

ถังกรองทรายหรือแอนทราไซต์ (SAND OR ANTHRACITE FILTER TANK)

โดย นายพรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ

ส่วนวิเคราะห์ จัดการสิ่งแวดล้อม

กองจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษ

ฝ่ายควบคุมคุณภาพน้ำ การประปานครหลวง

1. วัตถุประสงค์

ถังกรองทรายหรือแอนทราไซต์ทำหน้าที่กรองดักอนุภาคสารแขวนลอยหลงเหลือมากับน้ำที่ออกมาจากถังตกตะกอน โดยการผ่านน้ำเข้าไปยังชั้นกรองซึ่งมีรูพรุน วัสดุกรองที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่ ทรายหรือแอนทราไซต์ ทั้งนี้อนุภาคสารแขวนลอยดังกล่าวอาจเป็นอนุภาคของแข็งที่แขวนลอยหรือจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำดิบ การประยุกต์ใช้ระบบกรองน้ำในกระบวนการผลิตน้ำสามารถทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำดิบและสิ่งเจือปนที่ต้องการกำจัดออกจากรน้ำ

2. หลักการทำงานของถังกรอง

ถังกรองทำจากถังเหล็กเป็นรูปทรงกระบอกแนวตั้งหรือแนวนอนหรือถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ภายในจะมีพื้นที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ หนึ่งส่วนบนเป็นส่วนที่รับน้ำเข้ากรองและส่วนล่างซึ่งแยกออกจากกันโดยมีแผ่นเหล็ก(Perforated Plate) โดยติดตั้งหัวกรองน้ำ(Nozzles) ไว้ที่พื้นดังกล่าว บริเวณด้านบนเป็นชั้นกรองทรายหรือแอนทราไซต์และส่วนที่สองคือส่วนด้านล่างเป็นชั้นรองรับน้ำที่ออกจากชั้นทรายหรือแอนทราไซต์ซึ่งเป็นน้ำที่ต้องผ่านไปยังกระบวนการฆ่าเชื้อตอนสุดท้าย (Post Disinfection) เพื่อให้น้ำสะอาดปราศจากเชื้อโรคต่อไป

ชั้นสารกรองทรายหรือแอนทราไซต์ทำหน้าที่กรองดักอนุภาคสารแขวนลอยซึ่งโดยปกติจะต้องมีขนาดมากกว่า 1 ไมครอน ขนาดรูพรุนทรายกรองหรือแอนทราไซต์จะสามารถดักไว้ได้ เมื่ออนุภาคที่ดักไว้มีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้เกิดการอุดตันของชั้นสารกรองหรือเรียกว่า Filter clogging อัตราเร็วในการอุดตันขึ้นอยู่กับ

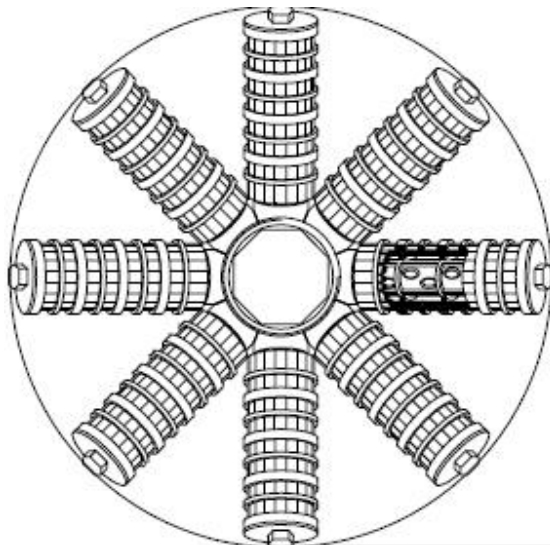
1. คุณสมบัติของน้ำที่เข้าถังกรองซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบ ทั้งระบบการสร้างตะกอน(Coagulation) การสมานตะกอนหรือการรวมตะกอน(Flocculation) และการ

