

钻孔过滤器

[苏联] B·M·加弗里尔科 著
C·K·阿勃拉莫夫

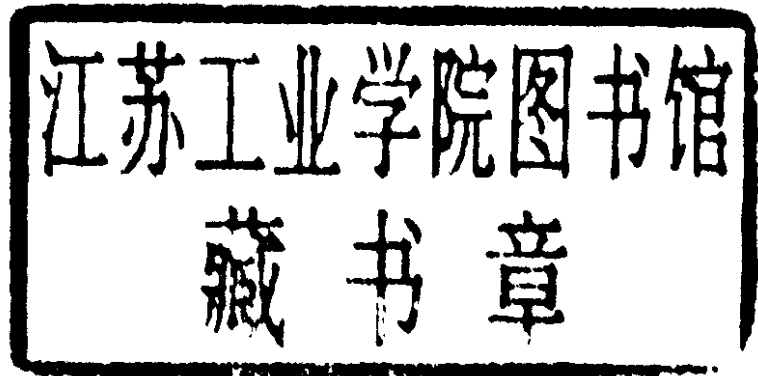
中国工业出版社

79.513
169

钻孔过滤器

[苏联] B. M. 加弗里尔科 著
C. K. 阿勃拉莫夫

李国贤 等译



中国工业出版社

本书詳細地介紹了过滤器的各种类型及其結構、过滤器基本尺寸及构件的选择和計算，分析了影响过滤器及其构件的选择的条件，叙述了安装各种过滤器的方法以及在使用期間增加过滤器涌水量的方法等等。

本书由李国賢等同志翻譯；可供从事水文工程地质、供水及钻探工作的工程技术人员閱讀，也可供大专院校有关专业师生参考。

В. М. Гаврилко С. К. Абрамов

ФИЛЬТРЫ БУРОВЫХ СКВАЖИН

Гос. изд. лит. по строительству и

Архитектуре Москва 1954

* * *

钻 孔 过 滤 器

李 国 賢 等 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 (北京佟麟閣路丙10号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第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850×1168¹/₃₂·印张8·字数203,000

1965年7月北京第一版·1965年7月北京第一次印刷

印数0001—1900·定价(科五) 1.00元

*

統一书号: 15165·3981 (地质-336)

序 言

第十九次党代表大会关于苏联1951年至1955年五年发展计划的指示和苏联共产党中央委员会九月召开的全体大会关于“进一步发展苏联农业的措施”的决议，规定了国民经济发展的宏伟远景。因此，就需要更大量地开发地下水，在此基础上解决城市、工业企业、火车站、农业城市、集体农庄、家畜饲养场、牧场以及其他方面的供水问题。

在干旱地区，如果水文地质条件良好，也应广泛地利用地下水来灌溉农田。当地下水充灌矿区或使城市、工业及农业区域的一部分淹没甚至使之沼泽化时，防止地下水的工作便具有重要的国民经济意义。

抽地下水多半是用引水钻孔来进行，在疏松岩层及碎屑沉积层中的引水钻孔内，则还需要安装过滤器。过滤器是引水钻孔内基本的也是最重要的部分。当有足够的地下水储量时，抽水孔的涌水量及其使用期限都取决于孔内过滤器的结构及质量。

苏联每年要打几千个供水及排水用的钻孔。此外，在大型水利工程建筑区域内，还打很多进行水文地质与工程地质调查及降低水位用的钻孔。这些钻孔绝大多数都装有过滤器。所获资料的精确程度，都要由这些过滤器的工作效能来决定。

在现有文献中，对于引水钻孔过滤器的选择、计算及结构方面的问题，说明得都很不详细。

现在，在供水、排水及工程地质调查的实践中，一般多采用由各种不同材料、用手工方法制成的各种不同结构的过滤器。因此，引水钻孔的涌水量常常迅速地减少，或者使钻孔报废，从而使国民经济在物质上遭受巨大的损失。

水文地质调查及引水钻孔的实际应用证明，苏联有很多地区在解决供水及引用问题时常常遇到不少困难，这倒并不是因为地下水储量不足，而是因为没有那种具有高度的出水量、并能保持稳定涌水量的过滤器结构。

实际上，现在所用的过滤器，其结构还不能使我们很经济地去利用地下水。由于过滤器结构不完善，使我们不能充分查明钻

IV

孔的可能涌水量，从而不能查明整个区域内的地下水资源。

在许多供水的钻孔内，还继续广泛地采用旧式结构的过滤器，对于引水钻孔来说，这种过滤器应当严格地限制使用。这对网状过滤器尤其如此，这种网状过滤器主要是应用在工程水文地质勘测及建筑时借助针状过滤器降低水位方面。

