# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎี

น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ การแสวงหาน้ำสะอาด ที่ไม่มีสารพิษ ไม่มีเชื้อโรค มีปริมาณเพียงพอนั้นนับวันจะหาได้ยากยิ่ง ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากผลกระทบของมลพิษต่างๆ ส่วนแหล่งน้ำใต้ดินนั้นมีปริมาณไม่เพียงพอ ขณะที่ความต้องการใช้น้ำนั้นมีมากขึ้น การจัดหาน้ำสะอาดจึงเป็นสิ่งสำคัญและนำไปสู่วิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำหรือกระบวนการผลิตประปา

## 2.1 ส่วนประกอบของระบบประปา

การประปา หมายถึง การจัดหาน้ำดิบ น้ำใช้ ที่มีคุณภาพดี ปริมาณเพียงพอ จ่ายน้ำสม่ำเสมอได้ตลอดเวลาและราคาไม่แพงเกินไป การผลิตประปาจึงต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบของแหล่งน้ำดิบ ระบบทำความสะอาด ระบบขนส่งและจ่ายน้ำ

## 2.2 แหล่งน้ำดิบ

แหล่งน้ำดิบที่นำมาทำการผลิตน้ำประปา จะต้องมีการศึกษาและสำรวจถึงแหล่งน้ำที่นำมาใช้ว่ามีปริมาณเพียงพอและมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหรือไม่ ควรเลือกแหล่งน้ำที่มีความสกปรกน้อยที่สุด เพื่อที่จะได้น้ำประปาที่มีคุณภาพและราคาที่ประหยัด

น้ำที่ปรากฏอยู่ในแหล่งต่างๆ จะเกิดขึ้นจากวงจรน้ำ "วัฏจักรน้ำ" ซึ่งวัฏจักรน้ำ หมายถึง วงจรการเกิดของน้ำที่เกิดขึ้นในธรรมชาติซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง สิ่งที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์นี้คือ อิทธิพลและแรงกดดันจากพลังงานต่างๆที่โลกได้รับ เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ แรงโน้มถ่วงของโลก แสงอาทิตย์ทำให้น้ำบางส่วนจากแหล่งต่างๆ ระเหยกลายเป็นไอแล้วจึงเกิดการควบแน่นกลายเป็นฝนตกลงมายังผิวโลก ซึ่งส่วนหนึ่งจะซึมลงไปกักเก็บกลายเป็นแหล่งน้ำดิน และอาจมีบางส่วนที่ไหลกลับไปสู่แหล่งน้ำผิวดินในที่สุดน้ำเหล่านี้ก็จะระเหยอีกครั้งกลายเป็นวัฏจักรที่ไม่มีสิ้นสุด

2.2.1แหล่งน้ำผิวดิน

คือ แหล่งน้ำที่ขังอยู่บนพื้นผิวโลก น้ำผิวดินนี้ต้นกำเนิดจริงๆก็คือ น้ำฝนนั้นเองที่ตกลงมายังผิวโลกในปริมาณมากๆ ที่เหลือจากการดูดซึมลงสู่ชั้นดินหรือที่เหลือจากการระเหยและการดูดซึมไปใช้ของพืชแล้วปริมาณเหลืออยู่น้อยประเภทของแหล่งผิวดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น

1. ทะเล เป็นแหล่งน้ำผิวดินที่ใหญ่ที่สุดคือประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของผิวโลกทั้งหมด เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำเค็มไม่เหมาะแก่การใช้เป็นแหล่งน้ำสำหรับดื่มหรือแหล่งน้ำผลิตประปา เพราะต้นทุนการผลิตสูง แต่ในกรณีจำเป็นเราก็สามารถนำเอาน้ำทะเลมาปรับปรุงคุณภาพ โดยการกลั่นได้

2. แม่น้ำ ลำคลอง เป็นแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญที่สุดที่ประชากรโลกใช้ดื่มและในกิจการประปาได้ ต้นกำเนิดของแหล่งน้ำนี้มาจากลำธารสายเล็กๆ มารวมบรรจบกันเป็นแม่น้ำ ซึ่งโดยมากแล้วแม่น้ำลำคลองจะมีปริมาณความขุ่นอยู่ในเกณฑ์ที่สูง เนื่องจากการไหลผ่านสิ่งต่างๆมาแล้วเกิดการชะล้าง ดั้งนั้นก่อนนำมาปริโภคจึงควรนำมาผ่านขั้นตอนต่างๆ ของการปรับปรุงคุณภาพเสียก่อน

3. ทะเลสาบ นับว่าเป็นแหล่งน้ำดิบที่ดีประเภทหนึ่ง เพราะน้ำจากทะเลสาบมีความขุ่นต่ำ ทั้งนี้เพราะทะเลสาบเปรียบเสมือนอ่างเก็บน้ำใบใหญ่ที่มีการตกตะกอนและมีการฟอกตัวเองของน้ำธรรมชาติมาแล้ว

4. อ่างเก็บน้ำ เป็นแหล่งน้ำที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับทะเลสาบมากแต่เป็นทะเลสาบเทียมที่มีขนาดเล็กกว่าและมนุษย์สร้างขึ้นเอง เพื่อที่จะใช้เป็นแหล่งเก็บน้ำ น้ำในอ่างเก็บน้ำเพียงพอหรือไม่ขึ้นอยู่กับ ขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำและปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา นอกจากนี้ตามธรรมชาติบงแห่งมีการระเหยค่อนข้างสูง คุณภาพของน้ำในอ่างเก็บน้ำมักจะดีกว่าน้ำในแม่น้ำลำคลอง ทั้งนี้เพราะน้ำในแม่น้ำลำคลองไหลผ่านบ้านคนมาเป็นระยะทางยาว ทำให้มีความสกปรกมากกว่าน้ำในอ่างเก็บน้ำ

ตารางที่ 2.1 คุณภาพน้ำผิวดินทั่วไปในประเทศไทย

| คุณภาพ | ขนาด | คุณภาพ | ขนาด |
|---|---|---|---|
| ทางกายภาพ: | | | |
| ความขุ่น | 50 | สี , หน่วยสี | 50 |
| ตะกอนละลายน้ำ mg/l TDS | 150 | | |
| ทางเคมี: | | | |
| ไนโตรเจน mg/l | 3 | ฟอสฟอรัส mg/l | 0.05 |
| ความกระด้าง | 90 | ความเป็นด่าง mg/l | 100 |
| ph | 7.5 | แคลเซียม mg/l | 30 |
| แมกนีเซียม | 20 | โซเดียม mg/l | 20 |
| โปรแตสเซียม | 2 | เหล็ก mg/l | 0.5 |
| ซัลเฟต | 20 | คลอไรด์ mg/l | 25 |
| ฟลูออไรด์ | 0.2 | ไนเตรท mg/l | 0.5 |
| ทางชีวภาพ: | | | |
| โคโลฟอร์ม MPN/ml | 2000 | ไวรัส pfu/100ml | 10 |

ที่มา: ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2539

2.2.2 แหล่งน้ำใต้ดิน

น้ำใต้ดินเป็นน้ำท่าหรือน้ำฝนที่ตกลงสู่ผิวดิน แล้วซึมลงไปเก็บกักอยู่ใต้ผิวดิน**ในชั้นน้ำใต้ดิน** ในชั้นหินที่มีลักษณะเป็นชั้นน้ำ (รูปที่ 3.10) น้ำใต้ดินจึงหมายถึงน้ำที่เก็บกักอยู่ใน**ช่องว่างหรือรอย**แตกของชั้นหินใต้ดิน และช่องว่างดังกล่าวอิ่มตัวด้วยน้ำ บ่อน้ำที่เจาะลงในชั้นน้ำ**ชนิดนี้เรียกว่าบ่อน้ำบาดาล**

**สภาพความชื้นตั้งแต่ผิวดินลึกลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดิน อาจแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆคือ**

**1. น้ำในดิน (Vadose water)**

**น้ำในดิน คือ น้ำที่อยู่ในระดับชั้นบนสุดของพื้นดินจนถึงระดับน้ำใต้ดิน (Water table) เป็นเขตที่มีน้ำแทรกอยู่ในเนื้อดิน (Suspended water) ซึ่งเรียกว่า เขตสัมผัสอากาศ (Zone of aeration) หรือเขตเหนือระดับน้ำใต้ดิน หรือเขตที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Unsaturated zone) นอกจากนี้ยังแบ่งชั้นน้ำในดินต่อไปได้อีก เป็น 3 ชั้นย่อยๆ คือ**

1.1 ชั้นดินอุ้มน้ำ (Belt of soil moisture) เป็นชั้นดินในระยะที่รากพืชดูดน้ำได้ ความลึกของเขตนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน บางครั้งเขตนี้อาจอิ่มตัวด้วยน้ำเช่น หลังฝนตกใหม่ๆ การคงตัวของน้ำตามช่องว่างนี้ จะมี 3 ลักษณะ คือ น้ำชนิดแรกเป็นพวก ไฮโกรสโคปิค (Hygroscopic water) เกาะเป็นฟิล์มบางๆรอบๆ อนุภาคดินด้วยแรงดึงดูดระหว่างอนุภาค (Adhesive force) ซึ่งในส่วนนี้พืชดูดใช้ไม่ได้ น้ำชนิดที่สอง น้ำแคพิลลารี (Capillary) เป็นน้ำที่อยู่ด้วยแรงดึงดูดอนุ หรือแรงตึงผิวที่อยู่รอบๆอนุภาคดิน ส่วนน้ำชั้นสุดท้ายเป็นน้ำที่อยู่ในช่องว่าง แล้วสามารถเคลื่อนย้ายไปด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก

1.2 ชั้นกลางหรือเขตเชื่อมต่อ (Intermedinal belt) เป็นชั้นที่น้ำไหลผ่านชั้นดินอุ้มน้ำลงมา ซึ่งรากพืชดูดไม่ถึง น้ำในชั้นนี้ไม่มีประโยชน์ต่อพืช และมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการสูบขึ้นมาใช้ ความชื้นในเขตนี้ส่วนใหญ่เป็นน้ำไฮโกรสโคปิคและน้ำแคพิลลารี

1.3 ชั้นแรงดึงดูดอนุ (Capillary fringe) น้ำชั้นนี้ได้จากน้ำที่ไหลผ่านชั้นกลางลงมา น้ำบางส่วนถูกเก็บไว้ในอนุของดิน ด้วยแรงดึงดูดอนุ(Capillary force) และแรงดึงผิว (Surface tention) ซึ่งขอบล่างอยู่ติดกับระดับน้ำใต้ดิน

2. น้ำบาดาล (Ground water)

น้ำบาดาลคือ น้ำที่เก็บกักไว้ในช่องว่างระหว่างชั้นหิน ชั้นหิน กรวด ทราย หินที่เป็นแหล่งน้ำบาดาลเรียกว่า ชั้นหินอุ้มน้ำ ( Aquifer ) ส่วนหินที่รองรับแหล่งน้ำบาดาลเป็นหินเนื้อแน่นไม่ยอมให้น้ำไหลผ่านเรียกว่า ชั้นหินกั้นน้ำ ชั้นน้ำบาดาลจะอยู่ใต้ชั้นน้ำในดินลงไป มีน้ำบรรจุเต็มทุกช่องว่าง ถือเป็นเขตที่อิ่มตัวด้วยน้ำ(Zone of saturation) คือสามารถสูบน้ำไปใช้งานได้ โดยไม่แห้ง

น้ำบาดาลมีระดับเช่นเดียวกับน้ำผิวดินเรียกว่า ระดับน้ำใต้ดิน(Water table) ระดับนี้ไม่ได้วางตัวอยู่แนวระดับ มีความลาดเอียงซึ่งเกิดจากความชัน(Gradient) และเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูงต่ำของโครงสร้างทางธรณีวิทยาของชั้นหิน น้ำบาดาลจึงไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก เหมือนการไหลของแม่น้ำ ลำธาร และระดับน้ำที่เอียงนี้อาจโผล่ขึ้น ให้เห็นที่ผิวดิน เชิงเขา ริมเขา หรือที่ราบต่ำใกล้ๆ ผิวดิน บริเวณที่ชั้นน้ำโผล่ขึ้นสู่ผิวดินเรียกว่า ปากทางน้ำเข้า ( Intake area ) เพราะน้ำฝนหรือน้ำจากแม่น้ำ ลำธาร มีโอกาสไหลเข้าสู่ชั้นน้ำ(Recharge) โดยตรง

ระดับน้ำใต้ดินเปลี่ยนแปลงได้ตามฤดูกาล สภาพการสูบน้ำ การไหลของน้ำใต้ดิน บ่อน้ำบาดาลที่มีแรงดัน จะดันให้น้ำมีระดับสูงหรือต่ำกว่าระดับผิวดินที่จุดใดจุดหนึ่ง เรียกว่า ระดับความดัน(Peizometric surface) ซึ่งเกิดจากน้ำบาดาลที่อยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำซึ่งว่างตัวอยู่ในระหว่างชั้นหินเนื้อแน่นนั้น มีน้ำหนักของชั้นหินเนื้อแน่นที่กดทับอยู่ไม่เท่ากัน

การไหลของน้ำบาดาลที่เกิดจากการขุดบ่อบาดาล แล้วสูบน้ำออก(Pumpage) ไปใช้มีผลกดดันในชั้นน้ำตรงที่ขุดบ่อลดต่ำ ระดับน้ำรอบๆ บ่อที่สูงกว่า จึงไหลเข้าไปแทนที่ ทำให้มีน้ำไหลเข้าบ่อตลอดเวลา

