กรมโรงงานอุตสาหกรรม

# คู่มือ (Handbook)

## การตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง

## (Continuous Emission Monitoring Systems; CEMS)

กรมโรงงานอุตสาหกรรม (Department of Industrial Works)

เลขที่ 75/6 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 Website: http://www.diw.go.th

สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน ส่วนเตือนภัยมลพิษโรงงาน

โทร. 0 2202 4001 โทรสาร 0 2354 3208

# คำนำ

การติดตามตรวจวัดมลพิษจากปล่องอย่างต่อเนื่องเป็นวิธีการที่จะให้ได้มาซึ่งข้อมูลคุณภาพอากาศจากปล่องขณะที่มีการใช้งานปล่อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการบริหารจัดการทั้งในส่วนของผู้ประกอบการซึ่งมีหน้าที่ปฏิบัติตามกฎหมายในการบำบัดและควบคุมการระบายออกของมลพิษอากาศให้อยู่ในเกณฑ์ค่าควบคุมที่กำหนด และการกำกับดูแลของหน่วยงานภาครัฐในด้านการติดตามสถานการณ์มลพิษอากาศ การวางแผนการจัดการปัญหามลพิษและการให้ข้อมูลข่าวสารต่อประชาชนทุกภาคส่วนที่สนใจ

กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้กำหนดประเภทโรงงานที่ต้องติดตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติซึ่งโรงงานต้องรายงานผลการตรวจวัดไปที่ศูนย์รับข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบ ผลการตรวจวัดเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญในการควบคุมและเฝ้าระวังผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและมีคุณภาพของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้จึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง

คู่มือการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (Handbook for Continuous Emission Monitoring System (CEMS)) ได้จัดทำขึ้นภายใต้โครงการตรวจวัดค่าความคลาดเคลื่อนของผลการตรวจวัดมลพิษอากาศระยะไกลปีงบประมาณ 2555 เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจต่อบุคคลากรที่เกี่ยวข้องให้ทราบถึงกระบวนการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่อง การตรวจสอบข้อมูล การประกันคุณภาพ การควบคุมคุณภาพ และการรายงานผลข้อมูล

กรมโรงงานอุตสาหกรรมหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานและหน่วยงานที่ให้บริการด้านสิ่งแวดล้อมตลอดจนประชาชนผู้สนใจ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม

มกราคม 2556

# สารบัญ


หน้า

**บทที่ 1 บทนำ**

1.1 บทนำ 1-1

1.2 คำนิยามที่เกี่ยวข้อง 1-2

1.3 กฎเกณฑ์และการบังคับใช้ 1-6

1.4 การติดตั้งและการตรวจติดตามระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบายแบบอัตโนมัติ 1-12

**บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบตรวจวัดมลพิษอากาศแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง**

2.1 หลักการ 2-1

2.2 ประเภทของระบบตรวจวัดมลพิษอากาศแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง 2-1

2.3 เทคนิคการวิเคราะห์ 2-10

**บทที่ 3 การติดตั้งและข้อกำหนดในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง**

3.1 ข้อกำหนดการติดตั้ง CEMS ของก๊าซ 3-3

3.2 คุณลักษณะของ CEMS 3-6

3.3 วิธีการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง 3-7

3.4 วิธีการทดสอบความแม่นยำสัมพัทธ์ 3-9

3.5 วิธีที่เป็นทางเลือกอื่น 3-15

3.6 ระบบติดตามตรวจวัดอัตราการระบายมลพิษ 3-16

3.7 ข้อกำหนดการติดตั้ง COMS ของการตรวจวัดค่าความทึบแสง 3-17

# สารบัญ (ต่อ)


**บทที่ 4 การประกันคุณภาพและการควบคุมคุณภาพ**

| | | |
|---|---|---|
| 4.1 | ข้อกำหนดของแผนการควบคุมคุณภาพ | 4-2 |
| 4.2 | การประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง | 4-3 |
| 4.3 | การประเมินความถูกต้องของข้อมูล | 4-4 |
| 4.4 | การควบคุมคุณภาพของหน่วยงานตรวจสอบ | 4-8 |

**บทที่ 5 ระบบการเก็บรวบรวมข้อมูล การบันทึกและการรายงานข้อมูล**

| | | |
|---|---|---|
| 5.1 | ระบบการเก็บรวบรวมข้อมูล | 5-1 |
| 5.2 | การบันทึกข้อมูล | 5-1 |
| 5.3 | การปรับแก้การรายงานผลข้อมูล กรณีค่าเกิดความคลาดเคลื่อน | 5-2 |
| 5.4 | การรายงานผลในกรณีที่ข้อมูลขาดไป | 5-3 |
| 5.5 | การรายงานผล | 5-7 |

**เอกสารอ้างอิง**

**ภาคผนวก**

# บทที่ 1

# (Introduction)

## 1.1 บทนำ

ระบบการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring System: CEMS) เป็นการติดตั้งระบบสำหรับตรวจติดตามผลการตรวจวัดมลพิษทางอากาศ การเก็บบันทึกข้อมูล และการรายงานผลการตรวจวัด ในพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$), ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ($NO_x$ as $NO_2$), ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ก๊าซออกซิเจน ($O_2$) และค่าความทึบแสง (Opacity) โดยมีแหล่งกำเนิดที่ต้องดำเนินการตรวจสอบค่าการระบายมลพิษจากปล่องระบายอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การกำกับดูแลและควบคุมให้มีการปล่อยปลดมลพิษทางอากาศเป็นไปตามข้อกำหนด ตามประกาศโดยมีประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานประเภทต่างๆ ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ พ.ศ. 2544 และประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง การส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring Systems: CEMS) พ.ศ. 2550 กำหนดให้การประกอบกิจการบางประเภท ต้องดำเนินการติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษฯ สำหรับตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งได้มีการติดตั้งระบบการติดตามผลการตรวจวัดการระบายมลพิษทางอากาศจากปล่องอย่างต่อเนื่อง (CEMS) แต่ในการตรวจสอบการทำงานของระบบ CEMS และการควบคุมคุณภาพของเครื่องมือ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ซึ่งยังไม่มีข้อกำหนดที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ดังนั้น คู่มือฉบับนี้จึงได้จัดทำขึ้นโดยมีเนื้อหาครอบคลุมข้อกำหนดเกี่ยวกับ การตรวจสอบการทำงานของระบบ CEMS การควบคุมคุณภาพ การประกันคุณภาพ และการดูแลรักษาระบบประจำปี ทั้งนี้ได้เรียบเรียงโดยอ้างอิงวิธีจาก United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) PART 40 CFR 60 เพื่อมุ่งเน้นให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งส่วนราชการและภาคเอกชนตลอดจนประชาชนผู้สนใจ นำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานตรวจวัดฯ

## 1.2 คำนิยามที่เกี่ยวข้อง

คำนิยามที่ใช้ในคู่มือนี้อ้างอิงจาก U.S. EPA PART 40 CFR 60 และ 75 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบาย โดยกำหนดนิยาม และคำจำกัดความทั้งในส่วนของ (1) นิยามทั่วไป และ (2) ความหมายเฉพาะที่อธิบายในเรื่องระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบายอย่างต่อเนื่องซึ่งได้นิยามเฉพาะคำที่เกี่ยวเนื่อง ดังนี้

**Angle of Projection (AP)** หมายถึง มุมของการฉายแสง ที่ครอบคลุมช่วงแสงทั้งหมดที่ส่องมาจากแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งติดตั้งอยู่ในเครื่องวิเคราะห์ในระดับที่มากกว่าร้อยละ 2.5 ของแสงสว่างสูงสุด

**Angle of View (AV)** หมายถึง 1) มุมของการมองเห็นที่ครอบคลุมช่วงแสงทั้งหมดที่ตรวจวัดได้โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแสงของเครื่องวิเคราะห์ในระดับมากกว่าร้อยละ 2.5 ของการตอบสนองสูงสุดของเครื่องวัด

**Attenuator** หมายถึง 1) อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กรองแสงที่ทำด้วยกระจก หรือช่องละเอียด (Grid) สำหรับใช้ลดปริมาณการผ่านของแสง

**Analyzer Calibration Error** หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นของก๊าซมาตรฐานกับค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่องวัดสำหรับการปรับเทียบโดยตรง สำหรับเครื่องตรวจวัดค่าความทึบแสง หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความทึบแสงที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ใน Continuous Opacity Monitoring System กับค่าความทึบแสงที่ทราบค่าจากอุปกรณ์การปรับเทียบความถูกต้องอื่น เช่น Filter หรือ Screens

**Calibration Curve** หมายถึง กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้กับค่าความเข้มข้นของก๊าซหรือสารเคมีมาตรฐานที่ทราบค่าความเข้มข้นของก๊าซมาตรฐานหลายๆ ค่า

**Calibration Drift (CD)** หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างค่าการวิเคราะห์ก๊าซมาตรฐานที่อ่านจากเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพอากาศจากปล่องระบายแบบอัตโนมัติ กับค่าความเข้มข้นของก๊าซมาตรฐานที่ทราบค่าโดยเรียกกระบวนการทดสอบว่า Calibration Drift Test โดยใช้ Calibration Gas ที่ 2 ช่วงความเข้มข้น ซึ่งได้แก่ช่วง Low-Level Gas และ High-Level Gas

**Calibration Gas** หมายถึง ก๊าซมาตรฐานซึ่งใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวิเคราะห์ เพื่อใช้ก๊าซมาตรฐานนี้สอบเทียบกับเครื่องมือตรวจวัดเพื่อในการทดสอบ Analyzer Calibration Error, Calibration Drift Test, System Bias

**Calibration Span** หมายถึง ค่าที่ต้องการสอบเทียบในช่วงสูงของ Analyzer ซึ่งจะใช้ก๊าซมาตรฐานที่มีความเข้มข้นในช่วงสูง

**Continuous Emission Monitoring System (CEMS)** หมายถึง เครื่องมือวัดและเครื่องวิเคราะห์รวมถึงระบบเก็บข้อมูลเพื่อการตรวจวัดอากาศจากปล่องระบายในรูปความเข้มข้นได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีส่วนประกอบสำคัญของระบบได้แก่ ระบบชักอากาศ (Sample Interface), ส่วนของการวิเคราะห์ (Analyzer) และ ส่วนของการเก็บข้อมูล(Data Recorder)

**Centroidal Area** หมายถึง พื้นที่จุดกึ่งกลางที่มีรูปร่างเหมือนภาคตัดขวางของปล่องหรือท่อและมีขนาดพื้นที่ไม่เกินร้อยละ 1 ของพื้นที่หน้าตัดขวางของปล่องหรือท่อ

**Continuous Opacity Monitoring System (COMS)** หมายถึง ระบบการติดตามผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงแบบต่อเนื่อง ซึ่ง ได้แก่เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดค่าความทึบแสงของกลุ่มควันแบบต่อเนื่อง

**Conditioning Period (CP)** หมายถึง ระยะเวลาในการปรับสภาพของระบบที่เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ใน COMS ทำงานได้ตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้โดยไม่มีการซ่อมบำรุงหรือปรับเทียบอย่างใด ก่อนการเริ่มระยะเวลาในการทดสอบการทำงานของระบบ ซึ่งมีระยะเวลาไม่น้อยกว่า 168 ชั่วโมง

**Cycle Time** หมายถึง เวลาครบรอบทั้งหมดที่ใช้ในการวิเคราะห์นับตั้งแต่เข้าสู่ระบบชักตัวอย่าง

**Cylinder Gas Audit (CGA)** หมายถึงการตรวจสอบความถูกต้องของระบบตรวจวัดด้วย ก๊าซที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอนโดยก๊าซที่ใช้ทดสอบต้องสามารถทวนสอบกลับได้ หรือ EPA Protocal

**Data Recorder** หมายถึง เครื่องมือที่ใช้บันทึกข้อมูลที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์หรืออาจจะมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่ทำหน้าที่สรุปข้อมูลได้โดยอัตโนมัติ เช่น คอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมจัดการข้อมูลซึ่งมีช่วงของสัญญาณเข้า (Input Signal Range) ตรงกับสัญญาณที่ออกจากเครื่องวิเคราะห์ (Analyzer Output)

สำหรับ เครื่องวัดค่าความทึบแสงแบบอัตโนมัติ คือ เครื่องมือที่ใช้บันทึกสัญญาณที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ซึ่งแปลผลให้อยู่ในรูปของค่าความทึบแสงและรวมถึงการลดข้อมูลโดยใช้เครื่องมืออัตโนมัติด้วย (Data Reduction)

**Diluent Analyzer (เครื่องวิเคราะห์ก๊าซเจือจาง)** หมายถึง อุปกรณ์วิเคราะห์ก๊าซเจือจาง เช่น $CO_2$ และ $O_2$ และแปรผลออกมาในรูปของค่าความเข้มข้นของก๊าซแต่ละชนิด

**Direct Calibration Mode** หมายถึง การปรับเทียบเครื่องวิเคราะห์โดยการป้อนก๊าซมาตรฐานเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์โดยตรง หรือเข้าสู่ระบบตรวจวัดหลังจุดที่มีการปรับสภาพตัวอย่างแล้ว

**Double Pass** หมายถึง ชนิดลำแสงสะท้อนจากแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสงอยู่ด้านเดียวกัน เรียกว่าเครื่องรับสัญญาณแสงสะท้อนกลับ (Transceiver) และอุปกรณ์สะท้อนแสงอยู่ด้านตรงข้ามกับลำแสงตรวจวัด การติดตั้งอุปกรณ์ของเครื่องตรวจวัดต้องอยู่ฝั่งตรงข้ามกับลำแสงตรวจวัด ทำให้ต้องมีวิธีการตรวจสอบความตรงของลำแสงของอุปกรณ์และมีอุปกรณ์ตรวจสอบค่าศูนย์จำลองและค่าตรวจวัดระดับสูงเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของการสอบเทียบหลังติดตั้งเครื่องมือบนปล่องหรือท่อ

**Dust Compensation** หมายถึง การชดเชยค่าฝุ่นละอองโดยวิธีการปรับผลลัพธ์ของการตรวจวัดค่าความทึบแสง โดยคำนึงถึงค่าปริมาณแสงตรวจวัดที่ลดลง เนื่องมาจากการสะสมของฝุ่นละอองจากอากาศเสียบนผิวหน้าของอุปกรณ์

**External Adjustment** หมายถึง การปรับเครื่องมือจากภายนอกระบบของเครื่องวัดค่าความทึบแสง หรือระบบเก็บและประมวลผลข้อมูลโดยดำเนินการจากภายนอกเครื่องตรวจวัดหรือระบบควบคุม

**External Zero Device** หมายถึง อุปกรณ์ปรับค่าศูนย์จากภายนอกที่นำมาใช้สำหรับตรวจสอบค่าความตรงของศูนย์ (Zero Alignment) ของอุปกรณ์ โดยจำลองสภาวะค่าความทึบแสงที่เป็นศูนย์ให้กับ COMS

**Flow Rate Sensor** หมายถึง อุปกรณ์ตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศโดยปริมาตรและอ่านค่าออกมาเป็นสัดส่วนต่ออัตราการไหลของอากาศนั้น เครื่องตรวจวัดควรสามารถทำการทดสอบค่า CD สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอัตราการไหลได้ เช่น ค่าความเร็วของอากาศ (Velocity) และค่าความดันอากาศ (Pressure) เป็นต้น

**Full Scale** หมายถึง ช่วงการตรวจวัดสูงสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้สูงสุด

**Intrinsic Adjustment** หมายถึง การปรับเครื่องมือจากภายในโดยอัตโนมัติของระบบตรวจวัดความทึบแสง เพื่อควบคุมหรือปรับชิ้นส่วนองค์ประกอบต่างๆ ให้การตอบสนองคงที่ตามการออกแบบและวัตถุประสงค์ในการใช้งานของผู้ผลิต

**Interference Check** หมายถึง การทดสอบการตอบสนองของเครื่องมือวัดต่อองค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่ดัชนีที่ต้องการวัดที่ปรากฏอยู่ในตัวอย่างอากาศ

**Low-Concentration Analyzer** หมายถึง เครื่องวิเคราะห์ที่ปรับเทียบโดยค่าความเข้มข้นก๊าซมาตรฐานที่ 20 ppm หรือต่ำกว่า

**Mean Spectral Response** หมายถึง การตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงเฉลี่ย โดยคิดจากกราฟการตอบสนองต่อแสงของเคลื่องวัดค่าความทึบแสง

**Opacity (Op)** หมายถึง ค่าความทึบแสง ซึ่งค่าความทึบแสง มีความสัมพันธ์กับค่าความโปร่งแสง (Tr) ดังสมการ Op = 1-Tr

**Optical Density (D)** หมายถึง ความหนาแน่นของแสงซึ่งแสดงค่าในสเกลลอการิทึม (Logarithmic) ของปริมาณแสงตรวจวัดที่ถูกลดทอน โดยค่า D มีความสัมพันธ์กับ Tr และ Op ดังนี้

$$D = \log_{10}(1/Tr) = -\log_{10}Tr = -\log_{10}(1-Op)$$

**Operational Test Period (OTP)** หมายถึง ระยะเวลาในการทดสอบการทำงานของระบบ, 2) ระยะเวลาที่เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ใน COMS ทำงานได้ตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้ โดยไม่มีการซ่อมบำรุงหรือปรับเทียบอย่างใด ซึ่งมีระยะเวลาไม่น้อยกว่า 168 ชั่วโมง

**Path Length (PL)** หมายถึง ความยาวของลำแสงตรวจวัดระหว่างเครื่องรับสัญญาณแสง (Receiver) และเครื่องส่งสัญญาณแสง (Transmitter)

**Path Length Correction Factor (PLCF)** หมายถึง ค่าปรับแก้ความยาวลำแสงตรวจวัด โดยเป็น อัตราส่วนของความยาวของลำแสงตรวจวัด ณ จุดที่กลุ่มควันระบายออกสู่บรรยากาศต่อความยาวของลำแสงตรวจวัด ณ จุดที่ติดตั้ง COMS เพื่อใช้คำนวนค่าความทึบแสงเทียบเท่า

**Peak Spectral Response** หมายถึง การตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงสูงสุด

**Path CEMS** หมายถึง เครื่องตรวจวัดอากาศจากปล่องระบายแบบอัตโนมัติที่ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ ตามแนวการตรวจวัด ซึ่งมีความยาวมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องหรือท่อ

**Pollutant Analyzer** หมายถึง เครื่องวิเคราะห์สารมลพิษ เครื่องวิเคราะห์ที่ทำหน้าที่วิเคราะห์มลพิษและแปรผลออกมาในรูปของค่าความเข้มข้นของมลพิษ

**Point CEMS** หมายถึง เครื่องตรวจวัดอากาศจากปล่องระบายแบบอัตโนมัติที่ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ ณ จุดใดจุดหนึ่งหรือตามแนวการตรวจวัด ซึ่งมีความยาวน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องหรือท่อ

**Relative Accuracy (RA)** หมายถึง ค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ ค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ เป็น ค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซหรืออัตราการระบายก๊าซ ซึ่งอ่านได้จาก CEMS กับค่าที่

คำนวณได้จากวิธีการอ้างอิง (Reference Method ; RM) บวกด้วยร้อยละ 2.5 ของค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นในการทดสอบหารด้วยค่าเฉลี่ยของ RM หรือค่ามาตรฐานในการระบายก๊าซ

**Response Time** หมายถึง ช่วงเวลาในการตอบสนองที่เครื่องวิเคราะห์ใช้ก่อนการตอบสนองสัญญาณตรวจวัดในขณะตรวจวัดปกติ และอัตราการไหลของอากาศตัวอย่างเข้าระบบปกติ

สำหรับเครื่องตรวจวัดความทึบแสงหมายถึง ระยะเวลาที่ COMS ใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผลค่าความทึบแสงออกไปยังเครื่องบันทึกข้อมูล โดยคิดจากร้อยละ 95 ของขั้นตอนทั้งหมดที่เกิดขึ้น

**Reference Method** หมายถึง วิธีการอ้างอิงที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ก๊าซ ซึ่งอ้างอิงวิธีจาก Appendix B

**Representative Results** หมายถึง ผลการตรวจวัดที่สามารถยอมรับได้จากวิธีการอ้างอิง (Reference Method ; RM) ซึ่งเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในคุณลักษณะเฉพาะนี้

**Sample Interface** หมายถึง ส่วนที่สัมผัสตัวอย่างของ CEMS ซึ่งใช้สำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศ ส่งผ่านตัวอย่างอากาศ ปรับสภาวะการเก็บตัวอย่างอากาศและป้องกันเครื่องตรวจวัดจากผลกระทบอื่นๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากอากาศเสียภายในปล่อง

**Simulated Zero Device** หมายถึง ระบบการสร้างค่าศูนย์ ซึ่งในเครื่องตรวจวัดค่าความทึบแสงอัตโนมัติ จะมีกลไกอัตโนมัติที่สร้างลำแสงตรวจวัดจำลองของปล่องให้มีค่าความทึบแสงเป็นศูนย์ หรือมีค่าความทึบแสงในระดับต่ำ เพื่อสามารถให้ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนไปจากศูนย์ได้ทุกวัน

**Single Pass** หมายถึง ลำแสงชนิดเดี่ยว ซึ่งเครื่องตรวจวัดค่าความทึบแสงแบบลำแสงเดี่ยวแหล่งกำเนิดและตัวรับแสง (Detector) จะอยู่ด้านตรงข้ามของลำแสงตรวจวัด

**Span Value (SV)** หมายถึง ช่วงย่านสูงของการตรวจวัด ซึ่งในเครื่องการตรวจวัดก๊าซหมายถึง ช่วงความเข้มข้นระดับสูงที่เครื่องมือสามารถทำการตรวจวัดได้ และ เครื่องการตรวจวัดความทึบแสง คือ ช่วงของค่าความทึบแสงสูงสุดที่กำหนดให้เครื่องมือหรืออุปกรณ์สามารถตรวจวัดได้ โดยให้ช่วงการตรวจวัดอยู่ระหว่างค่าความทึบแสงร้อยละ 60 ถึง 80

**Span Calibration** หมายถึง การสอบเทียบในย่านสูงของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้ ซึ่ง ใช้ก๊าซมาตรฐานช่วงความเข้มข้นสูงเพื่อปรับเทียบค่า

**System Bias** หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นก๊าซมาตรฐานที่วัดได้ขณะทำการปรับเทียบโดยตรง กับขณะที่เป็นการปรับเทียบระบบ โดยทดสอบก่อนและหลังช่วงการวัดที่ติดต่อกันโดยใช้ก๊าซมาตรฐานที่ความเข้มข้นระดับต่ำ และกลางหรือสูง

**System Calibration Mode** หมายถึง การป้อนก๊าซมาตรฐานเข้าสู่ระบบผ่านหัวเก็บตัวอย่างก่อนเข้าสู่ระบบกรองฝุ่นและก่อนระบบปรับสภาพ

**Transmittance (Tr)** หมายถึง ค่าความโปร่งแสงที่เป็นสัดส่วนของแสงในช่วงที่กำหนด ซึ่งส่องผ่านตัวกลางของแสง (Optical Medium)

**Transmissometer** หมายถึง เครื่องวัดค่าความทึบแสง แบ่งเป็น 2 ชนิด ประกอบด้วย ชนิดลำแสงเดี่ยว (Single Pass) และชนิดลำแสงสะท้อน (Double Pass)

**Upscale Calibration Device** หมายถึง อุปกรณ์ปรับเทียบความถูกต้องช่วงสูงของการตรวจวัด ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์อัตโนมัติในระบบตรวจวัดความทึบแสง ซึ่งให้ค่าความทึบแสงในช่วงระดับสูง ซึ่งเป็นแผ่นกรองแสงหรืออุปกรณ์ลดการสะท้อน (Reduced Reflectance Device)

**Upscale Calibration Value** หมายถึง ค่าของการปรับเทียบความถูกต้องของช่วงสูงของการตรวจวัด ซึ่งสำหรับเครื่องตรวจวัดความทึบแสง จะปรับเทียบโดยจำลองสถานการณ์ความทึบแสงระดับช่วงสูงของการมองเห็นของคนทั่วไป

**Zero Air** หมายถึง อากาศที่ปราศจากสิ่งเจือปน

**Zero Alignment** หมายถึง การสร้างค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์สร้างค่าศูนย์จำลอง และค่าการตอบสนองของเครื่องตรวจวัดความทึบแสงต่อสภาวะที่ลำแสงตรวจวัดปราศจากความทึบแสงจริง

**Zero Compensation** หมายถึง การชดเชยค่าศูนย์ของการปรับอัตโนมัติของเครื่องตรวจวัดค่าความทึบแสงให้มีการตอบสนองต่ออุปกรณ์สร้างค่าศูนย์จำลองได้ถูกต้อง และในกรณีที่อุปกรณ์การชดเชยค่าศูนย์ และการชดเชยค่าฝุ่นละอองเป็นอุปกรณ์เดียวกัน จะสามารถนำปริมาณการชดเชยค่าศูนย์ที่สะสมมากขึ้นแปรผลเป็นการชดเชยค่าฝุ่นละอองได้ ซึ่งต้องมีอุปกรณ์แสดงค่าเตือนเมื่อค่าการชดเชยมีปริมาณสูงเกินกำหนด

**Zero Drift (ZD)** หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนไปจากศูนย์ของค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องตรวจวัดค่าความทึบแสง และค่าการปรับเทียบความถูกต้องของค่าศูนย์ (Zero Calibration Value) หรือการปรับเทียบความถูกต้องที่น้อยกว่าหรือเท่ากับค่าความทึบแสงร้อยละ 10 หลังจากที่เครื่องทำงานต่อเนื่องตามปกติไประยะหนึ่ง โดยไม่มีการบำรุงรักษา ซ่อมแซม หรือการปรับใดๆ

## 1.3 กฎเกณฑ์และการบังคับใช้

คู่มือนี้ใช้กับโรงงานที่เข้าข่ายให้ทำการติดตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติซึ่งถูกกำหนดโดยหน่วยงานกำกับดูแลภาครัฐ ได้แก่ กรมโรงงานอุตสาหกรรม และโรงงานที่ถูกกำหนดตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การรายงานข้อมูลมีความครบถ้วน มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือเพียงพอ โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมผู้เป็นหน่วยงานหลักในการกำกับดูแลได้ออกระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

(1) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานประเภทต่าง ๆ ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ พ.ศ. 2544 ประกาศ ณ วันที่ 11 ธันวาคม 2544 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 119 ตอนที่ 7ง ลงวันที่ 22 มกราคม 2545

(2) ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง การส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring Systems : CEMS) พ.ศ. ๒๕๕๐ ประกาศ ณ วันที่ 10 ตุลาคม 2550 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 196ง ลงวันที่ 17 ธันวาคม 2550

จากประกาศที่มีผลบังคับใช้ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปกฎเกณฑ์และการบังคับใช้ดังต่อไปนี้

1. ประเภทโรงงานที่ต้องติดตั้ง CEMS

1.1 โรงงานที่เข้าข่ายระบุไว้ใน**ตารางที่ 1-1** ในพื้นที่เขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด นิคมอุตสาหกรรมผาแดง นิคมอุตสาหกรรมตะวันออก (มาบตาพุด) นิคมอุตสาหกรรมเอเชีย จังหวัดระยอง

1.2 โรงงานที่มีเงื่อนไขการอนุญาตให้ติดตั้ง CEMS ที่ตั้งอยู่นอกเขตนิคมอุตสาหกรรมในตำบลมาบตาพุดและตำบลห้วยโป่ง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

1.3 โรงงานที่มีเงื่อนไขการอนุญาตให้ติดตั้ง CEMS ที่ตั้งในพื้นที่อื่นนอกเหนือจากข้อ 1.1 และ 1.2

1.4 โรงงานอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด

2. ระยะเวลาที่กำหนดให้โรงงานติดตั้ง CEMS

โรงงานที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานก่อนวันที่ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องกำหนดให้โรงงานประเภทต่าง ๆ ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ พ.ศ. 2544 มีผลบังคับใช้ให้ติดตั้ง CEMS ให้แล้วเสร็จภายใน 1 ปี กรณีโรงงานที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหลังวันที่ประกาศฯ มีผลบังคับใช้ให้ติดตั้ง CEMS ให้แล้วเสร็จก่อนแจ้งประกอบกิจการโรงงาน

3. ข้อกำหนดเกี่ยวกับการติดตั้ง CEMS และค่าต่างๆ ที่ตรวจวัดวิเคราะห์ให้ใช้วิธีที่ U.S. EPA กำหนดไว้หรือวิธีอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบ

ในการตรวจวัดความเข้มข้นมลพิษอากาศจากปล่องที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศอย่างต่อเนื่องแบบแบ่งคาบเวลา (Time Sharing) สามารถใช้เครื่องตรวจวัดความเข้มข้นมลพิษทางอากาศชุดเดียวกันสำหรับปล่องที่มากกว่า 1 ปล่องแต่ไม่เกิน 3 ปล่อง โดยปล่องเหล่านั้นต้องมีคุณสมบัติและสภาวะที่คล้ายคลึงกัน เช่น กระบวนการผลิตใกล้เคียงกัน ใช้เชื้อเพลิงประเภทเดียวกัน ค่าความเข้มข้นมลพิษทางอากาศใกล้เคียงกัน

4. คุณลักษณะเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์ที่สอดคล้องกับการเชื่อมโยงระบบ CEMS

4.1 กำหนดให้เป็นระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม หรือระบบเครือข่ายโทรศัพท์ หรือระบบสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

4.2 มี Modem ที่ใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลอย่างน้อย 1 ชุด หรือมีช่องทางการสื่อสารผ่านเครือข่าย Internet ที่สามารถเชื่อมโยงได้ตลอดเวลา

4.3 มีระบบสัญญาณเตือนเมื่อค่าที่วัดได้เกินกว่าค่าที่กำหนด และต้องส่งข้อมูลให้กับศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดได้ทันที

4.4 สามารถส่งข้อมูลปัจจุบันอย่างต่อเนื่องให้กับศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดได้

4.5 สามารถเก็บข้อมูล (History) ได้อย่างน้อย 30 วันและสามารถส่งข้อมูลดังกล่าวให้กับศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดได้เมื่อมีการร้องขอ

5. การเชื่อมโยงระบบ CEMS

5.1 ประเภทโรงงานตามที่ระบุไว้ใช้ข้อ 1.1 และ 1.2 ให้จัดส่งรายงานผลการตรวจวัดไปยังศูนย์รับข้อมูลสำนักงานนิคมอุตสากรรมมาบตาพุด การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

5.2 ประเภทโรงงานตามที่ระบุไว้ใช้ข้อ 1.3 และ 1.4 ให้จัดส่งรายงานผลการตรวจวัดไปยังศูนย์รับข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบ

5.3 เมื่อโรงงานติดตั้ง CEMS เรียบร้อยแล้ว จะต้องแจ้งข้อมูลไปยังศูนย์รับข้อมูล ได้แก่ ชื่อและทะเบียนโรงงาน, รายละเอียดปล่องและเครื่องมืออุปกรณ์ที่ติดตั้ง, ค่าที่ทำการตรวจวัด, รายละเอียดเครื่องมือและอุปกรณ์ส่งสัญญาณ, เบอร์โทรศัพท์ของโรงงานที่ใช้เชื่อมต่อกับระบบเชื่อมโยงของศูนย์รับข้อมูล และชื่อผู้ประสานงานและเบอร์โทรศัพท์ติดต่อ

5.4 เมื่อศูนย์รับข้อมูลพร้อมสำหรับการเชื่อมโยงระบบแล้ว โรงงานจะต้องทำการทดสอบระบบและส่งข้อมูลให้ศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดทันที

6. การรายงานผลการตรวจวัด

หน่วยวัดของค่าต่างๆ ของเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่ต้องตรวจวัดดัง**ตารางที่ 1-2** การรายงานผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องที่เป็นแหลงกำเนิดมลพิษทางอากาศ ให้รายงานผลที่ความดัน 1 บรรยากาศหรือที่ 760 มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกินร้อยละ 50 หรือปริมาตรออกซิเจนส่วนเกินร้อยละ 7 และรายงานเป็นค่าเฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมง อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา 24 ชั่วโมง โดยที่รายงานผลการตรวจวัดต้องมีข้อมูลเกินกว่าร้อยละ 80 ของช่วงเวลาทั้งหมดในแต่ละวัน (0.00 น.-24.00) หากมีเหตุขัดข้องไม่ว่ากรณีใดๆ และไม่สามารถรายงานผลการตรวจวัดได้หรือมีข้อมูลน้อยกว่าร้อยละ 80 ในวันนั้นๆ ให้รายงานสาเหตุและการแก้ไขปัญหามายังศูนย์รับข้อมูลภายในวันเดียวกันหรือวันถัดไปโดยไม่เว้นวันหยุดราชการ

**ตารางที่ 1-1 ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ**

| ลำดับที่ | ขนาดของหน่วยการผลิตในโรงงาน | ประเภทโรงงาน | ค่าต่างๆ ของเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่ต้องตรวจวัด | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | หน่วยผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตต่อหน่วยตั้งแต่ 29 เมกกะวัตต์ (MW) ขึ้นไป[1/] | โรงงานลำดับที่ 88 ตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2535 หรือโรงงานลำดับอื่นๆ ที่มีแหล่งกำเนิดมลพิษในทำนองเดียวกัน | - ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง<br>- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$)<br>- ออกไซด์ของไนโตรเจน ($NO_X$)<br>- ก๊าซออกซิเจน ($O_2$) | 1) หากเชื้อเพลิงไม่มีกำมะถันไม่ต้องตรวจวัด $SO_2$<br>2) หากเชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติไม่ต้องตรวจวัด $SO_2$ และความทึบแสงหรือฝุ่นละออง |
| 2. | หม้อน้ำหรือแหล่งกำเนิดความร้อนที่มีขนาด 30 ตันไอน้ำต่อชั่วโมง หรือ 100 เมกกะมิลเลี่ยนบีทียู (MMBTU) ต่อชั่วโมงขึ้นไป[1/] | โรงงานทุกลำดับตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) | - ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง<br>- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$)<br>- ออกไซด์ของไนโตรเจน ($NO_X$)<br>- ก๊าซออกซิเจน ($O_2$) | 1) หากเชื้อเพลิงไม่มีกำมะถันไม่ต้องตรวจวัด $SO_2$<br>2) หากเชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติไม่ต้องตรวจวัด $SO_2$ และความทึบแสงหรือฝุ่นละออง |
| 3. | หน่วยผลิตซีเมนต์ ปูนขาว หรือปูนปลาสเตอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ทุกขนาด ในส่วนของหม้อเผา (Kiln) และ Clinker Cooler | โรงงานลำดับที่ 57 ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) | - ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง | - |
| 4. | หน่วยผลิตเยื่อหรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ทุกขนาด ในส่วนของ Recovery Furnace, Lime Kiln Digester, Brown Stock Washer, Evaporator และ Condensate Stripper System | โรงงานลำดับที่ 38 ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) | - ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง<br>- Total Reduced Sulfur (TRS) | - |
| 5. | หน่วยกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมทุกขนาดในส่วนของ Fluid Catalytic Cracking Unit (FCCU) ,Fuel Oil Combustion Unit, Sulfur Recovery Unit (SRU) | โรงงานลำดับที่ 49 ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) | **สำหรับ FCCU**<br>- ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง<br>- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$)<br>- ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)<br>**สำหรับ Fuel Oil Combustion Unit**<br>- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$)<br>- ก๊าซออกซิเจน ($O_2$)<br>**สำหรับ SRU**<br>- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$)<br>- ก๊าซออกซิเจน ($O_2$) | - |