仅仅在最近几年内，在供水实践中，才成功地采用使用防腐材料及砂砾填充物的新型结构的过滤器。已经发表的文献中很少对引水钻孔过滤器的安装及设计问题加以阐述，这对实现由各个科学研究机构及专家们提出的有关过滤器结构的先进建议是障碍之一。

出版一些对现有过滤器的结构进行评论，并提供出一些关于过滤器的选择、计算、结构、安装及使用等方面的书籍，对于进行工程水文地质、供水及钻探工程的专家们是很有帮助的。编写本书就是希望能达到这方面的目的；同时，这样也可能会把更多的发明家、设计师们吸引到研究过滤器的工作上来。这种综合性的关于过滤器的著作还是首次出版，这就毫无疑问地会增加作者工作上的困难。

本书是作者将亲自观察及研究所得之资料 and 以前发表的一些著作加以综合而编写成的。在作者所述及的某些情况中，可能有的地方还有争论的必要，因而需要继续进行实验及理论上的研究（特别是有关过滤器的最佳滤水孔形式及过滤器堵塞的原因等等）。

本书为全苏给水排水水工建筑物及工程水文地质科学研究所（ВНИИ Водгео）^① 一级科学工作者В.М.加弗里尔科及С.К.阿勃拉莫夫所著。其中第一、第三、第四及第五章由В.М.加弗里尔科编写，第二章由С.К.阿勃拉莫夫编写。在审查手稿时，科学技术博士Н.Н.库里奇欣教授提了许多宝贵的意见。为此，作者向他表示衷心的感谢。

对本书的评论、建议及批评请寄出版社，地址为：Москва, Третьяковский проезд, д.1, 或寄ВНИИ Водгео, Москва, Б.Кочки, д. 17, а.

^① 以下简称全苏给排水研究所——编者注。

目 录

序言

第一章 过滤器的类型与结构	1
一、用各种管材制成的穿孔过滤器及縫隙过滤器	1
1. 鋼套管过滤器	2
2. 不銹鋼管过滤器	6
3. 鑄铁管过滤器	8
4. 塑料管过滤器	12
5. 石棉水泥管过滤器	22
6. 木制过滤器	27
二、具有模压骨架、金属絲骨架及鋼筋骨架的縫隙过滤器	35
1. 模压縫隙过滤器	35
2. 穿孔管骨架的金属絲过滤器	37
3. 鋼筋縫隙过滤器	43
4. 鋼筋骨架过滤器	48
三、用陶瓷材料及玻璃制成的縫隙过滤器	64
1. 瓷制过滤器	65
2. 陶制过滤器	68
3. 玻璃过滤器	70
四、管状骨架带有网及織物过滤面的过滤器	71
1. 带銅网、黃銅网及不銹鋼絲网的过滤器	71
2. 带塑料网的过滤器	80
3. 带玻璃纖維織网的过滤器	84
五、砾石过滤器	92
預先在地面将砾石加密的下放式过滤器	93
1. 筐状过滤器	93
2. 填砾石的罩状过滤器	98
3. 箱状过滤器	102
4. 节状过滤器	104
安装在孔底的砾石过滤器	107
1. 使岩石顆粒自由地落到管間縫隙中的砾石过滤器	108
2. 用冲砾石的方法形成的砾石过滤器	111
3. 在上升速度影响下在孔底形成的砾石过滤器	112
第二章 过滤器基本尺寸及构件的选择和計算	115