น้ำบาดาลปลอม(Perched Aquifer) คือ น้ำที่อยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำปลอม ระดับน้ำจะอยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินเกิดเนื่องจากในโซนสัมผัสอากาศมีชั้นหินเนื้อแน่นที่น้ำซึมผ่านไม่ได้เป็นแอ่งโค้งงอ เมื่อน้ำฝนและน้ำท่าไหลซึมลงสู่โซนสัมผัสอากาศ น้ำส่วนหนึ่งจะถูกเก็บกักไว้บนชั้นหินเนื้อแน่นนี้ ซึ่งไม่ถือว่าเป็นน้ำบาดาล เรียกว่า ชั้นน้ำบาดาลปลอม และส่วนที่เหลือจะไหลลงสู่โซนอิ่มตัว

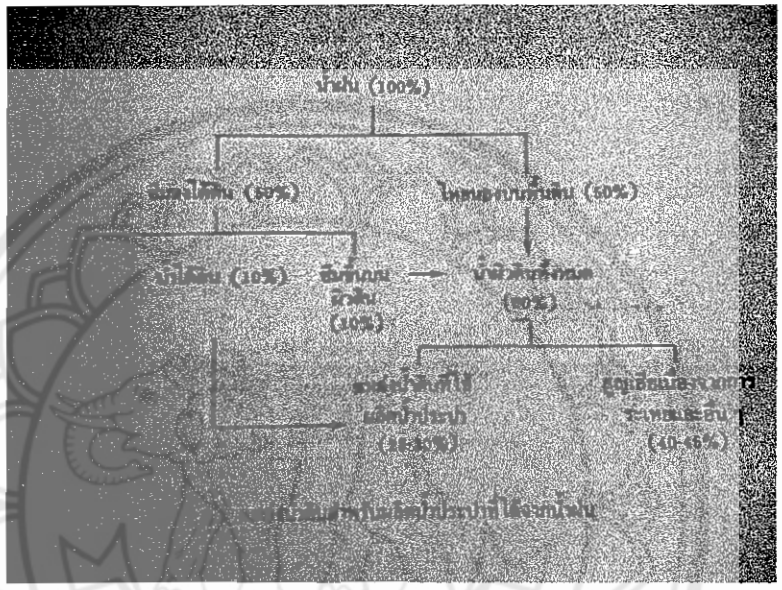
ตารางที่ 2.2 คุณภาพของน้ำใต้ดิน

| คุณภาพ | ขนาด | คุณภาพ | ขนาด |
|---|---|---|---|
| ทางกายภาพ: | | | |
| ความขุ่น | 0.5 | ตะกอนละลายน้ำ mg/l TDS | 50 |
| ทางเคมี: | | | |
| ไนโตรเจน mg/l | 10 | ฟอสฟอรัส mg/l | 0.01 |
| ความกระด้าง | 120 | ความเป็นด่าง mg/l | 150 |
| ph | 7.5 | แคลเซียม mg/l | 40 |
| แมกนีเซียม | 5 | โซเดียม mg/l | 5 |
| โปรแตสเซียม | 2 | เหล็ก mg/l | 0.1 |
| ซัลเฟต | 10 | คลอไรด์ mg/l | 25 |
| ฟลูออไรด์ | 0.1 | ไนเตรท mg/l | 10 |
| ทางชีวภาพ: | | | |
| โคโลฟอร์ม MPN/100ml | 100 | ไวรัส pfu/100ml | 1 |

ที่มา : ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2539

2.2.3 น้ำฝน

น้ำฝนจัดเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญที่สุดของสิ่งมีชีวิตทุกอย่าง น้ำฝนที่ตกลงมาไม่ว่าจะอยู่ผิวดินหรือซึมลงไปใต้ดิน ย่อมนำมาใช้เป็นแหล่งผลิตน้ำประปาได้ อย่างไรก็ตามจำนวนน้ำฝนที่สามารถนำมาใช้ผลิตน้ำประปานั้นมีปริมาณต่ำ ทั้งนี้เนื่องจาก มีการสูญเสียน้ำฝนเกิดขึ้นได้หลายทาง ดังแสดงในรูปภาพ




รูปที่ 2.1แหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปา
ที่มา: มั่นสิน ตันฑุลเวศม์ , 2542

## 2.3 คุณสมบัติของน้ำประปา

น้ำประปาที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคจะต้องมีคุณภาพดีปราศจากสิ่งปนเปื้อนต่างๆอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานของน้ำประปาขึ้น และคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำประปาที่ได้กำหนดไว้มีดังนี้

2.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพเป็นสิ่งที่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ เช่น น้ำที่มีความขุ่น มีรสเค็ม และมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถกำจัดได้ด้วยวิธีบำบัดปกติที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา

1. ความขุ่น (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำส่วนใหญ่เกิดจากสารแขวนลอยในน้ำ เช่น โคลนตม ซิลท์ และพวกแพลงตอน ความขุ่นของน้ำจะมากจะน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของสารแขวนลอย ปริมาณของสารแขวนลอย การกระจายตัวของอนุภาค การดูดกลืนแสงของสารแขวนลอย ความขุ่นเป็นสิ่งที่สามารถวัดได้ง่าย และมักใช้เป็นตัววัดประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตหลายกระบวนการ เช่น การกรอง การตกตะกอน เป็นต้น น้ำประปาเพื่อชุมชนไม่ควรมีความขุ่นเกิน 5 หน่วย หรือ 5 NTU เพื่อไม่ให้เป็นที่รังเกียจและเพื่อความปลอดภัยในการอุปโภคบริโภค

2. สี (Color)

สีของน้ำส่วนใหญ่เกิดจากการสลายตัวของอินทรีย์สารต่างๆเช่น ใบไม้ที่เน่าเปื่อย โดยมากจะมีสีน้ำตาลปนเหลือง หรือสีชา และอาจเกิดน้ำทิ้งจิงโรงงานอุตสาหกรรมมักจะมีสีตามแหล่งที่มานั้นๆ การที่น้ำมีสีที่ผิดปกติจะทำให้น้ำไม่น่าที่จะนำมาใช้อุปโภคบริโภค ดั้งนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำจัดสีออกจากน้ำ สีของน้ำจะแบ่งเป็น 2 ประเภทสีปรากฏ (Apparent color) คือ สีที่เกิดจากสารแขวนลอยต่างๆ สามารถ กำจัดออกโดยวิธีทางกายภาพ เช่น การตกตะกอน การกรอง

- สีจริง (True color) คือ สีที่เกิดจากสารอินทรีย์ที่ละลายจนเป็นเนื้อเดียวกับน้ำซึ่งการกำจัดสีจริงนี้ไม่อาจทำได้โดยง่าย

3. กลิ่นและรส (Odor and Test)

สาเหตุต่างๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสมีดังนี้

-เกิดจากการเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น สาหร่าย ไดอะตอม และโปรโตซัว

-เกิดจากการเน่าเปื่อย สลายตัวจากพวกจุลินทรีย์ที่ตาย

-เกิดจากการเน่าเปื่อยของใบไม้และพืชน้ำต่างๆ

-เกิดจากก๊าซต่างๆที่ละลายในน้ำ เช่น ก๊าซไข่เน่า

-เกิดจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม

-เกิดจากสารเคมีที่ใส่ไปในน้ำเพื่อฆ่าเชื้อโรค เช่น คลอรีน

-เกิดจากสารอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำ เช่น เหล็ก

เนื่องจากการที่วิเคราะห์ปริมาณของกลิ่นและรสเป็นตัวเลขไม่มีวิธีมาตรฐาน อย่างไรก็ตามต้องตะหนักไว้ว่า อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ และยังมีอิทธิพลต่อกรรมวิธีการผลิตน้ำประปาอีกด้วย

2.3.2 คุณสมบัติทางเคมี

เป็นคุณสมบัติที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จำเป็นต้องผ่านกระบวนการทางเคมี เพื่อให้ทราบผลถึงสามารถบอกได้ว่าน้ำมีคุณสมบัติเช่นไร

1. พีเอช(pH)

pH เป็นค่าวัดความเป็นกรดและด่างทั่วไปในน้ำ โดยที่มีค่าตั้งแต่ 0-4 และค่า pH เท่ากับ 0 จะหมายถึงน้ำที่มีสภาพเป็นกรดแก่ pH เท่ากับ 14 จะหมายถึง น้ำที่มีสภาพเป็นด่างแก่ และค่า pH เท่ากับ 7 จะหมายถึง น้ำมีสภาพเป็นกลาง วิธีการวัดค่า pH มีด้วยกัน 2 วิธี คือElectrometric method ใช้หลักการของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจาก H และ Colormetric method โดยใช้หลักการเทียบสีมาตรฐาน

2. ความกระด้าง(Hardness)

ความกระด้างเป็นการวัดค่าความเข้มข้นของแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานิส เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของเกลือไบคาร์บอเนต ซึ่งน้ำที่ให้ความกระด้างจะก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ดังนี้

-ทำให้เกิดตะกรันในหม้อน้ำ เครื่องทำความร้อน ท่อนน้ำร้อน และอื่นๆ

-เกิดตะกอนแข็งตัวเกาะติดผิววัตถุต่างๆ

-ทำให้การซักฟอกไม่มีฟอง เกิดความสิ้นเปลืองมากกว่าปกติ

-ถ้าเป็นน้ำดื่ม จะมีรสชาติผิดปกติ

-อาจทำให้เกิดนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ

-เกิดสีเหลืองบนเสื้อผ้า

-ทำให้ผักต่างๆเหนียวขึ้น

3. สภาพการนำไฟฟ้า(Conductivty)

สภาพการนำไฟฟ้าเป็นตัวเลขที่บ่งบอกถึงสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำตัวอย่าง โดยที่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิขณะทำการวัด สารประกอบที่มีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดีคือ สารประกอบนินทรีย์ของกรด ด่าง และเกลือตามลำดับ ในทางกลับกันสารประกอบอินทรีย์ เช่น ซูโครส เบนซิน จะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี

ประโยชน์ที่ได้จากค่าสภาพนำไฟฟ้า มีดังนี้

1. สามารถที่ใช้ค่าสภาพการนำไฟฟ้าในการคาดคะเนผลของประจุไฟฟ้าต่างๆ

2. ใช้ในการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของน้ำกลั่นและของน้ำที่มีประจุ

3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณในความเข้มข้นของโลหะที่ละลายในน้ำทิ้งหรือน้ำอื่นๆ

4. การวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้าทำให้รู้จำนวนสารประกอบไอออนนิคที่ใช้ในการตกตะกอนและให้เป็นกลาง

5. สามารถในการใช้ประเมินค่า มิลลิอิคควิวาเลนท์ / ลบ.คม. ของน้ำทั้งประจุลบและประจุบวก

4. ไนโตรเจน(Nitrogen)

ไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำจะอยู่ในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์โดยจะอยู่ในรูปของสารประกอบดังต่อไปนี้

4.1) แอมโมเนีย(Ammonia) เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรีย เมื่อน้ำประปามีแอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับคลอรีนที่เติมลงไป ทำให้ต้องเติมคลอรีนมากขึ้น เพราะส่วนที่ไปทำปฏิกิริยากับคลอรีน จะได้สารประเภท Choloramines และมีคลอรีนส่วนเกินหลงเหลือที่เรียกว่าคลอรีนอิสระ โดยสาร Choloramines ก็สามารถฆ่าเชื้อโรคได้เช่นเดียวกับคลอรีนอิสระ

4.2) ไนไตรท์(Nitrite) เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายไนไตร ถ้าพบว่าในน้ำมีไนไตรแสดงว่าการย่อยสลายสารแอมโมเนียยังไม่สมบูรณ์ แต่สำหรับในน้ำประปาไม่ควรมีสารไนไตรทอยู่เลย ตามมาตรฐานของการประปานครหลวงได้กำหนดให้มีค่าไนไตรท์ไนโตรเจนไม่เกิน 0.001 มิลิกรัมต่อลิตร ของไนโตรเจน

4.3) ไนเตรท(Nitrate)เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารไนไตรทถ้าพบว่าในน้ำมีไนเตรทแสดงว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์เสร็จสิ้นแล้ว ถ้าในน้ำมีสารไนเตรทอยู่เกินกว่า 45 มิลลิกรัมต่อลิตร ของไนโตรเจน น้ำประปานั้นเป็นอันตรายต่อเด็กทารก โดยสารไนเตรทจะทำให้เด็กเกิดอาการตัวเขียวคล้ำและชัก ทำให้เสียชีวิตได้ ซึ่งเรียกว่า Blue Baby ปัญหานี้ทำให้น้ำประปาในโรงพยาบาลซึ่งนำน้ำจากแหล่งที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่และคาดว่ามีปริมาณไนเตรทมาก จำเป็นต้องผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน(Ion Exchange) ซึ่งจะกำจัดไนเตรทออกจากน้ำประปาได้มากก่อนที่จะนำมาใช้ในโรงพยาบาล

5. คลอรีนอิสระ

คลอนรีนอยู่ในรูปทางเคมี คือ $Cl^2$ เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะอยู่ในรูป HOCl(Hypochlorites) ซึ่งการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคต่างๆ สามารถเติมคลอรีนในรูปก๊าซคลอรีน หรือรูปของสารละลาย Sodium hypochlorite(NaOCl) และ Calcium hypochlorite($Ca(Ocl_2)$) ถ้าต้องการประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าเชื้อโรค น้ำควรมี pH เท่ากับ 8.3 ถ้ามากกว่าหรือน้อยกว่าจะทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีนลดลงอย่างมาก หลังจากที่เติมคลอนรีนในน้ำประปา คลอรีนจะทำปฏิกิริยาต่างๆในน้ำประปาจนกระทั้งหมด และเหลือคลอรีนที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาที่เรียกว่า คลอรีนอิสระ เพื่อสามารถฆ่าเชื้อโรคหรือจุลชีพต่างๆที่ปะปนลงในน้ำประปาระหว่างส่งจ่าย โดยทั่วไปกำหนดไว้ว่าคลอรีนอิสระควรมีอยู่ในน้ำประปาที่เปิดจากก๊อกน้ำอย่างต่ำ 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