**ที่มา :** ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานประเภทต่างๆ ติดตั้งเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบ คุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ 2544

**ตารางที่ 1-1 (ต่อ)**

| ลำดับที่ | ขนาดของหน่วยการผลิตในโรงงาน | ประเภทโรงงาน | ค่าต่างๆ ของเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่ต้องตรวจวัด | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| 6. | หน่วยถลุง หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตเหล็กหรือเหล็กกล้าในขั้นต้นขนาด ตัน 100 ต่อวันขึ้นไป ในส่วนของElectric Arc Furnace หรือ Blast Furnace หรือมีการ Preheat โดยน้ำมันเตา หรือถ่านหินเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน | โรงงานลำดับที่ 59 ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) | - ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง | - |
| 7. | หน่วยถลุง ผสม ทำให้บริสุทธิ์ หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตโลหะในขั้นต้นซึ่งไม่ใช่เหล็กหรือเหล็กกล้า ในส่วนของการถลุงทองแดง หรือสังกะสีทุกขนาดที่ใช้ Roaster Dryer ของการถลุงทองแดง หรือ Sintering Machine ของการถลุงสังกะสี | โรงงานลำดับที่ 60 ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) | **สำหรับ Roaster**<br>- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$)<br>**สำหรับ Dryer ของการถลุงทองแดง**<br>- ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง<br>**สำหรับ Sintering Machine ของการถลุงสังกะสี**<br>- ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง | - |
| 8. | หน่วยหลอมตะกั่วทุกขนาดที่ใช้ Furnace Sintering Machine หรือ Converter | โรงงานลำดับที่ 60 ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) | - ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง<br>- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) | - |
| 9. | หน่วยเตาเผาเพื่อปรับคุณภาพของเสียรวมในส่วนของเตาเผาทุกขนาด | โรงงานลำดับที่ 101 ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) | - ก๊าซออกซิเจน ($O_2$)<br>- ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)<br>- อุณหภูมิ | - |
| 10. | หน่วยผลิตกรดกำมะถันทุกขนาด รวมถึงโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเคมีภัณฑ์ สารเคมีฯ | โรงงานลำดับที่ 42 ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) หรือโรงงานลำดับอื่นๆ ที่มีแหล่งกำเนิดมลพิษในทำนองเดียวกัน | - ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) | - |

**ที่มา :** ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานประเภทต่างๆ ติดตั้งเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบ คุ ณ ภ า พ อากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ 2544

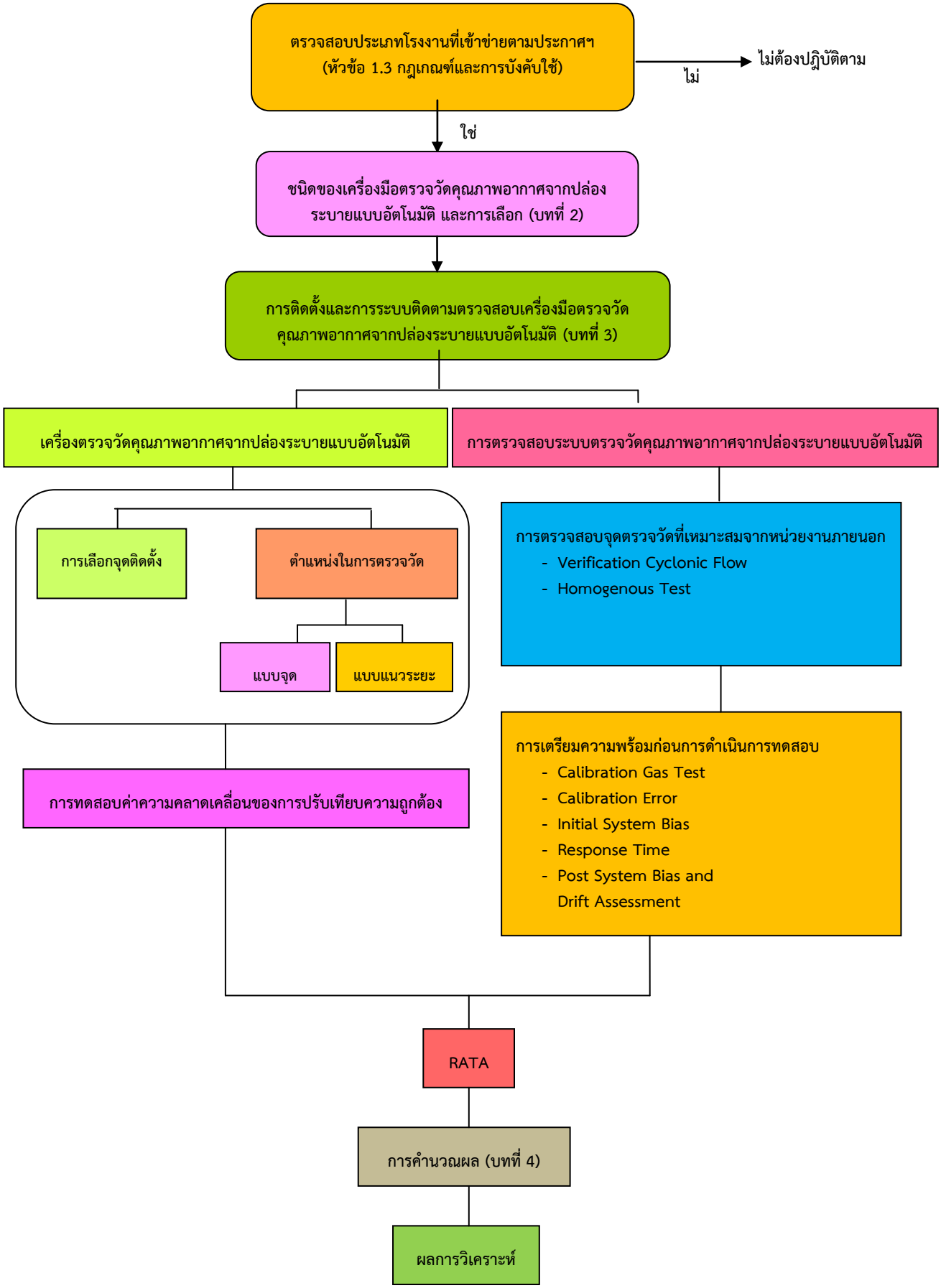
**ตารางที่ 1-2 หน่วยวัดของค่าต่างๆ ของเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่ต้องตรวจวัด**

| ค่าต่างๆ ของเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่ต้องตรวจวัด | หน่วยวัด |
|---|---|
| 1. ความทึบแสง (Opacity) | ร้อยละ (%) |
| 2. ฝุ่นละออง (Particulate) | มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($mg/m^3$) |
| 3. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide : $SO_2$) | ส่วนในล้านส่วน (ppm) |
| 4. ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of Nitrogen : $NO_x$) วัดในรูปไนโตรเจนไดออกไซด์ | ส่วนในล้านส่วน (ppm) |
| 5. ก๊าซออกซิเจน (Oxygen : $O_2$) | ร้อยละโดยปริมาตร (% by Volume) |
| 6. ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbon Monoxide: CO) | ส่วนในล้านส่วน (ppm) |
| 7. Total Reduced Sulfur (TRS) | ส่วนในล้านส่วน (ppm) |
| 8. อุณหภูมิ (Temperature) | องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$) |

**ที่มา :** ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานประเภทต่างๆ ติดตั้งเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ 2544

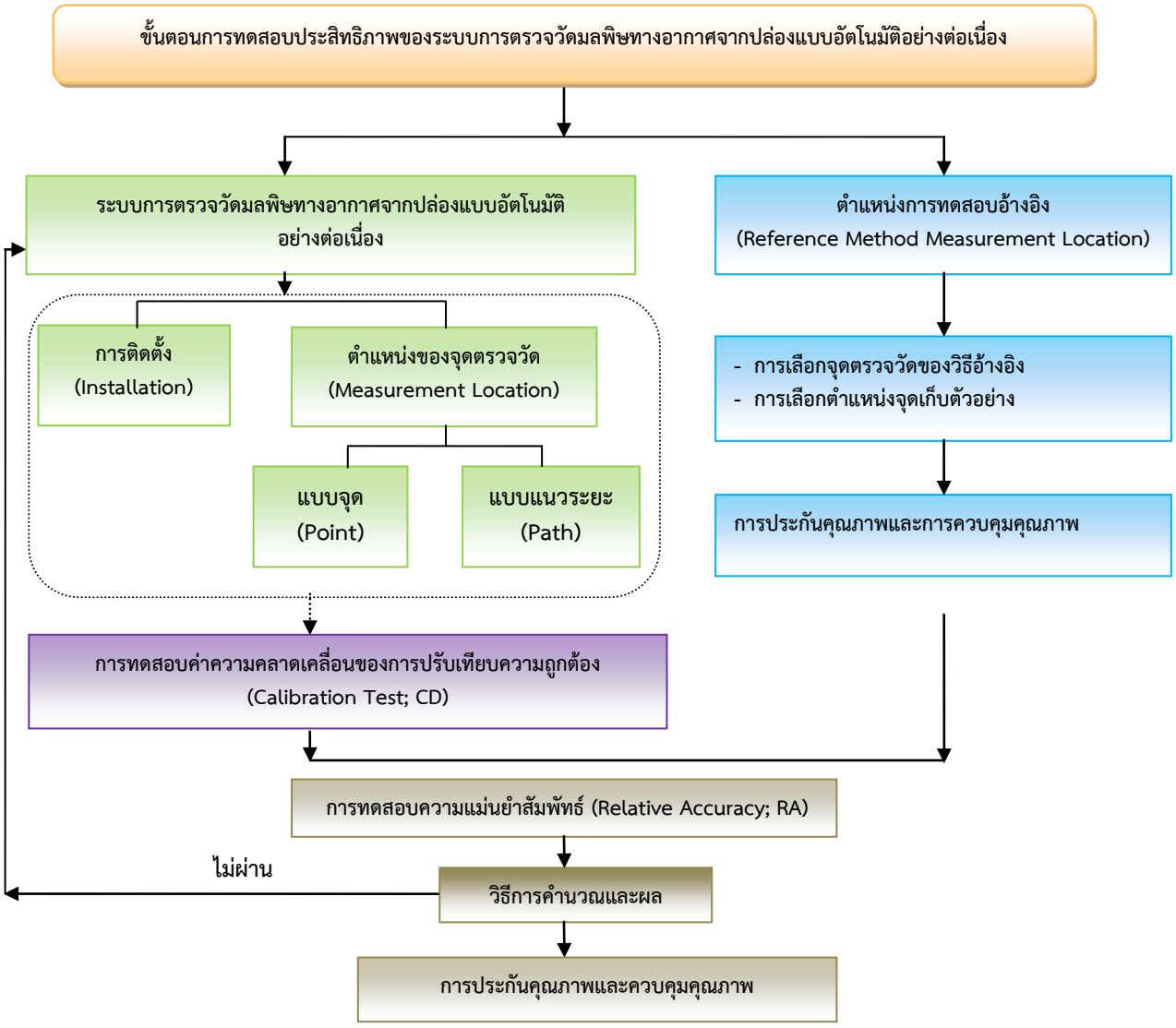
## 1.4 การติดตั้งและการตรวจติดตามระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบายแบบอัตโนมัติ

ดังนั้น เพื่อให้ทราบถึงวิธีการตรวจติดตามระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ หลักการ ประเภทของระบบการตรวจวัด เทคนิคเครื่องมือวิเคราะห์ วิธีการติดตั้งและการหาตำแหน่งจุดติดตั้งเครื่องมือหรืออุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศฯ การประกันคุณภาพและการควบคุมคุณภาพ การรายงานผลข้อมูล รวมถึงวิธีการแปลงหน่วย โดยสามารถสรุปเป็นแผนขั้นตอน ดังนี้

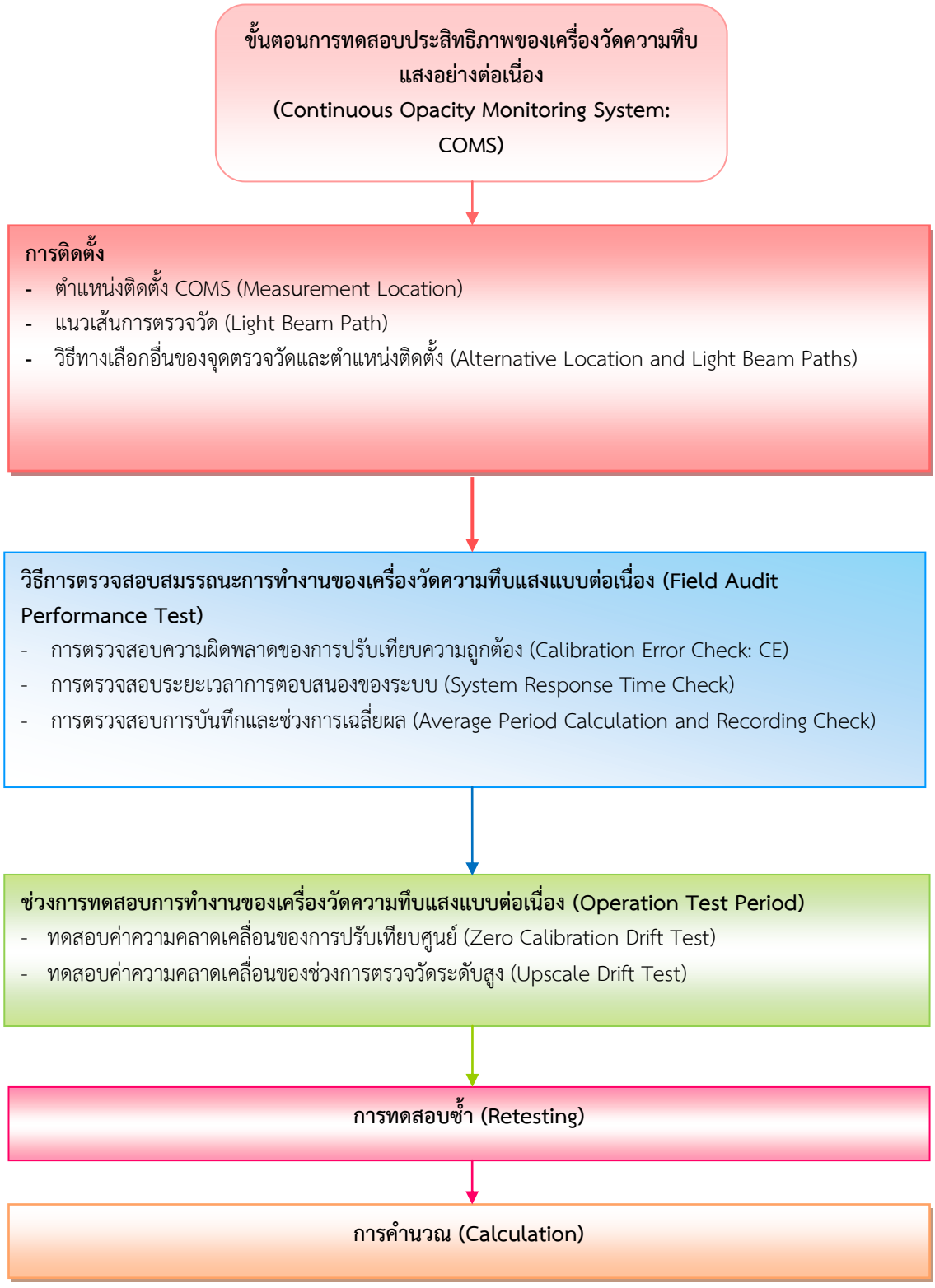

ตรวจสอบประเภทโรงงานที่เข้าข่ายตามประกาศฯ
(หัวข้อ 1.3 กฎเกณฑ์และการบังคับใช้)
ไม่
ไม่ต้องปฏิบัติตาม
ใช่
ชนิดของเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่อง
ระบายแบบอัตโนมัติ และการเลือก (บทที่ 2)
การติดตั้งและการระบบติดตามตรวจสอบเครื่องมือตรวจวัด
คุณภาพอากาศจากปล่องระบายแบบอัตโนมัติ (บทที่ 3)
เครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบายแบบอัตโนมัติ
การตรวจสอบระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องระบายแบบอัตโนมัติ
การเลือกจุดติดตั้ง
ตำแหน่งในการตรวจวัด
แบบจุด
แบบแนวระยะ
การตรวจสอบจุดตรวจวัดที่เหมาะสมจากหน่วยงานภายนอก
- Verification Cyclonic Flow
- Homogenous Test
การเตรียมความพร้อมก่อนการดำเนินการทดสอบ
- Calibration Gas Test
- Calibration Error
- Initial System Bias
- Response Time
- Post System Bias and
Drift Assessment
การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง
RATA
การคำนวณผล (บทที่ 4)
ผลการวิเคราะห์

# บทที่ 3
# การติดตั้งและข้อกำหนดในการทดสอบประสิทธิภาพ ของระบบการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (CEMS Installation and Performance Testing Requirements)

การตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องระบายด้วยระบบ CEMS นั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ข้อมูลจากระบบ CEMS ที่ติดตั้งไว้นั้นสามารถเป็นตัวแทนของการปล่อยมลพิษอากาศจากปล่อง โดยขั้นตอนที่สำคัญจะเริ่มตั้งแต่การติดตั้งระบบจนถึงการทดสอบการทำงานของระบบให้เป็นไปตามคุณลักษณะการทำงานที่อ้างอิงตามข้อกำหนดของ U.S. EPA โดยมีแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานดัง**รูปที่ 3-1** และ **รูปที่ 3-2** รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้




**รูปที่ 3-1 แผนขั้นตอนการทำงานการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ CEMS**




**รูปที่ 3-2 แผนขั้นตอนการทำงานการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดความทึบแสงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Opacity Monitoring System: COMS)**

## 3.1 ข้อกำหนดการติดตั้ง CEMS ของก๊าซ (Installation and Measurement Location Specification of Gas)

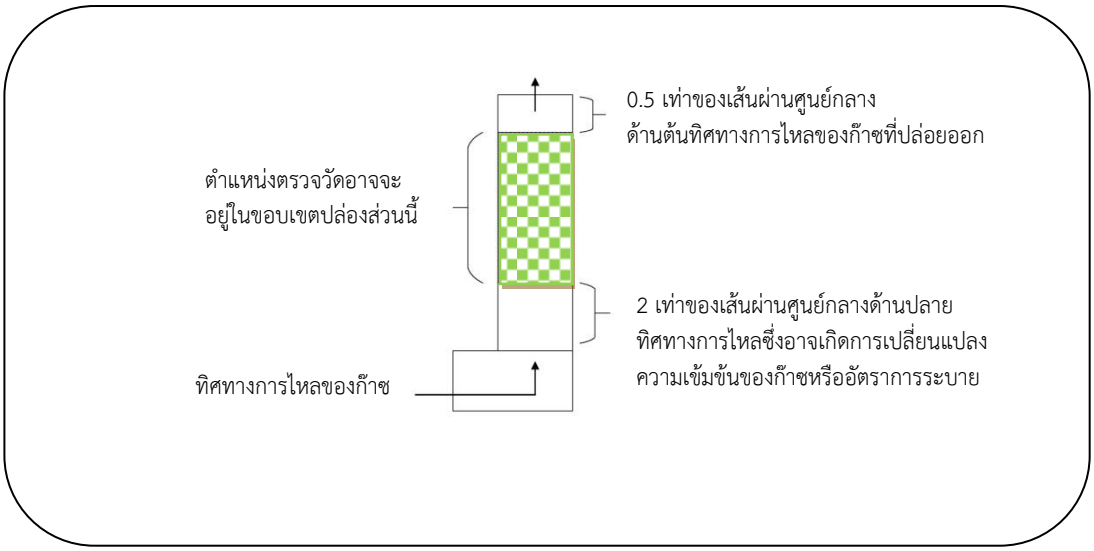
### 3.1.1 การเลือกจุดติดตั้ง (CEMS Installation)

- เลือกตำแหน่งติดตั้งระบบ CEMS ในบริเวณที่ค่าความเข้มข้นของก๊าซมลพิษ หรืออัตราการระบายของอากาศ (Emission rate) เป็นตัวแทนโดยตรงจากปล่องระบาย หรือเป็นตัวแทนของการระบายทั้งหมดของหน้าตัดของปล่องระบาย
- อากาศเสียในปล่องต้องผสมเป็นเนื้อเดียวกัน
- สามารถเข้าถึงได้ง่ายตลอดเวลาตามกฎความปลอดภัย เช่น การซ่อมบำรุง

### 3.1.2 ตำแหน่งติดตั้ง (CEMS Measurement Location)

- จุดที่อยู่ปลายทางการไหลของอากาศ (Downstream) จากระบบกำจัดมลพิษทางอากาศ (Control Device) จุดกำเนิดมลพิษ หรือจุดที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลพิษหรืออัตราการระบายมลพิษอย่างน้อย 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องหรือท่อ
- จุดที่อยู่ต้นทางการไหล (Upstream) หรือห่างจากระบบบำบัดมลพิษทางอากาศโดยให้จุดที่เลือกอยู่ทางด้านต้นทางของการไหลนับจากจุดระบายนั้นมาอย่างน้อย 0.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องหรือท่อ

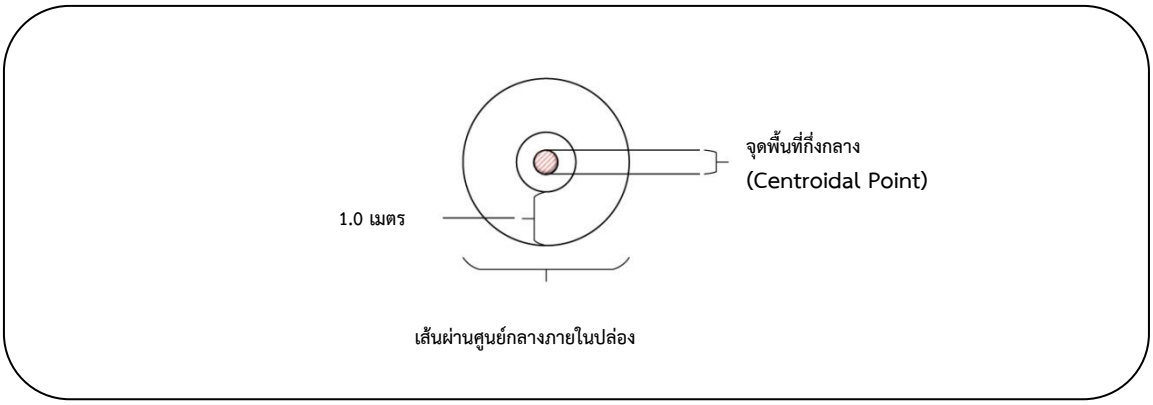
ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดแสดงดัง**รูปที่ 3-3** ให้เลือกจุดตรวจวัดที่มีลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้




**รูปที่ 3-3 ตำแหน่งติดตั้ง**

**3.1.2.1 การตรวจวัดแบบจุด (Point CEMS) ดังรูปที่ 3-4**

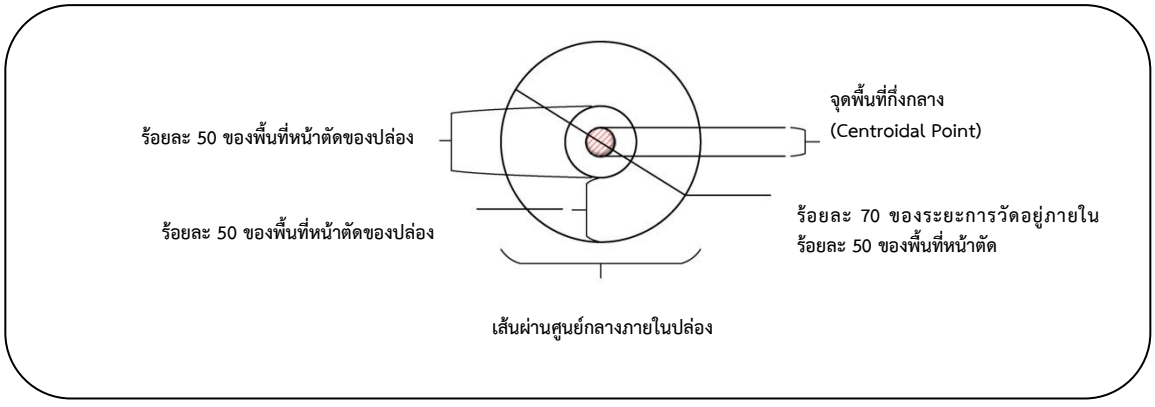
- จุดตรวจวัดอยู่ห่างจากผนังปล่องหรือท่อไม่น้อยกว่า 1 เมตร หรือ
- ควรอยู่ภายในหรืออยู่ ณ พื้นที่กึ่งกลาง (Centroidal Area) ของปล่องหรือท่อ




**รูปที่ 3-4 จุดตรวจวัดแบบจุด (Point CEMS)**

**3.1.2.2 การตรวจวัดแบบแนวระยะ (Path CEMS) ดังรูปที่ 3-5**

- จุดตรวจวัดอยู่ในพื้นที่ที่ห่างจากผนังปล่องไม่น้อยกว่า 1 เมตรทั้งหมด หรือ
- จุดตรวจวัดอยู่ในพื้นที่ที่ห่างจากผนังปล่องอย่างน้อย 70 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในพื้นที่ 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศูนย์กลางของปล่องหรือท่อ (พื้นที่ศูนย์กลางจะต้องไม่เกินกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่หน้าตัด) หรือ
- จุดตรวจวัดผ่านจุดกึ่งกลางของพื้นที่ศูนย์กลางของปล่องหรือท่อ




**รูปที่ 3-5 จุดตรวจวัด CEMS ตามแนวระยะ (Path CEMS)**

### 3.1.3 วิธีการทดสอบอ้างอิง (Reference Method)

#### 3.1.3.1 การเลือกจุดตรวจวัดของวิธีอ้างอิง (Select Measurement Location)

- ให้เลือกจุดตรวจวัดตามความเหมาะสมซึ่งเป็นจุดทดสอบอ้างอิง โดยมีระยะห่างอย่างน้อย 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อหรือปล่องทางด้านปลายทางการไหลของอากาศ (Downstream) จากระบบบำบัดมลพิษทางอากาศหรือจุดที่อาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นและอย่างน้อย 0.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อหรือปล่องโดยอยู่ทางด้านต้นทางการไหลของอากาศ (Upstream) จากจุดที่ระบายอากาศออกหรือระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ
- ในกรณีที่ความเข้มข้นของมลพิษเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการรั่วไหลให้ทำการตรวจวัดก๊าซมลพิษและก๊าซเจือจาง (ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ณ จุดเดียวกัน
- ทั้งนี้จุดตรวจวัดของ CEMS และการทดสอบอ้างอิง (RM) ไม่ควรเป็นจุดเดียวกัน

#### 3.1.3.2 การเลือกตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างบนพื้นที่หน้าตัด (Select Traverse Point)

การเลือกตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างบนพื้นที่หน้าตัดแสดงดัง**รูปที่ 3-6** และดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ลากเส้นแนวตรวจวัด (Measurement Line) ผ่านพื้นที่กึ่งกลางปล่อง ถ้าเส้นแนวตรวจวัดนี้มีการรบกวนต่อการตรวจวัดของระบบ CEMS ให้ปรับระยะเส้นแนวตรวจวัดสูงขึ้น 30 เซ็นติเมตร (หรือ 12 นิ้ว) หรือร้อยละ 5 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องผ่านพื้นที่กึ่งกลางปล่อง โดยให้เลือกใช้ค่าที่ต่ำกว่า
- สำหรับปล่องที่มีเส้นแนวตรวจวัดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 จุดที่ระยะร้อยละ 16.7, 50.0 และ 83.3 ของเส้นแนวตรวจวัด
- สำหรับปล่องที่มีเส้นแนวตรวจวัดยาวกว่า 2.4 เมตร ซึ่งก๊าซไม่เกิดการแบ่งชั้น ให้กำหนดจุดตรวจวัดที่ระยะ 0.4, 1.2 และ 2 เมตร จากผนังปล่องหรือท่อ วิธีนี้ไม่สามารถใช้ได้กับปล่องที่ผ่านมาจากระบบบำบัดมลพิษทางอากาศแบบเปียก (Wet Scrubber) หรือจุดนั้นเป็นจุดซึ่งมีการผสมระหว่างอากาศสองแหล่งซึ่งมลพิษมีความเข้มข้นต่างกัน
- สำหรับปล่องที่มีเส้นแนวตรวจวัดยาวกว่า 2.4 เมตรและมีการแบ่งชั้นของก๊าซ ให้กำหนดจุดตรวจวัดที่ระยะ 16.7, 50.0 และ 83.3 ของเส้นแนวตรวจวัด การทดสอบการแบ่งชั้นของก๊าซมีขั้นตอนดังนี้

**➢ ปล่องกลม**

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างบนพื้นที่หน้าตัด 12 จุด (ในแนวตั้งฉากกันด้านละ 6 จุด) ตามวิธี US EPA Method 1 แล้วทำการตรวจวัดค่าความเข้มข้นก๊าซมลพิษแต่ละจุด ในกรณีที่ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษเฉลี่ยมีค่าแตกต่างจากค่าที่ตรวจวัดที่จุดใดๆ เกินร้อยละ 10 แสดงว่าเกิดการแบ่งชั้นของก๊าซให้กำหนดจุดตรวจวัด 3 จุดที่ระยะร้อยละ 16.7, 50.0 และ 83.3 ของเส้นแนวตรวจวัด

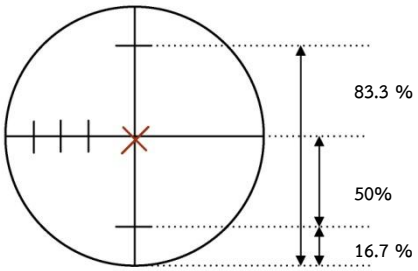
**➢ ปล่องเหลี่ยม**

แบ่งพื้นที่หน้าตัดของปล่องออกเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมที่มีขนาดเท่ากันอย่างน้อย 9 ช่อง แล้วกำหนดจุดชักตัวอย่างลงบนจุดกึ่งกลางของพื้นที่ที่แบ่งไว้ ตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซมลพิษ ถ้า

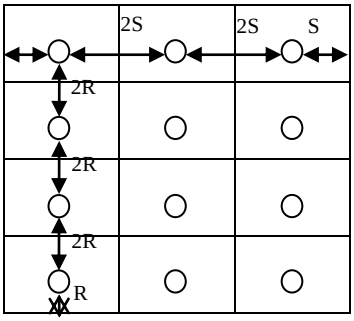
เป็นไปได้ให้ตรวจวัดก๊าซเจือจางในแต่ละจุดตรวจวัดด้วยโดยใช้วิธีอ้างอิงหรือวิธีที่เหมาะสม จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของทุกจุดที่ชักตัวอย่าง

- ผู้ทดสอบสามารถเลือกตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างจุดอื่น ซึ่งสามารถพิสูจน์ให้หน่วยงานเห็นชอบด้วยว่าข้อมูลให้เห็นได้ว่าเป็นจุดเก็บตัวอย่างที่ดี หลังจากนั้นให้วัด RM ภายในรัศมี 3 เซ็นติเมตรของแนวตรวจวัด แต่ต้องไม่น้อยกว่า 3 เซ็นติเมตรจากผนังปล่องหรือท่อ

**ปล่องกลม**




**ปล่องเหลี่ยม**




**รูปที่ 3-6 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างบนพื้นที่หน้าตัด (Transverse Point)**

## 3.2 คุณลักษณะของ CEMS (CEMS Equipment Specifications)

ช่วงของการบันทึกข้อมูล (Data Recorder Scale) การบันทึกข้อมูลของ CEMS อยู่ในช่วงระหว่างค่าศูนย์ถึงค่าตรวจวัดระดับสูง ซึ่งค่าระดับสูงนี้เจ้าของแหล่งกำเนิดมลพิษหรือผู้ควบคุมการทำงานของระบบจะเป็นผู้กำหนดเองโดยมีข้อพิจารณาดังนี้

3.2.1 ระบบ CEMS ของแหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่มีการติดตั้งระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ช่วงค่าตรวจวัดระดับสูงสุดต้องอยู่ระหว่าง 1.25 และ 2 เท่าของค่าระดับมลพิษสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่เหมาะสมเฉลี่ย ยกเว้นแต่ที่ระบุไว้เป็นอย่างอื่นในการส่วนย่อยของข้อกำหนด

3.2.2 สำหรับ CEMS ของแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีการติดตั้งระบบบำบัดมลพิษทางอากาศหรือมีการควบคุม การมลพิษตามเกณฑ์มาตรฐาน กำหนดช่วงค่าตรวจวัดระดับสูงสุดเป็น 1.5 เท่าของค่าความเข้มข้นของมลพิษตามมาตราฐานที่กำหนดไว้ในกฎหมาย

3.2.3 ถ้าใช้เครื่องบันทึกข้อมูลเป็นอนาล็อก ควรกำหนดช่วงค่าที่อ่านได้จากเครื่องให้ช่วงตรวจวัดสูงสุดอยู่ระหว่างร้อยละ 90-100 เปอร์เซ็นต์ของเต็มช่วงของการบันทึกข้อมูล (ข้อกำหนดสเกลนี้อาจไม่สามารถใช้กับเครื่องบันทึกข้อมูลแบบดิจิตอล) และต้องมีอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ก๊าซปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration Gas)หรือก๊าซเซล (Cell Gas) และแผ่นกรองแสง (Optical Filter) เพื่อใช้ในการกำหนดช่วงของระดับการตรวจวัดที่ครอบคลุมระหว่างค่าศูนย์จนถึงค่าสูงสุดได้

3.2.4 การออกแบบ CEMS ต้องสามารถประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบค่าศูนย์และค่าตรวจวัดระดับสูงได้ แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ ต้องออกแบบให้สามารถตรวจวัดในช่วงการตรวจวัดระดับต่ำได้ (มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0-20 ของค่าระดับสูง) และช่วงการตรวจวัดระหว่างร้อยละ 50-100 ของช่วงค่าตรวจวัดระดับสูง ในกรณีพิเศษหน่วยงานผู้อนุญาติ (Administrator) อาจจะอนุมัติให้ประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้องโดยใช้ช่วงระดับเดียว (Single point)

## 3.3 วิธีการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration Drift Test Procedure)

- การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้องเป็นการทวนสอบความสามารถของ CEMS ว่าเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ สำหรับการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษหรืออัตราการระบายสารมลพิษ ดังนั้นหากปรับเทียบค่าศูนย์และปรับเทียบความถูกต้องของ CEMS เป็นระยะๆ ผู้ควบคุมการทำงานของระบบ CEMS จะต้องทำการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้องทันทีก่อนทำการปรับเทียบต่างๆ เหล่านั้น
- ช่วงที่ทำการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้องให้ดำเนินการขณะโรงงานมีการเดินหน่วยผลิต โดยทำการทดสอบวันละ 1 ครั้ง ทุกๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วันต่อเนื่อง โดยไม่มีการปรับแต่ง ซ่อม หรือบำรุงรักษา CEMS แต่อย่างใด
- การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้องให้ทำการทดสอบที่ 2 ระดับความเข้มข้น คือ ค่าระดับต่ำ (Low-level Value) ซึ่งอยู่ในช่วง 0 ถึงร้อยละ 20 ของค่าระดับสูง (High-level Value) และค่าระหว่างร้อยละ 50 ถึง 100 ของค่าระดับสูง
- ขั้นตอนการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง
  - ทำการฉีดค่าก๊าซอ้างอิง (Reference Gas) หรือใช้ก๊าซเซลที่ระดับความเข้มข้นต่ำและระดับความเข้มข้นสูง บันทึกค่าที่อ่านได้จาก CEMS และค่าก๊าซอ้างอิงหรือก๊าซเซลที่ใช้ทำการทดสอบลงในแบบบันทึก (อ้างอิงบทที่ 5)
  - คำนวณหาค่าค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง ดัง**สมการที่ 3-1** และ**สมการที่ 3-2**