VI

一、概述	115
二、过滤器滤水孔尺寸的确定	115
三、过滤器孔隙率的选择	119
四、滤水填充物的选择	121
五、过滤器在含水层内的位置及其对钻孔涌水量的影响	127
六、钻孔内水位的跳跃	129
七、进水速度的确定	133
八、过滤器基本尺寸的确定	141
第三章 对于选择合理的过滤器及过滤器构件有影响的 条件	145
一、水文地质条件	145
二、技术条件	149
三、物理-化学及细菌条件	151
1. 在化学及电化学腐蚀影响下滤水面的堵塞与破坏	151
2. 过滤孔的形状、大小及孔隙率对过滤器使用期限的影响	161
3. 堵塞在过滤器及岩石中的胶结物的成分	170
4. 过滤器周围岩层中胶结带的形成	175
5. 细菌因素对过滤器堵塞的影响	182
四、对过滤器结构的要求及其评价的原则	183
第四章 过滤器的安装及某些钻进方法	193
一、网状过滤器和缝隙过滤器的安装	193
二、安装砾石过滤器的方法	197
1. 带有单层填充物的砾石过滤器	197
2. 带有多个填充物的砾石过滤器	202
3. 用B.P.布尔杰依式凿井机安装带有砾石过滤器的钻孔	208
4. 提高钻进速度和加大钻孔直径用的机械下管方法	211
第五章 使装有过滤器的钻孔在开采期间增加涌水量 的方法	219
一、过滤器被岩石堵塞及清理过滤器的措施（采用抽砂筒、 砂泵、空气升液器抽砂）	219
二、过滤器的酸处理（单溶液与双溶液），与机械方法或其他方法 配合使用	227
三、用少量炸药爆炸近井底部分使岩石松散	236
四、过滤器的细菌堵塞和防止此种现象的一些方法	240
五、过滤器的更换	242

第一章 过滤器的类型与结构

引水钻孔及测压钻孔所用的过滤器，具有各种各样的不同结构。

近十年至十五年来，在苏联及国外已出版书籍中描述的各种过滤器的结构类型达数十种之多。当然，结构种类的繁多并不是一种好现象，而且也是不必要的。应当指出，在国外，过滤器结构的种类之所以很多，不完全是为了适用于不同的目的，而多半是由于相互竞争的公司为了做广告而造成的。

本章除了描述实际中应用的过滤器外，也提到一些对今后制造新式过滤器有利的几种结构。

所要谈的过滤器结构共分五类。第一类是用管材制成的缝隙过滤器；第二类是用金属薄板或钢筋制成的缝隙过滤器；第三类是用骨材(陶器、玻璃)制成的缝隙过滤器；第四类是进水面包有金属网或纺织物网的过滤器；第五类是采用砾石填充物为过滤装置的结构。前四类的过滤器结构可作为第五类过滤器的支撑骨架。

一、用各种管材制成的穿孔过滤器及缝隙过滤器

现有的过滤器大部分是由各种管材制成的。具有各种形状的孔眼的过滤器，是过滤器中最简单的一种结构。为了能让水进入过滤器，在过滤器的管壁上要钻成圆形的或凿成缝隙状的孔(图1)。根据含水岩层机械成分的不同，这种管子可以直接作过滤器使用，或用来作为覆盖有网状、罩状、膜状、筐状过滤装置的支撑骨架。在后一种情况

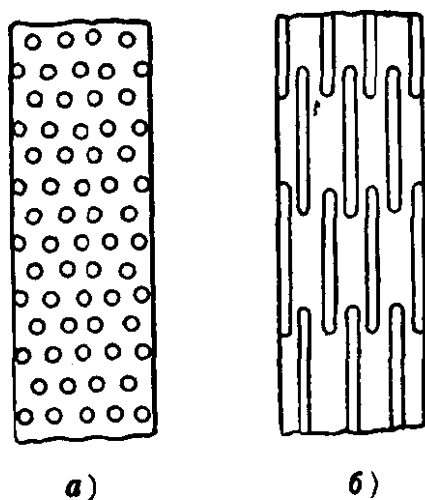


图1 管材过滤器上的滤水孔
a—圆形；b—缝隙形

下，过滤器的滤水性能主要是取决于过滤器覆盖物的性质。

1. 鋼套管过滤器

在实践中应用最广泛的是用套管制成的过滤器，因为在工地一般都有套管，而且凿縫隙或钻滤水孔所需要的机械工具也很简单，在普通車間內就能制成。

圓形滤水孔可以在钻床上钻成。

孔径的大小取决于过滤器的用途。如果过滤器表面直接与岩石接触，則孔径数值应取决于岩石的顆粒成分。

如果穿孔的套管仅作为支撑骨架，則滤水孔的大小应该与所使用的过滤器装置的结构特点相适应。例如在粗砂中装置过滤器时，常常采用孔径为 3—7 毫米的管子；如在骨架上包上网状紡織物，則滤水孔的孔径要增加到 10—15 毫米。