ตกตะกอน (Sedimentation) เช่น ถ้าน้ำมีความขุ่นสูงเมื่อหลุดออกมาจากถังตกตะกอนเข้าสู่ถังกรองการอุดตันก็จะเกิดขึ้นได้เร็ว

2. อัตราการไหลของน้ำ ถ้าอัตราการไหลของน้ำเข้าถังกรองสูง การอุดตันจะเกิดขึ้นเร็ว
3. ขนาดของเม็ดทรายหรือแอนทราไซต์ที่มีขนาดเล็กกว่าจะทำให้เกิดการอุดตันได้เร็วกว่า



ภาพที่ 1 แสดงการวางหัวกรองน้ำประเภท Nozzles บนแผ่น Plate



ภาพที่ 2 แสดงการวางหัวกรองน้ำประเภท Nozzles แบบดอกเห็ดหรือแบบดาว(Star)



ภาพที่ 3 แสดงการวางหัวกรองน้ำแบบท่อแกงปลาหรือแบบแขน(Arm)

3. การแบ่งประเภทของถังกรอง แบ่งตามสภาพการไหลผ่านเครื่องกรองดังนี้

1. แบบแรงโน้มถ่วง (Gravity Filter)

- เครื่องกรองช้า (Slow Sand Filter)
- เครื่องกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)
- เครื่องกรองล้างกลับอัตโนมัติ (Self Back Washing)

2. แบบใช้ความดัน (Pressure Filter) เป็นระบบปิด

- แบบตั้ง (Vertical Pressure Filter)
- แบบนอน (Horizontal Pressure Filter)

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งแยกประเภทของถังกรองตามอัตราการกรองและขนาดของทรายกรองน้ำ

Filter Medium	Type of Filter	Medium Design Criteria
Fine sand	Slow sand filter 0.13 – 0.42 m/h (filtration rate)	Effective size : 0.25 – 0.35 mm. Uniformity coefficient : 2 – 3 Depth : 1.0 – 1.2 m S.G. \geq 2.63
Medium sand	Rapid sand filters 5 – 10 m/h (filtration rate)	Effective size : 0.45 – 0.65 mm. Uniformity coefficient : 1.4 – 1.7 Depth : 0.6 – 0.75 m S.G. \geq 2.63
Coarse sand	High – rate filters 10 – 30 m/hr (filtration rate)	Effective size : 0.8 – 2.0 mm. Uniformity coefficient : 1.4 – 2.0 Depth : 0.8 – 2.0 m S.G. \geq 2.63
Multimedia coal sand dual or coal- sand-garnet trimedia	High rate filters 10 – 25 m/h (filtration rate)	Sand Effective size : 0.8 – 2.0 mm. Uniformity coefficient : 1.4 – 1.7 Depth : 0.3 m Anthracite coal Effective size : 0.9 – 1.4 mm. Uniformity coefficient : 1.4 – 1.7 Depth : 0.45 m S.G. \geq 1.5 to 1.6 Garnet Effective size : 0.25 – 0.3 mm. Uniformity coefficient : 1.2 – 1.5 Depth : 0.0075 m S.G. \geq 4.0 – 4.1

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งแยกประเภทของถังกรองตามอัตราการกรองและขนาดของทรายกรองน้ำ(ต่อ)

Filter Medium	Type of Filter	Medium Design Criteria
Granular activated carbon (GAC)	Removal of organic contaminants 7.5 – 15 m/hr (filtration rate) Contact time : 15 – 30 min	Effective size : 0.5 – 1.0 mm. Uniformity coefficient : 1.5 – 2.5 Depth : 1.8 – 3.6 m S.G. \geq 1.35 – 1.37
Proprietary type media	Variety of types, including green sand and synthetic media	Depends on the purpose

ตารางที่ 2 แสดง Head Loss ตามประเภทของการกรองต่างๆ

Filtration Type	Pressure Drop (Bar)	Head Loss (m. of water)
Pressure Filtration	0.2 – 0.34	2.1 – 3.5
Gravity Filtration	0.18 – 0.24	1.8 – 2.5
Self - Backwash Filters (Gravity Filter)	0.12 – 0.15	1.2 – 1.5
Granular activated carbon	0.21 – 0.34	2.1 – 3.5