กรณี $SO_2$, $NO_x$, CO, TRS

$$Calibration\ Drift\ (\%) = \frac{C-M}{span\ value} * 100 \qquad \textbf{สมการที่ 3-1}$$

กรณี $O_2$, $CO_2$

$$Calibration\ Drift\ (\%) = C - M \qquad \textbf{สมการที่ 3-2}$$

เมื่อ C = ค่าความเข้มข้นของก๊าซอ้างอิง
M = ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จาก CEMS
Span Value = ค่าความเข้มข้นระดับสูงที่เครื่องมือสามารถทำการตรวจวัดได้

- เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบค่า CD Test แสดงดัง**ตารางที่ 3-1**

**ตารางที่ 3-1 เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบค่า CD Test**

| พารามิเตอร์ | เกณฑ์การยอมรับ |
|---|---|
| $SO_2$, $NO_x$ [1/] | $\pm$ 2.5% of span value |
| CO [2/] | $\pm$ 5.0% of span value |
| $O_2$, $CO_2$ [3/] | $\pm$ 0.5% of reference gas value |
| TRS [4/] | $\pm$ 5.0% of span value |

**ที่มา :** [1/] US. EPA 40 CFR Part 60 Appendix B (PS2), 2012
[2/] US. EPA 40 CFR Part 60 Appendix B (PS4), 2012
[3/] US. EPA 40 CFR Part 60 Appendix B (PS3), 2012
[4/] US. EPA 40 CFR Part 60 Appendix B (PS5), 2012

### 3.4 วิธีการทดสอบความแม่นยำสัมพัทธ์ (Relative Accuracy Test Procedure)

- ให้ทดสอบค่า RA .ในขณะที่โรงงานเดินระบบมากกว่าร้อยละ 50 ของการทำงานปกติหรือตามที่กำหนดไว้ในกฎหมาย เพื่อให้ได้ตามคุณลักษณะการทำงาน ทั้งนี้การทดสอบค่า RA อาจทำได้ในระหว่างที่ทำการทดสอบค่า CD

- วิธีการทดสอบอ้างอิง (Reference method : RM) ให้ใช้วิธีการตรวจวัดการระบายสารมลพิษจากปล่องอ้างอิงตามวิธีการของ U.S. EPA ที่ระบุใน 40 CFR Part 60 Appendix A แสดงดัง**ตารางที่ 3-2 หรือวิธีอื่นที่ผ่านการเห็นชอบ**

**ตารางที่ 3-2วิธีการทดสอบอ้างอิง**

| พารามิเตอร์ | วิธีการทดสอบอ้างอิง |
|---|---|
| $SO_2$ | U.S. EPA Method 6 หรือ 7C |
| $NO_x$ | U.S. EPA Method 7 หรือ 7E |
| CO | U.S. EPA Method 10 |
| $O_2$, $CO_2$ | U.S. EPA Method 3 หรือ 3A |
| TRS | U.S. EPA Method 16, 16A, 16B |

- วิธีการเก็บตัวอย่างสำหรับการทดสอบ RM ให้ใช้วิธีที่ทำให้ได้ผลที่เป็นตัวแทนของการระบายมลพิษออกจากแหล่งกำเนิดและสามารถนำไปหาความความสัมพันธ์กับข้อมูล CEMS โดยกำหนดให้ตรวจวัดก๊าซเจือจาง (Diluent) ความชื้น (ถ้าจำเป็นใช้ในกรณีที่เครื่องตรวจวัดวัดในสภาวะเปียก) และความเข้มข้นของมลพิษไปพร้อมๆ กัน และให้ทำการตรวจวัดค่าความชื้นและก๊าซเจือจางภายในช่วง 30-60 นาทีพร้อมกับตรวจวัดก๊าซมลพิษและอาจนำมาใช้คำนวณหาความเข้มข้นของมลพิษที่สภาวะแห้ง (ไม่มีความชื้น) และอัตราการระบายสารมลพิษได้ และมีการทำบันทึกช่วงเวลาทดสอบเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดสอบ RM พร้อมระบุเวลาที่แน่นอนลงบนแบบบันทึกผล

- ขั้นตอนการทดสอบความแม่นยำสัมพัทธ์ (Relative Accuracy Test Procedure)

  - สำหรับการเก็บตัวอย่างแบบรวม (Integrated Samples) เช่น การเก็บตัวอย่างตามวิธีการของ US.EPA Method 3A 4, 6, 6C, 7E, 10 และ 16 โดยทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างและใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 21 นาที โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างบนพื้นที่หน้าตัด (Transverse Point) แต่ละจุดเท่ากัน

  - สำหรับการเก็บตัวอย่างแบบสุ่ม (Grab Samples) เช่น การเก็บตัวอย่างตามวิธีการของ US.EPA Method 7 โดยทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างและทำการเก็บตัวอย่างบนพื้นที่หน้าตัด (Transverse Point) จุดละ 1 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างพร้อมๆ กัน (ภายใน 3 นาที) โดยทำเก็บตัวอย่างแบบสุ่มอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

- จำนวนของการทดสอบ RM ทำการทดสอบอย่างน้อย 9 ชุด ทั้งนี้ ผู้ทดสอบอาจเลือกทดสอบ RM มากกว่า 9 ชุด โดยตัดค่าผลการทดสอบที่มีค่าสูง 3 อันดับแรกออก แต่ในรายงานจะต้องรายงานข้อมูลทั้งหมด รวมทั้งข้อมูลที่ตัดออก

- การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล RM และ CEMS ให้นำข้อมูลของ CEMS และ RM มาเปรียบเทียบกัน โดยจะต้องเป็นช่วงเวลาเดียวกันซึ่งควรจะพิจารณาระยะเวลาในการตอบสนองของระบบ (Response Time) เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลแต่ละคู่ที่นำมาหาค่าความสัมพันธ์นั้นแสดงผลที่สภาวะเดียวกัน จากนั้นเปรียบเทียบผลเฉลี่ยของค่าจาก CEMS และ RM โดยใช้แนวทางต่อไปนี้

  - ถ้า RM ใช้วิธีเก็บตัวอย่างแบบรวม ให้เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบ RM กับค่าเฉลี่ยของ CEMs โดยตรง

  - ถ้า RM ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบสุ่ม ให้หาค่าเฉลี่ยของผลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างทั้งหมดแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าผลรวมเฉลี่ยของ CEMS ที่ได้จากการบันทึกผลแผ่นบันทึกข้อมูลและระบบอื่นๆ ถ้าความเข้มข้นของมลพิษเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ ผู้ทดสอบอาจคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตสำหรับผลการตรวจวัดของ CEMS ณ เวลาที่เก็บตัวอย่างแบบสุ่มแต่ละตัวอย่าง

- คำนวณหาค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่าง RM และ CEMS ในหน่วยของมาตรฐานมลพิษทางอากาศ, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation), ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Confidence Coefficient) และค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ (RA) โดยมีขั้นตอนการคำนวนดังนี้

  - ค่า CEMS และ RM ต้องอยู่ในสภาวะแห้ง (dry basis) ในกรณีที่เป็นสภาวะเปียก (wet basis) ให้คำนวณเป็นสภาวะแห้ง (dry basis) โดยใช้**สมการที่ 3-3**

$$C_{dry} = \frac{C_{wet}}{1-B_{ws}} \qquad \textbf{สมการที่ 3-3}$$

  - ปรับแก้ความเข้มข้นก๊าซที่สภาวะออกซิเจนส่วนเกิน 7% โดยใช้**สมการที่ 3-4**

$$C_{@7\%O_2} = C\left(\frac{20.9-7}{20.9-\%O_2}\right) \qquad \textbf{สมการที่ 3-4}$$

  - ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) คำนวณได้จากค่าเฉลี่ยเลขคณิตของค่าผลต่าง (d) โดยใช้**สมการที่ 3-5**

$$\bar{\mathrm{d}} = \frac{1}{\mathrm{n}} \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{d_i} \qquad \textbf{สมการที่ 3-5}$$

เมื่อ $\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{di}$ = ผลรวมของค่าผลต่างของข้อมูล

$\mathrm{n}$ = จำนวนของข้อมูล

○ **ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : $S_d$)** โดยใช้**สมการที่ 3-6**

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^2 - \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^{n} d_i\right)^2}{n}\right]}{n-1}} \qquad \textbf{สมการที่ 3-6}$$

○ **สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Confidence Coefficient :CC)** โดยใช้**สมการที่ 3-7** และ**ตารางที่ 3-2**

$$cc = t_{0.975} \frac{S_d}{\sqrt{n}} \qquad \textbf{สมการที่ 3-7}$$

เมื่อ $t_{0.975}$ = t – Value

**ตารางที่ 3-2 แสดงค่า t-Value**

| n-1 | $t_{0.975}$ | n-1 | $t_{0.975}$ | n-1 | $t_{0.025}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12.706 | 12 | 2.179 | 23 | 2.069 |
| 2 | 4.303 | 13 | 2.160 | 24 | 2.064 |
| 3 | 3.182 | 14 | 2.145 | 25 | 2.060 |
| 4 | 2.776 | 15 | 2.131 | 26 | 2.056 |
| 5 | 2.571 | 16 | 2.120 | 27 | 2.052 |
| 6 | 2.447 | 17 | 2.110 | 28 | 2.048 |
| 7 | 2.365 | 18 | 2.101 | 29 | 2.045 |
| 8 | 2.306 | 19 | 2.093 | 30 | 2.042 |
| 9 | 2.262 | 20 | 2.086 | 40 | 2.021 |
| 10 | 2.228 | 21 | 2.080 | 60 | 2.000 |
| 11 | 2.201 | 22 | 2.074 | >60 | 1.960 |

**หมายเหตุ** ค่าในตารางนี้ได้ปรับสำหรับค่าทางสถิติที่ n-1 (n-1 degree of freedom) แล้ว โดย n = จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

- **ความแม่นยำสัมพัทธ์ (Relative Accuracy; RA)**

สมการที่ใช้สำหรับคำนวณค่า RA ของเครื่อง CEMs ที่ใช้ตรวจวัดก๊าซแสดงดัง **สมการที่ 3-8**

$$RA = \frac{[|\bar{d}|+|CC|]}{\overline{RM}} * 100 \qquad \textbf{สมการที่ 3-8}$$

เมื่อ $RA$ = ความแม่นยำสัมพัทธ์

$|\bar{d}|$ = ค่าสมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของผลต่างระหว่าง RM กับ CEMS

$|CC|$ = ค่าสมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

$\overline{RM}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของ RM แต่ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของสารมลพิษระหว่างการทดสอบมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 ของค่ามาตรฐานมลพิษทางอากาศให้แทนที่ $\overline{RM}$ ด้วยค่ามาตรฐานมลพิษทางอากาศ

สมการที่ใช้สำหรับคำนวณค่า RA ของเครื่อง CEMs ที่ใช้ตรวจวัดก๊าซเจือจาง เช่น ออกซิเจน ($O_2$) แสดงดัง**สมการที่ 3-9**

$$RA = |\bar{d}| \qquad \textbf{สมการที่ 3-9}$$

เมื่อ $RA$ = ความแม่นยำสัมพัทธ์

$|\bar{d}|$ = ค่าสมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของผลต่างระหว่าง RM กับ CEMs

- เกณฑ์การยอมรับผลการทดสอบค่า RA Test

ผลการคำนวณค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ (RA) ของเครื่อง CEMS ต้องมีค่าไม่เกินเกณฑ์กำหนดของค่าเฉลี่ยของการทดสอบด้วยวิธีอ้างอิง (RM) แสดงดัง**ตารางที่ 3-4**

**ตารางที่ 3-4 เกณฑ์การยอมรับค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ (RA)**

| พารามิเตอร์ | เกณฑ์การยอมรับ | |
|---|---|---|
| | เทียบกับ RM | เทียบกับมาตรฐานมลพิษอากาศ* |
| $SO_2$, $NO_X$ [1/] | 20% | 10% |
| CO [2/] | 10% | 5% |
| $O_2$ [3/] | 1.0% $O_2$ | - |
| $CO_2$ [3/] | 1.0% $CO_2$ | - |
| TRS [4/] | 20% | 10% |

**หมายเหตุ** * กรณีค่าเฉลี่ยของ RM ระหว่างการทดสอบมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 ของค่ามาตรฐานมลพิษทางอากาศ

**ที่มา :** [1/] US. EPA 40 CFR Part 60 Appendix B (PS2), 2012

[2/] US. EPA 40 CFR Part 60 Appendix B (PS4), 2012

[3/] US. EPA 40 CFR Part 60 Appendix B (PS3), 2012

[4/] US. EPA 40 CFR Part 60 Appendix B (PS5), 2012

## 3.5 วิธีที่เป็นทางเลือกอื่น (Alternative Procedure)

3.5.1 ข้อกำหนดการเลือกใช้วิธีที่เป็นทางเลือกอื่น*

- วิธีนี้สามารถนำไปปฏิบัติใช้ได้ ถ้าผู้ประกอบการสามารถพิสูจน์ได้ว่าอัตราการระบายมลสารที่ปล่อยออกมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 ของค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ หรือ ในกรณีที่พิสูจน์ได้ว่าอุปกรณ์ระบบบำบัดมลพิษนั้นสามารถควบคุมการระบายมลพิษอากาศให้น้อยกว่าร้อยละ 50 ของค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้
- ผู้ประกอบกิจการต้องเดินระบบให้อัตราการระบายอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด หากไม่สามารถปฏิบัติได้ต้องแจ้งหน่วยงานควบคุม โดยชี้แจงข้อมูลผลการตรวจวัดพร้อมอธิบายสาเหตุภายใน 10 วัน ซึ่งหน่วยงานควบคุมจะทำการพิจารณาและอาจยกเลิกการอนุญาตให้ใช้วิธีที่เป็นทางเลือกอื่น

3.5.2 ขั้นตอนการทำวิธีที่เป็นทางเลือกอื่น

อ้างถึง US. EPA 40 CFR Part 60 Appendix B (PS2), 2012 โรงงานต้องทำการตรวจสอบสถานะของ CEMS ตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในคู่มือของผู้ผลิต การตรวจสอบนี้ควรตรวจสอบการทำงานของแหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์รับสัญญาณตรวจวัด กลไกการจับเวลา ระบบการจัดเก็บและจัดการข้อมูล การบันทึกข้อมูล อุปกรณ์การทำงานที่มีกลไก (เช่น การเคลื่อนของกระจก อุปกรณ์ให้ความร้อนแก่ท่อชักตัวอย่างอากาศ ส่วนดักจับความชื้นและอุปกรณ์อื่นๆ ของ CEMS ทุกส่วนของ CEMS ควรทำงานอย่างเหมาะสมก่อนที่จะทำการทดสอบค่า RA โดยใช้วิธีการที่เป็นทางเลือกอื่นดังนี้

1) ดำเนินการทดสอบส่วนอุปกรณ์การตรวจวัดของ CEMS ทั้งการตรวจวัดสารมลพิษและก๊าซเจือจาง (ถ้ามี) ด้วยก๊าซสำหรับปรับเทียบความถูกต้องที่ทราบความเข้มข้น หรือเซลสำหรับปรับเทียบที่ทราบค่าการตอบสนองโดยตรวจเช็ค 2 ระดับ โดยเลือกช่วงการตรวจวัดดัง**ตารางที่ 3-5**

หมายเหตุ * อ้างถึงย่อหน้า 60.13 (j) (1) และ (2) ของ 40 CFR Part 60, 2012

**ตารางที่ 3-5 ช่วงการตรวจวัด**

| จุดที่ | ช่วงการตรวจวัดสำหรับสารมลพิษ ($SO_2$, $NO_x$, CO, TRS) | ช่วงการตรวจวัดสำหรับก๊าซเจือจาง | |
|---|---|---|---|
| | | $CO_2$ | $O_2$ |
| 1 | ร้อยละ 20-30 ของช่วงการตรวจวัด | ร้อยละ 5-8 โดยปริมาตร | ร้อยละ 4-8 โดยปริมาตร |
| 2 | ร้อยละ 50-60 ของช่วงการตรวจวัด | ร้อยละ 10-14 โดยปริมาตร | ร้อยละ 8-12 โดยปริมาตร **หมายเหตุ:** Gas Turbine กำหนดเป็นร้อยละ 12-15 โดยปริมาตร |

2) ให้ใช้ก๊าซหรือเซลสำหรับการปรับเทียบการตรวจวัดจุดที่ 1 และจุดที่ 2 แยกกันทดสอบ CEMS จุดละ 3 ครั้ง และบันทึกค่าตอบสนองของเครื่องในแต่ละจุดด้วย เมื่อเสร็จสิ้นแล้วให้หาค่าเฉลี่ยของการตอบสนอง 3 ค่า สำหรับการคำนวณหาค่า RA

3) ให้เดิน CEMS ตรวจวัดตามปกติ (Normal Sampling Mode) หากใช้การทดสอบด้วยก๊าซให้เปิดก๊าซผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ แผ่นกรองต่างๆ อุปกรณ์สครับเบอร์ เครื่องปรับสภาพ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง โดยเฉพาะท่อชักตัวอย่างอากาศ (Probe) หากใช้เซลปรับเทียบความถูกต้องระหว่างการประเมิน RA ให้ทดสอบผ่านอุปกรณ์ CEMS ที่ใช้ในการตรวจวัดตามปกติ ไม่ควรลัดผ่านอุปกรณ์บางส่วน

อุปกรณ์ที่กล่าวถึงนี้รวมแหล่งกำเนิดแสง เลนส์ ตัวรับสัญญาณ และเซลอ้างอิง (Reference Cells) นอกจากนี้ การทดสอบ CEMS แต่ละจุดต้องทดสอบในระยะเวลาที่เพียงพอ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าได้เกิดปฏิกิริยาดูดซับ-คายออก (Adsorption-Desorption Reaction) ภายในเครื่องได้อย่างสมบูรณ์

4) ก๊าซสำหรับปรับเทียบความถูกต้องที่ใช้ต้องมีใบรับรองหรือผ่านการรับรองมาตรฐานให้สามารถใช้สำหรับทำการทดสอบค่า Alternative RA ได้โดยตรง เช่น National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaseous Standard Reference Material (SRM), หรือ NIST/EPA Manufacturer's Certified Reference Material (CRM) ตาม EPA Traceability Protocol Number 1

5) เซลล์สำหรับการปรับเทียบความถูกต้อง ต้องได้รับการรับรองจากผู้ผลิตในการผลิตเซลล์ที่ทราบค่าการตอบสนอง การออกใบรับรองต้องรวมถึงการกำหนดค่าการตอบสนองของ CEMS ที่ใช้เซลล์ปรับเทียบความถูกต้องสร้างสัญญาณ โดยเทียบค่าที่ได้กับค่าความเข้มข้นที่ทราบค่าแน่นอนของก๊าซสำหรับปรับเทียบความถูกต้อง ซึ่งทดสอบในห้องปฏิบัติการ หรือใช้วิธีการอ้างอิง RM ณ ปล่องที่ติดตั้ง CEMS ทั้งนี้รายละเอียดขั้นตอนในการออกใบรับรองเซลล์สำหรับปรับเทียบต้องนำเสนอตามประกาศของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

6) ค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของก๊าซสำหรับปรับเทียบความถูกต้องและค่าที่ CEMS ตรวจวัดได้จะใช้ในการประเมินค่าความแม่นยำของ CEMS โดยคำนวณจากสมการดังนี้

6.1 สำหรับสารมลพิษที่ตรวจวัดโดย CEMS คำนวณค่า RA โดยใช้**สมการที่ 3-10**

$$RA = \left|\frac{d}{AC} * 100\right| \leq 15\% \qquad \textbf{สมการที่ 3-10}$$

เมื่อ d = ค่าเฉลี่ยผลต่างระหว่างค่าที่อ่านได้จาก CEMS และความเข้มข้นที่ทราบค่า

AC = ความเข้มข้นจากถังก๊าซสำหรับปรับเทียบความถูกต้อง หรือก๊าซเซลล์ปรับเทียบ

RA = Alternative RA

6.2 สำหรับก๊าซเจือจางคำนวณค่า RA โดยใช้**สมการที่ 3-11**

$$RA = |d| \leq 0.7\% O_2 \text{ หรือ } CO_2 \qquad \textbf{สมการที่ 3-11}$$

<u>หมายเหตุ</u> หากต้องการที่จะใช้วิธีอื่นในการทดสอบค่า RA ก็จะต้องทำการทดสอบค่า CD หรือการทดสอบอื่นๆ ตามที่กำหนดไว้ การรายงานข้อมูลจาก CEMS และรายงานผลการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนของ CEMS จากที่ปรับไว้ (Drift Check) หรือการตรวจสอบความถูกต้องของระบบ (Audit)

## 3.6 ระบบติดตามตรวจวัดอัตราการระบายมลพิษ (Continuous Emission Rate Monitoring System: CERMS)

### 3.6.1 การเลือกจุดติดตั้งและตำแหน่งติดตั้ง

การเลือกจุดติดตั้งและตำแหน่งติดตั้งให้เป็นไปตามข้อ 3.1.1 และ 3.1.2 ช่วงการตรวจวัดให้เป็นไปตามข้อ 3.2

### 3.6.2 วิธีการทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง (CD)

- ทำการตรวจวัดค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง (CD) เพื่อประเมินการทำงานของระบบ CERMS ให้เป็นไปตามการปรับเทียบความถูกต้องสำหรับการตรวจวัดอัตราการระบายสารมลพิษ ดังนั้นไม่ว่าการปรับค่าศูนย์หรือปรับเทียบความถูกต้องเป็นแบบอัตโนมัติหรือไม่ ให้ทำการทดสอบค่า CD ก่อนการปรับดังกล่าวหรือโดยวิธีอื่นใดที่สามารถหาค่า CD ได้
- ทำการทดสอบค่า CD สำหรับพารามิเตอร์สารมลพิษ ที่ระดับความเข้มข้นสองระดับตามข้อ 3.2.4
- สำหรับค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ที่ทำการตรวจวัดโดย CERMS เช่น ค่าความเร็วของอากาศ (Velocity) และค่าความดันอากาศ (Pressure) ให้ทำการทดสอบค่า CD โดยใช้สเกลสองช่วงเหมือนกันคือ ช่วงหนึ่งมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 20 ของค่าตรวจวัดระดับสูง และอีกช่วงค่าสูงเป็นค่าระหว่างร้อยละ 50 ถึง 100 ของค่าตรวจวัดระดับสูง จากนั้นให้เปิดสัญญาณอ้างอิงเข้าสู่ CERMS แล้วบันทึกค่าที่ระบบอ่านได้แต่ละค่าแล้วนำมาหักลบออกจากค่าอ้างอิง แสดงดัง**ตารางที่ 3-6**

### 3.6.3 วิธีการทดสอบความแม่นยำสัมพันธ์ (RA Test Procedure)

- วิธีการเก็บตัวอย่าง สำหรับการทดสอบ RM ความสัมพันธ์ระหว่าง RM และข้อมูลจาก CERMS จำนวนครั้งที่ทำการทดสอบ RM และการคำนวณต่างๆให้เป็นไปตามข้อ 3.4 สรุปข้อมูลต่างๆลงในแบบฟอร์มบันทึกข้อมูล ในตารางที่ **ตารางที่ 3-6** การทดสอบค่า RA สามารถทำได้ในขณะที่ทำการทดสอบค่า CD
- วิธีการทดสอบอ้างอิง (RM) ให้ใช้วิธีที่ 2, 2A, 2B, 2C และ 2D เป็นวิธีอ้างอิงสำหรับการหาค่าอัตราการไหลเพื่อให้ได้ปริมาตรของอากาศที่เหมาะสม ส่วนวิธีการอ้างอิงสำหรับก๊าซมลพิษต่างๆ ให้เป็นไปตามวิธีการที่กฎหมายกำหนดหรือวิธีหน่วยงานควบคุมอนุญาติ
- ค่า RA ของ CERMS ไม่ควรเกินร้อยละ 20 ของค่าเฉลี่ยของข้อมูลการทดสอบ RM ในหน่วยของค่ามาตรฐานการระบายสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดหรือร้อยละ 10 ของมาตรฐานที่ใช้

**ตารางที่ 3-6 การประเมินความถูกต้องของอัตราการระบายมลพิษแบบต่อเนื่อง**

| เลขที่ | วันที่ | เวลา | อัตราการระบายมลพิษ (กก./ชม.) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ค่าตรวจวัดของ CERMS (C) | ค่าอ้างอิงมาตรฐาน (RMs) | ค่าความแตกต่าง (RMs-CERMS) |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |

หมายเหตุ RMs และ CERMS ให้ปรับเทียบที่สภาวะมาตรฐานเดียวกัน ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น และอื่นๆ

## 3.7 ข้อกำหนดการติดตั้ง COMS ของการตรวจวัดค่าความทึบแสง (Installation and Measurement Location and Specification of Gas)

### 3.7.1 ตำแหน่งติดตั้ง COMS (Measurement Location)

(1) เป็นจุดที่อากาศผ่านอุปกรณ์กำจัดมลพิษทางอากาศแล้ว หรือเป็นจุดด้านปลายทิศทางการไหลอากาศจากอุปกรณ์กำจัดมลพิษทางอากาศ ด้วยระยะห่างอย่างน้อย 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปล่องหรือท่อโดยวัดจากอุปกรณ์กำจัดมลพิษทางอากาศหรือจุดที่อากาศมีความปั่นป่วนในปล่องหรือท่อ และห่างอย่างน้อยสองเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องหรือท่อโดยวัดจากจุดที่อากาศมีความปั่นป่วนในปล่องหรือท่อที่อยู่ด้านต้นทิศทางการไหลอากาศ

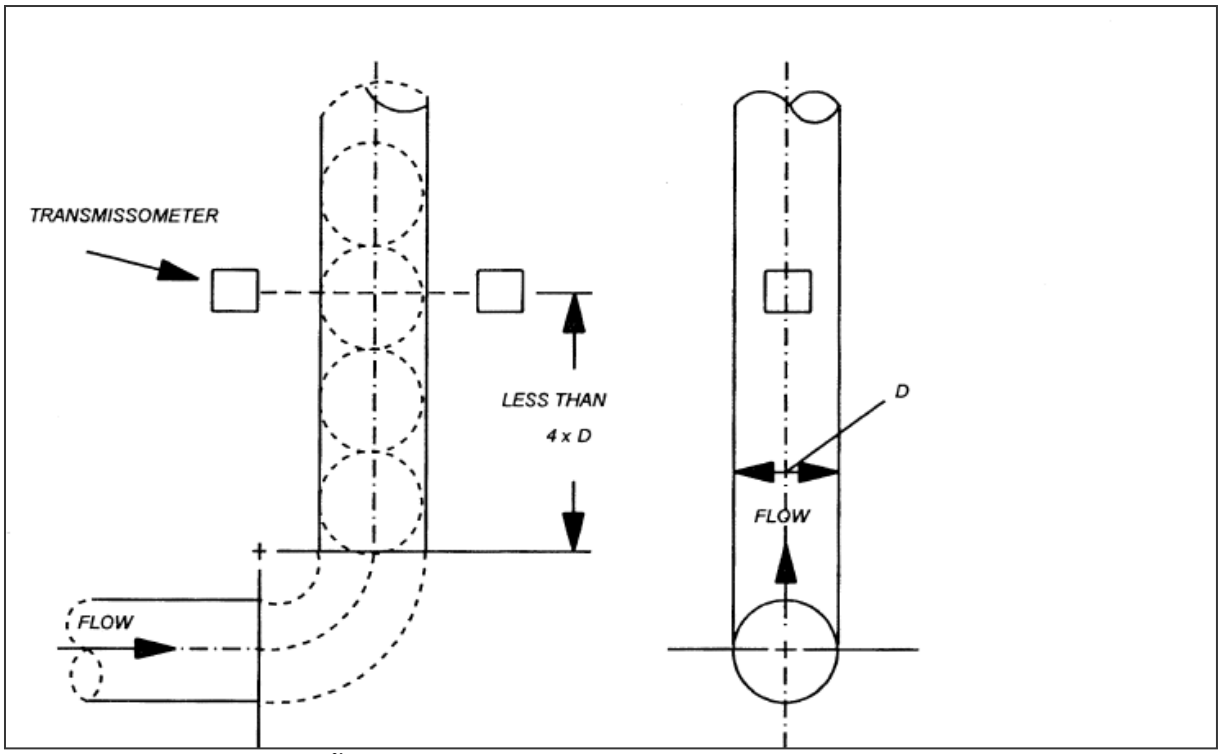
(2) เป็นจุดที่ไม่มีไอน้ำควบแน่น เนื่องจากไอน้ำเป็นปัจจัยรบกวนที่สำคัญในการตรวจวัด

(3) เป็นจุดที่ไม่มีลำแสงอื่นรบกวน

(4) เป็นจุดที่สะดวกในการเข้าทำการบำรุงรักษาหรือเข้าถึงเครื่องตรวจวัดได้โดยง่าย เพื่อเข้าทำความสะอาดเลนส์ ตรวจสอบการปรับแนวแสง ตรวจสอบการปรับเทียบความถูกต้อง ฯลฯ

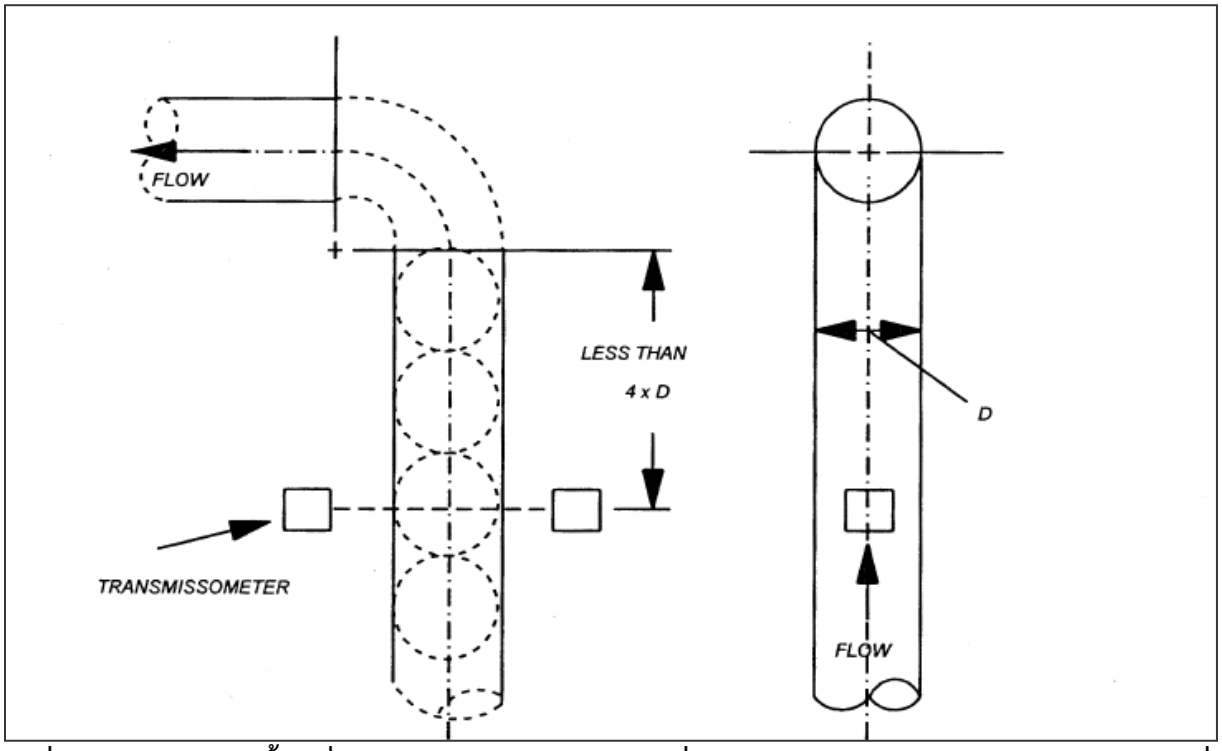
### 3.7.2 แนวเส้นการตรวจวัด (Light Beam Path)

ให้ทำการเลือกแนวเส้นตรวจวัดที่ผ่านบริเวณกึ่งกลางของปล่องหรือท่อซึ่งมีอากาศในปล่องผสมกันดีโดยคำนึงถึงจุดที่ก๊าซมีความปั่นป่วน (Turbulence) และมีระยะเวลาการผสมที่เพียงพอ (Sufficient mixing time) ตำแหน่งของแนวเส้นการตรวจวัดแสดงดัง**รูปที่ 3-7** ถึง**รูปที่ 3-11** ดังรายละเอียดต่อไปนี้



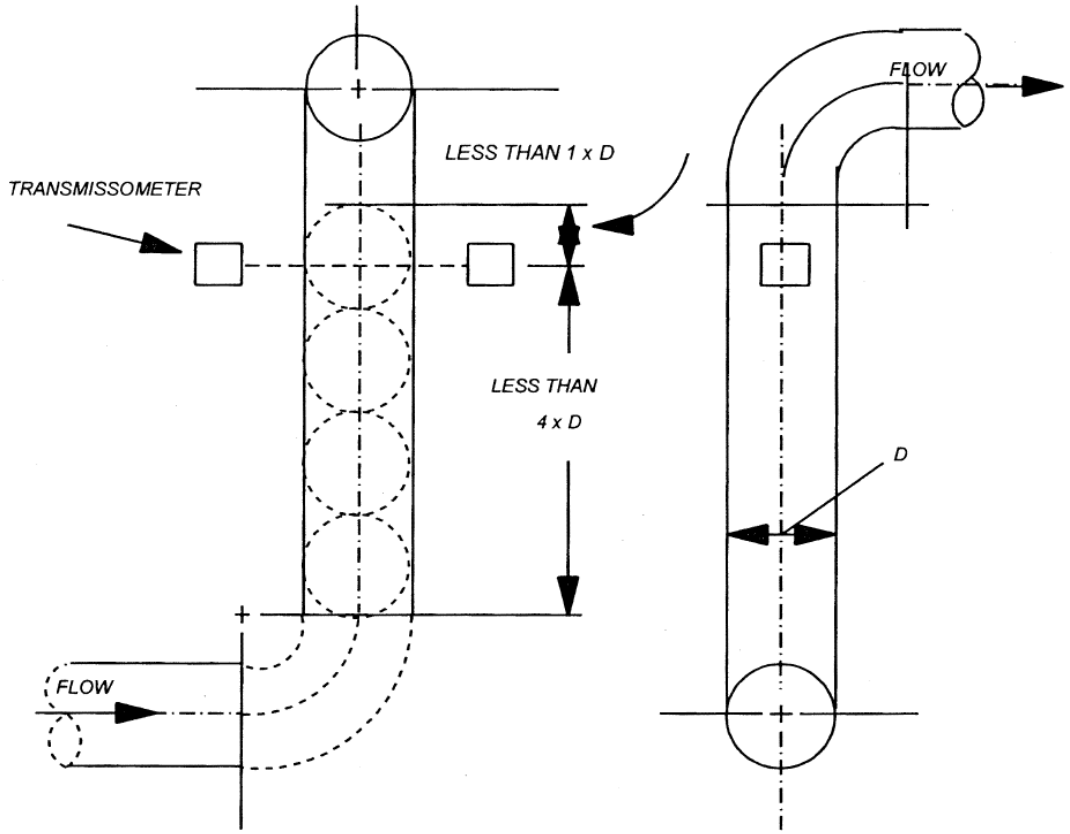

**รูปที่ 3-7 ตำแหน่งติดตั้งเครื่อง Transmissometer ซึ่งอยู่ปลายทิศทางการไหลของอากาศที่ระบายออกจากปล่องนับจากข้องอของปล่องแนวตั้งฉาก**