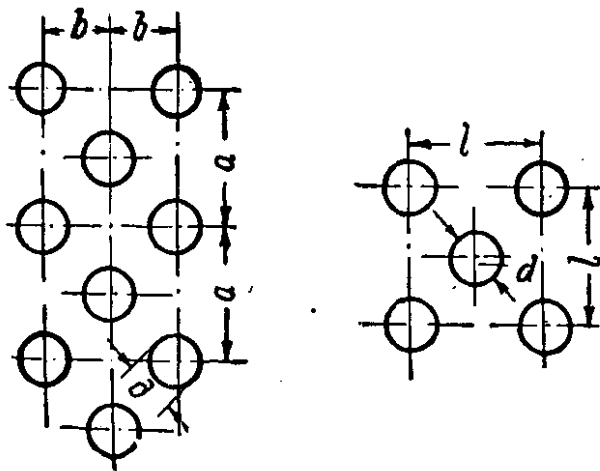


图 2 根据孔径的不同在套管上进行滤水孔的定位

圓形滤水孔在管上应排列成棋盘状（图 2）。

滤水孔的定位以下列方式进行。首先沿着管子作一条与軸心平行的綫，然后轉动套管并且沿着圓柱面的母綫等距离地划綫。在这以后用外卡鉗沿着其中的一条綫来定出孔与孔之間的距离，孔的位置借岩心来确定。过滤器表面上的孔按棋盘式排列。一般來說，横排上各孔中心間之距离取决于管径——在 20—40 毫米范圍內，而縱排上各孔中心間之距离在 20—30 毫米之間。

