如象图3，a上表示的情形那样，水平集水建筑物设置在含水层排泄綫附近，并且水平集水建筑物附近的水位低于排泄綫上地下水出露标高，則在补給区很远时开采儲量等于或极近于地下水流天然流量。

如集水建筑物由沿排泄綫布置的鑽孔或矿井組成，并且孔間地下水位在开采时不高于排泄标高，則开采儲量亦将等于或近于地下水流天然流量（图3，b）。

在評价地下水开采儲量时，不但应考虑水量，而且要考虑水质，因为不是所有的水都能利用，特別要考虑到地下水的不同用途：供水（飲用和生活用水、工业用水、牲畜飲用水的供应）、灌溉、工业利用（作为原料，用以提取各种物质）和医疗。必須考虑到，开采地下水时在某些情形下其成分会发生剧烈的变化。但在許多情形下，可以預先采取卫生和技术防护措施，以防止地下水成分向不良的方向变化。

还应考虑到，可以人为地影响含水层补給条件，并用适当措施增大开采儲量（見 49,50,58,59）。这样，在評价地下水开采儲量时，应考虑到在天然的和人为的影响下、特別是在开采含水层时地下水量和水质可能发生的变化，来确定水量和水质。

上面研究的那些概念（調节儲量，永久儲量，地下水流的流量和开采儲量），可以用一个总的術語“地下水的儲量”来概括。地下水补給的保証，可称为地下水的資源。引述一下我們最卓越的水文地质学家、Ф.П.薩瓦連斯基院士在自己的著作〔84〕中給地下水資源下的定义，是很有意思的。他写道：

“含水层的容量及其中地下水儲量（指的是永久儲量——作者注）可以不大，但是如果它的补給有保証的話，这个含水层的出水量可以很大。反之，地下水盆地可以很大，但在其平衡表中的年流入量却可能不大……因此比較正确的說法不是地下水的‘儲量’而是地下水的‘資源’，在这个名詞的涵义中包括了在該区水平衡中有地下水流入的保証”。