จาก**รูปที่ 3-7** แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่อง Transmissometer ซึ่งอยู่ปลายทิศทางการไหลของอากาศที่ ระบายออกจากปล่อง นับจากข้องอของปล่องแนวตั้งฉาก โดยตำแหน่งของจุดตรวจวัดในแนวตั้ง (Vertical) บนปล่องหรือท่อ ซึ่งมีระยะน้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่อง ท่อ ทางด้านปลายทิศทางการไหลของอากาศ (Downstream) จากข้องอ และตำแหน่งของเส้นตรวจวัดอยู่ในระนาบขนานกับข้องอ ด้านต้นทิศทางการไหลของอากาศ (Upstream)



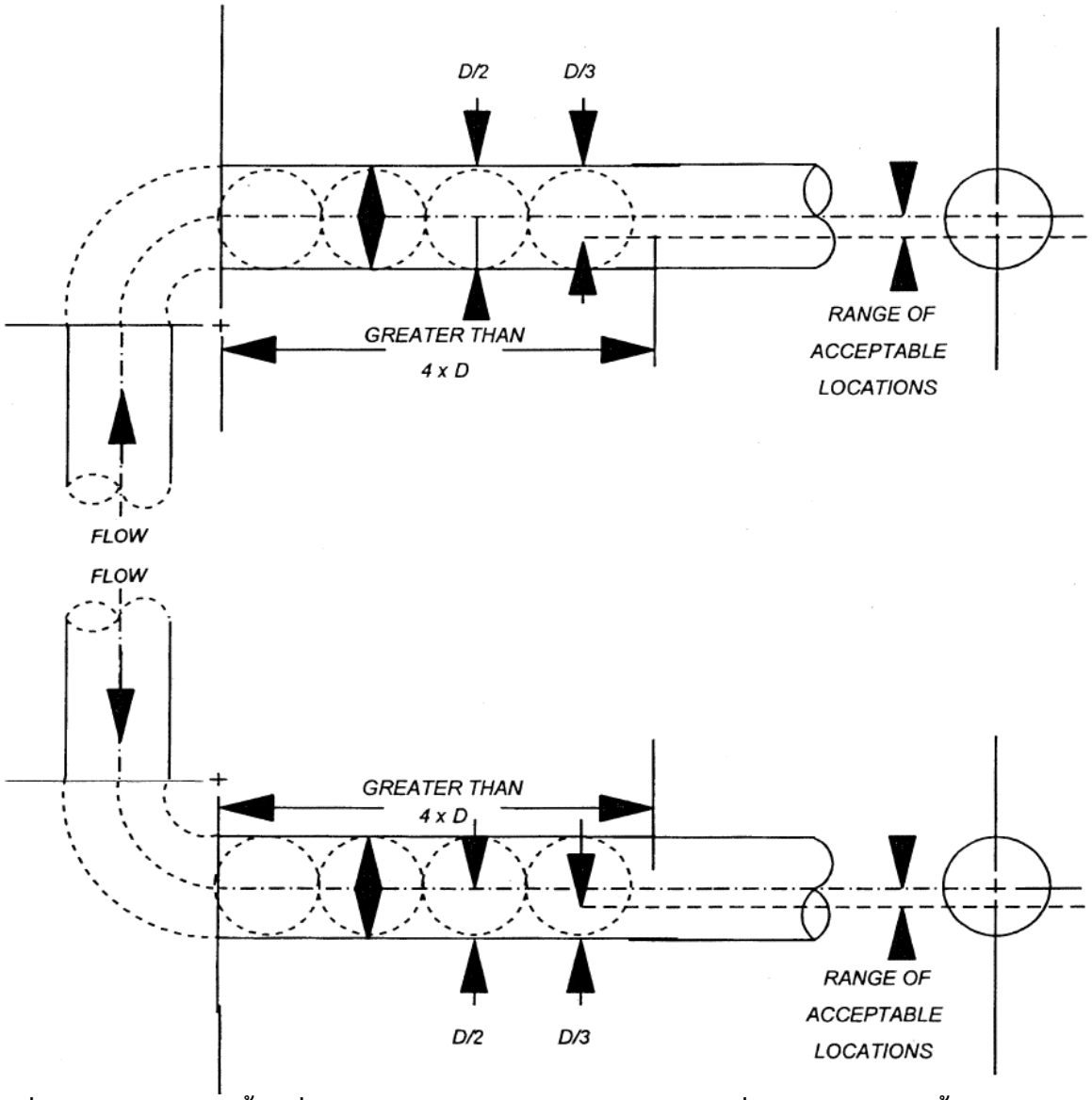

**รูปที่ 3-8 ตำแหน่งติดตั้งเครื่อง Transmissometer ซึ่งอยู่ด้านบนของทิศทางการไหลของอากาศที่ระบายออกจากปล่อง นับจากข้องอของปล่องแนวตั้งฉาก**

จาก**รูปที่ 3-8** แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่อง Transmissometer ซึ่งอยู่ด้านบนของทิศทางการไหลของอากาศที่ระบายออกจากปล่อง นับจากข้องอของปล่องแนวตั้งฉาก ตำแหน่งของจุดตรวจวัดอยู่ในแนวตั้ง (Vertical) บนปล่องหรือท่อ น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่อง ท่อด้านต้นทิศทางการไหลของอากาศ (Upstream) จากข้องอ และตำแหน่งของเส้นแนวตรวจวัดอยู่ในระนาบซึ่งขนานกับข้องอ ด้านปลายทิศทางการไหลของอากาศ (Downstream)



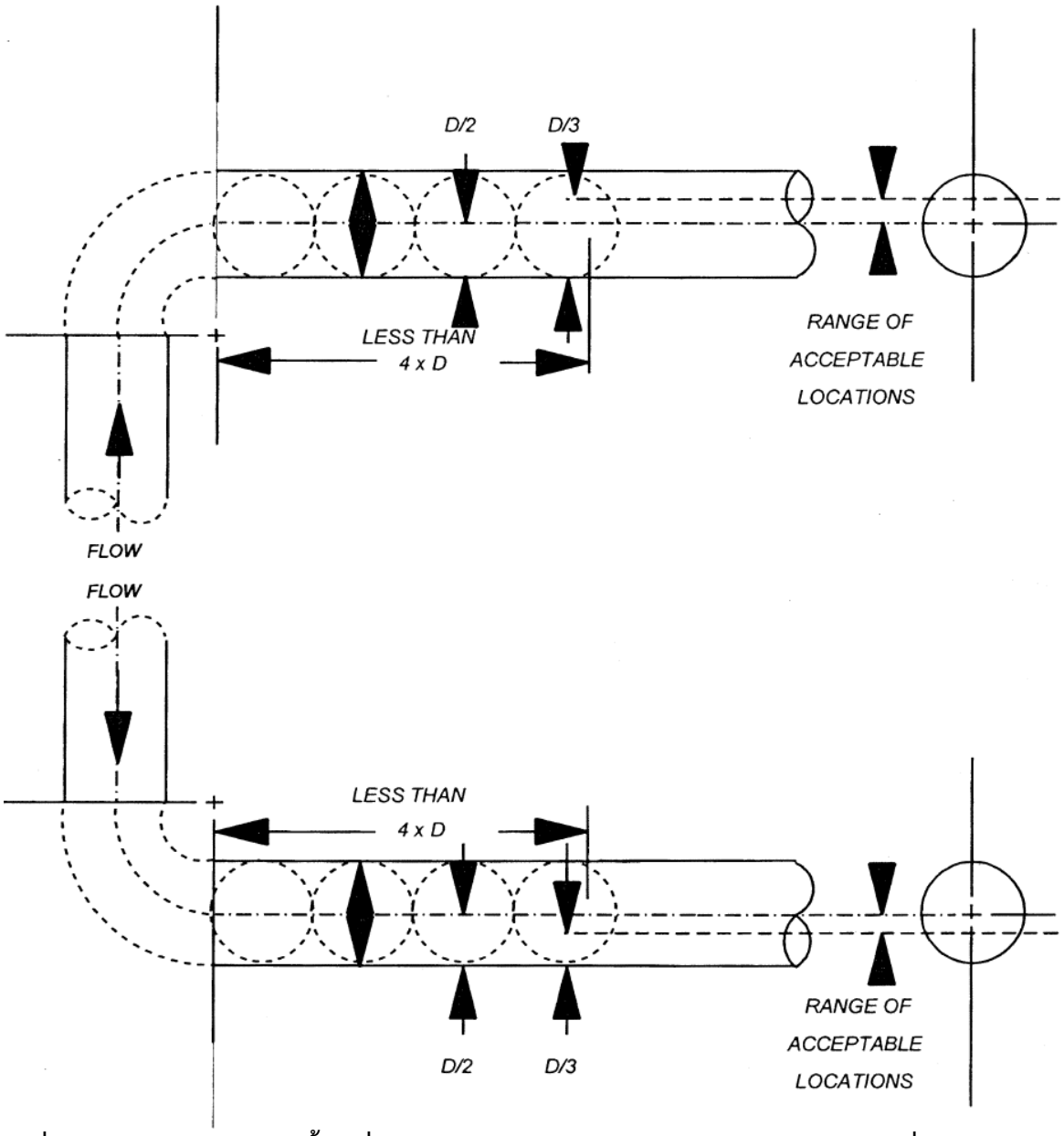

**รูปที่ 3-9 ตำแหน่งติดตั้งเครื่อง Transmissometer ระหว่างข้องอตั้งฉาก 2 ข้อ**

จาก**รูปที่ 3-9** แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่อง Transmissometer ระหว่างข้องอตั้งฉาก 2 ตำแหน่งของจุดตรวจวัดบริเวณข้อแนวตั้ง (Vertical) บนปล่องหรือท่อ น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปล่อง ท่อด้านปลายทิศทางการไหลของอากาศ (Downstream) และน้อยกว่า 1 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางของปล่องหรือท่อจากข้องอ และตำแหน่งของเส้นแนวตรวจวัดอยู่ในระนาบซึ่งขนานกับข้องอด้านต้นทิศทางการไหลของอากาศ (Upstream)




**รูปที่ 3-10 ตำแหน่งติดตั้งเครื่อง Transmissometer ในแนวนอน ซึ่งอยู่ห่างจุดหักงอตั้งฉากมากกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปล่อง**

จาก**รูปที่ 3-10** แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่อง Transmissometer ในแนวนอน ซึ่งอยู่ห่างจุดหักงอตั้งฉากมากกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปล่อง โดยตำแหน่งขอจุดตรวจวัดแนวนอน (Horizontal) บนปล่องหรือท่อ อย่างน้อย 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางบนปล่องหรือท่อด้านปลายทิศทางการไหลของอากาศ จากข้องอตั้งฉากตรง อยู่ในแนวนอนระหว่าง 1/3 และ 1/2 ของแกนที่ตั้งฉากกับผนังด้านล่างของปล่องหรือท่อ




**รูปที่ 3-11 ตำแหน่งติดตั้งเครื่อง Transmissometer ในปล่องแนวนอน ซึ่งอยู่ห่างจุดหักงอตั้งฉากน้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปล่อง**

จาก**รูปที่ 3-11** แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่อง Transmissometer ในปล่องแนวนอน ซึ่งอยู่ห่างจุดหักงอ ตั้งฉากน้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปล่อง ตำแหน่งของจุดตรวจวัดแนวนอน (Horizontal) บนปล่องหรือท่อ น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางบนปล่องหรือท่อด้านปลายทิศทางการไหลของอากาศจากข้องอตั้งฉากตรง

<u>กรณีอากาศไหลขึ้น</u> อยู่ในแนวนอนระหว่าง 1/2 และ 2/3 ของแกนที่ตั้งฉากกับผนังด้านล่างของปล่องหรือท่อ

<u>กรณีอากาศไหลลง</u> อยู่ในแนวนอนระหว่าง 1/3 และ 1/2 ของแกนที่ตั้งฉากกับผนังด้านล่างของปล่องหรือท่อ

### 3.7.3 วิธีทางเลือกอื่นของจุดตรวจวัดและตำแหน่งติดตั้ง (Alternative Location and Light Beam Paths)

ในกรณีที่จุดตรวจวัดและแนวตรวจวัดไม่เป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้น ให้สามารถเลือกจุดติดตั้งและตำแหน่งตรวจวัดได้โดยพิจารณาตามเกณฑ์ดังนี้

- ค่าความทึบแสงที่วัดได้จากจุดทางเลือกอื่น (Alternative Location) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 10 ของค่าเฉลี่ยการตรวจวัดที่เป็นไปตามข้อกำหนดจุดติดตั้ง (เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความทึบแสงจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.5.2
- ค่าความแตกต่างค่าความทึบแสงเฉลี่ยระหว่างจุดทางเลือกอื่น กับจุดที่เป็นไปตามข้อกำหนดในหัวข้อ 3.5.2 มีค่าความแตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 2 (ค่าสัมบูรณ์)
- การตรวจวัดเปรียบเทียบค่าความทึบแสงระหว่างตำแหน่งตรวจวัดสองตำแหน่งใด ๆ ให้ตรวจวัดเป็นระยะเวลาอย่างน้อยครอบคลุมช่วงเวลาการผลิตปกติเช่น 180 นาที เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบได้อย่างเหมาะสม หากการตรวจวัดทั้งสองตำแหน่งทำในเวลาที่ต่างกันจะต้องมีเงื่อนไขของช่วงการผลิตที่เท่ากันและเหมือนกัน

### 3.7.4 วิธีการตรวจสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่อง (Field Audit Performance Test)

หลังจากติดตั้งเครื่องวัดความทึบแสง จะต้องมีวิธีการและขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

1) การตรวจสอบความผิดพลาดของการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration Error Check: CE) โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

- ทดสอบความผิดพลาดในการปรับเทียบความถูกต้อง 3 ค่าด้วยอุปกรณ์ลดทอนแสง 3 อัน ซึ่งเป็นชนิดค่าความทึบแสงจากลำแสงเดี่ยว จากนั้นปรับความยาวลำแสงตรวจวัด ณ ปลายปล่อง (Single Pass Opacity) โดยดูจากค่ามาตรฐานหรือค่าที่กำหนดควบคุมระดับความทึบแสงจากปล่องหรือท่อแสดงดัง**ตารางที่ 3-7 และตารางที่ 3-8**
- ถ้าค่ามาตรฐานกำหนดไว้ต่ำกว่า ร้อยละ 10 ให้เลือกช่วงเกณฑ์ความทึบแสงร้อยละ 10-19

**ตารางที่ 3-7 แสดงค่าอุปกรณ์ลดทอนแสง สำหรับปรับเทียบความถูกต้อง**

| ช่วงของการตรวจวัด (Span Value) (% Opacity) | ความหนาแน่นของแสง (Opacity Density) ในอุปกรณ์ลดทอนแสงที่ปรับเทียบความถูกต้องแล้ว (เป็นค่าเทียบเท่าความทึบแสงที่อยู่ในวงเล็บ ,$D_2$) | | |
|---|---|---|---|
| | ช่วงต่ำ | ช่วงกลาง | ช่วงสูง |
| 40 | 0.05(11) | 0.1(20) | 0.2(37) |
| 50 | 0.1(20) | 0.2(37) | 0.3(50) |
| 60 | 0.1(20) | 0.2(37) | 0.3(50) |
| 70 | 0.1(20) | 0.3(50) | 0.4(60) |
| 80 | 0.1(20) | 0.3(50) | 0.6(75) |
| 90 | 0.1(20) | 0.4(60) | 0.7(80) |
| 100 | 0.1(20) | 0.4(60) | 0.9(87.5) |

**ตารางที่ 3-8 แสดงการปรับเทียบมาตรฐานค่าควบคุมของความทึบแสง**

| มาตรฐาน/ค่าควบคุม ของแหล่งกำเนิด | มาตรฐานความทึบแสง 10-19% | มาตรฐานความทึบแสง≥ 20% |
|---|---|---|
| การปรับเทียบระดับต่ำ | 5-10 % | 10-20% |
| การปรับเทียบระดับกลาง | 10-20 % | 20-30% |
| การปรับเทียบระดับสูง | 20-40% | 30-40% |

2) การตรวจสอบระยะเวลาการตอบสนองของระบบ (System Response Time Check)

- ใส่อุปกรณ์ลดทอนแสงปรับเทียบความถูกต้องช่วงสูง (High Level) ลงในช่องของอุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้องจากภายนอก (External Audit Device)
- จับเวลาที่เครื่องวัดค่าความทึบแสงใช้ในการแสดงผลค่าความทึบแสงเป็น 95 % ของค่าอุปกรณ์ลดทอนแสงปรับเทียบความถูกต้อง บันทึกระยะเวลาดังกล่าวไว้เป็นระยะเวลาตอบสนองช่วงระดับสูง ทำซ้ำกันอย่างน้อย 5 ครั้ง
- นำอุปกรณ์ลดทอนแสงออกและจับเวลาจนกระทั่งค่าตรวจวัดมีค่าอยู่ที่ 5% ของค่าอุปกรณ์ลดทอนแสงปรับเทียบความถูกต้อง บันทึกระยะเวลาดังกล่าวเป็นระยะเวลาตอบสนองช่วงระดับต่ำ ทำซ้ำกันอย่างน้อย 5 ครั้ง
- บันทึกระยะเวลาการตอบสนองของระบบลงในตาราง
- หาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการตอบสนองช่วงระดับสูงและระดับต่ำทั้ง 5 ครั้ง และรายงานผลระยะเวลาการตอบสนองทั้งสองช่วง

3) การตรวจสอบการบันทึกและช่วงการเฉลี่ยผล (Average Period Calculation and Recording Check)

- หลังตรวจสอบ CE แล้ว ให้ทำการตรวจสอบช่วงการเฉลี่ยผลที่กำหนดไว้ (เช่น กำหนดการเฉลี่ยไว้ 6 นาที)
- ทดสอบโดยใช้แผ่นอุปกรณ์ลดทอนแสง ทั้งระดับต่ำ กลาง และสูง ที่ใช้ทดสอบ CE ใส่เข้ากับอุปกรณ์ตรวจสอบความถูกต้องจากภายนอก (External Audit Device) ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 เท่าของระยะเวลาเฉลี่ยรวมกับอีก 1 นาที
- เปรียบเทียบค่าความทึบแสงของแต่ละแผ่นลดทอนแสงที่ใช้ ซึ่งคำนวณปรับความยาวลำแสงแล้วกับผลเฉลี่ยที่อ่านได้จากเครื่องบันทึกตามช่วงเวลาเฉลี่ยที่กำหนด

### 3.7.5 ช่วงการทดสอบการทำงานของเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่อง (Operation Test Period)

ก่อนที่จะทดสอบการทำงานของเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่อง (Operation Test Period) จะต้องผ่านการตรวจสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่อง (Field Audit Performance Test) โดยให้เดินเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่อง (COMS) ตามวิธีการที่ระบุไว้ในคู่มือของผู้ผลิต ในขณะที่มีการทำงานที่อัตราการผลิตปกติ เพื่อตรวจวัดความทึบแสงของอากาศเสียที่ปล่อยทิ้ง พร้อมบันทึกผลความทึบแสงที่อ่านจาก COMS เก็บไว้เป็นหลักฐานเป็นเวลา 168 ชั่วโมง หากการทำงานที่อัตราการผลิตปกติมีช่วงการหยุดการผลิตตามปกติก็สามารถรวมช่วงเวลาการหยุดการผลิต ทั้งนี้เจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ ผู้รับจ้างให้บริการ ผู้ควบคุมหรือหน่วยงานของรัฐต้องนับรวมระยะเวลาดังต่อไปนี้รวมอยู่ในช่วงการทดสอบการทำงานของ COMS ด้วย คือ

(1) สำหรับแหล่งกำเนิดที่มีการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง จะต้องรวมระยะเวลอย่างน้อย 1 ชั่วโมงเต็มของการทำงานที่อัตราการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องไว้ใน 168 ชั่วโมงด้วย เว้นแต่การผลิตแบบไม่ต่อเนื่องนั้นมีระยะเวลายาวกว่า 168 ชั่วโมง
(2) สำหรับแหล่งกำเนิดที่มีการผลิตแบบต่อเนื่องหน่วยการผลิตต้องเดินการผลิตไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของระยะเวลา 168 ชั่วโมง

การนับระยะเวลาช่วงการทดสอบการทำงานของ COMS จะไม่รวมเวลาการตรวจสอบและปรับเทียบความถูกต้องทั้งค่าศูนย์และค่าความคลาดเคลื่อนช่วงการตรวจวัดระดับสูง (Upscale) และในช่วงระหว่างนี้ต้องไม่มีการซ่อมบำรุง ซ่อมแซมหรือการปรับใดๆ ที่ไม่มีกำหนดในแผนไว้ล่วงหน้า แต่หากเป็นการปรับศูนย์ปรับเทียบความถูกต้องแบบอัตโนมัติของเครื่องซึ่งไม่มีการรบกวนของผู้ใด ให้สามารถมีได้โดยอิสระ

เมื่อสิ้นสุดช่วงการทดสอบการทำงานของ COMS แล้วให้ทำการตรวจสอบและบันทึกค่าการปรับความตรงของลำแสงของ COMS ว่ายังคงอยู่ในเกณฑ์ถูกต้อง ทั้งนี้หากช่วงเวลาการทดสอบการทำงานของ COMSได้สะดุดด้วยเหตุความขัดข้อง COMS ให้บันทึกเวลาที่เครื่องขัดข้องและหลังจากทำการแก้ไข ทำความสะอาดหรือปรับแต่ง COMS ให้ทำงานได้เป็นปกติแล้วให้เริ่มต้นนับระยะเวลา 168 ชั่วโมงใหม่เป็นชั่วโมงที่ 0

ในช่วงการทดสอบการทำงานของ COMS ให้ทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบศูนย์ (Zero Calibration Drift Test) และค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบช่วงการตรวจวัดระดับสูง (Upscale Calibration Drift Test) ดังต่อไปนี้

1) ทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบศูนย์ (Zero Calibration Drift Test)

- เริ่มต้นช่วงการทดสอบการทำงานของเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่อง และทุก ๆ 24 ชั่วโมง ระบบการตรวจสอบการปรับเทียบอัตโนมัติต้องสั่งการให้อุปกรณ์จำลองค่าศูนย์ทำงาน เพื่อตรวจสอบและประเมินค่าความคลาดเคลื่อนไปจากศูนย์ได้ และบันทึกค่าการตอบสนองที่อ่านได้จากอุปกรณ์จำลองค่าศูนย์และบันทึกอีกครั้ง หลังจากครบ 24 ชั่วโมง
- นำค่าที่เครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่อง อ่านได้มาลบค่าที่ได้จากการทดสอบด้วยอุปกรณ์จำลองค่าศูนย์ เพื่อคำนวณเป็นค่าความคลาดเคลื่อนไปจากศูนย์ของทุกช่วง 24 ชั่วโมง
- เมื่อระบบได้ตรวจวัดครบ 168 ชั่วโมงแล้ว จึงคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของค่าความคลาดเคลื่อนไปจากศูนย์ (Zero Drift) ของช่วงเวลา 24 ชั่วโมง
- คำนวณผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น รายงานผลเป็นค่าความผิดพลาดของความคลาดเคลื่อนไปจากศูนย์ ระบบที่มีการชดเชยค่าศูนย์อัตโนมัติ ให้บันทึกปริมาณการชดเชยที่แสดงค่าเป็นร้อยละของความทึบแสงไว้เป็นค่าศูนย์ค่าสุดท้าย และใส่ค่าศูนย์ที่อ่านโดยเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่องกำกับไว้

2) ทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของช่วงการตรวจวัดระดับสูง (Upscale Drift Test)

- ทุก 24 ชั่วโมง หลังจากตรวจสอบค่าของอุปกรณ์จำลองค่าศูนย์แล้วให้ตรวจสอบและบันทึกค่าที่เครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่องตอบสนองต่ออุปกรณ์ปรับเทียบความถูกต้องของช่วงการตรวจวัดระดับสูง
- หลังครบ 24 ชั่วโมงแล้วให้นำค่าที่เครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่องอ่านค่าช่วงการตรวจวัดระดับสูงได้มาหักลบค่าที่ได้จากอุปกรณ์ปรับเทียบความถูกต้องของช่วงการตรวจวัดระดับสูง
- คำนวนเป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้องในระยะเวลา 24 ชั่วโมง
- เมื่อเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่องครบ 168 ชั่วโมง แล้วให้คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง (CD) ของช่วงเวลา 24 ชั่วโมง
- คำนวณผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
- รายงานผลเป็นค่าความผิดพลาดของความคลาดเคลื่อนการปรับเทียบความถูกต้อง

### 3.7.6 การทดสอบซ้ำ (Retesting)

- เมื่อเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่องไม่ผ่านเกณฑ์คุณลักษณะการทำงาน เกณฑ์การยอมรับแสดงดัง**ตารางที่ 3-9** ซึ่งทดสอบในช่วงการทดสอบการทำงาน ให้ดำเนินการแก้ไขให้แล้วเสร็จ และเริ่มทดสอบในช่วงการทำงานใหม่แล้วดำเนินการทดสอบซ้ำทั้งหมด
- หากการทดสอบการทำงานไม่สามารถดำเนินการต่อเนื่องจนครบ 168 ชั่วโมง เพราะหยุดกระบวนการผลิตให้ทำการทดสอบระยะเวลาการทำงานของระบบเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่องต่อไปจนกว่าจะครบ 168 ชั่วโมง และให้สันนิษฐานว่าแหล่งกำเนิดมลพิษนั้นมีการผลิตตามปกติ ถ้าต้องหยุด

การทดสอบเพราะเครื่องวัดความทึบแสงแบบต่อเนื่องบกพร่อง ให้นับระยะเวลา 168 ชั่วโมงใหม่ตั้งแต่เวลาที่เครื่องมือทำงานได้ตามปกติ

$$Er = \left|\bar{d}\right| + \left|CC\right|$$

### 3.7.7 การคำนวณผลการทดสอบ

- ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean : $\bar{d}$ )

$$\bar{d} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} di$$

เมื่อ n= จำนวนข้อมูล

$\sum_{i=1}^{n}$ = ผลรวมทางพีชคณิตของค่าการตรวจวัดแต่ละค่า

- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} d_i\right)^2}{n}}{n-1}}$$

- ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Confidence Coefficient: CC)
  คำนวณที่ร้อยละ 2.5 ของค่าความผิดพลาดจากสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

$$CC = t_{0.975}\frac{S_d}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ $t_{0.975}$ = t-value

- ค่าความผิดพลาด (Error : Er)

**ตารางที่ 3-9 เกณฑ์ยอมรับคุณลักษณะการทำงานของเครื่องวัดความทึบแสง**

| พารามิเตอร์ | เกณฑ์กำหนด |
|---|---|
| 1. ค่าความผิดพลาดของการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration Error)[1/] | ไม่เกินร้อยละ 3 ของความทึบแสง |
| 2. ระยะเวลาในการตอบสนอง (Response Time) | ไม่เกิน10 วินาที |
| 3. ระยะเวลาในการปรับสภาพของระบบ (Condition Period) [2/] | ไม่เกิน 168 ชั่วโมง |
| 4. ระยะเวลาการทดสอบการทำงานของระบบ[2/] | ไม่เกิน 168 ชั่วโมง |
| 5. ค่าความคลาดเคลื่อนไปจากศูนย์ (Zero Drift) [1/] | ไม่เกินร้อยละ 2 ของความทึบแสงใน 24 ชั่วโมง |
| 6. ค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration Drift) [1/] | ไม่เกินร้อยละ 2 ของความทึบแสงใน 24 ชั่วโมง |
| 7. ความละเอียดของสัญญาณตรวจวัดและการบันทึกข้อมูล | ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของความทึบแสง สำหรับการตรวจวัดในช่วงความทึบแสงร้อยละ 5 ถึง 50 หรือสูงกว่า |
| 8. ความถี่การตรวจวัดและบันทึกผล | ตรวจวัดและวิเคราะห์ทุก ๆ 10 วินาที และคำนวณค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 6 ครั้งต่อนาที |

**หมายเหตุ :** [1/] แสดงในรูปของผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ย และค่าสัมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

[2/] ระยะเวลาในการปรับสภาพของระบบ และการทดสอบการทำงานของเครื่องวัดความทึบแสงต้องไม่อยู่ในช่วงที่ทำการบำรุงรักษา ซ่อมแซม เปลี่ยนชิ้นส่วน หรือการปรับใดๆ ที่นอกเหนือไปจากการทำงานตามปกติ และการบำรุงรักษาประจำวันเพื่อให้เครื่องทำงานปกติ

# บทที่ 2

# ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบตรวจวัดมลพิษอากาศแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง

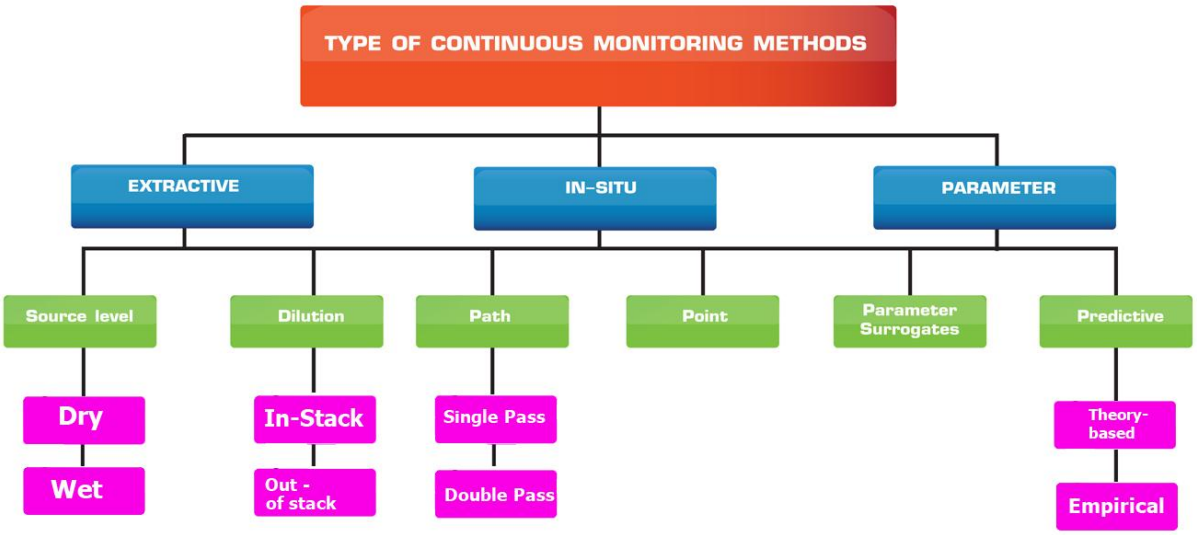
# (Theory of Continuous Emission Monitoring Systems)

## 2.1 หลักการ

ระบบตรวจวัดมลพิษอากาศแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring Systems: CEMS) มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ส่วนการเก็บและส่งตัวอย่าง (Sampling Interface/Sampling Delivery System) ส่วนการวิเคราะห์ (Analyzer) และส่วนการจัดการข้อมูล (Data Acquisition System) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนการเก็บตัวอย่างในหัวข้อ 2.2 ซึ่งอาจใช้ในการแบ่งประเภทของ CEMS สำหรับหัวข้อ 2.3 จะกล่าวถึงในส่วนของหลักการทางเทคนิคการวิเคราะห์ของเครื่องตรวจวัดแต่ละประเภท ซึ่งจะมีความเหมาะสมในการใช้วิเคราะห์สารมลพิษที่แตกต่างกัน

## 2.2 การจำแนกประเภทของระบบตรวจวัดมลพิษอากาศแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง

เมื่อแบ่งประเภทของ CEMS ตามระบบการชักและวิเคราะห์ตัวอย่างนั้น อาจจะแบ่งได้ตาม **รูปที่ 2-1** ได้แก่ ระบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์ (Extractive System) ระบบวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่าง (In-Situ System) และ ระบบ Parameter ซึ่งในระบบแต่ละแบบนั้นมีการดำเนินการที่แตกต่างกัน ระบบแบบ Extractive System นั้นจะทำการดึงก๊าซตัวอย่างออกจากปล่องเพื่อทำการวิเคราะห์ ในขณะที่ระบบแบบ In-Situ System จะมีการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ปล่องโดยตรง ส่วนระบบแบบ Parameter นั้นจะมีความแตกต่างจากทั้งสองระบบข้างต้นเนื่องจาก เป็นระบบที่ไม่ได้ทำการตรวจวัดมลพิษโดยตรง แต่เป็นการนำข้อมูลการดำเนินการของแหล่งกำเนิด หรือปล่องระบายมาใช้ในการคาดการณ์การปลดปล่อยมลพิษ โดยทำการเก็บข้อมูลตัวแปรที่จะใช้ในการคาดการณ์และปริมาณมลพิษที่วัดได้จากวิธีตรวจวัดอ้างอิง จากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นกับค่ามลพิษที่วัดได้ แล้วจึงนำมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณมลพิษ




ที่มา : EPA/625/R-97/001, April 1997

**รูปที่ 2-1 การจำแนกประเภทของ CEMS**

### 2.1.1 ระบบตรวจวัดแบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์ (Extractive CEMS)

ระบบนี้เป็นเครื่องมือตรวจวัดประเภทแรกที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในสหรัฐอเมริกาและยุโรปเป็นระบบที่ยังได้รับความนิยมสูงสุดจากโรงงานต่างๆ ในระบบนี้ก๊าซจากปล่องควันจะถูกเก็บและส่งไปสู่เครื่องมือวิเคราะห์เพื่อวัดความเข้มข้นของมลพิษ หลักการสำคัญของระบบนี้คือ สภาพของก๊าซตัวอย่างก่อนถูกส่งเข้าเครื่องวิเคราะห์ เครื่องวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์ได้ถูกต้องแม่นยำเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาพของก๊าซตัวอย่างที่ต้องไม่มีฝุ่นละอองรบกวนการวิเคราะห์ ความชื้นในก๊าซจะต้องถูกกำจัดออกและอุณหภูมิของก๊าซจะต้องลดลงให้เหมาะสมกับเครื่องมือวิเคราะห์ ฉะนั้นจึงต้องใช้อุปกรณ์ ได้แก่ กระดาษกรอง (Filter) ปั๊มดูดอากาศ เครื่องทำความเย็น เป็นต้น โดยระบบระบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือระบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์โดยไม่เจือจาง (Source-Level or Direct extractive CEMS System) และระบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์โดยทำให้ก๊าซเจือจาง (Dilution CEMS System) โดยแต่ละระบบมีรายละเอียดดังนี้