在 B.M. 格里戈利耶夫的著作中^[1] 列举了有关过滤器孔隙率百分比与孔径及各孔中心間的距离的关系的資料。

依据这些資料：

当 $l=2.5d$ 时，孔的面积（孔隙率）为 25%；

当 $l=3.5d$ 时，孔的面积（孔隙率）为17.5%；

当 $l=4d$ 时，孔的面积（孔隙率）为8%；

当 $l=5d$ 时，孔的面积（孔隙率）为6.3%。

通常在钻滤水孔时采用的距离为 $l=2.5-3d$ 。

为了在制造过滤器时使滤水孔的定位工作简便起见，最好采用引自H.C.苏连扬茨著作〔2〕的表1的资料，该书阐述了具有圆形孔的滤水管作为网状过滤器的骨架时的主要构件。

过滤器安装在砂中而没有网时，孔径可按本书第二章所述的原则确定。

水管中的缝隙状孔可用铣、模压、气割及电割等方法完成。

根据过滤器材料及其加工方法，过滤器缝隙的排列形式有下列几种（图3）：

（1）简单带状排列——缝隙沿过滤器四周排列，在过滤器表面上形成两条带：缝隙带及连接带（图3a）；上带的缝隙轴线应与下带的缝隙轴线一致；

（2）棋盘式带状排列——下带的缝隙插在上带的缝隙之间（图3b）；

（3）无连接带的棋盘式带状排列，缝隙断面有大有小（图

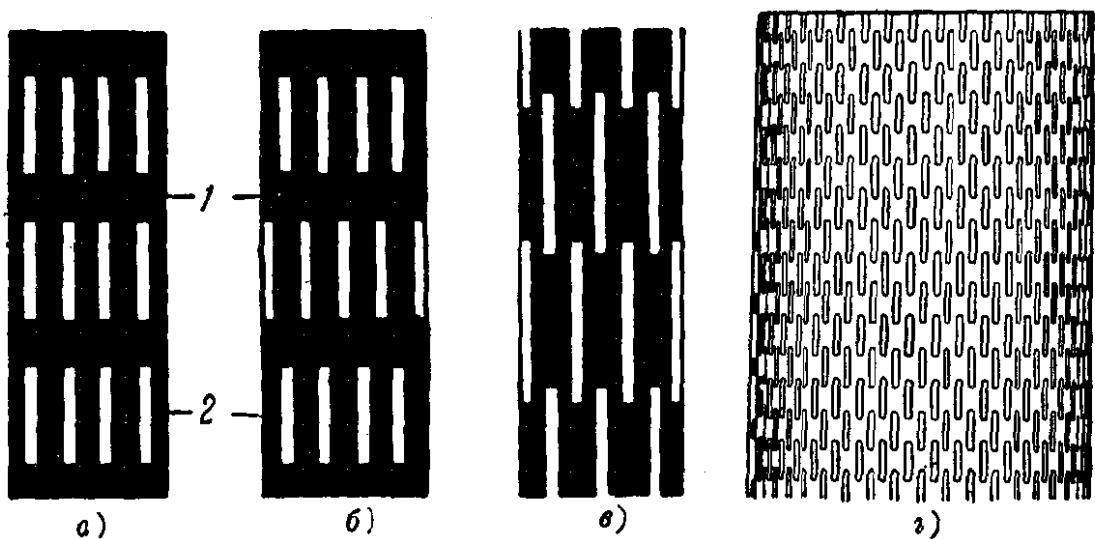


图3 过滤器上缝隙状滤水孔的位置

a—简单带状排列；b—棋盘式带状排列；c、d—无连接带的棋盘式带状排列；1—连接带；2—缝隙带

36, 1)。

如果縫隙大小相同，最小孔隙率可按縫隙以簡單帶狀排列求得，而最大孔隙率可按縫隙以沒有連接帶的棋盤式排列求得。縫隙過濾器的孔隙率取決於縫隙的斷面（長度與寬度）、縫隙在骨架上的排列形狀以及每平方單位面積的骨架上的縫隙數。

常用的縫隙過濾器的孔隙率為 6—40%。

縫隙的寬度取決於過濾器的用途：如果縫隙管作結構較複雜的過濾器（例如，網狀過濾器和金屬絲過濾器等）的支撐骨架用時，縫隙寬度可隨意選擇（10—15—20 毫米或更大些）。如果縫隙過濾器直接安置在含水岩層中，縫隙大小可根據過濾器周圍的岩石的顆粒成分來確定。

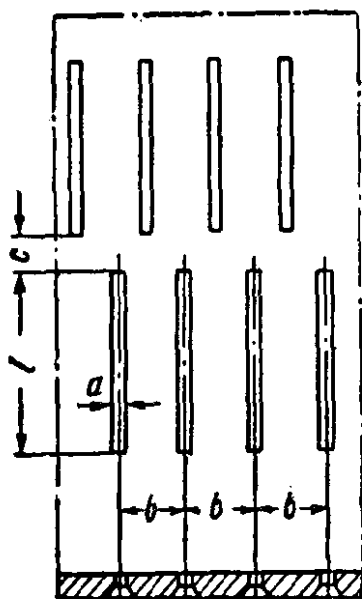


圖 4 過濾器上長方形縫隙的位置和大小

a —縫隙寬度； b —縫隙軸間的距离； c —縫隙帶間的距离； l —縫隙帶的寬度

在 Я. С. 蘇連揚茨最近的一些著作中〔2〕推薦了一些縫隙過濾器的計算方法。這些計算方法是以日爾諾夫〔3〕及其他作者的理論研究為依據的。根據這些研究，縫隙的寬度應為過濾器周圍的岩石顆粒直徑的兩倍。

縫隙軸綫間的距离 b 最好為縫隙 a 的寬度的十倍；縫隙 l 的長度可為任意值，但一般為 30—100 毫米。各排縫隙（連接帶）間的距离 $c=10-20$ 毫米（圖 4）。當採用這種標準時，過濾器的孔隙率同樣也很低，只有 7—10%。

必須指出，由於縫隙過濾器是用手工方法製造的，因此在生產上的應用就受到限制。大多數鑽探單位在必要時都是自己準備過濾器的。同時，在不適合加工長管子的機床上銑管子是非常繁重的。用氣割法加工縫隙會使過濾器表面造成不規則的齒形縫隙。

高低不平的、邊緣缺口的孔最易腐蝕，也很容易在濾水孔上

表 1

鋼管过滤器上的圓孔布置表

孔徑 (毫米)	沿长度的 每一米內			$D\phi = 100$ 毫米			$D\phi = 150$ 毫米			$D\phi = 200$ 毫米			$D\phi = 250$ 毫米					
	d_1	c	n_1	n	a	f	φ	n	a	f	φ	n	a	f	φ			
10	17	60	16	22	0.08	0.20	23	22	0.11	0.22	28	23	0.13	0.19	36	23	0.17	0.20
13	18	55	14	25	0.10	0.28	20	25	0.14	0.23	26	25	0.19	0.28	32	26	0.23	0.28
16	20	50	10	35	0.10	0.28	14	35	0.14	0.28	18	36	0.18	0.27	26	35	0.26	0.31
19	25	40	—	—	—	—	12	42	0.14	0.28	16	41	0.19	0.28	20	42	0.24	0.28
22	25	40	—	—	—	—	—	—	—	—	12	55	0.18	0.28	16	53	0.24	0.29
25	33	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	60	0.20	0.29