6. ฟอสเฟต

ฟอสเฟตเข้าสู่แหล่งน้ำดิบได้หลายทาง เช่น ฝนตกทำให้เกิดน้ำไหลนองชะเอาปุ๋ยฟอสเฟตเข้าไปเก็บในแหล่งน้ำผิวดิน เป็นต้น นอกจากนี้ในโรงผลิตน้ำประปาก็มีการใช้สารประกอบฟอสเฟตด้วย เช่น ในการป้องกันมิให้เหล็กตกผลึก ฟอสเฟตในน้ำควรมีไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

## 2.4 คุณสมบัติทางชีวภาพ

คุณสมบัติทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับน้ำประปา ได้แก่เชื้อจุลชีพต่างๆที่อาจปะปนมากับน้ำประปา ซึ่งอาจมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จำเป็นต้องมีการนำน้ำตัวอย่างมาผ่านการทดสอบในการหาเชื้อจุลชีพที่ทำให้เกิดโรค โดยการตรวจหาแบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่มคลอลิฟอร์ม ซึ่งเป็นตัวแทนที่บ่งชี้ว่ามีเชื้อโรคปะปนในน้ำประปาหรือไม่ เนื่องจากโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีแหล่งกำเนิดมาจากลำไส้ของคนและสัตว์ ดังนั้นถ้าพบน้ำตัวอย่างที่มีเชื้อโคลิฟอร์มอาจสรุปว่ามีเชื้อโรค

เชื้อแบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม จะเป็นพวก Enterobacteriacae ซึ่งประกอบด้วย Escherichia(E.Coli) และ(Aerobacter) โดยพวก E.Coli จะมาจากอุจจาระ และพวก Aerobacter อาจจะมาจากอุจจาระและยังสามารถมาจากดินทั่วไป ทำให้การพบเชื้อโคลิฟอร์มนี้ในน้ำประปาก็ไม่ได้หมายความว่าจะมีอุจจาระปนเปื้อนมากับน้ำเพราะอาจมีเศษดินปนเปื้อนอยู่ก็ได้ตามมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวง ได้กำหนดไว้น้ำประปาจะยอมให้ค่า MPN ได้น้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำ 100 มิลลิเมตร

## 2.5 ระบบทำความสะอาดน้ำ

ความจำเป็นของระบบทำความสะอาดน้ำนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำนี้อยู่กับคุณภาพน้ำดิบและคุณภาพน้ำดิบและคุณภาพน้ำประปาที่ต้องการ น้ำดิบจากแหล่งน้ำบางแห่งต้องทำความสะอาดหลายกระบวนการ ตามชนิดสารมลทินในน้ำมัน(ดังตาราง 2.3 ) แต่บางแห่งต้องการเฉพาะฆ่าเชื้อโรค ซึ่งเป็นความต้องการขั้นต่ำที่สุดของการผลิตประปา

การทำความสะอาดน้ำ อาจแบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ

1. การกำจัดสารแขวนลอย ได้แก่ กระบวนการโคแอกกุแลชัน(Coagulation) กระบวนการตกตะกอน(Sedimentation) และกระบวนการกรองน้ำ(Filtration)

2. การกำจัดสารละลาย ได้แก่ กระบวนการตกผลึก(Precipitation) กระบวนการดูดติดผิว (Adsorption) กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน(Ion Exchange) 1กระบวนการผ่านแผ่นแมนแบรน (Membrane Process)

3. การฆ่าเชื้อโรค ได้แก่ กระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน หรือวิธีอื่นๆ

ตารางที่ 2.3 เทคนิคการทำความสะอาดน้ำประปาแบบต่างๆ

| เทคนิค | แบบเดิม | แบบประยุกต์ | ข้อดีของการประยุกต์ |
|---|---|---|---|
| การกวนเร็ว(Rapid mixing) | Hydraulic jump หรือแบบเวียร์ | การใช้หัวฉีดสารเคมี (Injection type) | ขนาดกะทัดรัด การติดตั้งเป็นส่วนหนึ่งของท่อส่งน้ำสร้างความปั่นป่วนให้กับน้ำได้ดีกว่า |
| การสร้างฟล็อก (Flocculation) | ถังกวนช้าแบบใบผัดต่างๆและแบบแผ่นกั้นน้ำ | 1.Tapered flocculation | ใช้พลังงานน้อย เกิดการรวมตัวของคอลลอยด์จนกลายเป็นอนุภาคขนาดใหญ่หรือ ฟล็อกได้ดีกว่า |
| | | 2.Gravel bed flocculator | การควบคุมง่ายเหมาะสมกับระบบที่มีงบประมาณต่ำ ได้ฟล็อกที่แข็งแรง |
| | | 3.Alabama flocculator | การควบคุมดูแลง่ายไม่ต้องการผู้เชียวชาญ |
| การตกตะกอน (Sedime,tentation) | ถังตกตะกอนสี่เหลี่ยม | 1.ถังตกตะกอนวงกลม Solids contact | ขนาดเล็ก |
| | | 2.ถังตกตะกอน Tube settler | มีประสิทธิภาพดีกว่า |

ตารางที่ 2.3 เทคนิคการทำความสะอาดน้ำประปาแบบต่างๆ (ต่อ)

| | | | |
|---|---|---|---|
| การกรอง(Filtration) | แบ่งชั้นสารกรอง และกรองเร็ว | 1.เครื่องกรองแบบสองชั้นกรอง(Dual media filter)<br>2.เครื่องกรองแบบ (Coarse media filter)<br>3.การกรองน้ำด้วยอัตราลดลง(Declining rate filter)<br>4.การกรองโดยตรง | มีประสิทธิภาพดีกว่าอายุการกรองนานกว่า<br>ใช้กับดินที่มีความขุ่นต่ำตลอดปี ไม่ต้องการถังกวนช้า ไม่ต้องตกตะกอน ใช้ปริมาณสารเคมีต่ำ ประหยัดพลังงาน |
| การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) | คลอรีน | 1.ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ (ClO2)<br>2.โอโซน(O3) | ไม่เกิดสารประกอบไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethane formation ; THM) สิ้นเปลืองสารเคมีน้อย กว่าฆ่าเชื้อโรคได้ดีกว่า |

หมายเหตุ: 1= ถังตกตะกอนแบบโซลิดซ์คอนแทคท์(Solids contact) เป็นถังแบบพิเศษที่มีถังกวนเร็วและถังกวนช้ารวมอยู่ในถังตกตะกอนด้วย ถังแบบนี้ใช้ในกระบวนการกำจัดความกระด้างด้วยปูนและโซดาแอช

2 = ถังตกตะกอนแบบท่อ Tube settler ใช้หลักการออกแบบที่การตกตะกอนไม่ขึ้นกับความลึกทำให้สามารถลดขนาดถังตกตะกอนลงได้มาก

ที่มา: วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์, 2545

การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection)

การฆ่าเชื้อโรคในระบบผลิตประปา โดยส่วนมากจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการผลิต คือ กายหลังกระบวนการกรองน้ำก็จะนำมาฆ่าเชื้อโรคที่มีอยู่ในน้ำใส ซึ่งส่วนมากจะใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคน้ำประปา แต่ในต่างประเทศได้เปลี่ยนไปใช้โอโซนในการฆ่าเชื้อ

โดยทั่วไปน้ำที่ผ่านการกรองแล้วยังมี สี กลิ่น รสที่ไม่พึงประสงค์ รวมถึงจุลชีพสารอนินทรีย์ต่างๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการนำน้ำที่ผ่านการกรองมาฆ่าเชื้อ โดยการใช้สารเคมีที่เรียกว่า Disinfectant ซึ่งมีเกณฑ์การเลือกใช้ดังนี้

-สามารถกำจัดจุลชีพที่ก่อให้เกิดโรคได้ภายในเวลาจำกัด

-ไม่ควรทำให้น้ำประปาเปลี่ยนคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี

-ไม่ควรทำให้น้ำประปาเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ก่อให้เกิดสารพิษจนปริโภคไม่ได้

-ควรมี Disinfectants หลงเหลือในน้ำประปาภายในท่อประปาตลอดเวลาเพื่อป้องกันการแพร่เชื้อโรค

-สามารถวัด Disinfectants ได้โดยง่าย

-การเก็บสารเคมี Disinfectants สามารถทำได้โดยง่ายและมีความปลอดภัย

วิธีฆ่าเชื้อโรคมีอยู่หลายวิธีโดยสามารถแบ่งเป็น 3 พวก

-วิธีทางกายภาพ

-วิธีทางกัมมันตรังสี

-วิธีทางเคมี

วิธีฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปามี 7 วิธีดังนี้

1) วิธีต้มน้ำให้อุณหภูมิถึง 100 องศาเซลเซียส การต้มน้ำให้ถึงจุดเดือดเป็นเวลา 15 - 20 นาที เชื้อจุลลินทรีย์จึงจะถูกฆ่าหมด แต่มีข้อเสียของน้ำเปลี่ยนไปและเป็นวิธีที่ไม่ประหยัด

2) วิธีเติมก๊าซโอโซน ก๊าซโอโซน($O_3$) ประกอบด้วยออกซิเจนสามอะตอมและมีหนึ่งอะตอมที่แตกตัวง่าย ทำให้ก๊าซโอโซนเป็นสารที่ไม่เสถียรภาพแต่มีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคสูง ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นและรสชาติ สำหรับข้อเสียคือมีราคาแพงกว่าคลอรีน

3) วิธีเติมด่างให้มีปริมาณมากพอ การเติมด่างเช่น ปูนขาวลงในน้ำประปาทำให้น้ำประปามีค่า pH สูงขึ้น ซึ่งทำให้ค่าเชื้อโรคได้ แต่ไม่เหมาะกับชุมชนทั่วไปเพราะต้องกำจัดปูนขาวส่วนเกินก่อนนำไปใช้

4) วิธีเติมไอโอดีนและโบรมีน สารฆ่าเชื้อโรคดังกล่าวเป็นสารฆ่าเชื้อโรคที่ดีแต่มีข้อเสียคือมีราคาแพง และทำให้น้ำมีกลิ่นรส แต่นิยมใช้ในสระว่ายน้ำ

5) วิธีใช้แสง Ultraviolet(UV) แสง UV นี้มีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคสูง แต่มีราคาสูง ไม่มีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคในท่อประปา และไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคในท่อประปา และไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่มีความขุ่นเกิน 15 หน่วย

6) วิธีใช้ Potassium Permanganate($KMnO_4$) ฆ่าเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคอหิวาตกโรคได้ผลดีมาก แต่ไม่สามารถฆ่าแบคทีเรียอื่นๆได้ วิธีนี้มักฆ่าเชื้อโรคที่อยู่ในน้ำประปาตามชนบท

7) วิธีเติมคลอรีน วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กำจัดเชื้อโรคต่างๆ และมีสารคลอรีนหลงเหลือในท่อประปาจนถึงก๊อกน้ำประปาในบ้าน

การเติมคลอรีนในน้ำประปาสามารถฆ่าเชื้อโรค กำจัดกลิ่นและรสได้ คลอรีนยังกำจัดแอมโมเนีย เหล็ก แมงกานีสได้อีกด้วย

ข้อดีของการใช้คลอรีนในน้ำประปา

1) ราคาถูก
2) มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรค
3) สามารถจัดหาได้ง่าย
4) ไม่มีพิษและอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ใหญ่ เมื่อมีปริมาณไม่มาก
5) คลอรีนสามารถมีหลงเหลือในน้ำประปา

ข้อเสียของการใช้คลอรีนในน้ำประปา

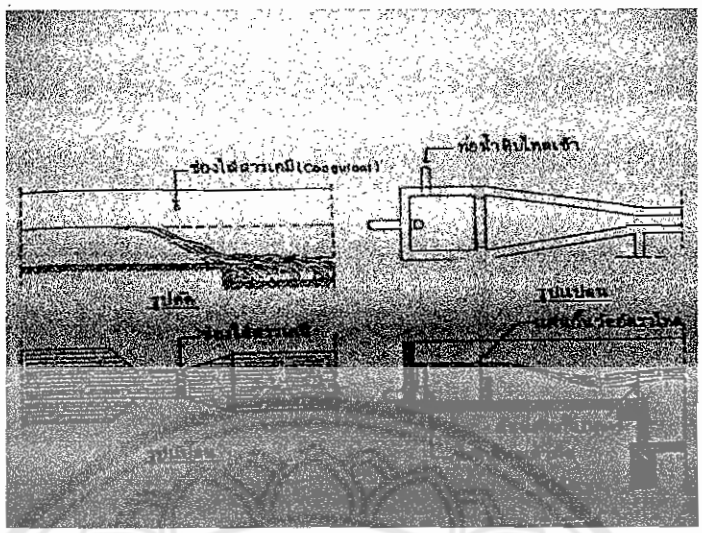
1) จะเกิดสภาพกรด
2) มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น
3) เกิดสารพวก Carcinogenic ซึ่งก่อให้เกิดมะเร็ง
4) ต้องระวังปริมาณที่เติมลงไปในประปาและระบบเติมคลอรีนที่ให้เกิดก๊าซคลอรีน

## 2.6 ระบบผลิตน้ำประปา

2.6.1 ถังกวนเร็ว(Rapid Mixing) มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้อนุเล็กๆ จับตัวเป็นมวลรวมที่ใหญ่ขึ้น โดยการใส่สารเคมีลงไปแล้วกวนอย่างเร็ว ทำให้สารเคมีกระจายเข้ากับน้ำดิบอย่างทั่วถึง เพื่อทำให้สารเคมีไปทำลายเสถียรภาพคอลลอยด์ สารเคมีที่ใช้ในการกวนเร็ว ได้แก่ สารส้ม เฟอรัสซัลเฟต หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนต ซึ่งมีการเติมดังรูปที่ 2.1.2

ก. ไฮโดรริคจั้ม คือปรากฏการณ์ที่มวลน้ำที่ไหลด้วยความเร็วสูงแล้วเปลี่ยนเป็นความเร็วต่ำอย่างกะทันหันทำให้เกิดการปั่นป่วนของน้ำ ทำให้สารเคมีผสมดีขึ้น เป็นวิธีที่เหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้ในประเทศกำลังพัฒนา เพราะวิธีนี้ไม่ต้องใช้เครื่องจักร ทำให้ไม่ต้องเสียค่าดูแลรักษาเครื่องจักร

ข. การกวนโดยใช้เครื่องจักรกล วิธีนี้การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานมีค่าน้อยและไม่มีผลกระทบกระเทือนจากความแปรปรวนของอัตราการไหลของน้ำ



รูปที่ 2.2 ระบบถังกวนเร็วแบบไฮโดรริคจั้มพ์
ที่มา : ดร. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2539

ในการคำนวณออกแบบถังกวนเร็ว ถ้าใช้เครื่องกวนสามารถคำนวณหากำลังงานที่ต้องการใช้ได้ด้วยสมการ 1.1 สำหรับเกณฑ์การออกแบบจะได้แสดงในตารางที่ 2.6.1

$$P = \mu V G^2 \qquad (1.1)$$

P = กำลังงานที่ต้องใช้

$\mu$ = ค่า Dynamic viscosity ของของเหลวใดๆที่ถูกกวน นิวตัน. / วินาที/$ม^2$

V = ปริมาตรของเหลวในถังผสม , ลบ.ม.

