

67-71, 108

莫菜石-堇青石滤料材性及其 过滤水头损失研究

王 圆

姚雨霖[√]
(城市建设学院)

程民权

TU PPI. 24

摘要 概要地介绍了莫菜石-堇青石(莫-堇)滤料的材性、模型对比试验、生产性对比试验以及清洁滤层水头损失计算公式。研究表明,莫-堇滤料的绝大部分指标比石英砂滤料优良,用它组装滤池能带来较大经济效益和节能效益。

关键词 莫菜石-堇青石滤料, 水头损失公式, 过滤

中图法分类号 TU991. 24

1 MJC 滤料材性研究

1.1 生产工艺简介

莫-堇滤料是以高铝矾土熟料、工业氧化铝、粘土为原料,经大于 1300℃ 高温浇制成型,它呈淡黄色,有许多微孔,经破碎、筛分成所需规格的滤料。

1.2 化学成份

莫-堇滤料的化学成份见表 1。它主要含 Al_2O_3 , 不含对人体有害的物质。

表 1 滤料化学成份

成分	Al_2O_3	SiO_2	MgO	TiO_2	CaO	K_2O	Na_2O	Fe_2O_3	烧失量
含量%	65.10	23.62	4.44	3.20	0.47	0.70	0.24	1.78	0.45

1.3 莫-堇滤料物理、化学及水力特性

莫-堇滤料滤料物理、化学及水力特性见表 2。

从表 2 可知,莫-堇滤料大部分指标比石英砂滤料优良。

2 模型对比和生产性对比试验研究

在水厂进行了两种类型的模型对比试验,即单层莫-堇滤料滤柱与单层石英砂滤料滤柱对比

* 收稿日期:1994-03-23.

王 圆,男,1965 年生,讲师,重庆建筑大学城市建设学院(630045).

试验以及双层莫-萘-煤滤料滤柱与双层石英砂-煤滤料滤柱对比试验。生产性对比试验作了双层莫-萘-煤滤池与双层砂-煤滤池对比试验,时间长达一年,并且经受了洪水季节的考验。

表 2 滤料物理、化学及水力特性

序号	项目	特性	备注	
1	外观形状	表面粗糙,多微孔		
2	松散容重	$r_0 = 1140.6 - 73d$	r_0 (g/cm ³), d (mm), 松散容重和粒径	
3	比重	$r = 2.83 \sim 2.88$	r , 比重	
4	视比重	$r_1 = 3.5485 - 0.9166r_0$	r_1 , 视比重, r_0 同上	
5	总孔隙率	$m_g = 1.6091 - 0.9266r_0$	m_g , 总孔隙率, r_0 同上	
6	开孔孔隙率	$m_w = 1.0500 - 0.4216r_0$	m_w , 开孔孔隙率, r_0 同上	
7	机械强度	磨损破碎率 0.51%	水力冲洗法测定	
8	酸碱性可溶率	HCl 可溶率	0.38%, 6N	溶液温度 37~40℃, 粒径 0.5mm~1.2mm
		H ₂ SO ₄ 可溶率	0.39%, 6N	同上
		NaOH 可溶率	1.12%, 6N	同上
9	溶出物	总碱度	—	粒径 0.5mm~1.2mm, 浸泡 - 昼夜
		总硬度	0.42 mg/l	同上
		溶解固体残渣	8.2 mg/l	同上
10	渗透系数	$k = 2.9858d - 0.4109$	k , 渗透系数(cm/s), d 粒径(mm)	
11	形状系数	$\alpha = 0.8193d + 1.0402$	α , 形状系数, d 同上	
12	比表面积	4.45×10^4 cm ² /g	Autopore 9000 型测定仪测定	
13	微孔体积	0.0788 cm ³ /g	同上	
14	ζ 电位	-32.45 mV	电位仪测定	

2.1 试验条件

莫-萘滤料和砂滤料级配均为: $d_{max} = 0.8$ mm, $d_{min} = 1.25$ mm, $d_{10} = 0.83$ mm, $d_{50} = 1.13$ mm, $k_{20} = 1.36$ 。无烟煤为: $d_{max} = 0.8$ mm, $d_{min} = 1.8$ mm, $d_{10} = 0.82$ mm, $d_{50} = 1.35$ mm, $k_{20} = 1.65$ 。单层莫-萘滤料滤柱和石英砂滤柱厚度均为 80 cm, 双层时, 都为 45 cm, 无烟煤为 35 cm。

2.2 模型对比试验

两种类型的模型对比试验结果见表 3。从表中可得出结论:

1) 单层莫-萘滤料滤柱的工作周期、周期产水量是单层石英砂滤料滤柱的 1.4~1.5 倍, 截留杂质量、冲洗耗水比分别是单层砂滤柱的 1.5 倍和 0.66 倍, 所以采用莫-萘滤料能提高产水量, 节约反冲洗水量。