表中 a ——橫排上各孔中心間之距離；

c ——縱排上各孔中心間之距離；

n ——每排的孔數；

n_1 ——沿管子長度每一米內濾水孔的排數；

f ——沿管子長度每一米內濾水孔的過水斷面積（平方米）；

φ ——过滤器的孔隙系数。

注：孔径采用不大于 $0.1D\phi$ 。

堆积沉积物。

新的比較完善的电割方法，目前在过滤器制造中还未得到很广泛的应用。

2. 不銹鋼管过滤器

所有的地下水对钻孔的金属部分都起着不同程度的腐蚀作用。

我們发现，受水流不断作用的钻孔部分所遭到的破坏最大。在引水钻孔中，过滤器受到的破坏最大。所以要使过滤器能长期工作，在任何情况下都要采取过滤器的防蚀措施，而在侵蚀性的水中更是完全必要。

目前，还没有足够可靠的、制造简单且能經得住水的化学作用及侵蚀作用的万能覆盖物。

最初，为了防止腐蚀，过滤器是用青铜和黄铜制成的，可是由于这些材料缺乏和价格昂贵，因此目前不采用这种过滤器。以后，在普通的鋼制过滤器上都加上了铜和锌的防护层（用鍍金属法）。而且鋼制过滤器上也电鍍过鋁。但是在操作中証明，带有上述防护层的鋼制过滤器是不适用的。

最近一个时期，为了防护过滤器，采用了衬胶法（用电泳法把一层薄的硬橡胶涂在金属上）。此外，还试图采用坚硬可塑的人造树脂来防止鋼制过滤器受腐蚀。

諸如此类的过滤器防蚀措施，都要专门进行生产。为了不使防护层受到损坏，在运送这种过滤器和装到钻孔里去时，都需要十分小心。

因此，目前用不銹鋼制造过滤器。

对不銹鋼的多次耐蚀試驗証明，用不銹鋼来制造供水孔及其他钻孔的过滤器有着极大的发展前途。

C.Г.魏登金著作〔4〕中的資料（表2），可用来鉴定不銹鋼及耐酸鋼在水介质中的耐蚀性。

按照国定全苏标准（ГОСТ）5543-50，現在生产下列尺寸的无

表 2

腐 蝕 介 质	馬丁体		鐵 素 体			奧 氏 体						
	鋼					鋼						
	Ж1; Ж4	Ж229	X17H2	X17	X27	X23H13	X23H8	ЭH448	X13H12 M2T	X20HMC	X25H20C	X18H9T
飲 用 水	x	x	x	x	o	o	o	o	o	o	o	o
矿 井 水	y	x	x	x	x	o	o	o	o	o	o	o
海 水	y	y	x	y	y	y	y	x	x	y	y	y

防蝕性指数：y—合适；x—好；o—极好。

縫不銹鋼管（表 3）。

表 3

冷 拉 管		热 軋 管		冷 拉 管		热 軋 管	
外 径 (毫米)	管壁厚度 (毫米)	外 径 (毫米)	管壁厚度 (毫米)	外 径 (毫米)	管壁厚度 (毫米)	外 径 (毫米)	管壁厚度 (毫米)
6—7	1—1.5	76	4.5—8	60	1.5—7	140	6—22
8—13	1—2	83	4.5—9	63	1.5—7	146	6—23
14—19	1—2.5	89	4.5—10	65	1.5—7	152	6—24
20	1—3	96	5—11	68	1.5—7	159	6—25
21—29	1—4	102	5—12	70	1.5—7	168	7—27
30—37	1—5	108	5—13	73	1.5—7	180	8—28
38—56	1—5.5	114	5.5—15	76	1.5—7	194	10—30
57	—	121	5.5—16	83	3—7	219	12—30
58	—	133	6—20	89	3—7	—	—

按长度管子可定为：

- (1) 长度为 1.5—7 米的管子；
- (2) 在上述长度范围内規定长度的管子，其允許偏差为 15 毫米；
- (3) 在上述长度范围内，規定长度 并分成等长的几段的管

子，其每段的加工余量为 5 毫米（假如在定貨时其他的余量未說明的話），其全长允許偏差为 + 15 毫米。

不銹鋼过滤器价格較高，因此不适合广泛应用。

表 4 中按照价格表注明了不銹鋼管和普通鋼管的价格。

表 4

名 称	国定全苏 标准编号	外 径	管壁厚度	每 米 价 格 (卢布-戈比)
		(毫 米)		
普通鋼管	632-50	219	12.5	70.50—79.80
不銹鋼管	5643-50	219	12.0	1248