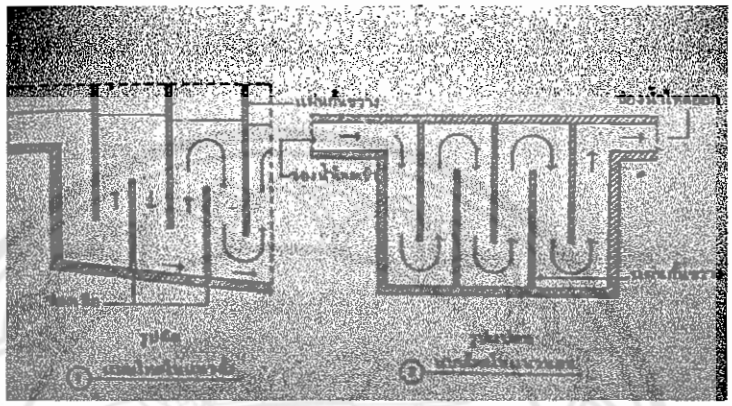
G = ค่าความลาดชันความเร็ว Velocity gradient, ต่อวินาที

**ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ออกแบบถังผสมเร็ว**

| เกณฑ์ออกแบบ | ค่าออกแบบ |
|---|---|
| ค่า G (สมการ1.1 ), ต่อวินาที | 300-1500 |
| เวลาเก็บกักของน้ำในถังกวนเร็ว (t), วินาที | 20-60 |
| ค่า Gt , ไม่มีหน่วย | 30,000-60,000 |
| กำลังงานที่ต้องใช้,วัตต์/ลบ.ม.ของถังกวนเร็ว | 4-8 |

**2.6.2 ถังกวนช้า(Flocculation Tank)**

**คือ การกวนน้ำที่ผ่านการใส่สารสร้างตะกอนและผ่านขั้นตอนการกวนเร็วแล้ว การกวนอย่างช้าทำให้ตะกอนเล็กๆ ในน้ำเกิดการรวมตัวให้ใหญ่และมีน้ำหนักมากขึ้นจนสามารถตกตะกอนได้ดี ดังรูปที่ 2.1.3**



รูปที่ 2.3 ระบบถังกวนช้าแบบต่างๆ
ที่มา : ดร. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2539

เมื่อสารเคมีกับน้ำผสมกันดีแล้วในถังกวนเร็ว ขั้นต่อมาน้ำที่ไหลออกจากถังกวนเร็วจะไหลเข้าสู่ถังกวนช้า เพื่อที่จะทำให้สารละลายเคมีมีโอกาสเกาะติด หรือจับตะกอนแขวนลอยต่างๆในน้ำดิบ ซึ่งมีผลทำให้ตะกอนต่างๆ มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักของตะกอนเหล่านี้เพิ่มขึ้นตะกอนเหล่านี้จึงเรียกว่าฟล็อก(Floc) การเกิดฟล็อกจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆดังนี้

1. ปราณของสารตะกอน
2. ขนาดของสารตะกอน
3. อัตราเร็วของการรวมตัวกันระหว่างประจุบวกกับประจุลบ
4. ความสามารถในการเกาะจับตัวกันระหว่างสารเคมีกับตะกอน
5. ระดับการกวน เช่น ดูค่าของ Gt หรือ G
6. อุณหภูมิของน้ำที่ถูกกวน
7. ความหนาแน่นของน้ำที่ถูกกวน
8. พื้นที่ผิวของแผ่นกวน
9. คุณลักษณะของน้ำที่ถูกกวน
10. ปริมาณสารเคมีที่ใส่ลงในถังผสมเร็ว

จากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ระบบการผสมช้ามีปัจจัยต้องคำนึงถึงมากมาย ซึ่งมีมากกว่าของระบบการผสมเร็ว ดังนั้นการทดลองเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับช่วยในการวิเคราะห์ระบบผสมช้า ถังกวนช้ามีอยู่ด้วยกันหลายแบบแต่สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ 2 ประเภท คือ ถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน และถังผสมช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน ต่อไปนี้จะได้แสดงระบบถังผสมช้าแบบต่างๆ

**ถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน**

สมการ 1.2 เป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณออกแบบถังกวนช้า แบบใช้แผ่นกวน ซึ่งอาจทำด้วยแผ่นไม้ พลาสติก ฯลฯ

$$P = \frac{1}{2} C_D A \rho V^3 \qquad (1.2)$$

ในเมื่อ P = กำลังที่ต้องการใช้, วัตต์

$C_D$ = ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่วง(สำหรับแผ่นกวนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเท่ากับ 1.8 )

A = พื้นที่แผ่นของของเหลว, กก. /ม$^3$

$\rho$ = ความหนาแน่นของของเหลว, กก. /ม$^3$

V = ความเร็วสัมพันธ์ของแผ่นกวน ในของเหลว ,ม. /วินาที [0.7-0.8 เท่าของความเร็วหมุนของแผ่นกวน ($V_p$)]

และใช้สมการ 1.2 ด้วย เพื่อคำนวณหาค่า G เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมโดยตารางที่เหมาะสมโดยตารางที่ 2.6.2.1 ได้แสดงเกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกวน

| เกณฑ์การออกแบบ | ค่าออกแบบ |
|---|---|
| ค่า G , ต่อวินาที | 20-75 |
| เวลาเก็บกักของน้ำในถังผสม (t) ,นาที | 15-30 |
| ค่า Gt , ไม่มีหน่วย | $10^4$-$10^5$ |
| ความเร็วหมุนของแผ่นกวน ($V_p$) ,ม.ต่อวินาที | 0.6-0.9 |

ที่มา: มั่นสิน ตันทุลเวศม์ , 2542

ถังผสมช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางสลับกัน

สมการ (1.3) เป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่า G โดยถ้ามีการผสมมากๆจะมีค่า G ประมาณ 100 ต่อนาที และถ้ามีการผสมน้อยมากจะมีค่า G ประมาณ 20 ต่อนาที โดยตารางที่ 2.6.3 ได้แสดงเกณฑ์การออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน

$$G = \frac{(\rho g h_L)^{0.5}}{\mu t} \quad (1.3)$$

ในเมื่อ G = ค่า Velocity gradient, ต่อวินาที

$\rho$ = ความหนาแน่นของของเหลว, กก. /ลบ.ม.

$h_L$ = ค่าสูญเสียความดันของถังผสมช้า, ม.

~ (ความเร็วของน้ำไหล, ม. /วินาที)$^{2/6}$

g = 9.81 ม. /วินาที$^2$

$\mu$ = ค่า Dynamic Viscosity ของของเหลวใดๆ ที่ถูกผสม, นิวตัน.วินาที/ม$^2$

t = เวลาเก็บกัก, วินาที

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์ออกแบบถังกวนช้าแบบใช้แผ่นกั้นขวางวางสลับกัน

| เกณฑ์ออกแบบ | ค่าออกแบบ |
|---|---|
| ค่า G , ต่อวินาที | 20-50 |
| เวลาเก็บกักของน้ำในถังผสม (t), นาที | 20-50 |
| ความเร็วของน้ำไหลภายในถังกวนช้า, ม.ต่อวินาที | 0.15-0.45 |
| ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นขวาง, ซม. | มากกว่า 45 |
| ความลึกของถังแบบไหลเลี้ยวคดไปมา, ม. | มากกว่า 0.90 |
| ความลึกของถังแบบไหลขึ้นลงไปมา, ม. | น้อยกว่า 0.90 |
| ค่าสูญเสียความดันของถัง ($h_L$) , ม. | 0.004-0.035 |

ที่มา: มั่นสิน ตันฑุลเวศม์ , 2542

2.6.3 ถังตกตะกอน(Sedimentation Tank)

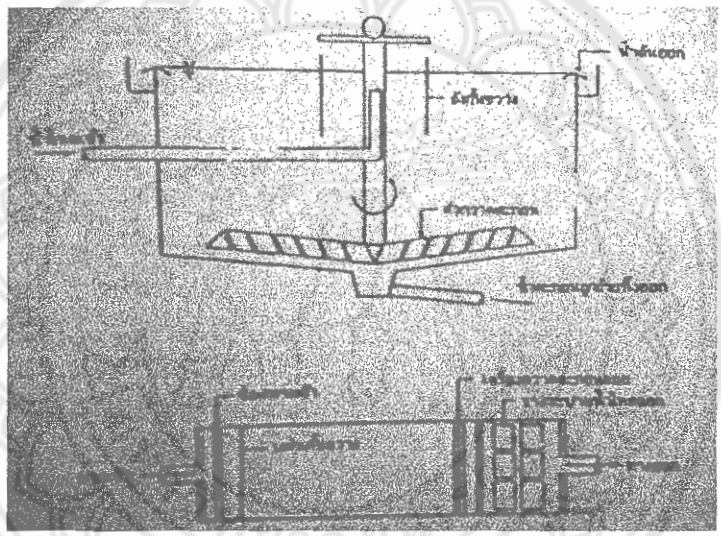
การตกตะกอนในระบบผลิตน้ำประปาเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมากกระบวนการหนึ่ง ทำหน้าที่แยกตะกอนออกจากน้ำดิบ ทำให้น้ำใส สำหรับตะกอนที่อยู่ก้นถังจะถูกสูบออกหรือปล่อยออกด้วยเครื่องสูบตะกอน

ถังตะกอนแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ โดยแบ่งตามลักษณะทิศทางการไหลของน้ำโดยแสดงดังรูปที่ 2.1.4

ก. ประเภทที่ 1 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวนอน(Horizontal flow) โดยมากจะเป็นถังตะกอนรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้า

ข. ประเภทที่ 2 ถังตกตะกอนแบบไหลในแนวดิ่ง(Vertical flow) โดยมากจะเป็นถังตะกอนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและทรงกลม

ค. ประเภทที่ 3 ถังตกตะกอนแบบไหลไปตามแผ่นหรือท่อเอียง(Plate-type หรือTube type) เป็นถังที่มีแผ่นหรือท่อวางเอียงอยู่ในน้ำ



รูปที่ 2.4 ประเภทถังตกตะกอน

ที่มา : ดร. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2539

ในหัวข้อนี้จะแสดงค่าเกณฑ์ออกแบบของถังตกตะกอนประเภทต่างๆและจะได้แสดงการคำนวณออกแบบขนาดรูปร่างของถังตะกอน ตารางที่ 2.6.3.1 ถึง 2.6.3.3 ได้แสดงเกณฑ์การออกแบบถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปทรงกลมและถังตกตะกอนแบบท่อหรือแผ่นเอียง ตามลำดับ สำหรับถังตกตะกอนที่มีระบบ Coagulation-Flocculation ซึ่งนิยมเรียกว่า Reactor-Clarifier โดยจะทำหน้าที่ทั้งเกิดปฏิกิริยาเคมีและการตกตะกอน ถังแบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายทั้งระบบประปาขนาดเล็กขนาดใหญ่ แต่โดยมากมักจะมีการออกแบบถังและ

เทคนิคการควบคุมดูแลระบบถังให้เป็นไปตามที่ได้ขอสงวนลิขสิทธิ์ไว้แล้ว อย่างไรก็ตามจะได้แสดงเกณฑ์ออกแบบถัง Reactor-Clarifier

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

| เกณฑ์ออกแบบ | ค่าออกแบบ |
|---|---|
| ความกว้างของถัง, ม. | 1.50-7.50 |
| ความกว้าง : ความยาว , ม./ม. | 3-5:1 |
| ความยาวของถัง (ทั่วไป), ม. | 30.00 |
| ความยาวของถัง (ยาวที่สุด), ม. | 75.00 |
| ความลึกของน้ำในถัง(ตื้นที่สุด), ม. | 2.50 |
| ความลึกของน้ำในถัง, ม. | 3.00-5.50 |
| ความเร็วของน้ำไหลในแนวนอน (มากที่สุด), ม./นาที | 0.15 |
| ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นน้ำกับผิวก้นแพงถังทางเข้า,เท่าของความยาวถัง | 0.05-0.10 |
| อัตราการไหล/พื้นที่แนวดิ่ง, ม./นาที | 0.01 |
| ความลาดของพื้นก้นถัง, ม./ม. | < 0.91 |
| อัตราน้ำล้นฝาย, ลบ.ม./(ม.วัน) | |
| - มีปริมาณตะกอนสารส้มน้อย (น้ำดิบมีความขุ่นน้อย) | 143-179 |
| - มีปริมาณตะกอนสารส้มมาก (น้ำดิบมีความขุ่นมาก) | 180-268 |
| - มีปริมาณปูนขาวมาก (กำจัดความกระด้าง) | 269-322 |
| อัตราน้ำล้นของถัง, ลบ.ม. ($ม.^2$.วัน) | |
| - มีตะกอนฟล็อกจากสารส้มหรือเหล็ก | 14-22 |
| - มีตะกอนฟล็อกจากปูนขาว | 23-82 |
| เวลาเก็บกักของถัง , ชม. | |
| - มีตะกอนฟล็อกจากสารส้มหรือเหล็ก | 2-4 |
| - มีตะกอนฟล็อกจากปูนขาว | 1-2 |