Filter layer after rehabilitation		
No. 22 Filter layer		
		Thickness
Anthracite	0.8~1.2mm	50
Sand	0.6~1.4mm	570
Gravel	2.0~3.5mm	50
Gravel	3.5~6.0mm	100
Gravel	6.0~13.0mm	150
Gravel	13.0~45.0mm	150
Under drain		

ภาพที่ 4 แสดงการวางชั้นกรองทรายตามขนาดของกรวดและทราย(โรงงานผลิตน้ำประเศญี่ปุ่น)

4. การควบคุมระบบกรองน้ำ

การเดินระบบกรองน้ำ

ระหว่างการผลิตน้ำให้ทำการตรวจการทำงานของระบบกรองน้ำโดยการตรวจวัดค่า Head Loss ซึ่งเป็นค่าที่แสดงการอุดตันของระบบกรองน้ำซึ่งแตกต่างกันออกไปตามรูปแบบของถังกรองน้ำ เช่น ถังกรองน้ำประเภท Rapid Sand Filter จะกำหนดค่า head loss ไว้ที่ประมาณ 1.3 ถึง 1.8 เมตรน้ำแล้วให้ทำการ back wash เพื่อล้างถังกรองน้ำ ในขณะที่ถังกรองน้ำประเภท Pressure Sand Filter จะกำหนดค่า head loss ไว้ที่ประมาณ 2.1 ถึง 3.5 เมตรน้ำ เป็นต้น และคุณภาพของน้ำที่ออกจากถังกรอง นอกจากขึ้นกับคุณภาพของน้ำที่เข้าสู่ถังกรองแล้ว ยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของถังกรองด้วย ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถังกรอง ได้แก่

- ขนาดของเม็ดทรายหรือแอนทราไซต์
 - ความสูงของชั้นทรายหรือแอนทราไซต์
 - อัตราเร็วในการกรอง
- น้ำออกจากถังกรอง (Filter Tank)
- | | |
|-----------|---------|
| Turbidity | ≤ 5 NTU |
| pH | 7.5 ± 1 |
| สีไม่เกิน | 15 TCU |
- ระยะเวลาการเดินระบบถังกรองน้ำโดยปกติจะมีระยะเวลาการเดินระบบประมาณ 24 – 48 ชั่วโมงแล้วจึงหยุดเดินระบบเพื่อทำการล้างทำความสะอาด

การทำความสะอาดถังกรองน้ำ

การล้างทำความสะอาดถังกรองน้ำทำได้โดยการล้างย้อนกลับโดยใช้น้ำและอากาศเข้าไปภายใต้ความดันที่พอเพียงที่จะสามารถยกชั้นกรองได้แล้วสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในชั้นกรองก็จะหลุดออกมา

ขั้นตอนการล้างย้อน

1. หยุดเดินระบบ ให้หยุดถังกรองน้ำโดยปิด inlet valve และ outlet valve
2. ระบายน้ำบางส่วนออกประมาณ 2 นาที โดยปกติจะระบายน้ำออกจนถึงระดับที่ต้องการ
3. ปล่อยลม (Air scour) เข้าถังกรองบริเวณด้านล่างชั้นกรองทรายหรือแอนทราไซต์เป็นเวลา 30 วินาที ถึง 1 นาที เพื่อทำการล้างย้อนโดยใช้ลมทำความสะอาดชั้นกรองโดยทำให้ความสกปรกที่ติดค้างบนชั้นกรองเกิดการยกตัวและเม็ดทรายหรือแอนทราไซต์เกิดการขัดสีกัน อัตราการไหลของลมระหว่าง 46 – 55 เมตร/ชั่วโมง Kawamura (2000) ลมถูกนำเข้าไปในถังกรองโดยผ่านระบบอากาศ ขั้นตอนนี้ทำเพื่อให้เกิดหมอนรองอากาศใต้ (Air cushion) ใต้พื้นกรอง
4. ปล่อยลม (Air scour) พร้อมน้ำ พร้อมการกวาดผิวหน้าทราย (surface sweep) ทำการล้างด้วยลมพร้อมน้ำเป็นเวลา 10 นาที หรือมากกว่า
 - อัตราการไหลของน้ำประมาณ 7.5 ถึง 10 เมตร/ชั่วโมง (surface wash rate) Kawamura (2000)
 - อัตราการไหลของลม ประมาณ 46 – 55 เมตร/ชั่วโมง Kawamura (2000)