从表格中可以看出，用不銹鋼制成的管子比普通的管子价格高 14—16 倍。

可是，有时地下水埋藏在九百米的深处，打这样的鑽孔的价格往往要化几十万甚至上百万卢布，而鑽孔过滤器本身的长度多半不超过 15—20 米。因此，过滤器的造价不超过鑽孔总造价的 5—15%。

此外，在水量丰富的含水层中，过滤器决定着水的供給量和鑽孔工作的长期性，所以不应该为了节省資金而降低对过滤器质量的要求。这样的节省是不现实的，因为当过滤器的工作情况不能令人滿意时，鑽孔会很快报废。

用不銹鋼制的管状过滤器的制造方法与一般套管过滤器的制造方法相同。

不銹鋼过滤器的研究和試用首先应该在由于过滤器的腐蝕会使鑽孔报废并造成几千万卢布損失的地区进行。例如，巴尔瑣尔、鄂木斯克和阿斯特拉罕以及里海低地等地。

3. 鑄鉄管过滤器

鑄鉄防蝕的稳定性，可凭某些上水道的使用經驗来檢驗，它乃是制成管井鑄鉄过滤器的主要依据。

由B.Φ.柯仁諾夫的著作〔5〕可以知道，莫斯科輸水管路所用的鑄鐵管已使用了一百年以上。

1911年首先使用的是形如網狀的作為支撐骨架的鑄鐵過濾器(圖5)。過濾器由長1—3米的連接管組成，其上切有 85×40 毫米的方孔，過濾器各節借助用銅螺絲固定在過濾器上的活動接箍連接成管柱。鉆孔中鑄鐵過濾器的安裝見圖6。