#### 2.1.1.1 การดึงก๊าซไปวิเคราะห์โดยไม่เจือจาง (Source-Level or Direct Extractive CEMS)

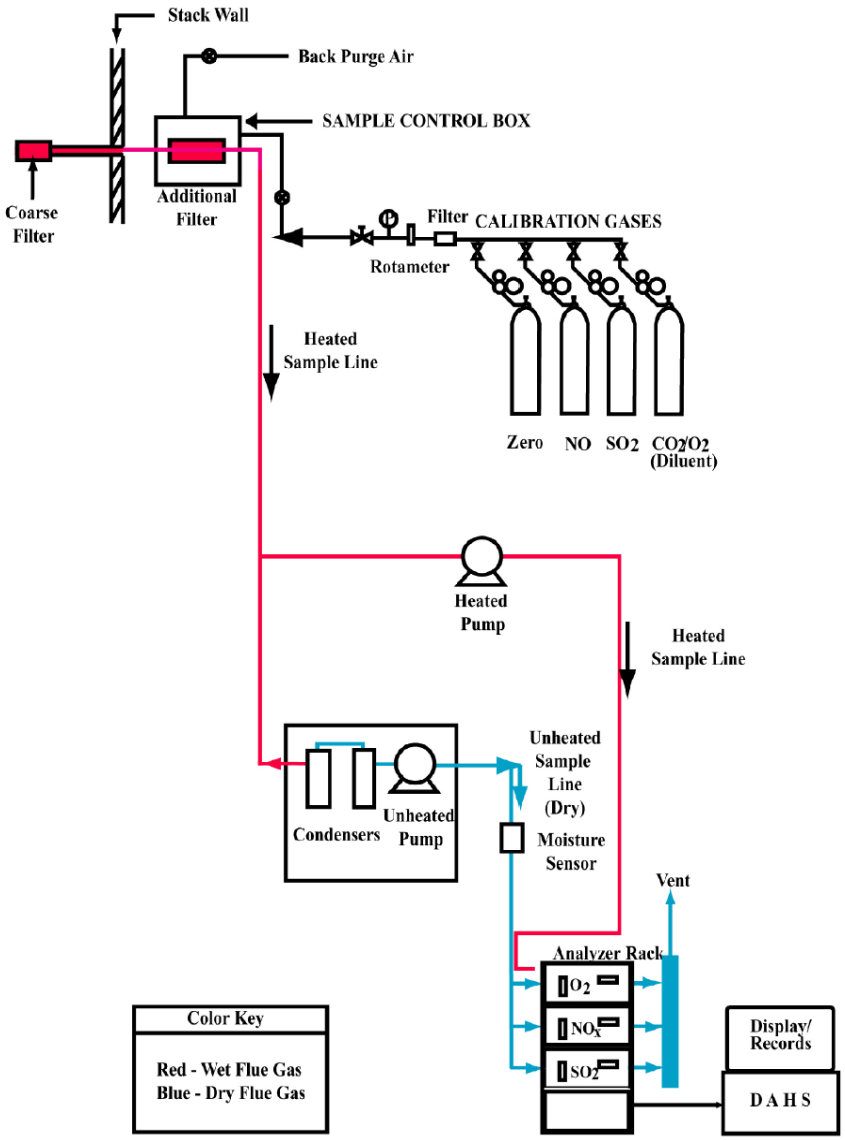
ระบบนี้จะทำการดึงก๊าซจากปล่องโดยตรงผ่านกระดาษกรองเพื่อกรองฝุ่นก๊าซที่ผ่านกระดาษกรองจะเข้าส่วนวิเคราะห์โดยตรง ดัง**รูปที่ 2-2** วิธีนี้แบ่งเป็น 2 แบบ คือ

**1) Wet Flue Gas System**

ระบบนี้ท่อส่งตัวอย่างไปยังส่วนวิเคราะห์จะถูกทำให้ร้อน โดยมีกระดาษกรองหยาบที่ Probe เพื่อกรองฝุ่นก่อนเข้าส่วนวิเคราะห์ ระบบนี้นิยมใช้สำหรับก๊าซหรือสารประกอบสามารถที่ละลายน้ำได้ เช่น HCl, $NH_3$ และ VOCs นอกจากนี้ ยังมีสารประกอบอื่นๆ ที่สามารถตรวจวัดได้ เช่น $SO_2$ $NO_x$ และ CO โดยข้อควรระวังของระบบนี้คือ อุณหภูมิของระบบการตรวจวัดต้องไม่ให้สูงกว่าอุณหภูมิที่จุดไอน้ำกลั่นตัว (Dew Point Temperature) เพื่อหลีกเลี่ยงจากการควบแน่นของไอน้ำในท่อส่งตัวอย่างกลายเป็นน้ำ

**2) Dry Flue Gas System**

ระบบนี้ใช้กระดาษกรองและเครื่องแยกความชื้น รวมทั้งมีระบบควบคุมอุณหภูมิที่ให้ก๊าซที่จะส่งไปวิเคราะห์มีลักษณะเย็นและแห้ง ระบบปรับสภาพก๊าซนี้อาจติดตั้งอยู่ใน Probe หรือส่วนที่วิเคราะห์ ระบบปรับสภาพก๊าซที่ Probe จะช่วยให้ลดความจำเป็นที่ต้องใช้ท่อส่งตัวอย่างที่ร้อน

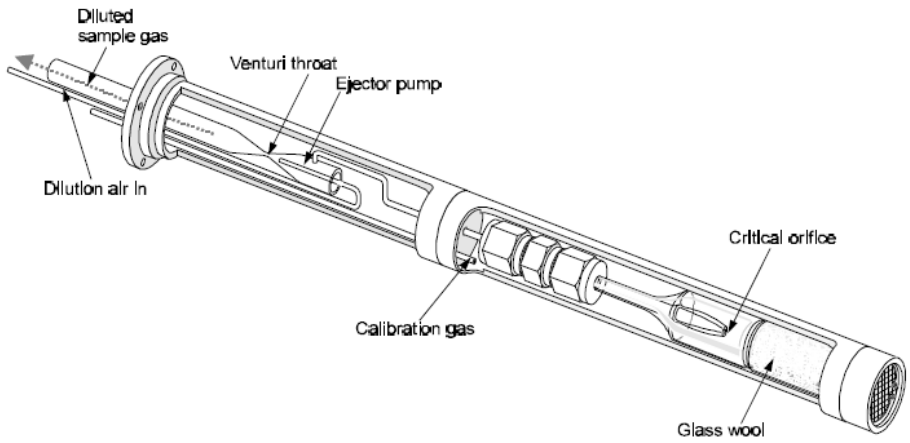



ที่มา : Gschwandtner และ Winkler, 2001

**รูปที่ 2-2 การดึงก๊าซไปวิเคราะห์โดยไม่เจือจาง (Typical Source Level Extractive CEMS)**

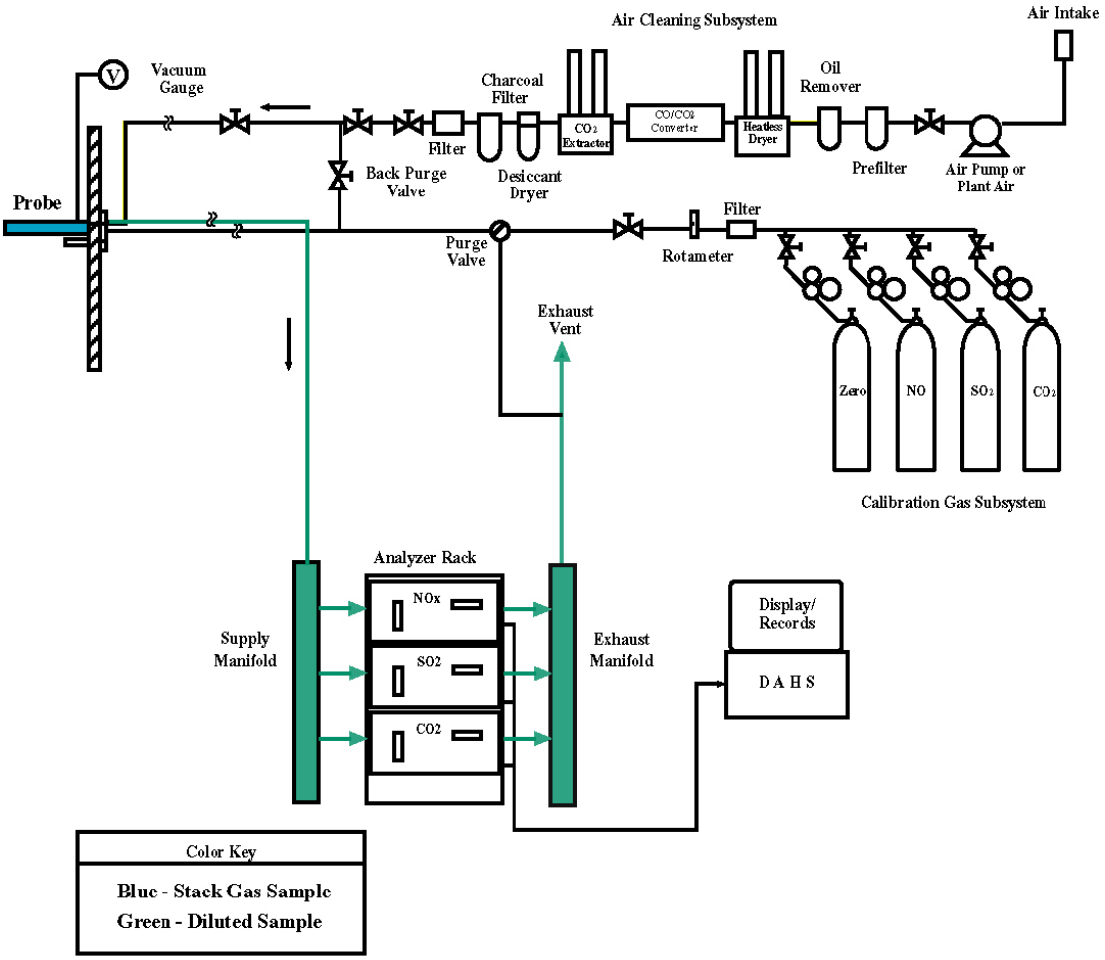
### 2.1.1.2 การทำให้ก๊าซเจือจาง (Dilution CEMS)

การทำให้ก๊าซเจือจางเป็นระบบ CEMS แบบแรกที่ได้รับการพัฒนา ระบบนี้ในระยะแรกๆ ใช้เครื่องวัดอัตราการไหล (RotaMeter) เพื่อเจือจางก๊าซที่รวบรวมได้ แล้วใช้เครื่องมือวิเคราะห์อากาศในบรรยากาศ สิ่งสำคัญของระบบนี้คือ ความคงที่ของอัตราการเจือจางก๊าซ ซึ่งปัญหาสามารถแก้ไขได้โดยใช้ Dilution Probe แสดงดัง**รูปที่ 2-3** ก๊าซจะถูกดึงเข้าสู่ Probe ด้วยอัตราการไหลต่ำกว่าอัตราไหลในปล่องประมาณ 100 เท่า ด้วยการเจือจางระดับนี้จะลดปัญหาเกี่ยวกับความชื้นและฝุ่นละอองในก๊าซ Probe ชนิดอื่นๆ เช่น Internal Coarse Filter หรือ Inertial Filter มีจุดประสงค์เพื่อลดการรบกวนการวิเคราะห์เนื่องจากฝุ่นละอองด้วยการกรองด้วยความเฉื่อย ก๊าซตัวอย่างจะถูกดึงเข้าใน Filter Probe ทำมุมกับการไหลของก๊าซในปล่อง แรงเฉื่อยของฝุ่นละอองจะทำให้ฝุ่นละอองเปลี่ยนทิศทางออกจากกระแสก๊าซ โดยวิธีการเจือจางของก๊าซแสดงดัง**รูปที่ 2-4** และการเจือจางก๊าซบริเวณนอกปล่องแสดงดัง**รูปที่ 2-5**



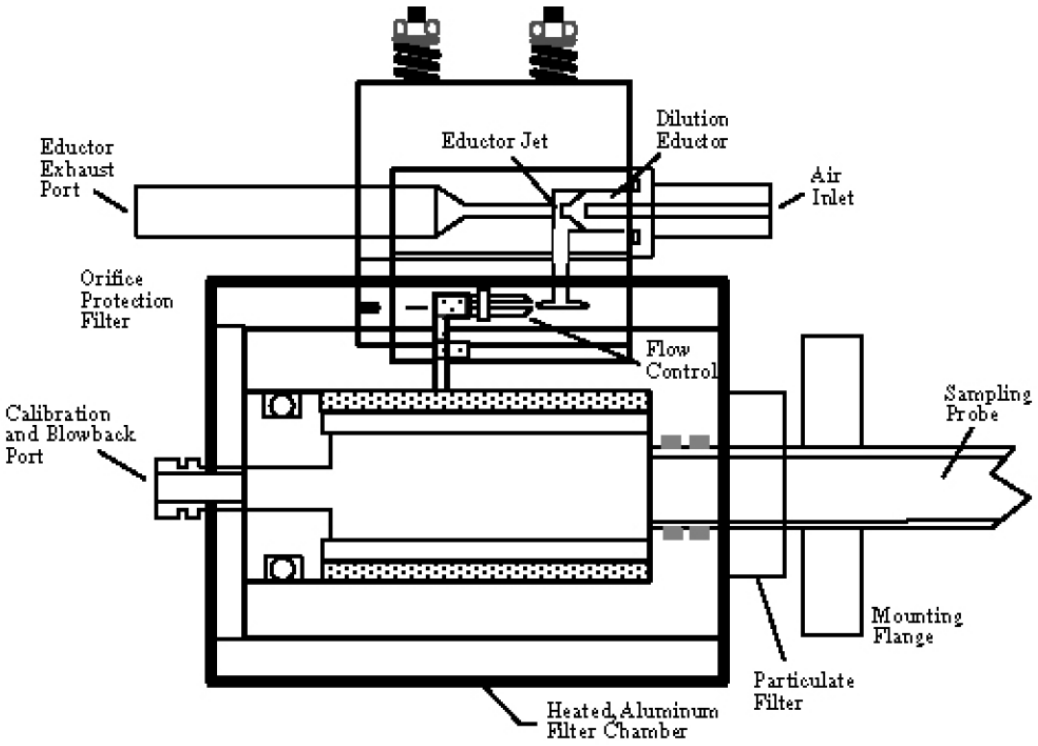

**ที่มา : ดัดแปลงจาก Jahnke, 2000**

**รูปที่ 2-3 Dilution Probe**




ที่มา : Gschwandtner และ Winkler, 2001

**รูปที่ 2-4 การทำให้ก๊าซเจือจาง (Dilution CEMS)**




**ที่มา : Gschwandtner และ Winkler, 2001**

**รูปที่ 2-5 การทำให้ก๊าซเจือจางบริเวณนอกปล่อง (One Type of Out-of-Stack Dilution System)**

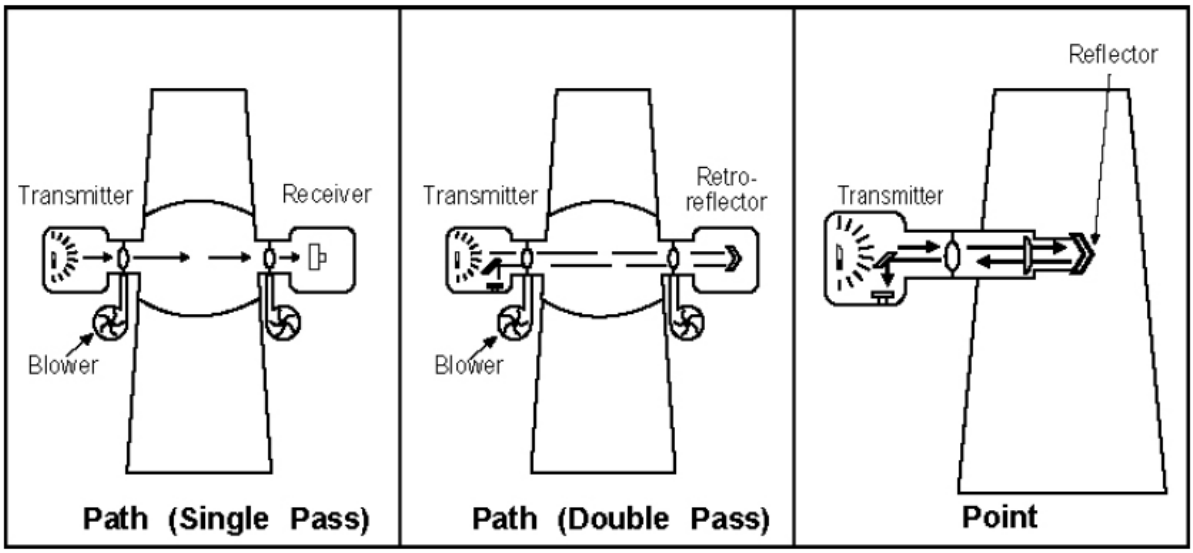
### 2.1.2 ระบบวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่าง (In-Situ CEMS)

ระบบนี้จะเป็นการวิเคราะห์ ณ จุดเก็บตัวอย่างหรือที่ปล่องโดยตรง เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาจากการเก็บก๊าซ (Extraction) การเจือจาง (Dilution) และปัญหาการควบคุมสภาวะก๊าซที่จะนำไปวิเคราะห์ ซึ่งพบใน Extractive CEMS เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดจะออกแบบให้ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซในขณะที่มีฝุ่นละอองและความชื้น เป็นต้น

In-Situ CEMS ประกอบด้วย ส่วนวิเคราะห์ที่มีตัวตรวจรับสัญญาณ (Detector) สำหรับตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซในปล่องโดยตรง หรือแสงจากตัวกำเนิดแสงจะถูกส่องผ่านตลอดหน้าตัดปล่องเพื่อตรวจวัดก๊าซในปล่อง เครื่องตรวจวัดแบบ In-Situ สามารถจำแนกได้เป็นแบบ Point Monitor และ Path Monitor

- Path Monitor ใช้วัดความเข้มข้นของก๊าซหรือค่าความทึบแสงตลอดความกว้างของปล่อง
- Point Monitor ประกอบด้วย ตัวตรวจรับสัญญาณ (Detector) ที่ปลายข้างหนึ่งของ Probe วัดความเข้มข้นของก๊าซในปล่องที่ระยะห่างมากกว่า 5-10 เซ็นติเมตร

วิธีวิเคราะห์แบบ In-Situ ใช้ได้ผลดีในการหาค่าความทึบแสงของก๊าซในปล่อง (Opacity) และใช้ได้ในการวัดความเข้มข้นของก๊าซในปล่องและความเข้มข้นของฝุ่น ส่วนหลักการทำงานของ Path Monitor ใช้การส่งผ่านแสงในแนวขวางของปล่องและวัดความสัมพันธ์ระหว่างแสงที่ถูกดูดกลืนกับความเข้มข้นของสารมลพิษในปล่อง วิธีนี้มีทั้ง แบบ Single Pass ซึ่งตัวกำเนิดแสงและตัวรับแสงตัว ซึ่งจะมีตัวตรวจวัดสัญญาณอยู่ตรงข้ามคนละด้านของปล่อง และ Double Pass ซึ่งตัวส่งสัญญาณและแหล่งกำเนิดแสงอยู่ด้วยเดียวกัน เมื่อแสงถูกส่องผ่านไปยังฝั่งตรงข้ามของผนังปล่องจะเกิดการสะท้อนกระจกกลับมาเข้าหาตัวตรวจรับสัญญาณ ทั้งนี้วิธี Double-Pass ได้รับความนิยมอย่างมากเนื่องจากง่ายต่อการปรับเทียบและตรวจสอบ




**ที่มา :Jahnke, 1992**

**รูปที่ 2-6 ระบบการวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่าง (In-situ Gas CEMS)**

ระบบ In-Situ มีข้อได้เปรียบและข้อจำกัดกล่าวคือ วิธีนี้เหมาะสำหรับการตรวจวัดก๊าซมลพิษที่ความเข้มข้นมากกว่า 500 ส่วนในล้านส่วน ในอดีตพบปัญหาเกี่ยวกับการรับรองระบบนี้หากเครื่องตรวจวัดติดตั้งกับการปล่อยมลพิษที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 500 ส่วนในล้านส่วน วิธี Single-Pass ใช้ในการตรวจวัดก๊าซหลายชนิดพร้อมกันได้ อย่างไรก็ตาม ข้อดีนี้ถูกจำกัดด้วยราคาซึ่งโดยทั่วไปจะแพงกว่าระบบ Extractive 3-4 เท่า

**ตารางที่ 2-1** แสดงการเปรียบเทียบเหลักเกณฑ์ CEMS ที่แตกต่างกันระหว่างระบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์ (Extractive System) และระบบวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่าง (In-Situ System)

**ตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบระบบ CEMS แบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์ (Extractive System) และแบบวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่าง (In-Situ System)**

| ข้อเปรียบเทียบ | ระบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์ (Extractive System) | ระบบวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่าง (In-Situ System) |
|---|---|---|
| 1. ความเข้มข้น | ความเข้มข้นเป็นจุดๆ ของความเข้มข้นเฉลี่ย | ความเข้มข้นเฉลี่ยแบบเส้นตรงหรือความเข้มข้นเป็นจุดจากความเข้มข้นเฉลี่ย |
| 2. ส่วนวิเคราะห์ที่ใช้ร่วมกันได้สำหรับหลายปล่อง | สามารถใช้เครื่องวิเคราะห์ร่วมกันได้มากกว่า 1 ปล่อง (Sharing) | ไม่สามารถใช้เครื่องมือวิเคราะห์ร่วมกันได้ |
| 3. ส่วนวิเคราะห์ | เครื่องมืออยู่ในห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ทำให้เครื่องมือมีอายุการใช้งานนาน | เครื่องมืออยู่ในสภาพบรรยากาศทั่วไป ซึ่งอาจจะเกิดการเสียหายได้ง่าย |
| 4. การบำรุงรักษา | มีส่วนประกอบของระบบหลายส่วน ทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง | มีส่วนประกอบของระบบน้อยกว่า ทำให้การบำรุงรักษาได้ง่ายและค่าใช้จ่ายไม่สูง |
| 5. การซ่อมแซม | อุปกรณ์หากเกิดการเสียหาย ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ ภายนอก เช่น ปั๊ม วาล์ว ทำให้ซ่อมแซมได้ง่าย | หากเกิดการเสียหายของอุปกรณ์ จะซ่อมแซมค่อนข้างยาก เนื่องจากอุปกรณ์ส่วนใหญ่เป็นอิเล็คโทรนิค และแหล่งกำเนิดแสง และติดตั้งภายในปล่อง |
| 6. การปรับเทียบ (Calibration) | ใช้ก๊าซมาตรฐานแบบแยกถัง | ใช้ก๊าซภายในเซลของเครื่องมือ |
| 7. ข้อจำกัด | ในการวิเคราะห์ก๊าซตัวอย่างจะต้องถูกปรับสภาพก่อนเข้าเครื่องวิเคราะห์ | ในการวิเคราะห์ก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงระดับความเข้มข้นฝุ่นละอองสูงและอนุภาคเหนียว อาจมีผลต่อการบำรุงรักษาระบบ |
| 9. การเปลี่ยนสภาพก๊าซตัวอย่าง | อาจจะเกิดได้ขณะดึงตัวอย่าง | ไม่เปลี่ยนสภาพ |
| 10. เวลาในการตอบสนอง | ขึ้นอยู่กับความยาวของท่อส่งตัวอย่าง | ขึ้นอยู่กับความไวในการตอบสนองของส่วนวิเคราะห์ไม่ใช่ส่วนเก็บตัวอย่าง |

ที่มา : คู่มือผู้ควบคุมระบบบำบัดมลพิษอากาศ

### 2.1.3 ระบบอื่น

อย่างไรก็ตามระบบ CEMS ยังมีอีกระบบเมื่อพิจารณาในส่วนการวิเคราะห์ คือแบบวิเคราะห์ระยะไกล (Remote) ซึ่งยังไม่เป็นที่แพร่หลายนักในประเทศไทย หรือที่เรียกว่า Predictive Emission Monitoring System (PEMS)

ระบบ PEMS ถูกนำมาใช้งานเมื่อเร็วๆ นี้ ซึ่งเป็นนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ (Neural Net) ในการคาดการณ์ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปล่อยมลพิษและข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิต ระบบนี้เป็นการติดตามตรวจวัดมลพิษที่ปล่อยจากแหล่งกำเนิด เนื่องจากใช้หลักความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างสัญญาณบันทึกข้อมูลการผลิตและพยากรณ์ความเข้มข้นของก๊าซในปล่องโดยตรง

เทคโนโลยีระบบ PEMS ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว รูปแบบของเทคนิควิธี PEMS นี้เกิดใหม่ๆ ทุกปี อย่างไรก็ตาม ในขณะนี้ระบบ PEMS สาธิตแล้วใช้ได้ผลดีที่สุดสำหรับแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีภาระการทำงานสม่ำเสมอ (Fairly Steady Load) และเป็นกระบวนการผลิตที่มีการป้อนวัตถุดิบไม่เปลี่ยนแปรมากในแต่ละช่วงเวลา ระบบ PEMS ไม่เหมาะสมกับโรงไฟฟ้า ซึ่งมีช่วง Load Shift กว้างและไม่เหมาะสมกับเตาเผาที่มีการเผาของเสียหลายชนิด อย่างไรก็ตามระบบ PEMS กำลังเป็นทางเลือกที่น่าสนใจใช้แทนระบบ CEMS ด้วยเหตุผลหลายประการคือ

- การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติต่ำ ประมาณครึ่งหนึ่งของระบบ CEMS ที่ถูกใช้ในงานบางชนิด
- ติดตามตรวจวัดมลพิษได้หลายชนิดเช่นเดียวกับระบบ CEMS
- เชื่อถือได้ในระบบ PEMS เมื่อตัวรับสัญญาณ (Sensor) ขัดข้อง แบบจำลองจะเตือนผู้ปฏิบัติงานแล้วคำนวนมลพิษอากาศใหม่จากข้อมูลเก่า
- ลดการใช้อุปกรณ์เสริมต่างๆ ได้แก่ เครื่องวิเคราะห์มลพิษ Probe ก๊าซมาตรฐานต่างๆ ที่ใช้ปรับเทียบรายวัน และระบบรวบรวมข้อมูล ไม่มีความจำเป็นต้องมีแยกต่างหาก

ข้อบังคับส่วนใหญ่ในสหรัฐอเมริกายอมรับให้ระบบ PEMS เทียบเท่ากับระบบ CEMS เพราะระบบ PEMS ต้องมีการทดสอบความแม่นยำสัมพัทธ์ในการรับรองคุณภาพเช่นเดียวกับระบบ CEMS

## 2.2 เทคนิคการวิเคราะห์

การตรวจวัดมลพิษอากาศจากปล่องด้วยระบบติดตามตรวจวัดแบบอัตโนมัติในปัจจุบันมีหลากหลายระบบซึ่งมีการพัฒนาปรับปรุงมาจากเครื่องมือวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยจำแนกเป็น 1)เทคนิคไฟฟ้าเคมี (Electro-Chemical) 2) การดูดซับแสง (Electro-Optical) 3) เทคนิคการเรืองแสง (Luminescence) โดยสรุปเทคนิคการวิเคราะห์ที่ใช้ระหว่างระบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์ (Extractive System) และระบบวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่าง (In-Situ System) แสดงดัง**ตารางที่ 2-2**

หลักเกณฑ์ทั่วไปที่ใช้ในการเลือกเครื่องมือวิเคราะห์ เช่น

- ลักษณะเฉพาะของปล่องแต่ละปล่อง และการรบกวนโดยมลพิษอื่น
- ลักษณะการทำงานเฉพาะของเครื่องมือ
- ช่วงความเข้มข้นของมลพิษที่คาดไว้
- การบำรุงรักษาเครื่องมือ
- ราคา

**ตารางที่ 2-2 เทคนิคการวิเคราะห์ที่ใช้ระหว่างระบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์ (Extractive System) และระบบวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่าง (In-Situ System)**

| ระบบดึงก๊าซไปวิเคราะห์ (Extractive System) | | |
|---|---|---|
| **เทคนิคการดูดซับแสงแบบสเปกโตรสโคปี (Absorption Spectroscopy)**<br>Spectrophotometry<br>Non-Dispersive Infrared<br>Differential Absorption<br>Gas Filter Correlation<br>Fourier Transform Infrared | **เทคนิคโดยใช้การเรืองแสง (Luminescence Method)**<br>Fluorescence ($SO_2$)<br>Chemiluminescence ($NO_x$)<br>Flame Photometry ($SO_2$) | **เทคนิคเชิงไฟฟ้าเคมี(Electroanalytical Methods)**<br>Polarography<br>Potentiometer<br>Electrocatalysis ($O_2$)<br>Zirconium Cell ($O_2$)<br>Paramagnetic |

| ระบบวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่าง In-Situ Systems | | |
|---|---|---|
| **ก๊าซ** | **Path:**<br>Absorption Spectroscopy<br>Differential Absorption<br>Gas Filter Correlation | **Point:**<br>Absorption Spectroscopy<br>Second-Derivative Spectroscopy<br>Electroanalytical<br>Polarography<br>Electrocatalysis |
| **ฝุ่นละออง** | **Path (Opacity):**<br>Light Scattering and Absorption | **Point:**<br>Light Backscattering<br>Ion Charge Transfer<br>Nuclear Radiation Attenuation |

ในการตรวจวัดความเข้มข้นของมลพิษในปล่องโดยไม่มีการรบกวนจากก๊าซอื่นๆ นั้นหลีกเลี่ยงได้ยาก เครื่องมืออาจต้องการใช้วัดมลพิษความเข้มข้นต่ำ เช่น มลพิษที่ผ่านจากระบบบำบัดแล้ว เครื่องมือวิเคราะห์อาจจะทำงานได้ดีที่สภาวะของปล่องที่มีอุณหภูมิหรือความชื้นสูง เครื่องมือบางชนิดต้องการการบำรุงรักษาบ่อยและ/หรือบำรุงรักษาพิเศษ แต่ในที่สุดแล้วราคาของเครื่องมือจะเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจ ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดเทคนิคการวิเคราะห์บางประเภทที่นิยมใช้ในประเทศไทย

**<u>เครื่องวิเคราะห์แก๊สในระบบดึงแก๊สไปวิเคราะห์ (Extractive System)</u>**

### 2.2.1 เทคนิคการดูดซับแสงแบบ สเปกโตรสโคปี

เครื่องมือวิเคราะห์โดยใช้แสงอินฟราเรด ได้พัฒนาเพื่อมาใช้ตรวจโมเลกุลที่มีอะตอมต่างกัน เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) รวมถึงสารกลุ่มไฮโดรคาร์บอน และแก๊สอื่นๆ

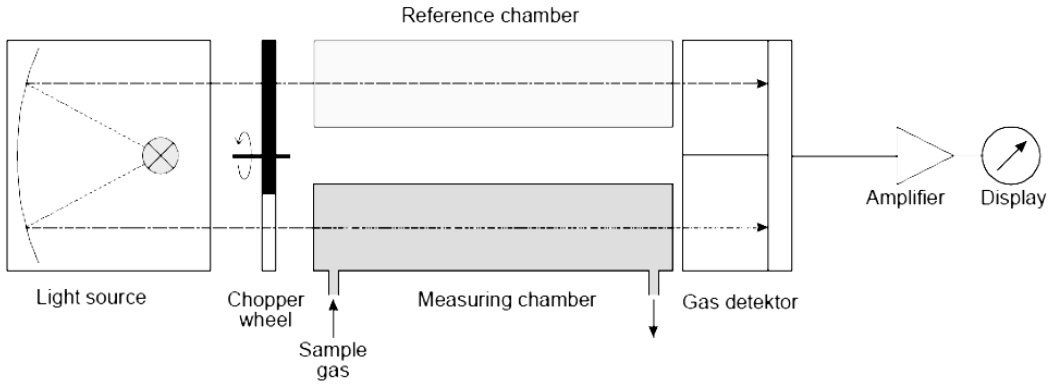
#### 2.2.1.1 เครื่องวิเคราะห์แก๊สโดยแสงอินฟราเรดแบบไม่กระเจิง ( Non Dispersive Infrared Analyzer- NDIR)

การวิเคราะห์ด้วยวิธี Non Dispersive Infrared (NDIR) Spectrophotometer เป็นหนึ่งในวิธีวิเคราะห์ที่อาศัยคุณสมบัติของก๊าซที่สามารถดูดกลืนแสงอินฟาเรด โดยที่เครื่องแยกวิเคราะห์ก๊าซโดยที่แสงอินฟราเรดแบบสแกนสามารถเปลี่ยนความยาวคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นแสงต่าง ๆ ทำให้ได้ข้อมูลรายละเอียดของการดูดซับแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ในช่วงกว้าง โดยวัดการดูดซับแสงที่ช่วงความยาวคลื่นแคบ ๆ (band) ที่มีจุดกึ่งกลางที่ความยาวคลื่นเดียวกับความยาวคลื่นที่ให้การดูดซับแสงที่มากที่สุดของแก๊สโมเลกุล

**<u>พารามิเตอร์-ที่สามารถวิเคราะห์ได้</u>** ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น

**<u>หลักการ:</u>** รังสีอินฟาเรดที่มีความยาวคลื่นเหมาะสมถูกส่องผ่านเข้าไปใน Analysis chamber เพื่อให้ก๊าซที่ต้องการวิเคราะห์ดูดกลืน จากนั้นรังสีอินฟาเรดที่เหลือจะส่องผ่านออกจาก Analysis chamber ตกกระทบบน Photo detector เพื่อแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะถูกคำนวณกลับเป็นปริมาณความเข้มข้นของก๊าซที่ต้องการวิเคราะห์ แสดงดัง**รูปที่ 2-7**

**<u>เทคนิค</u>** กฎของ Beer-Lambert ก๊าซต่างๆ มีคุณสมบัติดูดกลืนรังสีอินฟาเรดที่ความยาวคลื่นต่างกัน โดยแสงอินฟราเรดปล่อยมาจากแหล่งกำเนิด หรือแหล่งกำเนิดแบบอื่นๆ จากนั้นอินฟราเรดจะถูกส่งผ่านเซลล์มาตรฐาน (reference cell) และเซลล์ของตัวอย่างของแก๊สที่ต้องการวิเคราะห์




**ที่มา : Federal Environment Agency, 2008**

**รูปที่ 2-7 หลักการทำงานของเครื่องมือวิเคราะห์แก๊สแบบ NDIR**

### 2.2.1.2 เครื่องวิเคราะห์แบบตัวกรองคอร์รีเลชั่น ( Gas Filter Correlation Analyzers)

เป็นการวิเคราะห์โดยแสงอินฟราเรดแบบไม่กระเจิงอีกแบบหนึ่ง เทคนิคนี้ ใช้เซลตัวอย่างที่บรรจุแก๊สมลพิษไว้ที่ความเข้มข้น 100% แทนที่จะเป็นที่ 0%

**พารามิเตอร์-ที่สามารถวิเคราะห์ได้** ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น

**หลักการ:** แสงอินฟราเรดจากแหล่งกำเนิดจะผ่านตัวกรองแบบล้อ (Filter Wheel) ที่บรรจุ N2 อยู่ข้างหนึ่งและบรรจุ CO อีกที่ข้างหนึ่ง จากนั้นแสงอินฟราเรดจะส่องผ่าน โมดูเลเตอร์ (Modulator) ระหว่างการทำงานของเครื่องวิเคราะห์วงล้อตัวกรองหมุนอย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณผลต่างของสัญญาณระหว่าง CO และ N2 ที่อยู่ในแต่ละด้านของวงล้อตัวกรอง เมื่อเซลตัวอย่างถูกแก๊สซีโร่ ไหลล้างผ่าน (Flush) เมื่อแสงผ่าน CO Filter ซึ่งเป็นตัวมาตรฐาน ก็จะถูกเพิ่มสัญญาณขึ้น เมื่อแก๊สตัวอย่างที่มี CO ผ่านเข้าไปในเซลตัวอย่าง ลำแสงอินฟราเรดจะถูกส่องผ่านสลับระหว่างสองด้านของวงล้อตัวกรอง ที่มี N2 และ CO จากนั้นก็จะไปยังตัวตรวจวัด (Detector) โมเลกุลของแก๊ส CO ก็จะดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นที่เฉพาะสำหรับ CO การดูดกลืนพลังงานของแสงอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่นนี้ก็จะสมบูรณ์เพราะว่า แก๊สในตัวกรองก็ได้ถูกเลือกให้ดูดกลืนพลังงานของแสงในช่วงนี้เช่นกัน