ให้แน่ใจว่าไม่มีทรายถูกพัดไปทิ้งตามรางระบายน้ำทิ้ง ถ้าเกิดการพัดพาทรายออกไปให้ลดอัตราการไหลของน้ำลง จนกระทั่งไม่มีทรายถูกพัดพาออกไปทิ้งในรางระบายอีก อัตราการพัด(กวาด)ของน้ำบริเวณผิวหน้าทราย (sweep water flow rate for dual arms 3.25 to 3.75 m/hr. Kawamura (2000))

5. การล้างย้อนกลับ (back wash) ด้วยน้ำอย่างเดียวควบคุมไปกับการกวาดพื้นผิว

ให้หยุดลมที่จะเข้าโดยให้ใช้น้ำในการล้างย้อนอย่างเดียว ขั้นตอนนี้ใช้เวลา 10 ถึง 15 นาทีและต้องล้างจนกว่าน้ำที่ไหลเข้าสู่รางน้ำทิ้งเริ่มใส จึงสิ้นสุดกระบวนการล้างย้อนถึงกรองทราย

- อัตราการล้างย้อนกลับประมาณ 15 เมตร/ชั่วโมง
- อัตราการพัด(กวาด)ของน้ำบริเวณผิวหน้าทราย ประมาณ 3.25 ถึง 3.75 เมตร/ชั่วโมง

หมายเหตุ

- การหยุดการใช้งาน

สำหรับการหยุดใช้งานถึงกรองในระยะเวลาสั้นๆ ไม่จำเป็นต้องทำอะไรเป็นพิเศษ เพียงแต่ปิด Butterfly Valve ทางเข้าและทางออกหน้าถึงกรอง แต่ถ้าต้องหยุดใช้งานถึงกรองในระยะเวลาหลายๆ ต้องทำการ ล้างถึงกรองให้สะอาด แล้วทำการระบายน้ำออกจากถึงกรองให้หมดเมื่อจะเริ่มใช้งานใหม่

5. รูปแบบของระบบกรองน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน



ภาพที่ 5 ถึงกรองน้ำแบบเปิดนิยมใช้กับการกรองประเภท Rapid Sand Filter. Degremont (1991)



ภาพที่ 6 ถังกรองน้ำแบบปิดทรงกระบอกแนวตั้ง (Vertical sand filter) นิยมใช้กับการกรองประเภท Pressure Sand Filter. แต่สามารถประยุกต์ใช้กับการกรองประเภท Rapid Sand Filter ได้



ภาพที่ 7 ถังกรองน้ำแบบปิดทรงกระบอกแนวนอน (Horizontal sand filter) นิยมใช้กับการกรองประเภท Pressure Sand Filter. แต่สามารถประยุกต์ใช้กับการกรองประเภท Rapid Sand Filter ได้



ภาพที่ 8 ถังกรองน้ำแบบล้างกลับอัตโนมัติ (Self Back Washing)

6. Design Criteria

6.1 Syed R Qasim, Edward M. Motley & Guang Zhu (2000)

Filtration

Hydraulic application rate

- Slow Sand Filter	=	10	$\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$
- Rapid sand Filter	=	120 – 240	$\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$
- High-rate Filter	=	240 – 600	$\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$

Media Design

Single Media

- Depth	=	50 – 150	cm.
- Uniformity coefficient	=	1.2 – 1.7	
- Effective size	=	0.5 – 1.5	mm.