2) 滤前水浊度为 5~15 度, 出水浊度小于 3 度时, 若保持单层莫-萘滤料滤柱与单层砂滤料滤柱工作周期相同, 则前者滤速是后者的 1.2 倍, 单层莫-萘滤料滤池的设计滤速可取

9~15 m/h,反冲洗强度为 12~15 L/s·m²。

3) 双层莫-蓝-煤滤料滤柱的工作周期、周期产水量是双层砂-煤滤料滤柱的 1.5 倍;截留杂质量、冲洗耗水比分别是双层砂-煤滤料滤柱的 1.45~1.48 倍和 0.67 倍。双层莫-蓝-煤滤料滤柱在进水浊度小于 15 度的情况下,设计滤速可取 13~20 m/h。反冲洗强度可取 12~16 L/s·m²。

表 3 模型对比试验

指 标	单层 MJC 滤料滤柱(1*) 与单层石英砂滤料滤柱(2*)对比		双层 MJC-无烟煤滤柱(3*) 与双层石英砂-无烟煤滤柱(4*)对比		
	11(m/s)	15(m/s)	12(m/s)	15(m/s)	20(m/s)
滤前水平均浊度 (mg/l)	1*柱 8.5	12.5	3*柱 6.1	7.9	6.8
	2*柱 8.9	12.3	4*柱 6.3	8.3	6.9
滤后水平均浊度 (mg/l)	1*柱 0.9	1.4	3*柱 0.7	0.9	1.2
	2*柱 0.9	1.4	4*柱 0.8	1	1.2
平均水温 (℃)	1*柱 28	27	3*柱 29.2	28.3	29.3
	2*柱 27.8	27	4*柱 29.2	28.1	29.3
初始水头损失 (cm)	1*柱 9.7	14.8	3*柱 9	16.7	20.5
	2*柱 17	24.8	4*柱 14	23.2	32
期终水头损失 (cm)	1*柱 175.7	179.3	3*柱 183	175.2	188.3
	2*柱 175.2	181	4*柱 181.7	176.8	185.7
水头损失增长速度 (cm/h)	1*柱 4.9	6.9	3*柱 3.5	5.0	6.2
	2*柱 7.3	10.6	4*柱 5.2	7.0	9.2
工作周期 (h)	1*柱 36	26	3*柱 52.6	38	30.2
	2*柱 24	17	4*柱 35	25.2	20.2
周期产水量 (m ³ /m ²)	1*柱 396	390	3*柱 631.2	570	604
	2*柱 264	255	4*柱 420	378	404
截留杂质量 (kg/m ³)	1*柱 3.8	5.4	3*柱 4.3	5.0	4.2
	2*柱 2.6	3.5	4*柱 2.9	3.4	2.9
冲洗耗水比 (%)	1*柱 1.36	1.38	3*柱 0.86	0.95	0.90
	2*柱 2.05	2.12	4*柱 1.29	1.43	1.34

2.3 生产性滤池对比试验

试验结果见表 4。

从表 4 可知:双层滤池的生产性对比试验结果与双层模型对比试验结果基本相同,同时也说明莫-蓝滤料应用于生产实践是可行的。

表 4 生产性滤池对比

指 标	双层莫-董-煤滤池	双层砂-煤滤池	两种滤池比值
滤前水平均浊度 (mg/l)	8.5	8.5	
滤后水平均浊度 (mg/l)	1.2	1.2	
滤速 (m/h)	19.7	19.8	
初始水头损失 (cm)	17	30	0.57
期末水头损失 (cm)	127	127	
水损增长速度 (cm/h)	5.8	8.6	0.67
工作周期 (h)	22.0	14.7	1.5
周期产水量 (m ³ /m ²)	435.6	291.1	1.5
冲洗强度 (l/s · m ²)	13.5	14.2	
冲洗时间 (min)	5	5	
冲洗水期末排水浊度 (mg/l)	小于 40	小于 40	
冲洗耗水比 (%)	0.93	1.46	0.64

3 莫-董滤料清洁滤床水头损失公式的研究

莫-董滤床的过滤阻力系数 η 与雷诺数 Re 存在着函数关系:

$$\eta = f(Re)$$

根据相似理论和量纲分析,得到液体在多孔介质中的过滤阻力系数 η 和雷诺数 Re 的表达式分别为:

$$\eta = \frac{\Delta p m_0^3 d_s}{x \cdot \rho \cdot v^2 \cdot 6\alpha(1 - m_0)} \quad (1)$$

$$Re = \frac{\rho v d_s}{6\alpha\mu(1 - m_0)} \quad (2)$$

式中 $\frac{\Delta p}{x}$ —— 单位滤层的压力降 (mH₂O 柱 / m)

x —— 滤层厚度, (m)