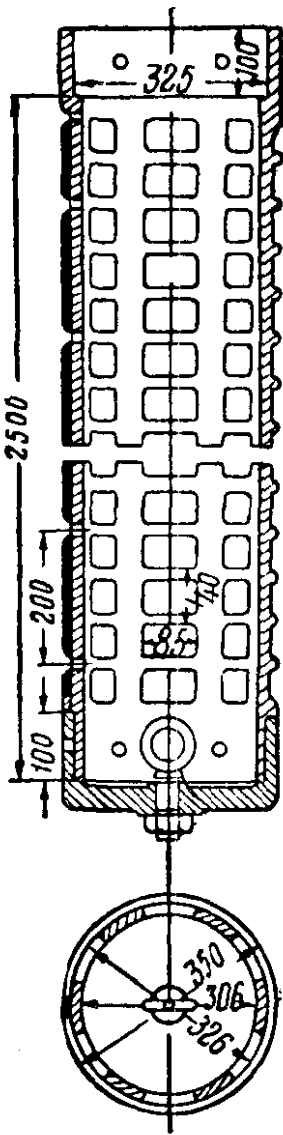


圖5 帶有長方形濾水孔的鑄鐵過濾器詳圖

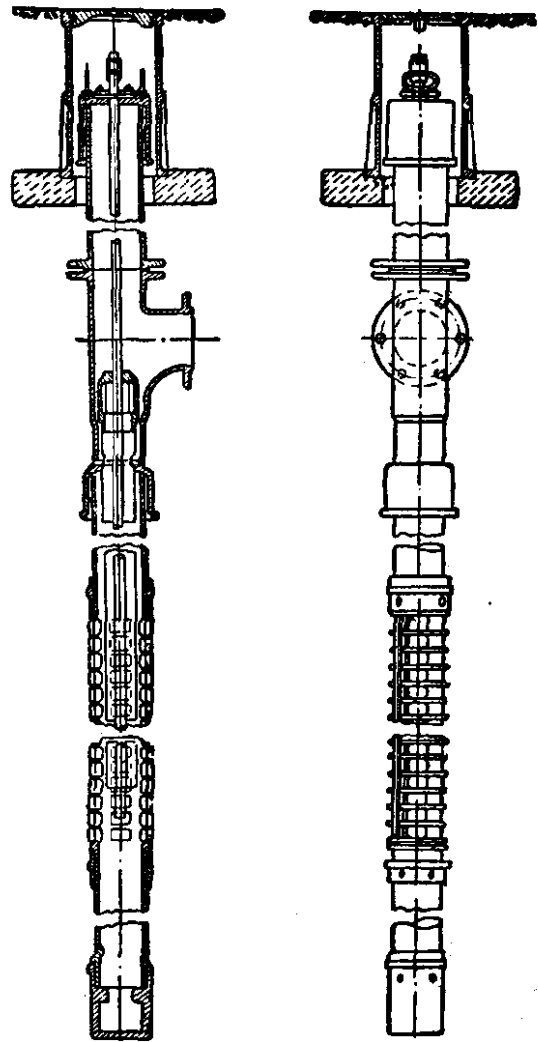


圖6 裝有鑄鐵過濾器的鉆孔示意圖

在此以後，鑄鐵過濾器的結構有些變化。過濾器的直徑在150毫米到300毫米之間變動。鑄鐵過濾器安裝於平均深度為40米的管井內。

在建筑莫斯科近郊的排水设备时，鑄鉄管曾作为砾石过滤器的骨架〔1〕。过滤器是在工厂里按专门的模型制造的。这种模型在鑄造后能够获得現成的縫隙骨架而不需要再机械加工。

为了便于装配，过滤器长为3米、內径175毫米、外径195毫米。

管子外表面的縫隙宽度为3毫米，向里面变宽。过滤器用法兰盘连接，并在接合处垫以橡皮垫圈（图7）。过滤器由三节管子和下面盖有封閉的金属法兰盘的沉淀槽組成。

带鑄鉄骨架的过滤器通常安装在深17米的排水井中。

在上述情况下使用鑄鉄管和鑄鉄过滤器效果比较好，但是不能由此得出結論，認為在管井內采用鑄鉄管过滤器是万能的。除了使用鑄鉄过滤器的成功例子外，还有很多的例子說明过滤器在侵蝕性介质中工作时的不稳定性。

例如，作者发现，在維尔紐斯城的引水建筑中，鉆

孔中的鑄鉄管头在泥盆紀沉积层中水的影响下使用了四年就破坏了。又如在伏尔加-奧卡河分水岭，有一个利用冲积含水层水的引水建筑，我們发现进水管、吸水閥和进水栅上的鑄鉄部分已經

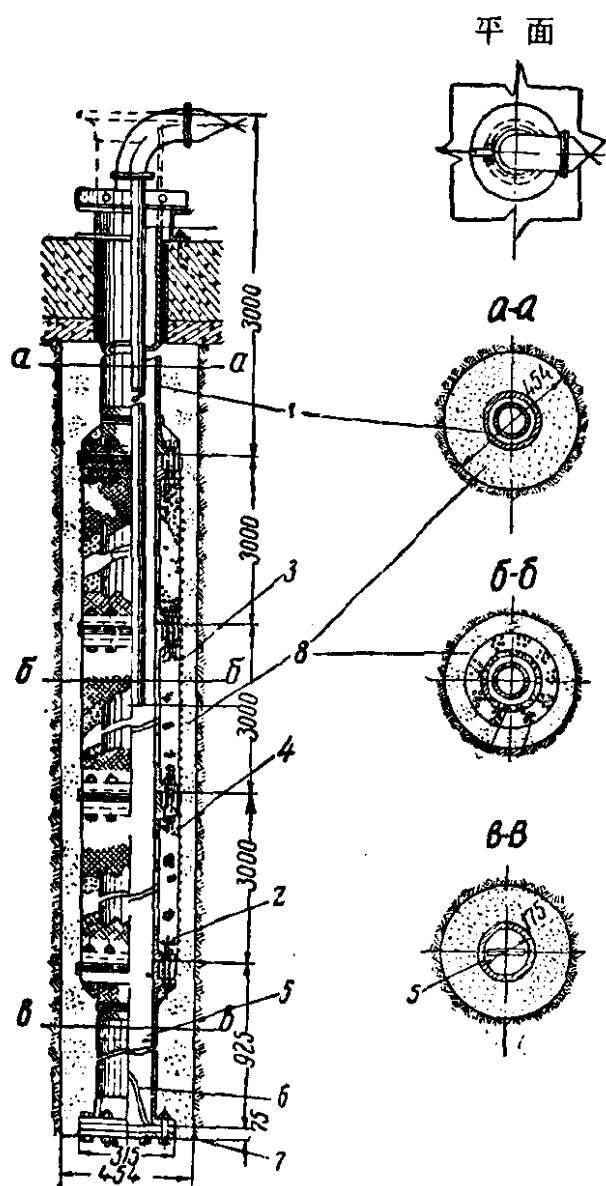


图7 带有砂砾填充物的鑄鉄过滤器安装图

- 1—鑄鉄縫隙骨架；2—砾石；3—鉄制网；4—金属絲綫圈；5—沉淀槽；6—提升用鈎釘；7—鑄鉄底座；8—砂填充物