ที่มา: มั่นสิน ตันฑุลเวศม์ , 2542

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์ออกแบบถังตะกอนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปทรงกลม

| เกณฑ์ออกแบบ | ค่าออกแบบ |
|---|---|
| ขนาดกว้างหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง, ม. | <45 |
| ความลาดของพื้นก้นถังแบบใช้เครื่องกวาดตะกอน, ม./ม. | 0.60-0.61 |
| ความลาดของพื้นก้นถังแบบไม่ใช้เครื่องกวาดตะกอน, องศา | 45-65 |
| อัตราน้ำล้นของถังขนาดไม่เกิน 0.35 ลบ.ม. ต่อนาที,$ม^3/(ม.^2$ วัน) | 12-24 |
| อัตราน้ำล้นของถังขนาดเกิน 0.35 ลบ.ม. ต่อนาที,$ม^3/(ม.^2$ วัน) | 30-45 |
| ความลึกของน้ำในถัง, ม. | 3-5 |
| เวลาตกตะกอน, ชม. | 1-3 |
| อัตราน้ำล้นฝาย, ลบ.ม./(ม.วัน) | 170 |
| รางน้ำล้นห่างจากขอบถัง,เท่าของขนาดรัศมีถัง | 0.15-0.20 |

ที่มา : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545

ตารางที่ 2.9 เกณฑ์ออกแบบถังตกตะกอนแบบท่อหรือแผ่นเอียง

| เกณฑ์ออกแบบ | ค่าออกแบบ |
|---|---|
| ความลาดของท่อหรือแผ่นเอียง, องศา | 5-60 |
| ขนาดท่อเอียง, ซม. | 5 |
| ระยะห่างระหว่างท่อเอียงกับทางน้ำเข้า, เท่าของความยาวของถัง | 0.3-0.5 |
| พื้นที่ของท่อเอียงคลุมพื้นที่ถัง, เท่าของพื้นที่ถัง | 0.5-0.75 |
| ระยะจุ่มน้ำของปลายบนท่อเอียง, ม. | 0.60-1.20 |
| อัตราน้ำล้นของถัง, ลบ./($ม.^2$ วัน) | |
| - ถังสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือถังทรงกลม | 117-147 |
| - ถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า | 117-176 |

ที่มา : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545

ตารางที่ 2.10 เกณฑ์ออกแบบถังแบบ Reactor-Clarifier

| เกณฑ์ออกแบบ | ค่าออกแบบ |
|---|---|
| เวลาเกิดฟล็อก, นาที | 20 |
| เวลาตกตะกอน, ชม. | 1-2 |
| อัตราน้ำล้นของถัง, ม.$^3$ /(ม.$^2$ วัน) | 50-75 |
| อัตราน้ำล้นฝาย,ม.$^3$ /(ม. วัน) | 175-350 |
| ความเร็วที่ไหลขึ้น, มม./ นาที | >50 |

ที่มา : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545

2.6.4 ถังกรอง(Filter Tank)

การกรองเป็นกระบวนการผลิตน้ำประปาที่สำคัญมาก เพราะทำหน้าที่กรองหรือแยกตะกอนออกจากน้ำที่ผ่านถังตะกอน ซึ่งน้ำที่ได้นั้นจะมีความใสปราศจากตะกอนแขวนลอย โดยทั่วไประบบกรองน้ำจะใช้ทราย ระบบกรองน้ำมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ โดยแบ่งตามอัตราการกรองน้ำ คือ

ระบบถังกรองช้า(Slow Sand Filter)

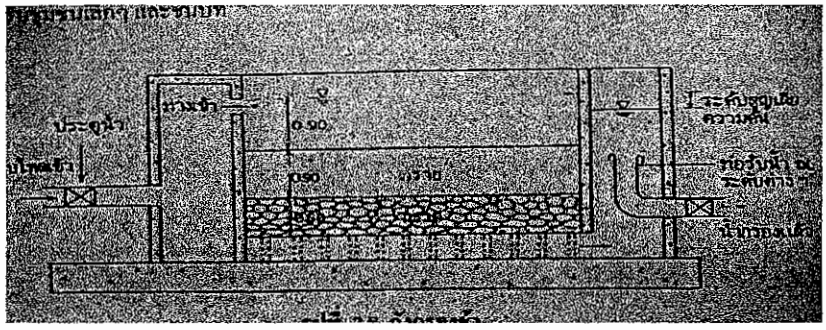
ในกรณีที่น้ำดิบมีความขุ่นต่ำ การกำจัดความขุ่นไม่จำเป็นต้องใช้สารสร้างตะกอนและไม่ใช้ถังตกตะกอน เนื่องจากอัตราการกรองต่ำจึงจำเป็นต้องใช้เนื้อที่มากในการกรอง วิธีนี้ได้ผลดีและไม่ต้องใช้ผู้ดูแลที่ชำนาญมาก เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับชุมชนเล็กๆ และชนบท

ตารางที่ 2.11 เกณฑ์การออกแบบเครื่องกรองช้า (Slow Sand Filter)

| เกณฑ์ออกแบบ | ค่าออกแบบ |
|---|---|
| ความหนาของชั้นกรอง : | |
| ชั้นทราย, ม. (ชั้นบน) | 0.6 – 1.2 |
| ชั้นกรวด, ม. (ชั้นล่าง) | 0.30 |
| ระดับน้ำเหนือชั้นทราย, ม. 0.9 – 1.6 อัตรากรองน้ำ, ม.$^3$ / (ม.$^2$ ชม) | 0.13 – 0.60 |
| ค่าสูญเสียความดันที่ควรหยุดทำงานเพื่อการล้างชั้นกรอง, ม. | 1.0 |
| ระยะเวลาที่เครื่องกรองทำงานก่อนที่จะหยุดทำงาน, วัน | 2 – 180 |
| การล้างชั้นกรองกระทำด้วยการตักผิวชั้นทรายออกหนา, ม. | 5 - 10 |

ที่มา : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545

TD
ป 491
ส733ก
2549
15 ก.พ. 2550
5040484
สำนักหอสมุด




รูปที่ 2.5 ถังกรองช้า
ที่มา : ดร. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2539

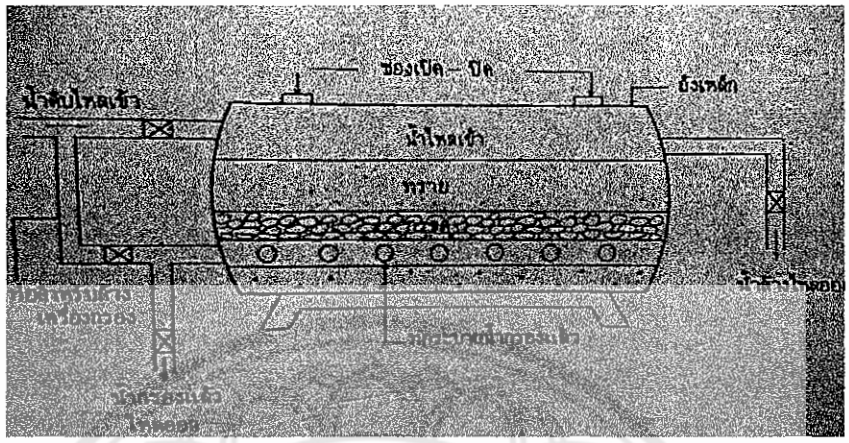
ถังกรองเร็ว(Rapid Sand Filter)

ถังกรองน้ำแบบนี้ส่วนมากเป็นถังสี่เหลี่ยม โครงสร้างมักเป็นฝาเปิด สามารถกรองน้ำได้ในอัตราสูง จึงเหมาะสำหรับระบบผลิตน้ำประปาขนาดใหญ่ แต่ต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้ความชำนาญเป็นอย่างดี

ตารางที่ 2.12 เกณฑ์การออกแบบเครื่องกรองเร็ว (Rapid Sand Filter)

| เกณฑ์ออกแบบ | ค่าออกแบบ |
|---|---|
| ความหนาของชั้นกรอง : | |
| ชั้นทราย, ม. (ชั้นบน) | 0.4 – 0.7 |
| ชั้นกรวด, ม. (ชั้นล่าง) | 0.3 – 0.6 |
| ระดับน้ำเหนือชั้นทราย, ม. | 0.9 – 1.50 |
| อัตรากรองน้ำ, ม.$^3$ / (ม.$^2$ ชม) | 4 -6 |
| ค่าสูญเสียความดันที่ควรหยุดทำงานเพื่อการล้างชั้นกรอง, ม. | 2.50 |
| ระยะเวลาที่เครื่องกรองทำงานก่อนที่จะหยุดทำงาน, ชม. | 6 – 24 |
| ระยะเวลาในการกรองล้างชั้นกรอง, นาที | 5 – 10 |
| อัตราล้างชั้นกรอง, ม.$^3$ / (ม.$^2$ วัน) | 800 – 900 |
| พื้นที่ผิวของเครื่องกรองแต่ละชุดมากที่สุด, ม.$^2$ | 100 |

ที่มา : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545




รูปที่ 2.6 ถังกรองเร็ว

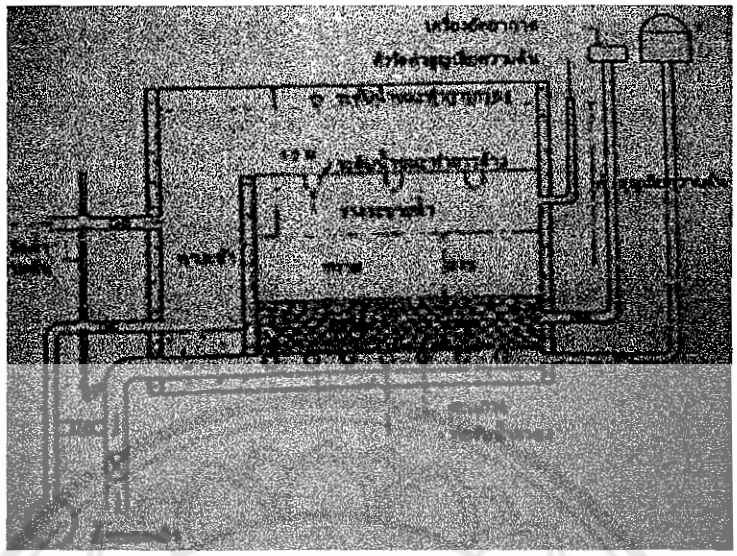
ที่มา : ดร. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2539

ค. ถังกรองภายใต้ความดัน(Pressure Filter) มีหลักการคล้ายถังกรองเร็วเพียงต่อระบบท่อรับน้ำที่กรองแล้ว จะออกแบบแรงดันน้ำได้ 150 ปอนด์/ตร.นิ้ว ตัวถังมักทำด้วยโลหะที่ปิดสนิท ใช้เมื่อน้ำมีความกระด้างสูงกว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 2.13 เกณฑ์ออกแบบเครื่องกรองใช้ความดัน (Pressure Filter)

| เกณฑ์ออกแบบ | ค่าออกแบบ |
|---|---|
| ความหนาของชั้นกรอง : | |
| ชั้นทราย, ม. (ชั้นบน) | 0.45 – 0.60 |
| ชั้นกรวด, ม. (ชั้นล่าง) | 0.40 – 0.60 |
| อัตรากรองน้ำ, ม.$^3$ / (ม.$^2$ ชม) | 5 – 25 |
| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังทรงกระบอกตั้งขึ้น, ม. | 0.4 – 2.5 |
| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของถังทรงกระบอกตั้งในแนวนอน,ม. | 2 – 2.5 |
| ความยาวของถัง, ม. | 2.5 – 7.5 |
| ขนาดความดันที่ใช้กับระบบ, ม. ของน้ำ | 30 – 70 |
| ระยะเวลาที่เครื่องกรองทำงานก่อนที่จะหยุดทำงาน, ชม. | ต่ำกว่า 8 |

ที่มา : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545



รูปที่ 2.7 ถังกรองภายใต้ความดัน
ที่มา : ดร. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2539

โดยทั่วไปค่า head loss ในชั้นกรองที่สะอาดจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.4 -0.8 เมตร และถ้าค่า head loss สูงขึ้นถึง 2.4 – 3.0 เมตร สำหรับชั้นกรองที่สกปรก (มีตะกอนมากมายสะสมอยู่ในชั้นกรอง) ควรทำการล้างสารกรองในชั้นกรอง เพื่อค่า head loss ลดลง ภาพที่ 2.1.8 ได้แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า head loss ในชั้นกรองสะอาด(เพิ่งถูกล้างมา) และชั้นกรองสกปรก(ได้ถูกใช้งานมามาก) และได้แสดงจำนวนตะกอนที่สะสมอยู่ในชั้นกรอง ณ ระดับลึกต่างๆ และภาพที่ 2.1.9 ได้แสดงความดันใต้น้ำในชั้นกรองขณะที่ทำการกรองน้ำ

ค่า head loss ในชั้นกรอง เมื่อน้ำไหลผ่านชั้นกรองจะขึ้นอยู่กับค่าต่างๆดังแสดงในสมการ

$$h = F(\alpha, d, v, \mu, \phi, g, L, S, f)$$

ในเมื่อ

| | | |
|---|---|---|
| h | = | head loss ในชั้นกรอง,ม. |
| $\alpha$ | = | ค่าความพรุนในชั้นกรอง (porosity) |
| d | = | ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสารกรองในชั้นกรอง, ม. |
| v | = | ความเร็วในการกรองน้ำ, ม. / วินาที |
| $\mu$ | = | Dynamic viscosity, นิวตัน.วินาที / ตร.ม. |
| $\phi$ | = | ความหนาแน่นของน้ำ, กก. /ลบ.ม. |
| g | = | อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, ม./ วินาที$^2$ |
| L | = | ความลึกของชั้นกรอง, ม. |