Dual Media

Sand Layer

- Depth	=	20 – 40	cm.
- Uniformity coefficient	=	1.2 – 1.7	
- Effective size	=	0.45 – 0.65	mm.
Anthracite Layer			
- Depth	=	30 – 60	cm.
- Uniformity coefficient	=	1.3 – 1.8	
- Effective size	=	0.7 – 2	mm.

6.2 Degremont. Water Treatment Handbook (1990)

Hydraulic application rate

- Rapid sand Filter	=	5 – 20	m/hr
- High-rate Filter	=	25 – 90	m/hr

6.3 Culp&Wesner. Handbook of Public Water System (1986)

Hydraulic application rate

- Slow Sand Filter	=	0.12 – 0.32	m/hr
- Rapid sand Filter	=	2.44 – 4.88	m/hr
- High-rate Filter	=	7.32 – 36.6	m/hr

6.4 EPB. A Guide to Waterworks Design (2002)

Hydraulic application rate

- Slow Sand Filter	=	0.04 – 0.42	m/hr
- Rapid sand Filter	=	5 – 12.5	m/hr

7. รายละเอียดถังกรองทรายหรือแอนทราไซต์ (Sand or Anthracite Filter Tank)

1. จำนวน	:	1	ถัง
2. ชนิด	:	ทรงกระบอกแนวตั้งหรือแนวนอนหรือถังคอนกรีตเสริมเหล็ก	
3. อัตราการไหล	:	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	
4. อัตราการกรองน้ำ	:	เมตร/ชั่วโมง	
5. พื้นที่ผิวชั้นกรองต่อถัง	:	ตารางเมตร	
6. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	:	มิลลิเมตร	
ความสูง	:	มิลลิเมตร(ไม่รวมด้านหัว-ท้าย)	
7. วัสดุ	:	เหล็กเหนียว หรือ คอนกรีตเสริมเหล็ก	
8. การเตรียมผิว	:	sand blast SA 2.5 กรณีถังเหล็ก	
9. ชนิดของการเคลือบผิวภายใน	:	สีกันสนิมและสีอีพ็อกซี	
10. ชนิดของการเคลือบผิวภายนอก	:	สีกันสนิมและสีเคลือบ	
11. ชนิดของสารกรอง	:	ทรายหรือแอนทราไซต์ ขนาด 0.8 – 2.0 มิลลิเมตร	
12. ปริมาตรสารกรอง	:	ลิตร	
13. ระบบท่อ	:	PVC ϕ นิ้ว	
14. ท่อและวาล์วใช้งาน	:	PVC ϕ นิ้ว และ 2 - Ball Valve ϕ นิ้ว	
15. ท่อและวาล์วล้างกลับ	:	PVC ϕ นิ้ว และ 3 - Ball Valve ϕ นิ้ว	
16. ระบบจ่ายน้ำด้านบน	:	ท่อ PVC เซาะร่อง	
17. ระบบการกรองน้ำด้านล่าง	:	หัว Nozzle	
18. การควบคุมการทำงาน	:	ควบคุมด้วยคน	
19. อุปกรณ์ประกอบ	:	ช่องกระจก 1 ชุด	
	:	Ball valve ระบายอากาศ ขนาด ϕ นิ้ว 1 ชุด	
	:	Man Hole สำหรับใส่ทรายหรือแอนทราไซต์และทำความสะอาดถัง	

References:

1. พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ. 2001. เอกสารการฝึกอบรม Training course Yokohama Training Program. Japan. 16 p.
2. Culp & Wesner. 1986. Hand Book of Public Water Systems. New York United States of America. 1113p.
3. Degremont. 1991. Water Treatment Handbook, France. 1459 p.
4. Environmental Protection Branch. 2002. A Guide to Waterworks Design, Regina SK. 47p.
5. Susumu Kawamura. 2000. Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities second edition, New York United States of America. 691p.
6. Syed R. Qasim, Edward M. Motley, and Guang Zhu. 2000. Water Works Engineering Planning, Design & Operation, United States of America. 844p.