### 2.2.2 เทคนิคการเรืองแสง (Luminescence Method)

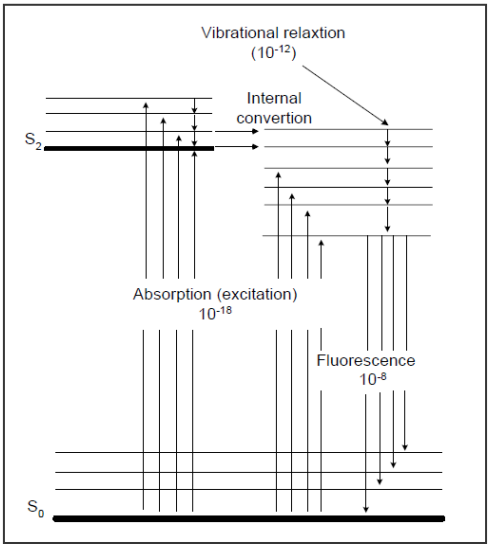
การเรืองแสง (Luminescence) เป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่เกิดขึ้นจากการปลดปล่อยแสงจากโมเลกุล หลังจากที่โมเลกุลนั้นถูกกระตุ้น การเรืองแสงทั้งหมด 3 แบบ ที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์และตรวจแก๊ส

#### 2.2.2.1 วิธี Ultraviolet Fluorescent (UV Fluorescent)

**พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้** ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์, TRS (มีอุปกรณ์เพื่อกำจัดออกก่อน Sulfur dioxide)

**หลักการ:** รังสีอุลตร้าไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นเหมาะสม ถูกส่องผ่านเข้าไปใน analysis chamber เพื่อให้ก๊าซที่ต้องการวิเคราะห์ดูดซับ ทำให้ก๊าซนั้นอยู่ในสถานะถูกกระตุ้น (Exciting State) จากนั้นก๊าซที่ต้องการวิเคราะห์จะปรับตัวเองให้อยู่ในสถานะเดิม (Ground State) โดยคายรังสีอุลตร้าไวโอเลตอีกความยาวคลื่นหนึ่งออกจาก analysis chamber มาตกกระทบบน photo detector เพื่อแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะถูกคำนวณเป็นปริมาณความเข้มข้นของก๊าซที่ต้องการวิเคราะห์

**เทคนิค:** โมเลกุลของก๊าซจะดูดกลืนพลังงานแสงที่ความยาวคลื่นหนึ่งแล้วปลดปล่อยแสงออกมาที่ความยาวอีกคลื่นหนึ่ง ซึ่งโมเลกุลก๊าซที่ได้รับการกระตุ้นจากพลังงานแสงจะอยู่ในสถานะที่ถูกกระตุ้นเป็นเวลา $10^{-8}$ -$10^{-4}$ วินาที โดยในช่วงเวลาดังกล่าวโมเลกุลก๊าซจะถ่ายเทพลังงานโดยการสั่น (Vibration) หรือการหมุน (Rotation) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน **รูปที่ 2-8** แสดงแผนระดับพลังงานการดูดซับแสงและการปล่อยพลังงานแบบฟลูออเรสเซนต์




**ที่มา : APTI Course 474 Continuous Emission Monitoring Systems, 1992**

**รูปที่ 2-8 แสดงแผนระดับพลังงานการดูดซับแสงและการปล่อยพลังงานแบบฟลูออเรสเซนต์**

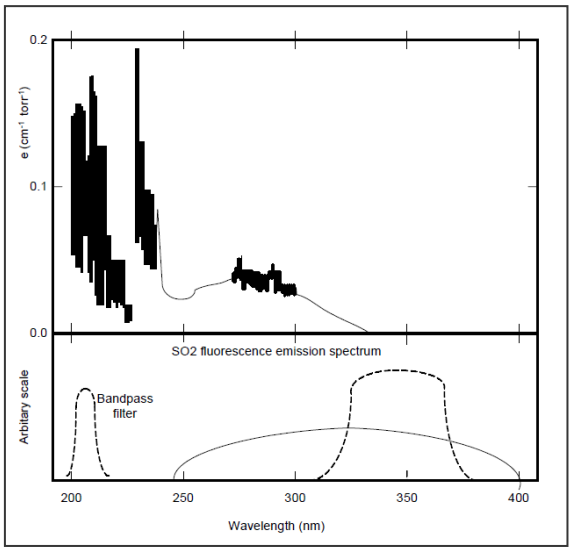
โมเลกุลก๊าซจะอยู่ในสภาวะที่มีพลังงานการสั่นอยู่สูงหลังจากการเปลี่ยนแปลงทางอิเลคทรอนิคส์ กล่าวคือ โมเลกุลก๊าซจากสถานะที่เสถียรทางอิเลคทรอนิคส์ ($S_0$) ไปยังสถานะที่ถูกกระตุ้น ($S_2$) หลังจากนั้น โมเลกุลก็จะถ่ายเทพลังงานบางส่วนจากการสั่นหรือหมุนทำให้โมเลกุลก๊าซมีระดับพลังงานที่ต่ำลง ($S_1$) จนกลับมาสู่ระดับพลังงานเริ่มต้น ($S_0$) ซึ่งเป็นผลมาจากการปลดปล่อยพลังงานแสง

พลังงานของโมเลกุลก๊าซขณะนี้อาจจะต่ำลงทำให้ความยาวคลื่นแสงที่โมเลกุลปล่อยออกมามีความยาวคลื่นยาวกว่าที่โมเลกุลก๊าซดูดกลืนในครั้งแรก กระบวนการฟลูออเรสเซนต์แสดงได้ดังนี้

$$SO_2 + h\upsilon\ (210\ nm) \rightarrow SO_2^*\ (excited\ Molecule) \rightarrow SO_2 + h\upsilon'\ (240\text{-}410\ nm)$$

โดยที่ $SO_2$ คือ โมเลกุลที่ระดับพลังงานที่ถูกกระตุ้น

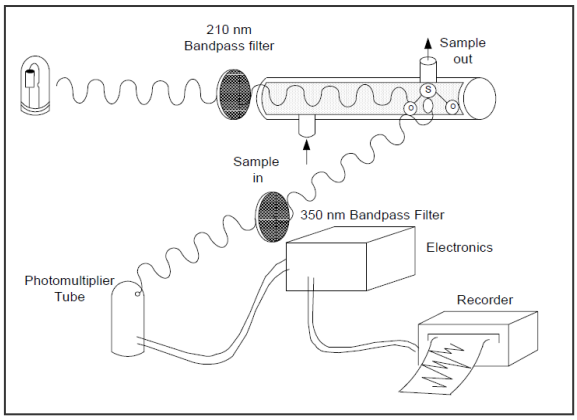
สเปกตรัมของฟลูออเรสเซนต์สำหรับ $SO_2$ แสดงดัง**รูปที่ 2-9** รวมถึงกระบวนการโฟโตลูมมิเนสเซนต์ ปรากฏการณ์นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้หาความเข้มข้นของ $SO_2$ ได้ โดยก๊าซตัวอย่างจะถูกฉายด้วยแสงที่ใกล้กับช่วงแสงอุลตราไวโอเลตซึ่งอยู่ในช่วง 200 นาโนเมตร




**ที่มา : APTI Course 474 Continuous Emission Monitoring Systems, 1992**

**รูปที่ 2-9 สเปกตรัมของฟลูออเรสเซนต์สำหรับ $SO_2$**

โครงสร้างโดยทั่วไปของเครื่องวิเคราะห์ $SO_2$ แบบฟลูออเรสเซนต์แสดงดัง**รูปที่ 2-10** ซึ่งแสงอุลตราไวโอเลตจากแหล่งกำเนิดอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบพัลส์จะถูกทำให้อยู่ในช่วงความยาวคลื่นแคบๆ ประมาณ 210 นาโนเมตร จากนั้นแสงฟลูออเรสเซนต์ที่เกิดขึ้นจะถูกวัดที่มุมตั้งฉากกับตัวอย่างโดยหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์หรือตัวตรวจจับอื่น ตัวกรองแบบแบนด์พาส (Bandpass filter) ก็จะใช้ในการเลือกบางส่วนของแสงฟลูออเรสเซนต์ที่เกิดขึ้นสำหรับใช้ในการวัดเพราะว่าการรบกวนอาจเกิดขึ้นได้ถ้าใช้สเปกตรัมของฟลูออเรสเซนต์ทั้งหมด




**ที่มา : APTI Course 474 Continuous Emission Monitoring Systems, 1992**

**รูปที่ 2-10 หลักการทำงานเครื่องมือวิเคราะห์แบบฟลูออเรสเซนต์สำหรับการวิเคราะห์ $SO_2$**

การประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ในการวัดต้องคำนึงถึงการเกิด Fluorescence Quenching กล่าวคือในกระบวนการนี้โมเลกุลของ $SO_2$ ที่ถูกกระตุ้น $SO_2$* อาจจะชนกับอีกโมเลกุลหนึ่งก่อนที่จะปลดปล่อยพลังงานในรูปของแสง ถ้าโมเลกุลชนกันจะมีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการชนกันนี้และโมเลกุลมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น โมเลกุลของน้ำ $CO_2$ $O_2$ $N_2$ และ HC สามารถทำให้เกิดการ Quenching ของฟลูออเรสเซนต์ได้ อีกทั้งแต่ละโมเลกุลก็มีประสิทธิภาพในการ Quenching ที่แตกต่างกัน และถ้าองค์ประกอบก๊าซ Background แตกต่างกันก็ทำให้ค่าของ $SO_2$ มีความคลาดเคลื่อนได้ เช่น กรณี 5% $O_2$ 10% $CO_2$ ในก๊าซเผาไหม้กับกรณีอากาศที่มี $O_2$ ถึง 21 % และเครื่องวิเคราะห์มักถูกตั้งค่าในครั้งแรกเทียบกับ $SO_2$ ในอากาศ ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของ $SO_2$ แตกต่างกันได้ถึง 5-10 % และในบางครั้งผู้ปฏิบัติงานอาจตั้งค่าเครื่องมือเทียบ $SO_2$ ใน $N_2$ แทนที่จะใช้อากาศ จะทำให้ค่าของ $SO_2$ ที่อ่านได้ลดลงถึง 30% จากค่าที่เป็นจริง ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้หลายวิธี เช่น ในการวิเคราะห์อากาศสามารถใช้สครับเบอร์หรือคัดเตอร์ในการกำจัด HC หรือการใช้แสงอุลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่นสั้นลงเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟลูออเรสเซนต์ทำให้การเกิด Quenching ลดลง หรือตั้งค่าเครื่องมือนี้เทียบกับก๊าซที่มีก๊าซ Background เช่นเดียวกับก๊าซ Background ในก๊าซตัวอย่าง หรือการสร้างความสัมพันธ์ในรูปกราฟเพื่อแก้ไขค่าที่วัดได้ให้ถูกต้อง ในกรณีประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ก๊าซที่ความเข้มข้นระดับแหล่งกำเนิด ปัญหา Quenching นี้สามารถแก้ไขโดยการทำก๊าซตัวอย่างให้เจือจางลง ดังนั้นโดยทั่วไประบบที่ติดตามก๊าซที่แหล่งกำเนิดจะมีวิธีการเจือจางและเทคนิคการหาความเข้มข้นของก๊าซที่บรรยากาศปกติ

### 2.2.2.2 วิธี Chemiluminescence

**<u>พารามิเตอร์-ที่สามารถวิเคราะห์ได้:</u>** ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน

**<u>หลักการ:</u>**

ส่วนที่ 1 : ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ที่รวมตัวกับก๊าซโอโซนใน analysis chamber จะวาวแสงออกมาแสงนั้นจะผ่าน filter กรองแสงและตกกระทบบน photo detector เพื่อแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะถูกคำนวณเป็นปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์

ส่วนที่ 2: ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen Dioxide; $NO_2$) ถูกเปลี่ยนรูปด้วยความร้อนและ Molybdenum ให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ จากนั้นเข้าสู่กระบวนในส่วนที่ 1

**<u>เทคนิค</u>** การวิเคราะห์ด้วยวิธี Chemiluminescent เป็นหนึ่งในวิธีวิเคราะห์ที่อาศัยเทคนิคการเรืองวาวแสงจากการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่าง NO และ $O_3$ ซึ่งทำให้เกิดแสงอินฟราเรดที่ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 500 ถึง 3000 นาโนเมตร

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2^* + O_2$$

$$NO_2^* \longrightarrow NO_2 + h\upsilon$$

ความเข้มข้นของไนตริกออกไซด์สามารถหาได้จากเคมีลูมิเนสเซนต์เฉพาะในช่วงแคบๆ จากแสงทั้งช่วง เครื่องวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเคมีลูมิเนสเซนต์เองก็อาศัยข้อได้เปรียบนี้ โดยตัวกรองจะเลือกแสงในช่วงประมาณ 600 ถึง 900 นาโนเมตร ไนโตรเจนไดออกไซด์ $NO_2$ จะไม่เกิดปฏิกิริยานี้ ดังนั้นจึงต้องรีดิวซ์ให้เป็น NO ก่อนที่จะทำการวัดโดยทั่วไปเครื่องวิเคราะห์แบบนี้จะมีตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเปลี่ยน $NO_2$ เป็น NO

$$NO2 \quad \text{(heat, catalyst)} \quad NO + \tfrac{1}{2}O_2$$

ซึ่ง NO ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยาต่อกับโอโซน $O_3$ และเคมีลูมิเนสเซนต์ที่วัดได้จะให้ปริมาณโดยรวมของ $NO_2$ + NO ($NO_x$) ซึ่งการทำงานของเครื่องวิเคราะห์แบบนี้โดยในระบบจะมีการผลิตโอโซนด้วยแสงอุลตราไวโอเลตที่ทำให้ $O_2$ เปลี่ยนเป็นโอโซนซึ่งโอโซนนี้จะมีปริมาณมากเกินพอเพื่อให้มั่นใจว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์และลดผลกระทบจากการเควนช์จากการเจือจาง และเนื่องจากสัญญาณจากโฟโตมัลติพลายเออร์จะเป็นสัดส่วนกับจำนวนของ NO โมเลกุล (แทนที่จะเป็นความเข้มข้นของ NO) ดังนั้นอัตราการไหลของแก๊สจึงต้องควบคุมด้วยความระวังเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยน $NO_2$ เป็น NO สามารถทำจากเสตนเลสสตีลหรือจากโมลิบดีนัมจะช่วยเร่งปฏิกิริยาเมื่อให้ความร้อนเข้าไป โมลิบดีนัมจะช่วยเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำกว่า (ในบางเครื่องจะใช้ถ่านหินชาร์ที่ถูกกระตุ้นไว้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

**ขั้นที่ 1** ในลำดับขั้นของการวิเคราะห์คือ แก๊สตัวอย่างไม่ผ่านเครื่องปฏิกรณ์ที่เปลี่ยน $NO_2$ เป็น NO แต่จะตรงไปยังเครื่องปฏิกรณ์เลย ดังนั้นแก๊สที่เข้าคือ NO + $NO_2$

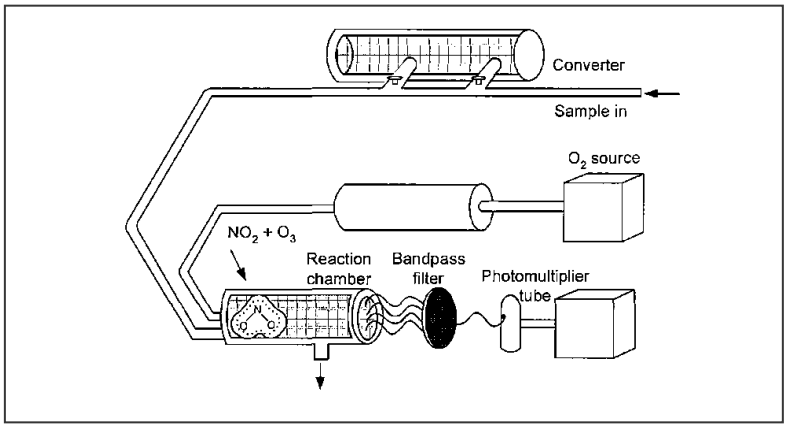
**ขั้นที่ 2** ของการวิเคราะห์แก๊สตัวอย่างจะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องปฏิกรณ์ที่เปลี่ยน $NO_2$ เป็น NO ก่อน ดังนั้นแก๊สที่เข้าเครื่องปฏิกรณ์สำ หรับเคมีลูมิเนสเซนต์ คือ

NO + NO (ที่มาจาก $NO_2$) = $NO_x$

ดังนั้น ประมาณของ $NO_2$ ในแก๊สตัวอย่างจึงได้จากความเข้มข้นที่อ่านได้จากขั้นที่ 1 นำ ไปหักลบออกจากความเข้มข้นที่ได้จากขั้นที่ 2

$NO_2$ = Step 2 – Step 1

การไหลของแก๊สตัวอย่างนี้จะถูกสับเปลี่ยนโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ค่าของ NO และ $NO_2$ อย่างต่อเนื่อง ในบางกรณีที่แก๊สตัวอย่างมีค่า $NO_2$ ต่ำ เช่น ในแก๊สจากการเผาไหม้ อาจจะอ่านค่าความเข้มข้นของ $NO_2$ มีค่าเป็นลบได้โดยเฉพาะถ้าเครื่องมือไม่ได้รับการตั้งค่าให้ดีก่อนเริ่มการวิเคราะห์ดังเช่นในกรณีเครื่องวิเคราะห์แบบฟลูออร์เรสเซนต์ การเควนชิงก็เกิดขึ้นได้ในเครื่องเคมีลูมิเนสเซนต์ ซึ่งปัญหานี้แก้ไขได้โดยการปรับอัตราการไหลของโอโซนที่เข่าสู่เครื่องวิเคราะห์ให้สูงกว่าอัตราการไหลของแก๊สตัวอย่างนำไปสู่การเจือจาง ทำให้ได้สัญญาณที่คงที่ผลกระทบที่เกิดจากประสิทธิภาพในการเควนช์ที่แตกต่างกันของโมเลกุลแก๊สที่ต่างกันก็จะน้อยที่สุด อีกทั้งการทำการวิเคราะห์ที่ความดันต่ำก็จะช่วยลดการเกิดเควนชิงด้วย เช่น กันแก๊สไนโตรเจนหรือแอมโมเนีย ($NH_3$) อาจมีผลต่อข้อมูล $NO_x$ ที่ได้ แอมโมเนียจะออกซิไดซ์เป็น NO ถ้าใช้โมลิบดีนัมเป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำก็จะช่วยลดปัญหานี้และเพราะว่าแอมโมเนียนี้ละลายในน้ำได้ดีทำให้มักถูกกำจัดไปพร้อมกับความชื้นในระบบ แสดงดัง**รูปที่ 2-11**




**ที่มา : APTI Course 474 Continuous Emission Monitoring Systems, 1992**

**รูปที่ 2-11 หลักการทำงานของเครื่องมือวิเคราะห์ Chemiluminescent Analyzer**

### 2.2.3 เทคนิคเชิงไฟฟ้าเคมี

เทคนิคเชิงไฟฟ้าเคมี ใช้หลักการของปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี โดยอาศัยหลักการของการถ่ายเทประจุของอิเล็คตรอน และ ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

#### 2.2.3.1 วิธี Zirconium Cell Method

**<u>พารามิเตอร์ที่สามารถวิเคราะห์ได้</u>**: ก๊าซออกซิเจน

ที่อุณหภูมิสูง ๆ เซอร์โคเนีย (zirconia) ซึ่งเป็นอิเล็กโครไลต์ที่เป็นของแข็ง จะแสดงค่าความนำด้วยอิออนของออกซิเจนโดยมีอิเล็คโทรดแพลทินัมต่อสัมผัสอยู่กับเซอร์โคเนียทั้งด้านในและด้านนอก เมื่อมีความเข้มข้นของออกซิเจนบางส่วนเพิ่มขึ้น การเคลื่อนตัวของออกซิเจนนี้จะผ่านไปยังอิเล็กโทรดของเซอร์โคเนียอีกอันหนึ่ง โมเลกุลของออกซิเจนจะได้รับอิเล็กตรอนมาจากอิออนออกซิเจน ระหว่างด้านนอกและด้านในของท่อเซอร์โคเนียที่ถูกทำให้ร้อน ที่จุดนี้อิเล็กตรอนจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของโมเลกุลออกซิเจน ปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นผลให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความดันย่อยของออกซิเจน

ทางด้านอ้างอิง อิเล็กโทรดซึ่งมีความดันย่อยของออกซิเจนสูง จะมีสมการเคมีเป็น

$$O + 4E \rightarrow 2O^{2-}$$

ส่วนทางด้านที่จะวัดค่าอิเล็กโทรดซึ่งมีความดันย่อยของออกซิเจนต่ำ และมีสมการเคมีเป็น

$$2O^{2-} \rightarrow O_2 + 4e$$

เราสามารถใช้สมการของ Nernst เพื่ออธิบายการคำนวณค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยวัดจากค่า E ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองเป็น

$$E = -\frac{RT}{nF} \log \frac{Px}{Pa}$$

เมื่อ R = ค่าคงที่ของแก๊ส

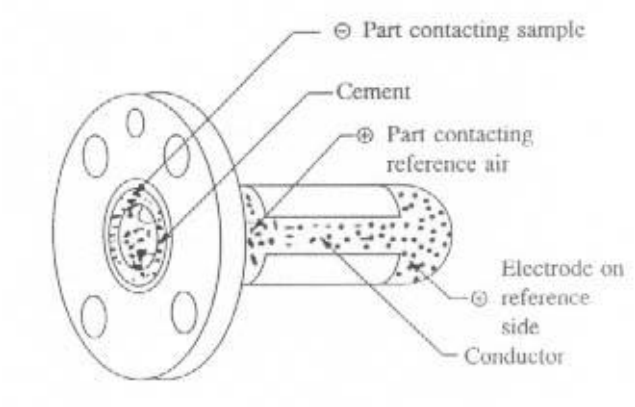
T = อุณหภูมิสัมบูรณ์

F = ค่าคงที่ของฟาราเดย์

Px = ความเข้มข้นออกซิเจนบนเซอร์โคเนียของแก๊สด้านที่จะวัด (%)

Pa = ความเข้มข้นออกซิเจนบนเซอร์โคเนียของอากาศอ้างอิง (%)

หลักการของการเซ็นเซอร์แบบนี้ ใช้งานกันแพร่หลายกับการวิเคราะห์แก๊ส $O_2$ ของปล่องไฟท่อด้านในจะอยู่ร่วมกับออกซิเจน ส่วนท่อด้านนอกจะสัมผัสกับแก๊สตัวอย่างที่ต้องการวัดย่านในการวัดโดยใช้หลักการแบบนี้จะอยู่ในช่วง 0.1 – 20 % ใน**รูปที่ 2-12** จะแสดงลักษณะทางกายภาพของหัวตรวจวัด




รูปที่ **2-12** แสดงตัวอย่างของส่วนประกอบภายในหัวเซ็นเซอร์แก๊ส

ข้อควรจำในการวัดออกซิเจนแบบเซอร์โคเนีย

1. ขณะที่มีการเซ็นเซอร์จะถูกทำให้ร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 600° C
2. การวัดแก๊สที่สามารถลุกติดไฟได้เช่น ไฮโดรเจน อาจจะทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้
3. แรงดนทางด้านเอาต์พุต จะเป็นสัดส่วนแบบลอการิทึมกับความหนาแน่นของออกซิเจน

### 2.2.3.2 วิธี Paramagnetic

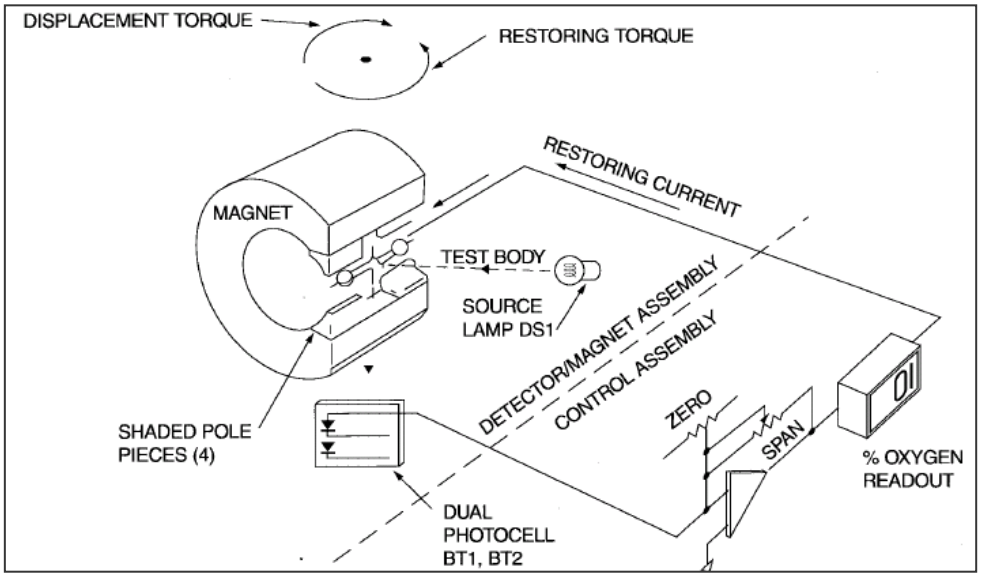
**<u>พารามิเตอร์ที่สามารถวิเคราะห์ได้</u>**: ก๊าซออกซิเจน

**<u>หลักการ:</u>** หลักการการวัดออกซิเจนแบบนี้จะอาศัยคุณสมบัติที่ว่า แก๊สออกซิเจนจะไม่เหมือนแก๊สอื่น ๆ ตรงที่มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กอย่างแรง จึงทำให้ออกซิเจนสามารถจะถูกดึงเข้าไปยังสนามแม่เหล็กได้ ส่วนแก๊สอื่น ๆ จะมีคุณสมบัติเป็นเป็นแม่เหล็กอย่างอ่อน ๆ หลักการวิเคราะห์แก๊สแบบนี้จึงถูกเรียกว่า Paramagnetic analyzer แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

**แบบเคลื่อนที่:** เมื่อก๊าซออกซิเจนไหวผ่านส่วนวิเคราะห์ จะผลักสนามแม่เหล็กทำให้ตุ้มน้ำหนักและกระจกหมุน ส่งผลให้แสงที่สะท้อนจากหลอด LED ไปตกกระทบบน photo detector เบี่ยงเบนไป detector จะรับแสงและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อคำนวณเป็นปริมาณความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน

**แบบคงที่ :** เมื่อก๊าซออกซิเจนไหวผ่านส่วนวิเคราะห์ จะผลักสนามแม่เหล็กให้เบี่ยงเบน ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์เปลี่ยนแปลง ค่ากระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงจะสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน

**<u>เทคนิค</u>**: ก๊าซออกซิเจนมีคุณสมบัติเบี่ยงเบนสนามแม่เหล็ก สำหรับ $O_2$ เป็น Paramagnetic $O_2$ มีคู่อิเลคตรอนอยู่สองคู่ที่หมุนในทศทางเดียวกันทำให้โมเลกุลมี Magnetic moment ที่ถาวร และเมื่อโมเลกุลของ $O_2$ ถูกวางไว้ใกล้ๆกับสนามแม่เหล็ก โมเลกุลก็จะถูกดึงโดยสนามแม่เหล็กและ Magnetic moment ก็จะไปในทิศทางเดียวกันกับสนามแม่เหล็ก วิธีตรวจวัดความเข้มข้นของ $O_2$ มีเทคนิค 3 เทคนิคที่อาศัยวิธี paramagnetic นี้ คือ (1) Thermomagnetic (2) Magnetomechanical และ (3) Magnetopneumatic ทั้งสามเทคนิคนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับ Extractive system แสดงดัง**รูปที่ 2-13**




**ที่มา : APTI Course 474 Continuous Emission Monitoring Systems, 1992**

**รูปที่ 2-13 หลักการทำงานของเครื่องมือวิเคราะห์ Magnetodynamic Analyzer**

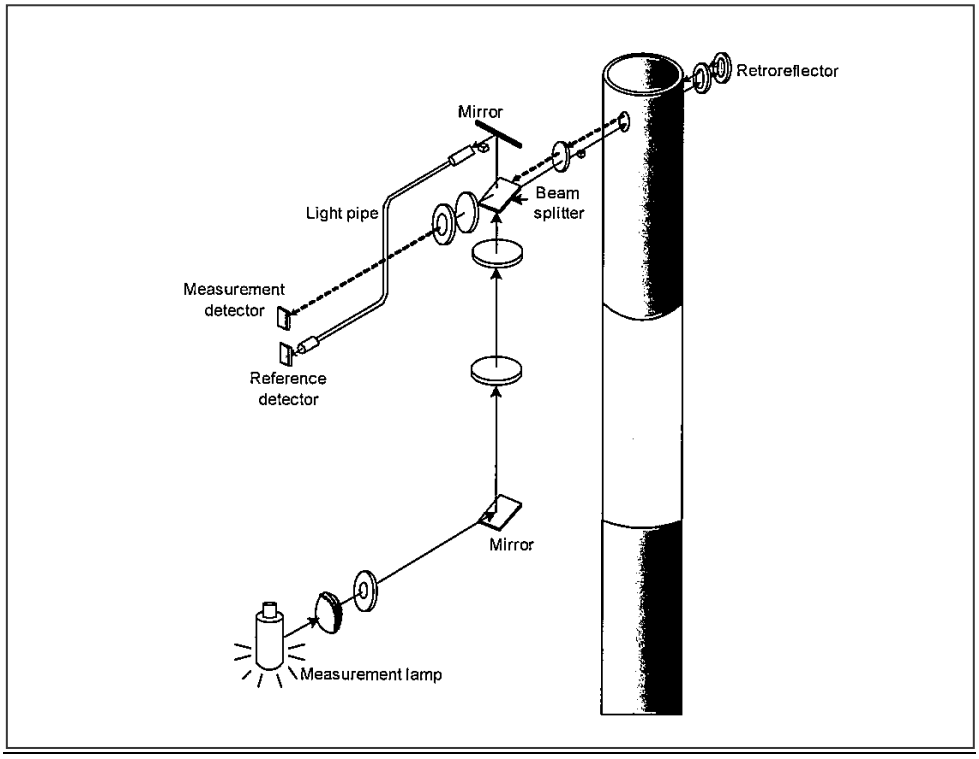
**<u>เครื่องวิเคราะห์แก๊สในระบบวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่าง (In-situ System)</u>**

### 2.2.5 วิธี Transmissometry

**<u>พารามิเตอร์-ที่สามารถวิเคราะห์ได้</u>**: ความทึบแสง (Opacity)

**<u>หลักการ:</u>** หลักการทำงานของเครื่องมือแบบเส้นใยแก้ว (fiber-optic) เริ่มจาก แสงจากแหล่งกำเนิดจะส่องแสงผ่านเลนส์ควบแน่น (Condensing Lens) และช่องรับแสง (aperture) ไปยังกระจกและตัวตัดลำแสงโดยตัวตัดลำแสงนี้จะแบ่งแสงออกเป็นสองลำแสงลำแสงแรกส่องไปยังกระจกที่ต่ออยู่กับ เส้นใยแก้ว (fiber-optic) ซึ่งลำแสงส่วนนี้จะนำไปหาค่าสัญญาณ I0 และลำแสงส่วนที่สองจะส่องผ่านไปยังเครื่องกรองแสง ปล่องควันและกระจกสะท้อนแสง แล้วสะท้อนกลับมาที่ตัวตัดแสง โดยเวลาที่แสงผ่านตัวตัดแสงและจุดโฟกัสในเครื่องวัดความทึบแสงจะให้ค่า I เนื่องจากเครื่องวัดความทึบแสงของ Lear Siegler/Dynatron จะใช้เครื่องตรวจวัดแสงจำนวนสองตัวดังนั้นจึงทำให้เครื่องวัดมีความไวสูง จึงส่งผลให้มีความแม่นยำสูงตามไปด้วย แสดงดัง**รูปที่ 2-14**

**<u>เทคนิค:</u>** Transmissometry คือการวัดปริมาณแสงที่ส่องผ่านกลุ่มควัน โดยเทคนิคนี้จะประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดแสง เครื่องมือตรวจวัดแสง และวงจรอิเลคโทรนิค เครื่องวัดความทึบแสงต้องติดตั้งภายในปล่องควันโดยตรง จึงส่งผลให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ

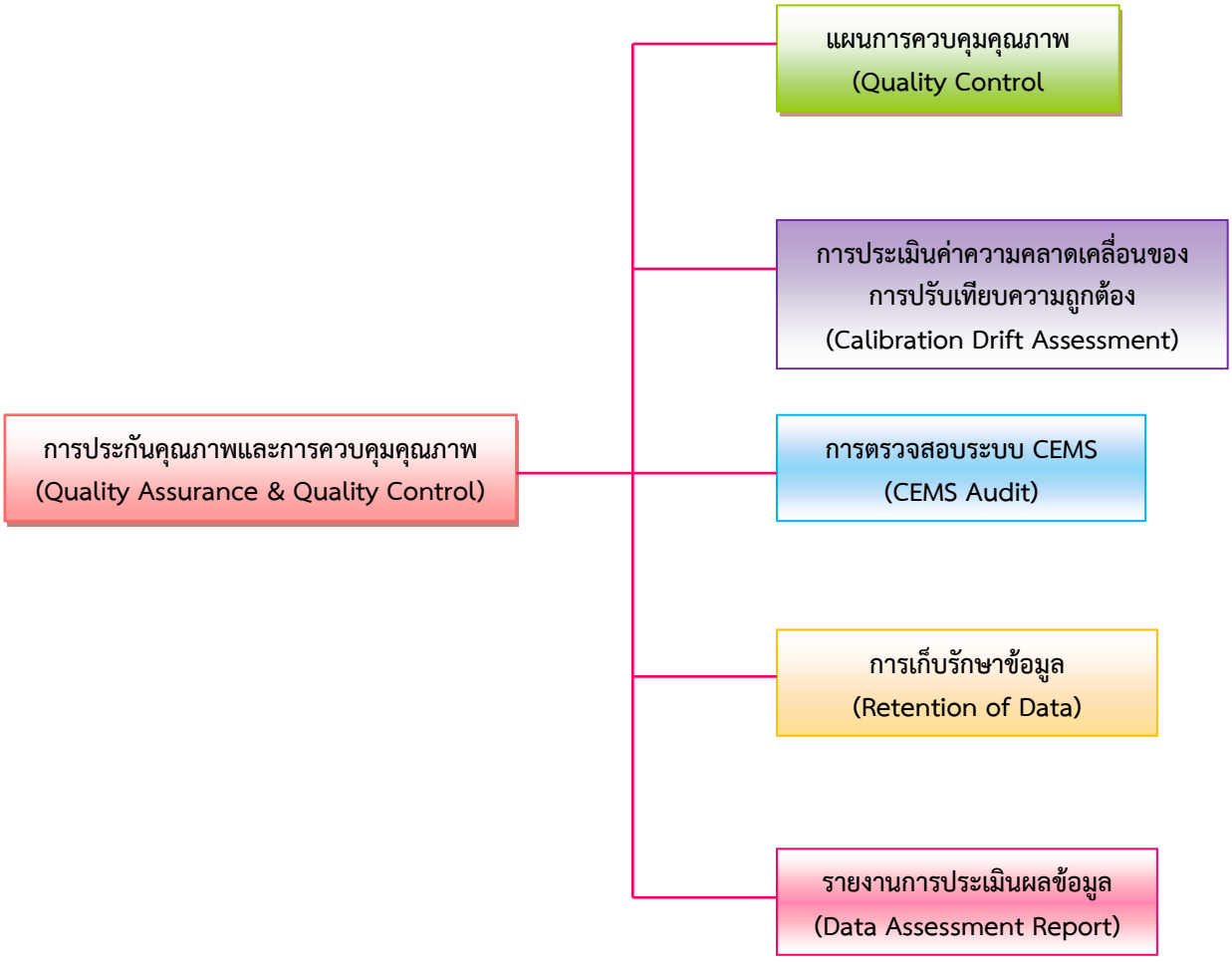



**ที่มา : APTI Course 474 Continuous Emission Monitoring Systems, 1992**

**รูปที่ 2-14 หลักการทำงานของเครื่องมือวัดความทึบแสงที่ใช้สายเส้นใย (Jahnke, 1984)**

# บทที่ 4
# การประกันคุณภาพและการควบคุมคุณภาพ
# (Quality Assurance/Quality Control)

การประกันและการควบคุมคุณภาพระบบ CEMS เป็นสิ่งจำเป็นที่ใช้ในการยืนยันว่าระบบ CEMS ทำงานได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และเป็นข้อมูลตัวแทนของการปล่อยมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิด โดยรายละเอียดของขั้นตอนของการประกันและการควบคุมคุณภาพในบทนี้ อ้างอิงจาก U.S. EPA Appendix F Part 60 ภาพรวมการประกันคุณภาพและการควบคุมคุณภาพแสดงดัง**รูปที่ 4-1** และรายละเอียดดังต่อไปนี้