α —— 形状系数

ρ —— 液体密度, (kg · s²/m⁴)

v —— 滤速, (m/h)

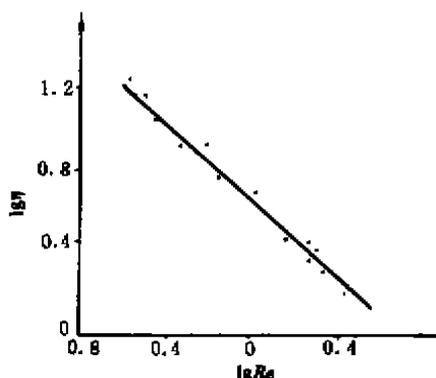
μ —— 水的动力粘滞系数, (kg/m · s)

m_0 —— 清洁滤床孔隙率

d_s —— 滤料当量粒径, (m)

(1)、(2) 式中,右端各值均可由试验测出。通过对不同滤料粒径、不同水温、不同滤速的试验研究(数据略),得出 $\lg\eta$ 与 $\lg Re$ 的关系曲线,见图 1。经回归处理得出 η 与 Re 的关系式为:

$$\eta = 4.571Re^{-1} \quad (3)$$

图1 $\lg \eta$ 与 $\lg Re$ 关系曲线

把(1)、(2)式代入(3)式得出清洁莫-蓝滤料滤床水头损失计算公式:

$$h_0 = 0.168\mu \left(\frac{\sigma}{d_s} \right)^2 \frac{(1 - m_0)^2}{m_0^3} x \left(\frac{v}{36} \right) \quad (4)$$

式中 h_0 ——清洁莫-蓝滤料滤床水头损失(m).

其余符号同前.

(4)式计算结果值与实测值进行比较,其正负相对误差在5%以内.

4 经济效益分析

莫-蓝滤料已成功地应用于水厂.一水厂单池面积 48.6 m^2 砂滤池,采用莫-蓝滤料代替石英砂后,每年增加产水量达170万吨.对于新建水厂采用该滤料可减少滤池数目,节省基建投资和占地面积.

5 结 论

1) 莫-蓝滤料绝大部分指标比石英砂滤料优良.使用莫-蓝滤料,滤池出水能满足国家饮用水标准,且该滤料不含对人体有害的物质.

2) 把现有单层砂滤池改为单层莫-蓝滤池,以及把双层砂-煤滤池改为双层莫-蓝-煤滤池能获得显著的经济效益.

3) 在进行莫-蓝滤料滤池设计时,其清洁滤床水头损失计算公式为:

$$h_0 = 0.168\mu \left(\frac{\sigma}{d_s} \right)^2 \frac{(1 - m_0)^2}{m_0^3} x \left(\frac{v}{36} \right)$$

符号意义和单位同前.

参 考 文 献

- 1 E·I 巴宾科夫著. 惠遇甲, 马惠明译. 粒状材料水力学. 1957
- 2 姚雨霖等. 人工轻质陶粒滤料及全陶粒滤料滤池. 给水排水新技术. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988, 9

(编辑: 刘家凯)

(下转 108 页)

参 考 文 献

- 1 Xu Jiazhen. Some Studies of Magnetic Testing. 5th PPCNDT Proceedings, Canada, 1997, 508
- 2 Xu Jiazhen. Influences of Magnetic Property of Material on Detectability of Magnetic Testing. International Workshop on Physics of Materials Proceeding, China, 1988, 353
- 3 Xu Jiazhen. Computation of Stray Magnetic Field and Detectability of Magnetic Particle Testing, 12th WCNDT Proceedings, Holland, 1989, 368
- 4 Xu Jiazhen. Discussion of Magnetic Property of Magnetic Particles, 12th WCNDT Proceedings, Holland, 1989, 365
- 5 Yan Dawei. Study of Portable Resutant Field Magnetic Particles Inspection Equipment, 12th WCNOT Prgceedings, Holland, 1989, 406

(编辑: 姚国安)

※ ※

(上接 71 页)

THE RESEARCH OF MATERIAL PROPERIES AND FILTRATION WATER LOSS OF CORDIERITE-MULLITE MEDIUM

Wang Pu Yao Yulin Chen Mingquan

(Faculty of Urban construction)

ABSTRACT This paper introduces conclusively the material properties, the model comparison test, the productive comparison test, and the formula of clean filter bed of cordierite-mullite medium. Almost all the parameters of cordierite-mullite medium are better than those of sand medium.

KEY WORDS cordierite-mullite medium, the formula of water loss, water filtration