S = Shape factor

f = Friction factor

การคำนวณหาค่า head loss ในชั้นกรองสะอาด สามารถคำนวณหาได้จากสมการข้างล่าง ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้พยายามศึกษาการหาค่า head loss ในชั้นกรองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับทางปฏิบัติจริงที่สุด

สมการ Carmen – Kozeny แสดงไว้ในสมการข้างล่างนี้

$$h = \frac{fLv^2}{Sdg}\left(\frac{1-\alpha}{\alpha^3}\right) \qquad (1.1)$$

โดยที่

$$f = \frac{150(1-\alpha)}{N_R} + 1.75 \qquad (1.2)$$

โดยที่

$$N_R = \frac{dv\phi}{\mu} \qquad (1.3)$$

S = 1.0

สมการ Fair-Hatch แสดงไว้ในสมการ (1.4)

$$h = KVS^2\frac{(1-\alpha)^2}{\alpha^3}\frac{Lv}{gd^2}$$

ในเมื่อ K = ค่าคงที่ของการกรองน้ำ (ประมาณ 5-6 )

V = Kinematic viscosity, ตร.ม. /วินาที

S = Shape factor (ประมาณ 6-7.7 )

สมการ Rose แสดงไว้ในสมการ (1.4) และ (1.5)

$$h = \frac{1.067C_d}{S\alpha^4}\frac{Lv^2}{gd} \qquad (1.4)$$

ในเมื่อ $C_d$ = ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่วง

$$= \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34 \qquad (1.5)$$

S = 1.0

สมการHazen แสดงไว้ในสมการ (1.6)

$$h = \frac{60Lv}{C(T+10)d_{10}^{\ 2}} \qquad (1.6)$$

ในเมื่อ C = ค่าสัมประสิทธิ์ของการอัดแน่น (ประมาณ 600-700)

$d_{10}$ = Effective size ของเส้นผ่าศูนย์กลางของสารกรองในชั้นกรอง, ม.

T = อุณหภูมิของน้ำในชั้นกรอง, °ฟ

สำหรับชั้นกรองสกปรก คือมีตะกอนสะสมอยู่ในชั้นกรอง ทำให้ช่องว่างในชั้นกรองมีน้อยลง ทำให้มีค่า head loss เพิ่มขึ้น Ives ได้แสดงค่า head loss สำหรับสภาวะข้างบน โดยใช้สมการ (1.7)

$$\frac{dH}{dL} = \left(\frac{dH}{dL}\right)_0\left[1+\frac{(2b+1)q}{\alpha}+(b+1)^2\left(\frac{q}{\alpha}\right)^2\right] \qquad (1.7)$$

ในเมื่อ $\left(\frac{dH}{dL}\right)_0$ = ค่า head loss สำหรับชั้นกรองสะอาด

b = Packing constant = $\frac{\alpha}{(1-\alpha)}$

q = ปริมาตรตะกอนที่สะสมอยู่ในชั้นกรองต่อปริมาตรของชั้นกรอง

S = 1.0

h = $\frac{fLv^2}{Sdg}\left(\frac{1-\alpha}{\alpha^3}\right)$

## 2.7 ระบบขนส่งและจ่ายน้ำ

ระบบขนส่งน้ำมีหน้าที่นำน้ำดิบส่งไปยังผลิตประปา และนำน้ำประปาจ่ายไปยังผู้รับบริการน้ำ ท่อส่งน้ำดิบอาจเป็นแบบรางเปิด (Open channel) ซึ่งน้ำไหลเองตามธรรมชาติ หรือแบบท่อปิดภายใต้แรงดัน (Pressure pipe) น้ำไหลด้วยเครื่องสูบน้ำ

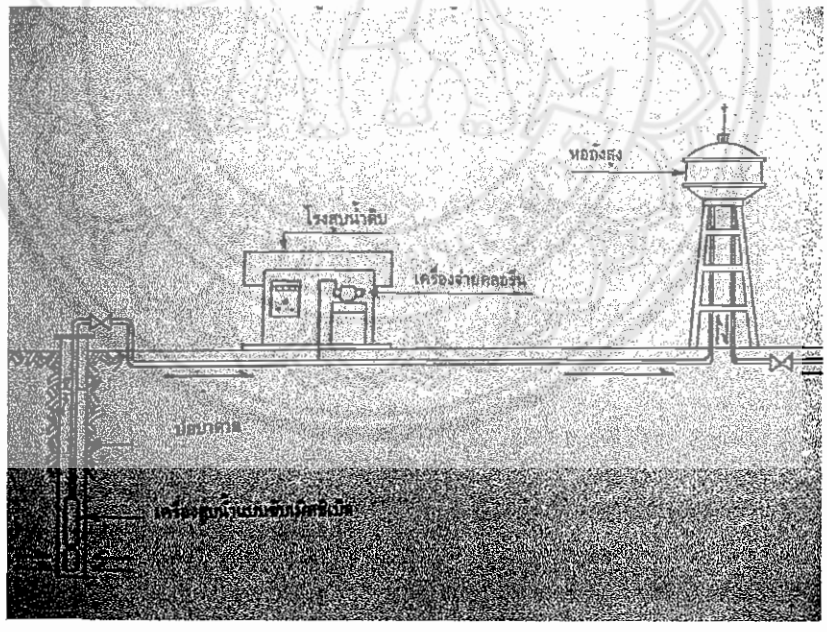
การจ่ายน้ำประปาไปยังชุมชนมีระบบท่ออีกชุดหนึ่ง ควรมีแรงดันน้ำไม่ต่ำกว่า 40 และ 60 – 75 ปอนด์ต่อตารางนิ้วสำหรับบริเวณที่พักอาศัยและย่านพาณิชย์ ตามลำดับ ขนาดของระบบท่อจ่ายน้ำขึ้นอยู่กับความต้องการใช้น้ำในการทำกิจการต่างๆ และสำรองไว้เพื่อดับเพลิง ท่อควรมีขนาดใหญ่พอเพียงที่ให้น้ำได้แม้ในขณะที่มีความต้องการน้ำพร้อมๆกัน

## 2.8 ชนิดของระบบประปา

การประปาแต่ละแห่งใช้แหล่งน้ำที่มีลักษณะสมบัติแตกต่างกัน กระบวนการผลิตจึงขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำดิบ สามารถแบ่งประเภทการผลิต เรียงลำดับจากระบบง่ายไปอยากดั้งนี้

### 2.8.1 ระบบประปาบาดาลแบบสูบจ่ายตรง

ถ้าสามารถหาแหล่งน้ำบาดาลซึ่งมีปริมาณน้ำมากกว่า 20 และ 40 ยูเอส.แกลอนต่อนาที สำหรับประปาขนาดกลางและขนาดใหญ่ ตามลำดับ และมีคุณภาพของน้ำได้ตามมาตรฐานน้ำดื่มที่กำหนดไว้การเลือกใช้บ่อบาดาลแห่งนี้เป็นแหล่งน้ำประปาจัดว่าสมควรที่สุด เพราะไม่ต้องใช้กรรมวิธีกำจัดมลทินใดๆ อาจใช้เครื่องสูบน้ำเทอร์ไบเพียงเครื่องเดียวสูบโดยตรงจากบ่อบาดาลไปสู่ถังเก็บเพื่อจ่ายน้ำบริการต่อไป แต่ถึงแม้มีน้ำบาดาลทั่วไปจะปราศจากเชื้อโรคก็ยังแนะนำให้ใช้คลอรีนร่วมด้วย โดยใช้เครื่องฉีดน้ำยาคลอรีนเข้าสู่เส้นท่อก่อนขึ้นถังเก็บน้ำ เพื่อให้คลอรีนมีปฏิกิริยา (Contact time) กับสิ่งปนเปื้อนที่มีในน้ำและคลอรีนยังฆ่าเชื้อโรคที่อาจมีตกค้างในท่อประปา(รูปที่ 2.1.8)

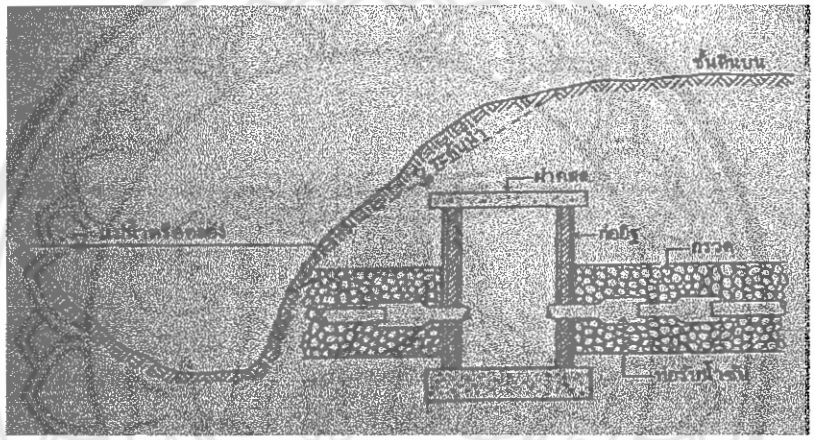



**รูปที่ 2.8 ระบบประปาแบบจ่ายตรง**
**ที่มา : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545**

2.8.2 ระบบประปาน้ำซับ

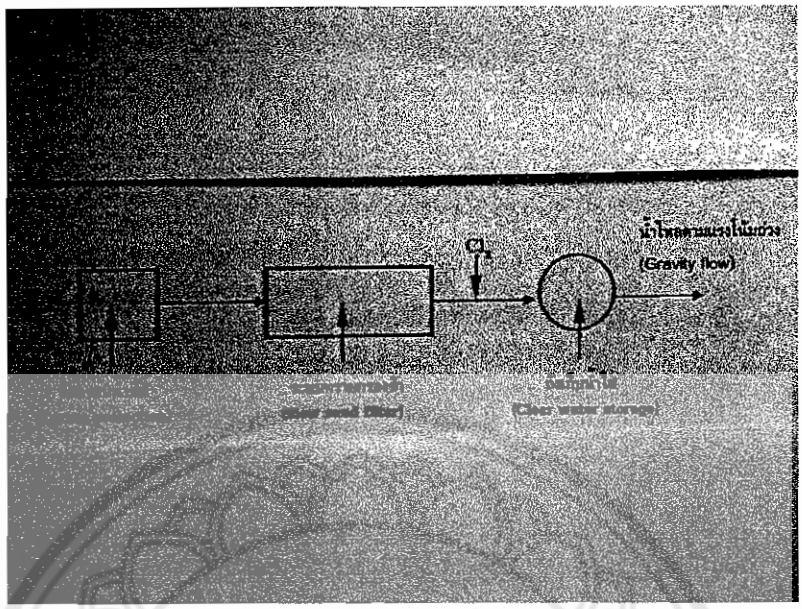
น้ำซับส่วนใหญ่จะใสและมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำบาดาล แต่เมื่อน้ำซึมออกมาสัมผัสกับพื้นดินอาจมีสิ่งสกปรกปนเปื้อน ดังนั้นแม้ว่าคุณภาพน้ำจะได้ตามมาตรฐาน ก็ยังควรสร้างระบบทรายกรองเอาไว้เพื่อรับประกันความปลอดภัย รวมทั้งการสร้างถังครอบเพื่อป้องกันแหล่งน้ำซับจากสิ่งสกปรกทั้งหลาย (รูปที่ 2.1.9 และ 2.1.10)

การสร้างประปาจากน้ำซับต้องพึงระวังปริมาณน้ำ การเปลี่ยนทิศการซึมของน้ำ การตัดต้นไม้ทำลายป่าบริเวณใกล้เคียงอาจมีผลกระทบได้




รูปที่ 2.9 ลักษณะทางน้ำซับ

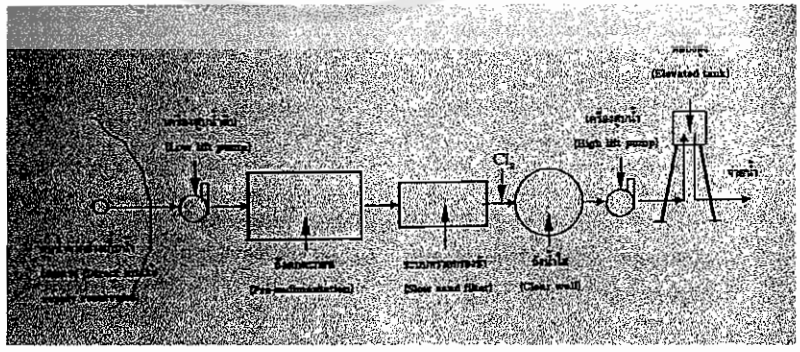
ที่มา : ดร. เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2539




รูปที่ 2.10 ระบบประปาน้ำซับ
ที่มา : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545