**รูปที่ 4-1 ภาพรวมการประกันคุณภาพและการควบคุมคุณภาพ**

## 4.1 ข้อกำหนดของแผนการควบคุมคุณภาพ (QC Requirements)

ผู้ประกอบการต้องพัฒนาและดำเนินงานตามแผนการควบคุมคุณภาพ โดยจะต้องเขียนเป็นลายลักษณ์อักษรซึ่งจะต้องอธิบายในรายละเอียด มีความครบถ้วน มีวิธีปฏิบัติเป็นลำดับขั้นตอนให้คลอบคลุมกิจกรรมดังนี้

1) การสอบเทียบระบบ CEMS
2) การทำ Calibration Drift และการปรับแต่งระบบ CEMS
3) การบำรุงรักษาเชิงป้องกันระบบ CEMS ซึ่งจะรวมถึงบัญชีอุปกรณ์อะไหล่สำรอง
4) การจดบันทึกข้อมูล การคำนวณและการรายงานผล
5) ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งจะรวมถึงวิธีการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์
6) แผนการปรับปรุงแก้ไขในกรณีที่ระบบ CEMS มีการทำงานที่ผิดปกติ

ในการดำเนินงานตามแผนการควบคุมคุณภาพ หากผลการดำเนินงาน 2 ไตรมาสติดต่อกัน มีความไม่ต้องถูกเกิดขึ้น ผู้ประกอบการจะต้องพิจารณาทบทวนขั้นตอนที่เขียนกำหนดขึ้น หรือปรับปรุงหรือเปลี่ยนระบบ CEMS ใหม่ เพื่อแก้ไขความไม่มีประสิทธิภาพที่ทำให้เกิดความไม่ถูกต้อง

## 4.2 การประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration Drift Assessment)

### 4.2.1 ข้อกำหนดการทำ CD

ผู้ประกอบการจะต้องตรวจสอบและบันทึกผลการทดสอบ CD ด้วยก๊าซสองระดับค่าความเข้มข้นโดยทำการทดสอบที่ค่าศูนย์หรือช่วงระดับค่าต่ำและช่วงระดับค่าสูงอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง โดยมีเกณฑ์พิจารณาข้อมูลดัง**ตารางที่ 4-1** และ**ตารางที่ 4-2**

### 4.2.2 ข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (Out of Control)

ผลการตรวจวัดจากระบบ CEMS ช่วงที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (Out of Control) ให้ถือเป็นชุดข้อมูลเสียจะไม่นำมาใช้คำนวณหาค่าความเข้มข้นมลพิษอากาศและไม่รวมอยู่ในการนับจำนวนข้อมูลทั้งหมด

### 4.2.3 การบันทึกและรายงานผล

ผู้ประกอบการต้องบันทึกและจัดเก็บข้อมูลการตรวจวัดจาก CEMS ทั้งหมดรวมทั้งผลการสอบเทียบไว้อย่างน้อย 2 ปี

**ตารางที่ 4-1 ข้อกำหนดในการประเมินค่า CD**

| พารามิเตอร์ | เกณฑ์พิจารณา | แนวทางแก้ไข |
|---|---|---|
| ค่าศูนย์หรือช่วงค่าต่ำ (Zero or Low Level Calibration Drift) | CD > 2 เท่าของข้อกำหนด | ปรับแต่ง CEMS สำหรับ CD |
| | CD > 2 เท่าของข้อกำหนด เป็นเวลา 5 วันต่อเนื่อง | ● ในวันที่ 5 ของวันที่มีค่า CD เกิน 2 เท่าของข้อกำหนดให้ถือว่าเป็นการเริ่มช่วงเวลา Out of Control<br>● ให้ทำการแก้ไขปรับปรุงและทดสอบค่า CD ซ้ำ |
| | CD > 4 เท่าของข้อกำหนด | ● ในการทำ CD ครั้งใดก็ตาม หากค่า CD เกิน 4 เท่าของข้อกำหนดให้ถือว่าเป็นช่วงเวลา Out of Control<br>● ให้ทำการแก้ไขปรับปรุงและทดสอบค่า CD ซ้ำ |
| ช่วงค่าสูง (High Level Calibration Drift) | CD > 2 เท่าของข้อกำหนด | ปรับแต่ง CEMS สำหรับ CD |
| | CD > 2 เท่าของข้อกำหนด เป็นเวลา 5 วันต่อเนื่อง | ● ในวันที่ 5 ของวันที่มีค่า CD เกิน 2 เท่าของข้อกำหนดให้ถือว่าเป็นการเริ่มช่วงเวลา Out of Control<br>● ให้ทำการแก้ไขปรับปรุงและทดสอบค่า CD ซ้ำ |
| | CD > 4 เท่าของข้อกำหนด | ● ในการทำ CD ครั้งใดก็ตาม หากค่า CD เกิน 4 เท่าของข้อกำหนดให้ถือว่าเป็นช่วงเวลา Out of Control<br>● ให้ทำการแก้ไขปรับปรุงและทดสอบค่า CD ซ้ำ |

**ตารางที่ 4-2 เกณฑ์เปรียบเทียบช่วงเวลาข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (Out of Control)**

| CEMS | เกณฑ์ที่ยอมรับ | | ข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | CD > 2 เท่าของข้อกำหนด เป็นเวลา 5 วันต่อเนื่อง | | CD > 4 เท่าของข้อกำหนด | |
| | ค่าศูนย์หรือช่วงค่าต่ำ | ช่วงค่าสูง | ค่าศูนย์หรือช่วงค่าต่ำ | ช่วงค่าสูง | ค่าศูนย์หรือช่วงค่าต่ำ | ช่วงค่าสูง |
| $SO_2$, $NO_x$ | ± 2.5% | ± 2.5% | ± 5.0% | ± 5.0% | ± 10.0% | ± 10.0% |
| CO, TRS | ± 5.0% | ± 5.0% | ± 10.0% | ± 10.0% | ± 20.0% | ± 20.0% |
| $CO_2$, $O_2$ | ± 0.5% | ± 0.5% | ± 1.0% | ± 1.0% | ± 2.0% | ± 2.0% |
| Opacity | ± 2.0% | ± 2.0% | ± 4.0% | ± 4.0% | ± 8.0% | ± 8.0% |

**ที่มา :** US.EPA 40 CFR part 60 Appendix B, 2012

## 4.3 การประเมินความถูกต้องของข้อมูล (Data Accuracy Assessment)

### 4.3.1 ข้อกำหนดการตรวจสอบ

การตรวจสอบระบบ CEMS ต้องดำเนินการอย่างน้อยหนึ่งครั้งต่อหนึ่งไตรมาสปฏิทิน การตรวจสอบในไตรมาสที่ต่อเนื่องกันจะห่างกันมากกว่า 2 เดือน การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลระบบ CEMS มี 3 วิธี ได้แก่ RATA (Relative Accuracy Test Audit), CGA (Cylinder Gas Audit) และ Relative Accuracy Audit (RAA) โดยมีเกณฑ์พิจารณาข้อมูลดัง**ตารางที่ 4-3** และ**ตารางที่ 4-4**

**ตารางที่ 4-3 ข้อกำหนดและเกณฑ์การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลระบบ CEMS**

| วิธีการ | ข้อกำหนด | เกณฑ์ | ความถี่ |
|---|---|---|---|
| RATA | ให้ดำเนินการตามบทที่ 3 ข้อ 3.3 วิธีการทดสอบความแม่นยำสัมพัทธ์ | ● $SO_2$, $NO_x$, TRS : 20% ของวิธีอ้างอิงหรือ 10% ของค่ามาตรฐาน*<br>●CO : 10% ของวิธีอ้างอิงหรือ 5% ของค่ามาตรฐาน*<br>●$CO_2$ : 1% ของ $CO_2$<br>●$O_2$ : 1% ของ $O_2$ | 1 ครั้งในทุกๆ 4 ไตรมาสปฏิทิน ยกเว้นในกรณีที่โรงงานหยุดหน่วยผลิตในไตรมาสที่ 4 นับตั้งแต่การทำ RATA ครั้งที่ผ่านมา ให้ทำ RATA ในไตรมาสแรกเมื่อเริ่มดำเนินงาน |
| CGA | ● ให้ฉีดก๊าซมาตรฐาน (ก๊าซมลสารและก๊าซเจือจาง) ที่ทราบระดับความเข้มข้น 2 จุด จุดละ 3 ครั้ง โดยฉีดก๊าซเสมือนการเก็บตัวอย่างจริงจากปล่อง (Normal Sampling Mode) ช่วงการตรวจสอบดัง**ตารางที่ 4-4**<br>● ก๊าซที่ใช้ต้องได้รับการรับรองจาก NIST หรือ EPA Protocol 1 และห้ามเจือจางก๊าซจากถังก๊าซในการทดสอบ<br>● ใช้ค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างก๊าซที่ทราบความเข้มข้นกับค่าจากระบบ CEMS ในการประเมินความถูกต้องของข้อมูลระบบ CEMS | ±15% ของค่าเฉลี่ยของก๊าซที่ทราบความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ หรือ ±5 ส่วนในล้านส่วน โดยให้เลือกใช้ค่าที่ดีกว่าเป็นเกณฑ์ | อาจจะดำเนินการ 3 ใน 4 ไตรมาสของปีปฏิทิน แต่ต้องไม่ต่อเนื่องกัน 3 ไตรมาส |

**หมายเหตุ** * กรณีค่าเฉลี่ยก๊าซของวิธีอ้างอิงระหว่างการทดสอบมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 ของค่ามาตรฐานมลพิษทางอากาศที่ควบคุมแหล่งกำเนิดมลพิษแต่ละประเภทตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

**ตารางที่ 4-3 (ต่อ)**

| วิธีการ | ข้อกำหนด | เกณฑ์ | ความถี่ |
|---|---|---|---|
| RAA | • ให้ดำเนินการตามบทที่ 3 ข้อ 3.3 วิธีการทดสอบความแม่นยำสัมพัทธ์ แต่เก็บตัวอย่าง 3 ชุดข้อมูล<br>• ใช้ความสัมพันธ์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของวิธีอ้างอิงและค่าเฉลี่ยจากระบบ CEMS ในการประเมินความถูกต้องของข้อมูลระบบ CEMS | ±15% ของค่าเฉลี่ยหรือ ±7.5% ของค่ามาตรฐาน โดยให้เลือกใช้ค่าที่ดีกว่าเป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ | อาจจะดำเนินการ 3 ใน 4 ไตรมาสของปีปฏิทิน แต่ต้องไม่ต่อเนื่องกัน 3 ไตรมาส |

**ตารางที่ 4-4 ช่วงการตรวจสอบ (Audit Range) ของการทดสอบ CGA**

| จุดที่ | ช่วงการตรวจสอบ | | |
|---|---|---|---|
| | สารมลพิษ ($SO_2$, $NO_x$, CO, TRS) | ก๊าซเจือจาง | |
| | | $CO_2$ | $O_2$ |
| 1 | ร้อยละ 20-30 ของช่วงการตรวจวัดของเครื่องมือ | ร้อยละ 5-8 โดยปริมาตร | ร้อยละ 4-8 โดยปริมาตร |
| 2 | ร้อยละ 50-60 ของช่วงการตรวจวัดของเครื่องมือ | ร้อยละ 10-14 โดยปริมาตร | ร้อยละ 8-12 โดยปริมาตร<br>**หมายเหตุ:** Gas Turbine กำหนดเป็นร้อยละ 12-15 โดยปริมาตร |

### 4.3.2 ข้อมูลที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (Out of Control)

ผลของ RATA, CGA และ RAA ที่ใช้การตรวจสอบระบบ CEMS มีค่าเกินเกณฑ์ที่ระบุไว้ใน**ตารางที่ 4-3** ให้ถือว่าเป็นช่วงที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (Out of Control) ให้ถือเป็นชุดข้อมูลเสีย จะต้องทำการปรับแก้ไข และทำการทดสอบ RATA, CGA และ RAA ซ้ำเพื่อให้แน่ใจว่าระบบทำงานได้เป็นไปตามข้อกำหนด ถ้าผลการตรวจสอบแสดงให้เห็นว่าระบบ CEMS อยู่ในช่วง Out of Control ผู้ประกอบการควรจะรายงานข้อมูลทั้งผลการตรวจสอบระบบ CEMS ที่แสดงว่า Out of Control และผลจากการตรวจสอบระบบ CEMS หลังการปรับแก้ไขซึ่งแสดงว่าระบบ CEMS สามารถใช้งานได้ตามข้อกำหนด และผลการตรวจวัดจากระบบ CEMS ช่วง Out of Control จะไม่นำมาใช้คำนวณหาค่าความเข้มข้นมลพิษอากาศและไม่รวมอยู่ในการนับจำนวนข้อมูลทั้งหมด

### 4.3.3 การคำนวณการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลระบบ CEMS

- **RATA (Relative Accuracy Test Audit)**

การทดสอบวิธีนี้จะต้องทำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ในการทดสอบให้ดำเนินการตามวิธีการที่ระบุใน Performance Specifications (PS) ใน 40 CFR Part 60 Appendix B สมการคำนวณความแม่นยำสัมพัทธ์ (RA) แสดงดัง**สมการที่ 4-1**

$$RA = \frac{[|\bar{d}|+|CC|]}{\overline{RM}} * 100$$ **สมการที่ 4-1**

เมื่อ $RA$ = ความแม่นยำสัมพัทธ์

$|\bar{d}|$ = ค่าสมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของผลต่างระหว่าง RM กับ CEMS

$|CC|$ = ค่าสมบูรณ์ของสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

$\overline{RM}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของ RM แต่ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของสารมลพิษระหว่างการทดสอบมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50 ของค่ามาตรฐานมลพิษทางอากาศให้แทนที่ $\overline{RM}$ ด้วยค่ามาตรฐานมลพิษทางอากาศ

สมการที่ใช้สำหรับคำนวณค่า RA ของเครื่อง CEMs ที่ใช้ตรวจวัดก๊าซเจือจาง เช่น ออกซิเจน ($O_2$) แสดงดัง**สมการที่ 4-2**

$$RA = |\bar{d}|$$

**สมการที่ 4-2**

เมื่อ $RA$ = ความแม่นยำสัมพัทธ์

$|\bar{d}|$ = ค่าสมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของผลต่างระหว่าง RM กับ CEMs

- **CGA (Cylinder Gas Audit)**

ดำเนินการทดสอบส่วนอุปกรณ์ตรวจวัดของ CEMS ทั้งการตรวจวัดสารมลพิษและก๊าซเจือจาง (ถ้ามี) ด้วยก๊าซสำหรับปรับเทียบความถูกต้องที่ทราบความเข้มข้น โดยตรวจเช็ค 2 ระดับ โดยให้ก๊าซสำหรับการปรับเทียบการตรวจวัดจุดที่ 1 และจุดที่ 2 แยกกันทดสอบ CEMS จุดละ 3 ครั้ง สมการคำนวณค่าความแม่นยำของ CGA แสดงดัง**สมการที่ 4-3**

$$A = \frac{C_m - C_a}{C_a} * 100$$ **สมการที่ 4-3**

เมื่อ A = ค่าความแม่นยำของ CGA ในระบบ CEMS (หน่วยเป็น ppm หรือ %)
Cm = ค่าเฉลี่ยการตอบสนองของเครื่อง CEMS
Ca = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของก๊าซที่ใช้ทดสอบ

- **Relative Accuracy Audit (RAA)**

การทดสอบวิธีนี้เป็นแบบย่อของการทดสอบแบบ RATA โดยการใช้ข้อมูลอ้างอิง 3 ชุด สมการคำนวณค่าความแม่นยำของ RAA แสดงดัง**สมการที่ 4-4**

$$A = \frac{C_m - C_a}{C_a} * 100$$ **สมการที่ 4-4**

เมื่อ A = ค่าความแม่นยำของ RAA ในระบบ CEMS
Cm = ค่าเฉลี่ยการตอบสนองของเครื่อง CEMS
Ca = ค่าเฉลี่ยของวิธีอ้างอิง (ค่าเฉลี่ย 3 ชุดข้อมูล)

## 4.4 การควบคุมคุณภาพของหน่วยงานตรวจสอบ (Quality Control for Third Party)

การควบคุมคุณภาพในการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องด้วยระบบตรวจวัดมลพิษทางอากาศอย่างต่อเนื่อง (CEMS) ได้ดำเนินการตามมาตรฐานการประกันและควบคุมคุณภาพ (Quality Assurance and Quality Control) และเครื่องมือได้มีการตรวจสอบความถูกต้องอ้างอิงตามข้อกำหนดของ US EPA Method 100.1 รายละเอียดขั้นตอนของการควบคุมคุณภาพดังต่อไปนี้

### 4.4.1 การควบคุมคุณภาพงานภาคสนาม

การปฏิบัติงานภาคสนามต้องดำเนินการตามขั้นตอนการปฏิบัติงานที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด ดังนี้

1) นักวิทยาศาสตร์ภาคสนามผ่านการอบรมถึงเทคนิคการเก็บตัวอย่างและมีความชำนาญในการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

2) เครื่องมือที่นำไปใช้ต้องมีการสอบเทียบตามแผนงานการบำรุงรักษาเครื่องมือ และถังก๊าซมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบระบบ CEMS มีเอกสารรับรองและความเข้มข้นที่ใช้เหมาะสมกับความเข้มข้นมลพิษจากปล่องที่ทำการตรวจวัด

3) การดำเนินการเก็บตัวอย่างทดสอบต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือทั้งก่อนและหลังการทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องมืออ้างอิงที่นำไปใช้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมและน่าเชื่อถือ

4) การเก็บตัวอย่างต้องมีการบันทึกหลักฐานภาพถ่ายการดำเนินการขณะทำการตรวจวัดเครื่องมือที่ใช้ โดยระบุวันเดือนปีอย่างชัดเจน

5) นักวิทยาศาสตร์ภาคสนามจะต้องทำการจดบันทึกข้อมูลภายใต้ระบบเอกสารควบคุม ได้แก่ Field Work Sheet และ Calibration Sheet

### 4.4.2 การควบคุมคุณภาพของเครื่องมือตรวจวัด (RM Instrument)

เครื่องมือตรวจวัดที่นำไปใช้งานมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือตามแผนการการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการหลักๆ ดังนี้

1) การตรวจสอบโดยหน่วยงานภายนอก (External Audit) อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ซึ่งจะทำการปรับเทียบแบบ Multipoint Calibration ที่ความเข้มข้น 5 ระดับ

2) การทำความสะอาดระบบชักตัวอย่าง (Sampling System Clean Up)

3) ก๊าซมาตรฐาน (Standard Gas) ต้องผลิตภายใต้ US EPA Protocol ที่การรับรองยังไม่หมดอายุ และมีความดันภายในถังไม่น้อยกว่า 150 psig

### 4.4.3 การควบคุมคุณภาพการตรวจวัดของเครื่องมือ

การควบคุมคุณภาพการตรวจวัดของเครื่องมือเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและแม่นยำ โดยจะทำการทดสอบดังต่อไปนี้ และแบบฟอร์มของการตรวจวัดคุณภาพของเครื่องมือ แสดงดังตารางที่ 4-4 ถึง ตารางที่4-5

#### 1) การทดสอบการรั่วไหล (Leak Check)

เป็นการตรวจสอบการรั่วไหลของระบบการเก็บตัวอย่าง โดยทำให้ระบบเก็บตัวอย่างเป็นสูญญากาศที่ความดัน -20 นิ้วปรอท เป็นระยะเวลา 5 นาที ถ้าความดันสูญเสียไม่เกิน 1 นิ้วปรอท ถือว่าระบบไม่มีการรั่วไหล

**2) การทวนสอบ Calibration Gas**

ก่อนการดำเนินงานตรวจวัด ต้องทราบช่วงการตรวจวัด หรือเชื้อเพลิงของปล่องระบายที่จะทำการตรวจวัดเพื่อจัดเตรียม Standard gas ที่มีค่าความเข้มข้นของ span gas ที่เหมาะสม ซึ่งความเข้มข้นของ Standard gas ต้องครอบคลุมผลการตรวจวัด โดยค่าการตรวจวัดที่ได้ต้องอยู่ระหว่างร้อยละ 20 ถึง 100 ของค่า calibration gas

**2) การทดสอบ Analyzer Calibration Error**

การทดสอบ Analyzer Calibration Error ของระบบ CEMS เพื่อตรวจสอบค่าความแตกต่างระหว่างผลตรวจวัดจาก CEMS และค่าก๊าซมาตรฐานสำหรับปรับเทียบ เมื่อก๊าซมาตรฐานฉีดเข้าสู่ CEMS โดยตรง โดยค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นต้องน้อยกว่าร้อยละ 2 ($\pm$2 %) จากค่าก๊าซมาตรฐานสำหรับปรับเทียบ

**3) การทดสอบ Sampling System Bias**

การทดสอบ Sampling System Bias ของระบบ CEMS เพื่อตรวจสอบค่าความแตกต่างระหว่างผลการตรวจวัดจาก CEMS เมื่อป้อนก๊าซมาตรฐานไปที่ปลายของท่อชักตัวอย่างและผลตรวจวัดจากการฉีดก๊าซมาตรฐานเข้าสู่ CEMS โดยตรง ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นต้องน้อยกว่าร้อยละ 5 ($\pm$5 %) ของช่วงสำหรับปรับค่าศูนย์และช่วงค่าอ้างอิงกลางหรือค่าสูงของก๊าซมาตรฐานสำหรับปรับเทียบ

**4) การทดสอบ Zero Drift**

การทดสอบ Zero Drift ของระบบ CEMS เพื่อตรวจสอบค่า Zero ของผลการตรวจวิเคราะห์ของระบบตรวจวัดระหว่างก่อนและหลังการชักตัวอย่างวิเคราะห์ โดยไม่มีการซ่อมแก้ไขหรือปรับแต่งใดๆ กับระบบตรวจวัด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นต้องน้อยกว่าร้อยละ 3 ($\pm$3 %) ของช่วงที่ครอบคลุมการตรวจวัดในแต่ละครั้งของการทดสอบ

**5) การทดสอบ Calibration Drift**

การทดสอบ Calibration Drift เพื่อตรวจสอบค่าความแตกต่างค่า Mid-Range ของผลการตรวจวัดของ CEMS ระหว่างก่อนและหลังการชักตัวอย่าง โดยไม่มีการซ่อมแก้ไขหรือปรับแต่งใดๆ กับระบบตรวจวัด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นต้องน้อยกว่าร้อยละ 3 ($\pm$3 %) ของช่วงที่ครอบคลุมการตรวจวัดในแต่ละครั้งของการทดสอบ

**6) การทดสอบ Response Time**

การทดสอบ Response Time ของระบบ CEMS เป็นการหาระยะเวลาที่ก๊าซตัวอย่างเคลื่อนที่จากปลายของท่อชักตัวอย่างมาถึงระบบ CEMS เพื่อทำให้การนำข้อมูลมาเปรียบเทียบเป็นก๊าซจากตัวอย่างเดียวกัน วิธีการทำโดยการจับเวลาตั้งแต่การเริ่มป้อนก๊าซมาตรฐานไปที่ปลายของท่อชักตัวอย่างและจนกระทั่งระบบ CEMS สามารถอ่านค่าความเข้มข้นได้ที่ร้อยละ 95 ของค่าความเข้มข้นของก๊าซมาตรฐาน

**7) การทดสอบ Linearity**

ค่าความแปรปรวนสูงสุดในรูปของเปอร์เซ็นต์ช่วงการตรวจวัดระหว่างช่วงค่ากลางที่อ่านได้ของก๊าซมาตรฐานและค่าที่ได้จากการคาดประมาณโดยการลากเส้นตรงระหว่างช่วงค่าสูงและช่วงค่าศูนย์ ซึ่งค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นต้องน้อยกว่าร้อยละ 1 (+1 %) ของช่วงการทดสอบทั้งก่อนและหลัง

**ตารางที่ 4-5 แบบฟอร์มการทำ Analyzer Calibration Data**

**Date** .....

**Analyzer**.....

**Range** .....

| Detail | Cylinder Value (Indicate Units) | Analyzer Calibration Response (Indicate Units) | Absolute Difference (Indicate Units) | Difference (Percent of Range) |
|---|---|---|---|---|
| Zero Gas | | | | |
| Mid-Range Gas | | | | |
| High- Range Gas | | | | |

**Pretest Linearity Error**.....**Percent Range**

**Post Test Linearity Error**.....**Percent Range**

**ตารางที่ 4-6 แบบฟอร์มการทำ System Calibration Bias and Drift Data**

Date .....

Analyzer.....

Range .....

| Detail | Analyzer Calibration Response | Initial Values | | Final Values | | Drift (percent of range) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | System Calibration -Response | System Calibration Bias (percent of range) | System Calibration -Response | System Calibration Bias (percent of range) | |
| Zero gas | | | | | | |
| High-range gas | | | | | | |

System Calibration Bias =

$$\frac{\text{System Calibration Response-Analyzer Calibration Response}}{\text{Range}} \times 100$$

Drift =

$$\frac{\text{Final System Calibration Response –Initial System Calibration Response}}{\text{Range}} \times 100$$

# บทที่ 5

# ระบบการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Acquisition Systems) และ การบันทึกและการรายงานข้อมูล (Recording and Reporting)

## 5.1 ระบบการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Acquisition Systems)

ระบบการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Acquisition System: DAS) นั้นเป็นการบันทึกและการรายงานข้อมูลการปล่อยมลภาวะที่ออกมาจากโรงงานของระบบ CEMS พนักงานระบบ CEMS หรือวิศวกรสิ่งแวดล้อมประจำโรงงานนั้นจะดำเนินการโดยอาศัยหลักเกณฑ์ของระบบ DAS ในการรวบรวมข้อมูล

สำหรับระบบ DAS นี้สามารถที่จะใช้เครื่องบันทึกแบบ Strip Chart ในการเก็บรวบรวมข้อมูลหรืออาจจะเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ตลอดจนเมนเฟรมคอมพิวเตอร์ของโรงงานได้ โดยที่ระบบการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งจะรวมไปถึงการบันทึกข้อมูลและเขียนรายงานข้อมูลนั้นจะสามารถควบคุมฟังก์ชั่นต่างๆ ของเครื่องวิเคราะห์ได้ อาทิเช่น การสอบเทียบอัตโนมัติ

บทบาทหน้าที่ที่สำคัญของระบบ DAS นั้นจะเป็นการรวบรวมและบันทึกข้อมูล โดยหลังจากที่ข้อมูลถูกบันทึกแล้วนั้น ข้อมูลดังกล่าวจะถูกปรับให้มีความเหมาะสม การแปลงหน่วย การหาค่าเฉลี่ยและถูกรายงานออกมาในที่สุด

## 5.2 การบันทึกข้อมูล (Recording)

ระบบ CEMS จะให้ข้อมูลที่มีปริมาณมาก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเป็นการติดตามตรวจวัดแบบต่อเนื่องตลอดเวลา การบันทึกค่าความทึบแสงและชนิดของก๊าซที่ปลดปล่อยออกมาดังรายละเอียดข้างล่างนี้ ซึ่งเป็นจำนวนที่น้อยที่สุดที่จำเป็นที่จะต้องทำการบันทึกข้อมูล

- **ความทึบแสง :** ระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ในแต่ละรอบนั้นจะใช้เวลา 10 วินาที ส่วนระยะของการบันทึกข้อมูลในแต่ละรอบนั้นจะใช้เวลา 6 นาที
- **ก๊าซที่ปล่อย :** ระยะเวลาของการเก็บตัวอย่าง การทำการวิเคราะห์ และการบันทึกข้อมูลนั้นจะใช้เวลาทั้งสิ้น 15 นาทีต่อหนึ่งรอบ

อย่างไรก็ตาม ช่วงระยะเวลา 15 นาที ในการบันทึกข้อมูลสำหรับเครื่องวิเคราะห์ก๊าซนั้นจะใช้เครื่องวิเคราะห์ในลักษณะ “Time-sharing” โดยที่เครื่องวิเคราะห์หนึ่งเครื่องจะสามารถนำมาใช้เพื่อวัดปริมาณของก๊าซต่างๆ จากปล่องควันได้สองถึงสามปล่อง เช่น การตรวจวัดในลักษณะที่ต่อเนื่องกันปล่องละ 5 นาที จนครบช่วงระยะเวลา 15 นาทีของแต่ละหนึ่งรอบ ซึ่งทำให้ลดจำนวนของเครื่องวิเคราะห์ในระบบ CEMS ลง

โรงงานหรือผู้ประกอบการจะต้องเก็บรักษาข้อมูลของการติดตามตรวจวัด รวมถึงบันทึกการแก้ไข การซ่อมแซม การตรวจสอบการสอบเทียบ และการติดตามตรวจสอบระบบ ข้อมูลดังกล่าวนี้จะถูกเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 2 ปี และจะต้องสามารถถูกตรวจสอบโดยหน่วยงานราชการได้ง่าย

## 5.3 การปรับแก้การรายงานผลข้อมูล กรณีค่าเกิดความคลาดเคลื่อน

กรณีที่เครื่องติดตามผลการตรวจวัดหรือระบบติดตามผลการตรวจวัดไม่เป็นไปตามข้อกำหนดการทดสอบ bias ให้ปรับค่าที่ได้จากเครื่องติดตามผลการตรวจวัดโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$CEM_i^{Adjusted} = CEM_i^{Monitor} \times BAF \qquad \text{(สมการ 5-1)}$$

เมื่อ $CEM_i^{Adjusted}$ = ข้อมูลที่ปรับสำหรับ bias ณ เวลา i

$CEM_i^{Monitor}$ = ข้อมูลที่ได้จากเครื่องติดตามผลการตรวจวัด ณ เวลา i

BAF = ตัวปรับค่า bias ถูกกำหนดโดยสมการ 5-1

$$BAF = 1 + \frac{|\bar{d}|}{\overline{CEM}} \qquad \text{(สมการ 5-2 )}$$

เมื่อ BAF = ตัวปรับค่า bias ซึ่งคำนวณให้ใช้ทศนิยม 3 ตำแหน่ง

$\bar{d}$ = ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างที่ได้ระหว่างการทดสอบ bias ที่ไม่ผ่านโดยใช้สมการ 5-2

$\overline{CEM}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าข้อมูลซึ่งได้จากเครื่องติดตามผลการตรวจวัด, ระหว่างการทดสอบ bias ที่ไม่ผ่าน

ให้ใช้การปรับนี้กับข้อมูลจนเครื่องติดตามผลการตรวจวัด หรือระบบติดตามผลการตรวจวัดทั้งหมดจากวันและเวลาของการทดสอบ bias ที่ไม่ผ่านจนกระทั่ง วันและเวลาของการทำ RATA ซึ่งไม่แสดง bias ใช้ค่าที่ปรับแล้วในการคำนวณค่าแทนที่ในขั้นตอนการแทนที่ข้อมูลที่ขาดไป ตามที่ระบุไว้ในขั้นตอนการแทนที่ข้อมูลที่ขาดหายไปและในการรายงานผลความเข้มข้น $SO_2$, อัตราการไหล, และอัตราการระบาย $NO_x$ และการคำนวณค่าการระบายของ $SO_2$ ระหว่างไตรมาสและประจำปี

## 5.4 การรายงานผลในกรณีที่ข้อมูลขาดไป

แหล่งกำเนิดมลพิษที่ใช้ CEMS เจ้าของหรือผู้ประกอบการต้องแทนที่ข้อมูลที่ขาดไปตามขั้นตอนการแทนที่ไปตามขั้นตอนการแทนที่ข้อมูลที่ขาดไป ในกรณีที่แหล่งกำเนิดนั้นมีการเผาเชื้อเพลิงใดก็ตาม และแหล่งกำเนิดนั้น :

1. ไม่ได้ตรวจวัดหรือบันทึกข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซ $SO_2$, $NO_x$ ในชั่วโมงที่สามารถนำไปใช้ได้
2. ไม่ได้ตรวจวัดหรือบันทึกข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซเจือจาง ($O_2$, $CO_2$) ในชั่วโมงที่สามารถนำไปใช้ได้
3. ไม่ได้ตรวจวัดหรือบันทึกข้อมูลอัตราการไหล (Flow rate) ในชั่วโมงที่สามารถนำไปใช้ได้

อย่างไรก็ตามเจ้าของหรือผู้ประกอบการไม่จำเป็นต้องแทนที่ข้อมูลตามขั้นตอนการแทนที่ข้อมูลที่ขาดไป ถ้าเจ้าของหรือผู้ประกอบการใช้ ค่าเข้มข้นของก๊าซ $SO_2$, $NO_x$, ก๊าซเจือจาง ($O_2$, $CO_2$) และข้อมูลอัตราการไหล จากข้อมูลในส่วนนี้ได้บันทึกไว้ในระบบ redundant backup CEMS หรือ non-redundant backup CEMS แล้ว หรือระบบ CEMS สำรอง เมื่อเครื่อง CEMS หลักไม่ทำงานหรืออยู่ในระหว่าง out of control

### 5.4.1 การหาค่าข้อมูลที่ใช้ได้ (Monitor Data Availability) สำหรับขั้นตอนมาตรฐานการแทนที่ข้อมูลที่ขาดไป

เครื่องติดตามผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซ $SO_2$, $NO_x$, ก๊าซเจือจาง ($O_2$, $CO_2$) หรือเครื่องติดตามผลการตรวจวัดอัตราการไหล มีจำนวนครบ 8,760 ชั่วโมงแล้ว ให้คำนวณและบันทึกจำนวนข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ได้โดยวิธีของระบบการจัดการและการได้มาของข้อมูลแบบอัตโนมัติ ในรูปของร้อยละ (จากนี้จะเรียกว่า percent monitor data availability) ดังสมการ

$$\text{Percent monitor data availability} = \frac{\begin{matrix}\text{Total unit operating hours}\\ \text{for which quality–assured data}\\ \text{were recorded during previous}\\ \text{8760unit operating hours}\end{matrix}}{8760} \times 100 \qquad \textbf{(สมการ -53)}$$

### 5.4.2 ขั้นตอนมาตรฐานในการแทนที่ข้อมูลที่ขาดไป (Standard missing data procedures)

เมื่อเครื่องตรวจวัด $SO_2$ - CEMS ทำงานครบ ชั่วโมงแรกและ การตรวจวัดอัตราการไหลหรือ 720 เครื่องตรวจวัด$NO_x$-CEMS ทำงานครบ 2,160 ชั่วโมงแรก เจ้าของหรือผู้ประกอบการจะต้องจัดหาข้อมูลแทนที่ไว้ซึ่งกำหนดอยู่ภายใต้ส่วนย่อยของขั้นตอนในการหาข้อมูลของ $SO_2$ ในแต่ละชั่วโมงที่ขาดหายไป และหาค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตร และการระบายของ $NO_x$ ในแต่ละชั่วโมงที่ขาดหายไป ดังแสดงใน**ตารางที่ 5-1** และ **5-2** โดยการแทนที่ของข้อมูลที่ขาดไปให้ใช้เลือกใช้ข้อมูลการประกันคุณภาพของการตรวจวัด (quality-assured monitor operating hours) ของข้อมูลจาก 3 ปี (26,280 ชั่วโมง) ก่อนวันและเวลาที่ข้อมูลขาดไป

**ตารางที่ 5-1 ขั้นตอนการแทนที่ข้อมูลที่ขาดไปสำหรับ $SO_2$-CEMS, $O_2$, $CO_2$**

| Trigger conditions | | การคำนวณ | |
|---|---|---|---|
| **Availability (%)** | **จำนวนชั่วโมงที่เครื่องเสีย (N)** | **วิธี** | **ช่วงเวลาที่พิจารณา** |
| 95 | N $\leq$ 24<br>N > 24 | - เฉลี่ย<br>- ค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ย<br>- ค่าสูงสุดของ 90$^{th}$ percentile | HB/HA<br>HB/HA<br>720 operating hours* |
| 95 > Availability 90 | N $\leq$ 8<br>N > 8 | - เฉลี่ย<br>- ค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ย<br>- ค่าสูงสุดของ 95$^{th}$ percentile | HB/HA<br>HB/HA<br>720 operating hours* |
| < 90 | N > 0 | ค่าสูงสุด[1] | 720 operating hours* |

หมายเหตุ : - HB/HA = ชั่วโมงก่อนและหลังเครื่องเสีย

* Quality-assured, monitor operating hours.