2.8.3 ระบบประปาอ่างเก็บน้ำ

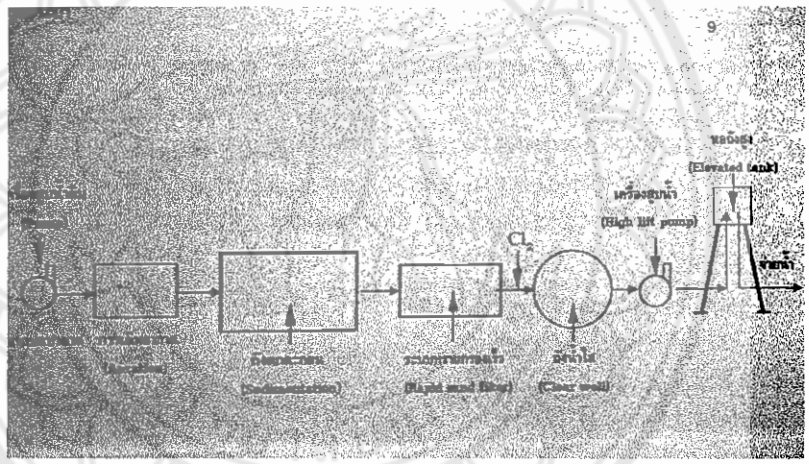
อ่างเก็บน้ำหรือทะเลสาบถ้าอยู่ห่างจากที่อยู่อาศัยจะมีน้ำใสและสะอาดพอ ความขุ่นไม่เกิน 50 NTU ในกรณีนี้อาจใช้ระบบทรายกรองช้า ซึ่งไม่ต้องอาศัยสารส้มช่วยตกตะกอน ก่อนการประปา บางแห่ง เช่นที่อำเภอกระบวน จังหวัดขอนแก่น จะมีสารตกตะกอน(Presedimentation pond) เพื่อทำให้น้ำใสก่อนระบบทรายกรอง เพราะในฤดูฝน น้ำอาจมีความขุ่นเพิ่มขึ้นและไม่เหมาะสมที่จะผ่านเข้าสู่ถังกรองโดยตรง เนื่องจากจะทำให้ทรายกรองอุดตันเร็ว (รูปที่ 2.1.11)



**รูปที่ 2.11 ระบบประปาอ่างเก็บน้ำ**
**ที่มา : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545**

2.8.4 ระบบประปาบาดาลแบบเติมอากาศ

บ่อบาดาลบางแห่งจะมีน้ำบาดาลที่อยู่ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน(Anaerobic) ทำให้มี เหล็ก แมงกานีส คาร์บอนไดออกไซด์ หรือไฮโดรเจนซัลไฟด์ ละลายปนอยู่ในน้ำการกำจัดมลทินเหล่านี้ ต้องเติมอากาศ(Aeration) ก๊าซที่ละลายในน้ำดิบจะระเหยออกไป ส่วนเหล็กและแมกกานีสจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นออกไซด์และตกตะกอนได้การประปาบางแห่ง จะมีถุงกรองตะกอนแต่บางแห่งก็ผ่านน้ำ ที่เติมอากาศแล้วเข้าสู่ถังกรองโดยตรง(รูปที่ 2.1.12) อนึ่งระบบเติมอากาศอาจก่อสร้างหรือไม่นั้น ควรศึกษาข้อมูลทางธรณีวิทยาในพื้นที่โดยรอบบ่อบาดาลนั้นก่อนว่ามีสินแร่มากน้อยเพียงใด เนื่องจากประปาบางแห่งหลังจากสูบน้ำบาดาลที่มีสารละลายเหล็กสูงไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง อาจจะสองหรือสามปี แล้วพบว่าปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในน้ำดิบลดลงไปอาจจนถึงขั้นไม่ต้องใช้กรรมวิธีใดๆกำจัด



รูปที่ 2.12 ระบบประปาแบบเติมอากาศ
ที่มา : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545

2.8.5 ระบบประปาน้ำผิวดินหรือระบบทรายกรองเร็ว

ระบบประปาชุมชนขนาดใหญ่ส่วนมากจะอาศัยจากแหล่งแม่น้ำ เนื่องจากมีปริมาณมากพอ น้ำผิวดินประเภทนี้มีความขุ่นสูง ดังนั้นกระบวนการผลิตจึงต้องเติมสาร โคแอกกุแลนทำให้ตกตะกอนเร็วขึ้น เช่น สารส้ม กระบวนการตั้งแต่การผสมสารส้ม เกิดตะกอน ตกตะกอน จนกระทั่งกรอง มักนิยมเรียกว่า ระบบทรายกรองเร็ว(Rapid sand filter)

2.8.6 ระบบประปาแก้น้ำกระด้าง

น้ำที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีหม้อต้มน้ำและมีความจำเป็นต้องกำจัดความกระด้างออกให้หมด กระบวนการนี้ใช้วิธีแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้า โดยใช้สารซึ่งสามารถจับประจุที่เป็นความกระด้างไว้ สารนี้มีหลายชนิด เช่น Zeolite Ion – exchanger Resin

สำหรับผลิตน้ำประปาแก่ชุมชน โดยกระบวนการใช้ปูนขาวและโซดาแอชแก้ความกระด้าง (Lime – soda ash process) น้ำที่ผ่านขบวนการจะมีความกระด้างเหลืออยู่บ้าง

นอกจากนี้ยังมีระบบกำจัดความเค็มซึ่งยังไม่เป็นที่แพร่หลายสำหรับการผลิตเป็นน้ำประปาให้บริการแก่ชุมชนขนาดใหญ่เนื่องจากค่าใช้จ่ายสูงและกรรมวิธียุ่งยาก จะจัดสร้างในกรณีที่ไม่มีแหล่งน้ำอื่นเท่านั้น

## 2.9 การจ่ายน้ำและอุปกรณ์ท่อน้ำ

2.9.1 การจ่ายน้ำ

การจ่ายน้ำ(Distribution of Water) เพื่อให้ผู้ใช้น้ำได้รับน้ำ ต้องมีปริมาณและความดันสูงเพียงพอ มีเครื่องสูบน้ำสำหรับน้ำขึ้นหอสูงและจ่ายไปตามเส้นท่อที่มีขนาดเหมาะสม มีการวางระบบจ่ายน้ำครอบคลุมพื้นที่รับบริการ

การวางระบบจ่ายน้ำ โดยทั่วไปมี 2 แบบคือ แบบตาข่ายและแบบก้างปลา การวางท่อจ่ายน้ำมักใช้แบบตาข่ายในบริเวณที่มีประชากรอยู่หนาแน่น และใช้แบบก้างปลาที่มีท่อแยกส่งออกไปบริเวณชานเมือง

แบบตาข่าย มีท่อประธานต่างๆ วางไว้เป็นตารางต่อเนื่องกัน ทำให้น้ำไหลไปยังแต่ละจุดในตาข่ายจากเส้นทางต่างๆ ได้มากกว่า 2 เส้นทางขึ้นไป หากมีความต้องการใช้น้ำสูงในบริเวณใดบริเวณหนึ่งก็จะดึงน้ำให้ไหลจากทิศทางต่างๆ เข้ามาที่จุดจ่ายน้ำซึ่งมีการใช้น้ำสูง แต่มีแรงดันต่ำโดยอัตโนมัติ

แบบก้างปลา มีท่อประธานใหญ่สำหรับส่งน้ำเข้าไปบริเวณทั่วไป มีท่อประธานรองหรือท่อแยก ต่อแยกออกไปเพื่อส่งน้ำเข้าตามซอยต่างๆ แต่ละซอย ระบบนี้ทำให้เกิดปลายท่อตัน ซึ่งหากไม่ปล่อยน้ำทิ้งบ่อยๆ จะเป็นที่เก็บกักโคลนตม

2.9.2 การสูญเสียความดันของน้ำจากการไหล

ความดันน้ำ ณ จุดหนึ่งจุดใด จะมีค่าเท่ากันหมดในทุกทิศทาง เป็นอัตราส่วนของแรงต่อหน่วยพื้นที่ เช่น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

แรงกดของน้ำ มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างปริมาณน้ำกับความหนาแน่นของน้ำ

ความหนาแน่นของน้ำ = 1000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

= 1 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ

= 62.4 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต

ความดันของน้ำ 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะเท่ากับความสูงของน้ำ 10 เมตร หมายความว่า หากต่อน้ำจากจุดที่มีความดัน 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะมีแรงส่งน้ำขึ้นสูง 10 เมตร หรือเรียกว่ามี เฮด (Head) = 10 เมตร

เมื่อน้ำไหลไปตามเส้นท่อ จะทำให้ค่าความดันของน้ำลดลงตามระยะทาง การสูญเสียความดันของน้ำ แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) ความฝืดระหว่างน้ำกับผิวด้านในของเส้นท่อ ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานขึ้น การหาค่าการสูญเสียความดันประเภทนี้ สามารถเทียบค่าได้จากตารางสำเร็จรูป

2) การต่อท่อไม่เรียบร้อย การไหลผ่านข้อโค้ง ข้องอ ข้อต่อ ประตูน้ำ และการเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำ การสูญเสียประเภทนี้ในเส้นท่อที่ระยะยาวมากๆ มีค่าต่ำมาก จนไม่ต้องนำมาคิด แต่ถ้าเป็นเส้นท่อช่วงสั้นๆ มีข้อโค้ง ข้องอ ข้อต่อ ประตูหลายแห่ง เช่น ที่โรงสูบน้ำ เป็นต้น ค่าสูญเสียความดันประเภทนี้ใช้เทียบกับอุปกรณ์ต่างๆ เป็นค่าความยาวของเส้นท่อและนำไปคำนวณค่าการสูญเสียความดันเช่นเดียวกับประเภทแรก

2.9.3 การสูญเสียน้ำในระบบจ่ายน้ำ

การสูญเสียน้ำในระบบจ่ายน้ำมีหลายสาเหตุ เช่น ท่อประธานแตก การรั่วไหลในเส้นท่อ การจ่ายน้ำดับเพลิง การจ่ายน้ำเพื่อการสาธารณะ การบริการน้ำฟรี การสูญเสียในระบบมาตรวัดน้ำ เช่น มาตรตาย มาตรเดินไม่ตรง ฯลฯ แต่สาเหตุหลักๆ คือ ท่อประธานแตกและการรั่วไหลในเส้นท่อ อาจเกิดได้ดังนี้

1) ท่อประธานแตก ชำรุด แตกอาจเกิดจากการผุกร่อนของท่อเหล็ก มีคลื่นความดันกระแทกจากการหยุดน้ำหรือจ่ายน้ำอย่างกะทันหัน การจ่ายน้ำมากเกินไป มีการทรุดตัวของบล็อกค้ำยัน เนื่องจากมีการขุดดินบริเวณข้างเคียง การทรุดตัวของท่อจากการเปลี่ยนแปลงทางน้ำไหลบริเวณรอบๆ และน้ำท่วม การซ่อมต้องการทำแบบถาวร ถ้าซ่อมแซมไม่ดีจะต้องซ่อมบ่อยๆ สิ้นเปลืองแรงงาน ค่าใช้จ่ายและสูญเสียปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น

2) การรั่วไหลของน้ำในเส้นท่อ

2.1) การรั่วไหลที่ปรากฏบนผิวดิน สามารถตรวจพบได้ง่ายไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษค้นหา การรั่วแบบนี้ส่วนใหญ่เกิดจาก

- ปะเก็นประตูน้ำทั้งหมดสภาพหรือน็อตฝาครอบหลวม
- การสึกกร่อนของเกลียวท่อเหล็กอาบสังกะสีที่จุดประสานท่อประธานรองกับท่อประธานรองกับท่อเข้าบ้านผู้ใช้น้ำ
- การวางลูกลอยของแอร์วาล์วไม่ถูกต้อง
- การติดตั้งมาตรวัดน้ำไม่สมดุล น้ำรั่วที่ยูเนียมมาตร
- การสึกกร่อนของจีโบ แรงดันน้ำทำให้การรั่วไหลปรากฏให้เห็นบนผิวดิน

2.2) การรั่วไหลในชั้นดิน การรั่วแบบนี้ไม่สามารถเห็นได้ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษค้นหา อาจมีสาเหตุมาจาก

- การสึกกร่อนของข้อต่อจีไบท์ โดยเฉพาะบริเวณที่น้ำเค็มขึ้นถึงหรือดินเค็ม
- ท่อหมดอายุ
- การสึกกร่อนของเกลียวท่อประธานรองที่เป็นท่อเหล็กอาบสังกะสี

2.9.4 การสำรวจจุดรั่วไหล

1) ด้วยตาเปล่า สังเกตความผิดปกติจากบริเวณรอบๆเช่น

1.1) มีหญ้าขึ้นหนาแน่น งอกงามบริเวณแนวท่อมากกว่าบริเวณอื่น

1.2) มีน้ำขัง หรือโคลนตมในบริเวณแนวท่อ ซึ่งไม่ได้เกิดจากฝนตกหรือมีการระบายน้ำมาจากจุดอื่น

1.3) มีน้ำขังในบ่อประตูน้ำ

1.4) มีน้ำไหลในรางระบายน้ำจากผิวปกติ โดยเฉพาะบริเวณกลางคืน

2) วัดความดันของน้ำ หากปรากฏว่าเส้นท่อมีความดันของน้ำลดลงอย่างผิดสังเกต ในช่วงใดช่วงหนึ่ง อาจมีสาเหตุดังนี้

2.1) ถ้าเกิดทั้งกลางคืนและกลางวัน แสดงว่ามีการรั่วขนาดใหญ่

2.2) ถ้าเกิดเฉพาะกลางคืน แสดงว่ามีการรั่วหลายจุด

2.3) ถ้าเกิดเฉพาะกลางวัน แสดงว่าท่อที่ใช้มีขนาดเล็กเกินไป

3) วัดปริมาณการไหลของน้ำในเส้นท่อ โดยการแบ่งพื้นที่การวางท่อเป็นพื้นที่ย่อยๆ แล้ววัดปริมาณการไหลของน้ำในเส้นท่อทั้งเวลากลางวันและกลางคืน เก็บเป็นข้อมูลพื้นฐานไว้ หากพื้นที่ย่อยใดเกิดการรั่วไหลขึ้น อัตราการไหลของน้ำในชั่วโมงที่มีการใช้น้ำน้อยจะสูงกว่าค่าที่เก็บเป็นข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งทำให้สามารถกำหนดพื้นที่จะสำรวจจุดรั่วไหลได้

4) ใช้เครื่องมือวัดคลื่นเสียง หากจุดใดเกิดการรั่วไหลจะเกิดเสียงน้ำไหล ณ จุดนั้นจึงใช้เครื่องมือวัดคลื่นเสียงวัด เครื่องมือนี้จะขยายเสียงรั่วให้ได้ยินอย่างชัดเจน การสำรวจวิธีนี้จำเป็นต้องใช้เจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญ

2.9.5 การบำรุงรักษาท่อประธานจ่ายน้ำ

การบำรุงรักษาท่อประธานจ่ายน้ำ ควรปฏิบัติได้ดังนี้

1) ท่อประธานที่มีปลายตัน ต้องล้างอบอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง โดยเปิดหัวดับเพลิงหรือประตูน้ำระบายตะกอนที่จุดปลายท่อประธาน และปล่อยน้ำไหลทิ้งลงรางระบายน้ำ

2) ประตูน้ำทุกตัวในระบบจ่ายน้ำ ต้องแยกทำการทดสอบอย่างน้อยปีละครั้ง

2.1) ตรวจชุดปะเก็นหรือแหวนรูปตัวโอ ถ้าจำเป็นให้ขันให้แน่นหรือเปลี่ยนใหม่

2.2) ทำความสะอาด ปรับระดับเท่าที่จำเป็น

2.3) ไม่ควรปล่อยประตูน้ำในสภาพปิดเต็มที่ ให้หมุนกลับได้ 2-3 รอบ

3) หัวดับเพลิงทุกตัว ต้องตรวจสอบอย่างน้อย 6 เดือนต่อครั้ง

3.1) เกิดการรั่วไหลใต้ดิน โดยใช้ไม้หยั่ง

3.2) ตรวจสอบการปิดเปิด ว่าสามารถใช้งานได้ดีหรือไม่

3.3) ตรวจสภาพอุปกรณ์ทุกส่วน เช่น ฝา โซ่ เกลียวและซ่อมหรือเปลี่ยนเท่าที่จำเป็น

3.4) ตกแต่งหรือทาสีใหม่

3.5) ถางหญ้าและวัชพืชรอบๆ ที่อาจบังหัวดับเพลิงไว้

4) สำรวจความดันในระบบจ่ายน้ำทั้งหมด ควรทำปีละครั้ง เพื่อหาตำแหน่งรอยรั่วขนาดใหญ่ บริเวณท่ออุดตัน หรือท่อประธานที่มีขนาดเล็กเกินไป

5) สำรวจหาการรั่ว ทำเมื่อมีการสูญเสียน้ำจำนวนมาก ตั้งแต่ร้อยละ 20 ขึ้นไปโดยการเดินตรวจให้ทั่วทั้งระบบ เน้นที่ท่อ ประตูน้ำ หัวดับเพลิง และอุปกรณ์อื่นๆ ที่อยู่บนดินหากมีรอยรั่วปรากฏให้เห็น ต้องรีบซ่อมแซมทันที

2.9.6 ท่อประปา

ท่อประปาเป็นอุปกรณ์ที่นำน้ำจากแหล่งน้ำจ่ายไปยังจุดจ่ายน้ำต่างๆ ที่ต้องการใช้น้ำ ปัจจุบันมี ท่อหลายชนิดเช่น

1) ท่อเหล็กกล้า (Steel pipe) ทำจากเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) มีทั้งชนิดไม่อาบสังกะสีและอาบสังกะสี ท่อไม่อาบสังกะสีเรียกว่า ท่อเหล็กดำ (black steel pipe) ใช้เป็นท่อในระบบไอน้ำ ส่วนท่ออาบสังกะสี (galvanized steel pipe) เรียกว่าท่อประปา ส่วนใหญ่ใช้เป็นท่อจ่ายน้ำในระบบ

ประปา เนื่องจากมีราคาถูกและแข็งแรง ไม่เสียหายง่ายทั้งจากการขนส่งและใช้งาน มีความต้านทานต่อแรงกระแทกและแรงแค้นได้ดี การตัดและทำเกลียวได้ง่ายถ้ามีเครื่องมือ ความยาวมาตรฐานของท่อชนิดนี้คือ 6 เมตร

2) ท่อเหล็กหล่อ (Cast iron pipe) ทำจากเหล็กหล่อสีเทา (Gray cast iron ) มีความแข็งแรงสูง ต้านทานการกัดกร่อนได้ดี มีความหนากว่าท่อทุกแบบ แต่มีข้อเสียคือแตกร้าวได้ง่าย เนื่องจากความต้านทานต่อแรงดึงค่อนข้างต่ำ นิยมใช้เป็นท่อระบายน้ำโสโครก ท่อระบายน้ำเพื่อป้องกันอุทกภัยทั้งบนพื้นดินและใต้ดิน

3) ท่อทองแดง (Copper pipe) นิยมใช้กับระบบประปา น้ำหนักเบา ทนการกัดกร่อนได้ดี แบ่งเป็น 4 ชนิดตามความหนาของท่อ ชนิด K , L , M และ DWU (Drainage , Waste and Vent) ทองแดงชนิด K เป็นท่อที่หนามากที่สุด และท่อ DWU บางที่สุด นอกจากนี้ยังแบ่งท่อทองแดงเป็นชนิดแข็งและอ่อน

ท่อทองแดงชนิดแข็งมีรายละเอียด รหัสแถบสี และตัวอักษรระบุชนิดของท่อ ชื่อเครื่องหมายการค้าและประเทศที่ผลิต ประทับไว้ทุกท่อ ทุกๆ ระยะ 18 นิ้ว นอกจากนี้ยังมีสีบอกชนิดของท่อ แบ่งเป็น 4 สี สีเขียวแทนชนิด K สีน้ำเงินแทนชนิด L สีแดงแทนชนิด M และสีเหลืองแทนชนิด DWU ท่อแข็งชนิด L และ M นิยมใช้เป็นท่อจ่ายน้ำในระบบประปาที่อยู่เหนือพื้นดิน

ท่อทองแดงชนิดอ่อนจะไม่มีแถบสีแดงชนิดของท่อ แต่ชนิดท่อและข้อมูลการผลิตประทับไว้บนท่อ ทุกๆระยะ 18 นิ้ว เช่นกัน ท่ออ่อนชนิด K และ L นิยมใช้เป็นท่อจ่ายน้ำในระบบประปาที่อยู่ใต้ดิน

4) ท่อพลาสติก (Plastic pipe ) เป็นท่อที่มีราคาถูก น้ำหนักเบา ขนย้ายสะดวก ติดตั้งง่ายและค่าติดตั้งต่ำกว่าท่อชนิดอื่นๆ แต่มีข้อเสียคือ ต้านทานความร้อนได้ต่ำ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงและยืดหดตัวข่อนข้างสูง ต้านทานแรงกระแทกและแรงดันค่อนข้างต่ำ จึงแตกหักง่าย ท่อพลาสติกแบ่งตามชนิดของวัสดุที่ทำท่อ ดังนี้

4.1) ท่อพลาสติกเอคริโลทริล- บิวทาดิน- สไตรีน(Acrylonitrle – Butadiene-Styrene , ABS) เรียกสั้นๆว่าท่อเอบีเอส (ABS) มีสีดำ ใช้เป็นท่อระบายน้ำโสโครก ท่อระบายอากาศ และระบายน้ำเพื่อป้องกันอุทกภัย ทั้งบนพื้นดินและใต้พื้นดิน

4.2) ท่อพลาสติกโพลีวีนีลคลอไรด์(Polyvinyl Chloride, PVC) เรียกสั้นๆว่าท่อพีวีซี (PVC) การใช้งานเหมือนท่อเอบีเอส ยาว 10 และ 20 ฟุต เชื่อมต่อกับข้อต่อท่อด้วยน้ำยาประสาน

4.3) ท่อพลาสติกโพลีวีนีลคลอไรด์(Chlorinated Polyvinyl Chloride, CPVC)เรียกสั้นๆว่า ท่อซีพีวีซี(CPVC) พัฒนามาจากท่อพีวีซีให้สามารถใช้งานในที่อุณหภูมิสูงๆทนแรงดันได้

ถึง 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้วที่อุณหภูมิถึง 82.2 °C(180 °F) นิยมใช้เป็นท่อจ่ายน้ำร้อน- เย็น หรือท่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ท่อยาว 10 ฟุต เชื่อมต่อกับท่อด้วยน้ำยาประสาน

4.4) ท่อพลาสติกโพลีเอททีลีน(Polyethylene, PE) เรียกสั้นๆว่า ท่อพีอี(PE) เป็นท่ออ่อน สีดำ ทำเป็นขดยาว ขดละ 100 ฟุต เชื่อมต่อกับข้อต่อไนลอนหรือพลาสติก ใช้ร่วมกับเหล็กรัดท่อ ใช้เป็นท่อจ่ายน้ำ ท่อก๊าซ และท่อระบายของเสียออกจากโรงงาน

**ตารางที่ 2.14 การใช้ท่อกับงานต่างๆ**

| ชนิดท่อและข้อต่อท่อ | | ท่อประปา | ท่อระบายน้ำเสีย | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ใต้ผิวดิน | ใต้พื้นดินบริเวณสนาม | เหนือพื้นดิน | ท่อระบายน้ำเสีย | เหนือพื้นดิน |
| ท่อเหล็กมีบ่ารับ | | | | X | X |
| ท่อเหล็กไม่มีบ่าเหล็ก | | | | X | X |
| ท่อเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี | | | X | X | X |
| ท่อทองแดง | | | X | | |
| - ท่อแข็ง ชนิด L และ M | | | | X | X |
| - ท่อแข็ง ชนิด DWV | X | X | | | |
| - ท่ออ่อน ชนิด K และ L | | | | X | X |
| ท่อพลาสติก ABS | | | | X | X |
| ท่อพลาสติก PVC | | | X | | |
| ท่อพลาสติก CPVC | | | X | | |
| ท่อพลาสติก PE | | | | | |

**ที่มา** : วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ , 2545

## 2.10 มาตรฐานของน้ำ

ตารางที่ 2.15 มาตรฐานน้ำดิบขององค์การอนามัยโลก

| Constituent or Characteristic | Maximum allowable limit |
|---|---|
| **Physical** | |
| Color | 300 unit |
| Turbbidity | Narrative |
| **Chemical** | |
| TDS | 1500 mg/l |
| Tron | 50 mg/l |
| Manganese | 5 mg/l |
| Copper | 1.5 mg/l |
| Zine | 1.5 mg/l |
| $MgSO_4 + Na_2 SO_4$ | 1000 mg/l |
| ABS(Alkyl Benzyl Sulfonates) | 0.5 mg/l |
| Nitrate as $NO_3$ – | 45 mg/l |
| Fluoride | 1.5 mg/l |
| Phenolic Substances | 0.002 mg/l |
| Arsenic | 0.05 mg/l |
| Cadmium | 0.01 mg/l |
| Chromium | 0.05 mg/l |
| Cyanide | 0.2 mg/l |
| Leaad | 0.05 mg/l |
| Selenium | 0.01 mg/l |
| Radionuclides (gross beta activity) | 1000 mg/l |
| COD | 10 mg/l |
| BOD | 6 mg/l |
| Total Nitrogen (exclusive of $NO_3$ -) | 1 mg/l |
| Ammonia | 0.5 mg/l |
| Coliform Bacteria | Narrative |

ตารางที่ 2.16 มาตรฐานน้ำปริโภคตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

| รายการ | เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุด (maximum acceptable concentration) | เกณฑ์ที่อนุโลมให้สูงสุด (maximum allowable concentration) |
|---|---|---|
| **คุณลักษณะทางกายภาพ** | | |
| สี(color)หน่วยปาตินัม | 5 | 15 |
| รส(taste) | ไม่เป็นที่รังเกียจ | ไม่เป็นที่รังเกียจ |
| กลิ่น(oduor) | ไม่เป็นที่รังเกียจ | ไม่เป็นที่รังเกียจ15 |
| ความขุ่น(turbidity)หน่วยซิลิกา | 5 | 20 |
| ความเป็นกรด- ด่าง (pH range) | 6.5 – 8.5 | ไม่เกิน 9.2 |
| **คุณลักษณะทางเคมี** | (มิลลิกรัม / เดซิเมตร ) | (มิลลิกรัม / เดซิเมตร ) |
| ปริมาณสารทั้งหมด(total solids) | 500 | 1500 |
| เหล็ก (Fe) | 0.5 | 1.0 |
| มังกานีส (Mn) | 0.3 | 0.5 |
| เหล็กและมังกานีส | 0.5 | 1.0 |
| ทองแดง (Cu) | 1.0 | 1.5 |
| สังกะสี (Zn) | 5.0 | 1.5 |
| คัลเซียม (Ca) | 75 | 15 |
| มักเนเซียม (Mg) | 50 | 200 |
| ซัลเฟล ($SO_4$) | 200 | 150 |
| คลอไรด์ (Cl) | 250 | 250 |
| ฟลูออไรด์ (F) | 0.7 | 600 |
| ไนเตรต ($NO_3$) | 45 | 1.0 |
| อัลคิลเบนซิลซัลโฟเนต(alkyl benzyl sulfonates , ABS) | 0.5 | 45<br>1.0 |
| ฟีโนลิกซับสแตนซ์ (Phenolic substances , as phenol) | 0.001 | 0.002 |

ตารางที่ 2.17 มาตรฐานน้ำปริโภคตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

| รายการ | เกณฑ์ที่กำหนดสูงสุดมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร |
|---|---|
| **สารที่เป็นพิษ** | |
| ปรอท(Hg) | 0.001 |
| ตะกั่ว(Pb) | 0.05 |
| อาร์เซนิก(As) | 0.05 |
| เซเลเนียม(Se) | 0.01 |
| โคลเมียม(Cr hexavalent) | 0.05 |
| ไซยาไนด์(CN) | 0.2 |
| แคดเมียม(Cd) | 0.01 |
| บาเรียม(Ba) | 1.0 |
| **คุณลักษณะทางจุลชีววิทยา** | |
| แสตนดาร์ดเพลตเคานท์(โคโรนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) | 500 |
| เอ็มพีเอ็น (โคลิฟอร์มออร์แกนิสซึมต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร) | น้อยกว่า 2.2 |
| อี . โคไล(E. coli ) | ไม่มี |