[1] ในกรณีที่แหล่งกำเนิดมลพิษที่มีระบบควบคุมการระบายมลพิษแยกกับแหล่งกำเนิดสามารถแสดงถึงว่า ระบบควบคุมฯ กำลังดำเนินงานอย่างเหมาะสม ของแหล่งกำเนิดที่มีเครื่องควบคุมการระบายมลพิษที่ทำงานแยกจากระบบของแหล่งกำเนิดนั้น อาจจะใช้อัตราการระบายมลพิษที่ควบคุมแล้วที่เกิดขึ้นสูงสุดจาก 720 operating hours ก่อนหน้านี้ ถ้าได้รับการเห็นชอบ

**ตารางที่ 5-2 ขั้นตอนการแทนที่ข้อมูลที่ขาดไปสำหรับ $NO_x$-CEMS และ Flow-CEMS**

| Trigger Conditions | | การคำนวณ | | |
|---|---|---|---|---|
| **Availability (%)** | **จำนวนชั่วโมงที่เครื่องเสีย (N)** | **วิธี** | **ช่วงเวลาที่พิจารณา** | **Load ranges** |
| 95 | N ≤ 24<br>N > 24 | เฉลี่ย<br>ค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ย | 2160 operating hours*<br>HB/HA. | Yes.<br>No. |
| | | ค่าสูงสุดของ $90^{th}$ percentile | 2160 operating hours* | Yes. |
| 95 > Availability 90 | N ≤ 8<br>N > 8 | เฉลี่ย<br>ค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ย | 2160 operating hours*<br>HB/HA. | Yes.<br>No. |
| | | ค่าสูงสุดของ $95^{th}$ percentile | 2160 operating hours* | Yes. |
| < 90 | N > 0 | ค่าสูงสุด[1] | 2160 operating hours* | Yes. |

หมายเหตุ : - HB/HA =ชั่วโมงก่อนและหลังเครื่องเสีย

* Quality-assured, monitor operating hours.

[1] ในกรณีที่แหล่งกำเนิดมลพิษที่มีระบบควบคุมการระบายมลพิษแยกกับแหล่งกำเนิดสามารถแสดงถึงว่าระบบควบคุมฯกำลังดำเนินงานอย่างเหมาะสมของแหล่งกำเนิดที่มีเครื่องควบคุมการระบายมลพิษที่ทำงานแยกจากระบบของ แหล่งกำเนิดอาจจะใช้อัตราการระบายมลพิษที่ควบคุมแล้วที่เกิดขึ้นสูงสุดจาก 2160 operating hours ก่อนหน้านี้

จากตารางด้านบนสามารถอธิบายเกี่ยวกับการแทนที่ข้อมูลที่ขาดไปของค่าความเข้มข้น $SO_2$, $NO_x$, ก๊าซเจือจาง ($O_2$, $CO_2$) และค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตร แต่ละชั่วโมงที่ขาดไป ได้ดังนี้

1. ในกรณีที่ค่าข้อมูลที่ใช้ได้ (Monitor Data Availability) เท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 95 เจ้าของหรือผู้ประกอบการต้องคำนวณหาข้อมูลแทนที่ สำหรับแต่ละชั่วโมงของช่วงเวลาซึ่งข้อมูลขาดไป ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้:
   - สำหรับระยะเวลาที่ข้อมูลขาดไปน้อยกว่าหรือเท่ากับ 24 ชั่วโมง ให้แทนที่ค่าความเข้มข้นของก๊าซ $SO_2$, $NO_x$ เฉลี่ยรายชั่วโมง ด้วยค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของก๊าซ $SO_2$, $NO_x$, ก๊าซเจือจาง($O_2$, $CO_2$) ชั่วโมงก่อนและหลังระยะเวลาที่ข้อมูลขาดไปซึ่งถูกบันทึกโดยเครื่อง CEMS
   - สำหรับระยะเวลาที่ข้อมูลขาดไปมากกว่า 24 ชั่วโมง ให้แทนที่ด้วยค่าที่สูงกว่าระหว่าง
     - ค่าความเข้มข้น $SO_2$, ก๊าซเจือจาง ($O_2$, $CO_2$) รายชั่วโมงที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 90 ซึ่งถูกบันทึกโดยเครื่อง CEMS ซึ่งอยู่ระหว่าง 720 ชั่วโมงก่อน สำหรับค่าความเข้มข้น $NO_x$ และค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตร รายชั่วโมงที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 90 ซึ่งถูกบันทึกโดยเครื่อง CEMS ซึ่งอยู่ระหว่าง 2,160 ชั่วโมงก่อน
     - ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของก๊าซ $SO_2$, $NO_x$, ก๊าซเจือจาง ($O_2$, $CO_2$) ชั่วโมงก่อนและหลังระยะเวลาที่ข้อมูลขาดไปซึ่งถูกบันทึกโดยเครื่อง CEMS

2. ในกรณีที่มีข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดอย่างน้อยร้อยละ 90 แต่น้อยกว่าร้อยละ 95 เจ้าของหรือผู้ประกอบการต้องคำนวณข้อมูลที่ถูกแทนที่ โดยวิธีของระบบการจัดการและการได้มาของข้อมูลอัตโนมัติ สำหรับแต่ละชั่วโมงของแต่ละช่วงเวลาที่ข้อมูลขาดไปตามขั้นตอนดังต่อไปนี้
   - สำหรับระยะเวลาที่ข้อมูลขาดไปน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ชั่วโมง ให้แทนที่ด้วยค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของก๊าซ $SO_2$, $NO_x$, ก๊าซเจือจาง($O_2$, $CO_2$) ชั่วโมงก่อนและหลังระยะเวลาที่ข้อมูลขาดไปซึ่งถูกบันทึกโดยเครื่อง CEMS
   - สำหรับระยะเวลาที่ข้อมูลขาดไปมากกว่า 8 ชั่วโมงให้แทนที่ด้วยค่าที่มากกว่าของ ;
     - ค่าความเข้มข้น $SO_2$, ก๊าซเจือจาง ($O_2$, $CO_2$) รายชั่วโมงที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 95 ซึ่งถูกบันทึกโดยเครื่อง CEMS ซึ่งอยู่ระหว่าง 720 ชั่วโมงก่อน สำหรับค่าความเข้มข้น $NO_x$ และค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตร รายชั่วโมงที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 95 ซึ่งถูกบันทึกโดยเครื่อง CEMS ซึ่งอยู่ระหว่าง 2,160 ชั่วโมงก่อน
     - ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของก๊าซ $SO_2$, $NO_x$, ก๊าซเจือจาง ($O_2$, $CO_2$) ชั่วโมงก่อนและหลังระยะเวลาที่ข้อมูลขาดไปซึ่งถูกบันทึกโดยเครื่อง CEMS

3. ในกรณีที่มีข้อมูลเครื่องตรวจวัดน้อยกว่าร้อยละ 90 เจ้าของหรือผู้ประกอบการต้องแทนที่ข้อมูลที่ขาดไปสำหรับแต่ละชั่วโมงด้วย;
     - ค่าความเข้มข้น $SO_2$ รายชั่วโมงสูงสุด ซึ่งถูกบันทึกโดยเครื่องตรวจวัดความเข้มข้น $SO_2$ 720 ชั่วโมงก่อน
     - ค่าความเข้มข้น $NO_x$ รายชั่วโมงสูงสุด ซึ่งถูกบันทึกโดยเครื่องตรวจวัดความเข้มข้น $NO_x$ 2,160 ชั่วโมงก่อน

## 5.5 การรายงานผล (Reporting)

การรายงานผลทดสอบประสิทธิภาพระบบ จะกล่าวถึงรายละเอียดของผลการตรวจวัดที่ตรวจวัดให้แก่หน่วยงานควบคุมมลพิษทราบ โดยมีการระบุถึงรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ข้อมูลพื้นฐานของเครื่อง CEMS การรายงานผลการตรวจวัดประจำวัน ประจำเดือน หรือประจำปี แบบฟอร์มการรายงานผล CEMS รายละเอียดของการหาค่าความผิดพลาดของเครื่องมือโดยวิธีการปรับเทียบความถูกต้อง ทั้งนี้เพื่อให้สามารถตรวจสอบได้โดยง่ายและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. รายงานผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบ (Performance Specification Test Report) ซึ่งดำเนินการโดยผู้ติดตั้งระบบ CEMS ให้นำส่งสำเนาให้หน่วยงานอนุญาตทราบ โดยรายงานให้อยู่ในแบบฟอร์มการรายงานผลการตรวจสอบความถูกต้องของระบบ CEMS (Data Assessment Report) ที่จัดทำขึ้นดัง**ตารางที่ 5-3** ซึ่งช่วงเวลาในการรายงานผลให้เป็นไปตามข้อกำหนดกฎหมาย (ยังไม่มีการกำหนดขึ้นในส่วน QA/QC) โดยมีรายละเอียดอย่างน้อยดังนี้
    - ชื่อและที่อยู่ของเจ้าของแหล่งข้อมูล
    - สถานที่หรือตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องตรวจวัด CEMS
    - ชื่อผู้ผลิตและรุ่นของเครื่องตรวจวัด CEMS แต่ละเครื่อง
    - ผลการประเมินค่า CD
    - การประเมินความแม่นยำของข้อมูล CEMS และวันที่ในการประเมิน โดยวิธี RATA, RAA หรือ CGA
    - ผลจากการเก็บตัวอย่างการทำ Performance Audit และผลการเก็บตัวอย่างโดยวิธีอ้างอิง (RM)
    - สรุปการแก้ไขปรับปรุงกรณีระบบ CEMS มีช่วง Out of Control
2. รายงานผลตรวจวัดประจำวัน ให้เชื่อมสัญญาณนำส่งข้อมูล Online ไปยังศูนย์รับข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรมตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในบทที่ 1 ข้อ 1.4
3. รายงานผลตรวจวัดประจำเดือน ได้แก่
    - ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายวัน
    - วันที่และเวลาซึ่งจะต้องแสดงข้อมูลช่วงเวลาที่ระบบไม่ได้ทำงาน (ระบุเหตุผล) และช่วงเวลาซ่อมบำรุง
    - รายงานสรุปผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่เกินค่ามาตรฐาน โดยระบุวันที่ ช่วงเวลา สาเหตุหรือเหตุผลที่ค่าเกินมาตรฐานรายละเอียดการปรับปรุงแก้ไขที่ทำให้ผลการตรวจวัดมีค่าลดลงและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ข้อมูลการสอบเทียบค่าศูนย์และช่วงค่าสูง ข้อมูลการบำรุงรักษาปล่องระบายที่ติดตั้งระบบ CEMS
4. รายงานผลตรวจวัดประจำไตรมาส ได้แก่ รายงานการตรวจสอบ CGA หรือ RAA
5. รายงานผลตรวจวัดประจำปี ได้แก่ รายงานการตรวจสอบ RATA และรายงานผลตรวจวัดที่เกินค่ามาตรฐาน

กรณีช่วงเวลารวมของการปล่อยมลสารที่มีปริมาณสูงเกินกว่ามาตรฐานมีค่า 1% หรือมากกว่าของเวลาในการปฏิบัติงานรวม หรือเวลาในการหยุดการทำงานของระบบ CEM มีค่า 5% หรือมากกว่าของเวลาในการปฏิบัติงานรวมแล้วจะต้องมีการจัดทำรายงานผลการตรวจวัดที่มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน (Excess Emissions Report) ซึ่งจะต้องประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

- ค่าของการปล่อยมลสารในหน่วยมาตรฐานซึ่งมีค่าเกินที่มาตรฐานกำหนด
- วันและเวลาของการปล่อยมลสารที่สูงกว่ามาตรฐาน
- สาเหตุของการปล่อยมลสารที่สูงกว่ามาตรฐาน
- วิธีการแก้ไขที่ได้ดำเนินการแบบสรุปย่อ

**ตารางที่ 5-3 แบบฟอร์มการรายงานผลการประเมินความถูกต้องของระบบ CEMS**

| |
|---|
| ชื่อเจ้าของสถานประกอบการ..... |
| ชื่อโรงงาน..... |
| Serial No.ของ CEMS ..... |
| ชนิดของ CEMS ..... |
| ตำแหน่งที่ติดตั้ง CEMS..... |
| ช่วงของการตรวจวัด CEMS..... |
| $SO_2$.....ppm $NO_x$.....ppm CO.....ppm $O_2/CO_2$.....% |

**1. ผลการประเมินค่าความแม่นยำ (สำหรับ CEMS แต่ละพารามิเตอร์ หรือก๊าซเจือจาง)**

**ก, Relative accuracy test audit (RATA) สำหรับ**.....

1. วันที่ตรวจสอบความถูกต้อง.....
2. Reference Method (RM's) หรือ Instrument Reference Method.....
3. ค่า RM เฉลี่ย หรือ Instrument RM เฉลี่ย.....
4. ค่าเฉลี่ยที่อ่านจาก CEMS .....
5. Absolute value of mean difference ($|\bar{d}|$) .....
6. Confidence coefficient (CC) .....
7. Relative Accuracy (RA).....%
8. เกณฑ์ในการประเมินความถูกต้อง.....
9. สรุปผลการประเมิน.....

**ข. Cylinder gas audit (CGA) สำหรับ**.....

1. วันที่ตรวจสอบความถูกต้อง.....
2. Cylinder ID Number.....Audit Point 1 .....Audit Point 2.....
3. Date of certification.....Audit Point 1 .....Audit Point 2.....
4. Type of certification.....Audit Point 1 .....Audit Point 2.....
   (eg. EPA Protocol 1 or CRM)
5 Certified audit value.....Audit Point 1 .....ppm or %, Audit Point 2.....ppm or %
6. CEMS response value.....Audit Point 1 .....ppm or %, Audit Point 2.....ppm or %
7. Accuracy ..Audit Point 1.....% Audit Point 2.....%

**ค. Relative accuracy audit (RAA) สำหรับ**.....

1. วันที่ตรวจสอบความถูกต้อง.....
2. Reference Method (RM's) หรือ Instrument Reference Method.....
3. ค่า RM เฉลี่ย หรือ Instrument RM เฉลี่ย.....
4. ค่าเฉลี่ยที่อ่านจาก CEMS.....
5. Accuracy.....%
6. เกณฑ์ในการประเมินความถูกต้อง.....
7. สรุปผลการประเมิน.....

**ง. การปรับปรุงสำหรับความไม่ถูกต้องของระบบ CEMS**

1. ช่วงเวลา Out of Control....วันที่.....จำนวนวัน.....
2. กิจกรรมการปรับปรุงแก้ไข.....
3. ผลการตรวจสอบหลังการปรับปรุงแก้ไข (ใช้รูปแบบ ก ข และ ค)

**2 ผลการประเมินค่า CD**

1. ช่วงเวลา Out of Control วันที่ จำนวนวัน
2. การปรับปรุงแก้ไข

**3 รายผลตรวจวัดที่เกินค่ามาตรฐาน**

1. ผลการตรวจวัดในหน่วยมาตรฐานกำหนด
2. ช่วงเวลา
3. สาเหตุ
4. การปรับปรุงแก้ไข

# เอกสารอ้างอิง

# เอกสารอ้างอิง


1. สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ (2551), คู่มือการตรวจวัดมลพิษทางอากาศจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรมแบบต่อเนื่อง Continuous Emission Monitoring System, กรุงเทพฯ
2. สำนักวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553), มาตรฐานการปฏิบัติงาน การเก็บตัวอย่างมลพิษอุตสาหกรรม เล่ม 2 การเก็บตัวอย่างอากาศเสีย, กรุงเทพฯ
3. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานประเภทต่างๆ ต้องติดตั้งเครื่องมือ หรืออุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ พ.ศ. 2544 ประกาศ ณ วันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2544 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 119 ตอนพิเศษ 7ง วันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2545
4. ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง การส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบปล่องแบบอัตโนมัติ พ.ศ. 2550 ประกาศ ณ วันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2550 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 124 ตอนพิเศษ 196ง วันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2550
5. Department of Environmental and Conservation, Continuous Emission Monitoring System (CEMS) Code for Stationary Source Air Emissions, Western Australia, October 2006
6. Jahnke, J. A. and Aldena, G. J. 1979. Continuous Air Pollution Source Monitoring System-Handbook. EPA-625/6-798-005
7. United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 1991, Code of Federal Regulation Title 40 Part 60-Standards of Performance for New Stationary Sources, Appendix B to Part 60-Performance Specification.
8. United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), 2012, Code of Federal Regulation Title 40 Part 75-Continuous Emission Monitoring Systems.
9. United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA), Handbook Continuous Emission Monitoring Systems for Non-criteria Pollutants. EPA-625/R-97/001

# ภาคผนวก

# ตัวอย่างการคำนวณ

**ตารางที่ 1 การหาค่าความผิดพลาดของเครื่องมือโดยวิธีการปรับเทียบความถูกต้อง**

**(Calibration Error Determination)**

ผู้ทำการทดสอบ..... ผู้ผลิตอุปกรณ์ลดทอนแสง.....
หน่วยงานที่ใช้อุปกรณ์ลดทอนแสง..... หมายเลขรุ่น/แบบ.....
วันที่ทดสอบ..... จุดติดตั้ง.....
ความยาวลำแสง ณ จุดติดตั้งเครื่องมือ (Monitor Path length, L1).....
ความยาวลำแสง ณ จุดที่กลุ่มควันถูกระบายออกสู่บรรยากาศ (Emission Outlet Path length, L2)....
การตรวจสอบระยะความยาวลำแสงตรวจวัดของเครื่องมือว่าถูกต้องหรือไม่ ถูกต้อง.....
ไม่ถูกต้อง.....

ค่าอุปกรณ์กรองแสงที่วามหนาแน่นเป็นกลางผ่านการปรับเทียบความถูกต้อง (Neutral Density Filter)

ค่าความหนาแน่นของแสง (Opacity Density) (แสดงเป็นความทึบแสง):
ช่วงค่าต่ำ..... (.....)
ช่วงค่ากลาง..... (.....)
ช่วงค่าสูง..... (.....)

ค่าความหนาแน่นของแสงที่ปรับระยะการตรวจวัด (แสดงเป็นความทึบแสง):
ช่วงค่าต่ำ..... (.....)
ช่วงค่ากลาง..... (.....)
ช่วงค่าสูง..... (.....)

| ครั้งที่ทดสอบ | ค่าความทึบแสงของฟิลเตอร์ที่ใช้ในการปรับเทียบ (ร้อยละ) | ค่าความทึบแสงที่อ่านได้จากเครื่องมือ (ร้อยละ) | ความแตกต่าง (เลขคณิต) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ต่ำ | กลาง | สูง |
| 1-ต่ำ | | | | | |
| 2-กลาง | | | | | |
| 3-สูง | | | | | |
| 4-ต่ำ | | | | | |
| 5-กลาง | | | | | |
| 6-สูง | | | | | |
| 7-ต่ำ | | | | | |
| 8-กลาง | | | | | |
| 9-สูง | | | | | |
| 10-ต่ำ | | | | | |
| 11-กลาง | | | | | |
| 12-สูง | | | | | |
| 13-ต่ำ | | | | | |
| 14-กลาง | | | | | |
| 15-สูง | | | | | |
| ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) | | | | | |
| ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Confidence Coefficient)CC | | | | | |
| ค่าความผิดพลาดของการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration Error) | | | | | |

ลงชื่อ.....
ตำแหน่ง.....
หน่วยงาน.....
ผู้ตรวจวัด

**ตารางที่ 2 การกำหนดหาระยะเวลาการตอบสนอง (Response Time Determination)**

ผู้ทำการทดสอบ.....ผู้ผลิต.....

เจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ/ผู้รับจ้างให้บริการ/ผู้ควบคุม/หน่วยงานของรัฐ ที่ซื้อ

อุปกรณ์.....หมายเลขรุ่น/แบบ.....

วันที่ทดสอบ.....จุดติดตั้ง.....

ค่าอุปกรณ์กรองแสงสำหรับปรับเทียบความถูกต้องในช่วงระดับสูง :

ความหนาแน่นเชิงแสง (Optical Density) จริง แสดงค่าเป็นความทึบแสง (.....)

ความหนาแน่นเชิงแสง (Optical Density) ที่ปรับระยะของลำแสง แสดงค่าเป็นความทึบแสง (.....)

ค่าการตอบสนองที่ Upscale (0.95 X ค่า Filter).....ร้อยละของความทึบแสง

ค่าการตอบสนองที่ Downscale (0.05 X ค่า Filter).....ร้อยละของความทึบแสง

| | | |
|---|---|---|
| ช่วงค่าระดับสูง (Upscale) | 1) ..... | วินาที |
| | 2) ..... | วินาที |
| | 3) ..... | วินาที |
| | 4) ..... | วินาที |
| | 5) ..... | วินาที |
| ช่วงค่าระดับต่ำ (Downscale) | 1) ..... | วินาที |
| | 2) ..... | วินาที |
| | 3) ..... | วินาที |
| | 4) ..... | วินาที |
| | 5) ..... | วินาที |

ค่าเฉลี่ยเวลาการตอบสนอง (Average response)..... วินาที

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

หน่วยงาน.....

ผู้ตรวจวัด

**ตารางที่ 3 การกำหนดหาค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบค่าศูนย์**

**(Zero calibration t determination)**

| วันที่ | เวลา | | ร้อยละความทึบแสง | | | | | | | | | ทำเครื่องหมายเมื่อมีการทำความสะอาดเลนส์ | Alignment | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ค่าศูนย์ที่อ่านได้* | | ค่าความคลาดเคลื่อนไปจากศูนย์ | ทำเครื่องหมายเมื่อมีการปรับค่าศูนย์ | การปรับเทียบค่า upscale ที่อ่านได้ | | ค่าความคลาดเคลื่อนไปจาก Upscale | ค่าความคลาดเคลื่อนของการปรับเทียบ | ทำเครื่องหมายเมื่อมีการปรับค่า Span | | ทำเครื่องหมายเมื่อมีการตรวจสอบ | ทำเครื่องหมายเมื่อมีการปรับค่า |
| | เริ่มต้น | สิ้นสุด | เริ่มต้น (A) | สิ้นสุด (B) | C=A-B | | เริ่มต้น (D) | สิ้นสุด (E) | F=E-D | G=F-C** | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| ค่าเฉลี่ยเลขคณิต | | | | | | ค่าเฉลี่ยเลขคณิต | | | | | | | | |
| สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น | | | | | | สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น | | | | | | | | |
| ค่าคลาดเคลื่อนไปจากศูนย์ | | | | | | ค่าความผิดพลาดของการปรับเทียบ | | | | | | | | |

*ไม่มีการชดเชยค่าศูนย์โดยอัตโนมัติ

**ถ้ามีการปรับศูนย์ (โดยอัตโนมัติหรือปรับโดยเจ้าหน้าที่) ก่อนการตรวจสอบค่าช่วงสูง upscale, กำหนดให้ C=0

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

หน่วยงาน.....

ผู้ตรวจวัด

**ตารางที่ 4 การประเมินค่าคลาดเคลื่อนจากการปรับเทียบความถูกต้อง (Calibration Drift)**

| ระดับ | วัน | วันที่ และ เวลา | ค่าการปรับเทียบความถูกต้อง (calibration value) | ค่าการตรวจวัดจาก CEMS | ค่าความแตกต่างวง | ร้อยละของช่วงการตรวจวัด (Percent of span value) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ช่วงค่าตรวจวัดระดับต่ำ | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| ช่วงค่าตรวจวัดระดับสูง | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

หน่วยงาน.....

ผู้ตรวจวัด

**ตารางที่ 5 การประเมินค่าความแม่นยำสัมพัทธ์ (Relative Accuracy)**

| ครั้งที่ | วันที่/เวลา | $SO_2$ | | | $NO_x$ | | | $CO_2$ หรือ $O_2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | RM | CEMS output | Diff | RM | CEMS output | Diff | RM | CEMS output | Diff |
| | | ppm | | | ppm | | | % | | |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | |
| ค่าเฉลี่ย | | | | | | | | | | |
| ช่วงความเชื่อมั่น | | | | | | | | | | |
| ค่าความถูกต้อง | | | | | | | | | | |

หมายเหตุ: - ข้อมูลจาก RM และ CEMS มาจากค่าอ้างอิงมาตรฐานเดียวกัน

ลงชื่อ.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

หน่วยงาน.....

ผู้ตรวจวัด

# กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

# ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม

เรื่อง การส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring Systems : CEMS)

พ.ศ. ๒๕๕๐

---

อนุสนธิจากประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานประเภทต่าง ๆ ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ พ.ศ. ๒๕๔๔ ลงวันที่ ๑๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๔๔ ข้อ ๔ และข้อ ๕ กรมโรงงานอุตสาหกรรมจึงออกประกาศกำหนดการส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ กำหนดให้เป็นระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมหรือระบบเครือข่ายโทรศัพท์หรือระบบสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet)

ข้อ ๒ โรงงานในพื้นที่เขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด นิคมอุตสาหกรรมผาแดง นิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก (มาบตาพุด) (เดิมชื่อนิคมอุตสาหกรรมตะวันออก) นิคมอุตสาหกรรมเอเซีย จังหวัดระยอง ให้จัดส่งรายงานผลการตรวจวัดไปที่ศูนย์รับข้อมูลสำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ข้อ ๓ โรงงานที่มีเงื่อนไขการอนุญาต ให้ติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษ เพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง ที่ตั้งอยู่นอกเขตนิคมอุตสาหกรรมในตำบลมาบตาพุดและตำบลห้วยโป่ง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ให้จัดส่งรายงานผลการตรวจวัดไปที่ศูนย์รับข้อมูล สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ข้อ ๔ สำหรับโรงงานที่มีเงื่อนไขการอนุญาต ให้ติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์ พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง ที่ตั้งในพื้นที่อื่นนอกเหนือจากข้อ ๒ และข้อ ๓ ให้จัดส่งรายงานผลการตรวจวัดไปที่ศูนย์รับข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบ

ข้อ ๕ รายละเอียดการเชื่อมโยงระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring Systems : CEMS) ให้เป็นดังนี้

๕.๑ ข้อมูลทั่วไป

ระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring Systems : CEMS) เป็นระบบที่พัฒนาขึ้น เพื่อรองรับการรายงานข้อมูลการระบายมลพิษอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยการเชื่อมต่อระบบเพื่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างศูนย์รับข้อมูล ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดตามข้อ ๒ ข้อ ๓ และข้อ ๔ และโรงงานที่ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษ และเครื่องมือ หรือเครื่องอุปกรณ์เพิ่มเติมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดให้โรงงานประเภทต่าง ๆ ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง พ.ศ. ๒๕๔๔

๕.๒ คุณลักษณะเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์ที่สอดคล้องกับการเชื่อมโยงระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (CEMS)

คุณลักษณะเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์ที่สอดคล้องกับการเชื่อมโยงระบบ CEMS เป็นดังนี้

(๑) มี Modem ที่ใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูลอย่างน้อย ๑ ชุด หรือมีช่องทางการสื่อสารผ่านเครือข่าย Internet ที่สามารถเชื่อมโยงได้ตลอดเวลา

(๒) มีระบบสัญญาณเตือนเมื่อค่าที่วัดได้เกินกว่าค่าที่กำหนด และต้องส่งข้อมูลให้กับศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดได้ทันที

(๓) สามารถส่งข้อมูลปัจจุบันอย่างต่อเนื่องให้กับศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดได้

(๔) สามารถเก็บข้อมูล (History) ได้อย่างน้อย ๓๐ วัน และสามารถส่งข้อมูลดังกล่าวให้กับศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดได้เมื่อมีการร้องขอ

๕.๓ การเชื่อมโยงระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (CEMS)

การเชื่อมโยงระบบ CEMS ต้องดำเนินการดังต่อไปนี้

เมื่อโรงงานอุตสาหกรรมได้ติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่องแล้ว โรงงานจะต้องแจ้งข้อมูลดังต่อไปนี้ต่อศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด

- ชื่อและทะเบียนโรงงาน
- รายละเอียดปล่องและเครื่องมืออุปกรณ์ที่ติดตั้ง
- ค่าที่ทำการตรวจวัด (Parameters)
- รายละเอียดเครื่องมือและอุปกรณ์ส่งสัญญาณ
- เบอร์โทรศัพท์ของโรงงานที่ใช้เชื่อมต่อกับระบบเชื่อมโยงของศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด
- ชื่อผู้ประสานงานและเบอร์โทรศัพท์ติดต่อ

เมื่อศูนย์รับข้อมูลพร้อมสำหรับการเชื่อมโยงระบบแล้ว โรงงานจะต้องทำการทดสอบระบบและส่งข้อมูลให้ศูนย์รับข้อมูลที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด ทันที

ทั้งนี้ ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นหนึ่งร้อยแปดสิบวัน นับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๐ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๐

รัชดา สิงคาลวณิช

อธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

# ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

## เรื่อง กำหนดให้โรงงานประเภทต่าง ๆ ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษ เพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ

**พ.ศ. ๒๕๔๔**

---

อาศัยอำนาจตามความในข้อ ๑๖ ตรี แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๕) ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยข้อ ๓ แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ ๑๑ (พ.ศ. ๒๕๓๙) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ และมาตรา ๕๐ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้ โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

เครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ หมายความว่า เครื่องตรวจวัดความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศจากปล่องที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศแบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring Systems: CEMS) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๓ ส่วน คือ

(๑) ส่วนการเก็บและส่งตัวอย่าง (Sampling interface/Sampling delivery system)

(๒) ส่วนการวิเคราะห์ (Analyzer)

(๓) ส่วนการจัดการข้อมูล (Data acquisition system)

ข้อ ๒ โรงงานประเภทต่างๆ ตามที่กำหนดในประกาศนี้ต้องติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ ดังนี้

| ลำดับที่ | ขนาดของหน่วยการผลิตในโรงงาน | ประเภทโรงงาน | ค่าต่างๆ ของเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่ต้องตรวจวัด | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| ๑ | หน่วยผลิตพลังงานไฟฟ้าที่มีกำลังการผลิตต่อหน่วย ตั้งแต่ ๒๕ เมกกะวัตต์ (MW) ขึ้นไป | โรงงานลำดับที่ ๘๘ ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) หรือโรงงานลำดับอื่นๆ ที่มีแหล่งกำเนิดมลพิษในทำนองเดียวกัน | ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ออกไซด์ของไนโตรเจน ($NO_X$) ก๊าซออกซิเจน ($O_2$) | ๑) หากเชื้อเพลิงไม่มีกำมะถันไม่ต้องตรวจวัด $SO_2$<br>๒) หากเชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติไม่ต้องตรวจวัด $SO_2$ และความทึบแสงหรือฝุ่นละออง |
| ๒ | หม้อน้ำหรือแหล่งกำเนิดความร้อนที่มีขนาด ๓๐ ตัน ไอน้ำต่อชั่วโมง หรือ ๑๐๐ เมกกะมิลเลี่ยนบีทียู (MMBTU) ต่อชั่วโมงขึ้นไป | โรงงานทุกลำดับตามกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) | ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ออกไซด์ของไนโตรเจน ($NO_X$) และก๊าซออกซิเจน ($O_2$) | ๑) หากเชื้อเพลิงไม่มีกำมะถันไม่ต้องตรวจวัด $SO_2$<br>๒) หากเชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติไม่ต้องตรวจวัด $SO_2$ และความทึบแสงหรือฝุ่นละออง |
| ๓ | หน่วยผลิตซีเมนต์ ปูนขาว หรือปูนปลาสเตอร์ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ทุกขนาด ในส่วนของหม้อเผา (Kiln) และ Clinker cooler | โรงงานลำดับที่ ๕๗ ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) | ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง | - |

| ลำดับที่ | ขนาดของหน่วยการผลิตในโรงงาน | ประเภทโรงงาน | ค่าต่าง ๆ ของเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่ต้องตรวจวัด | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| ๔ | หน่วยผลิตเยื่อหรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ทุกขนาดในส่วนของ Recovery furnace Lime kiln Digestor Brown stock washer Evaporator และ Condensate stripper system | โรงงานลำดับที่ ๓๘ ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) | ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง และTotal Reduced Sulfur (TRS) | - |
| ๕ | หน่วยกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมทุกขนาดในส่วนของ Fluid Catalytic Cracking Unit (FCCU) Fuel oil combustion unit Sulfur Recovery Unit (SRU) | โรงงานลำดับที่ ๔๙ ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) | สำหรับ FCCU : ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) สำหรับ Fuel oil combustion unit: $SO_2$ และก๊าซออกซิเจน ($O_2$) สำหรับ SRU : $SO_2$ และ $O_2$ | - |
| ๖ | หน่วยถลุง หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตเหล็กหรือเหล็กกล้าในขั้นต้น ขนาด ๑๐๐ ตันต่อวันขึ้นไป ในส่วนของ Electric arc furnace หรือ Blast furnace หรือมีการ Preheat โดยน้ำมันเตา หรือถ่านหินเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน | โรงงานลำดับที่ ๕๙ ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) | ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง | - |

| ลำดับที่ | ขนาดของหน่วยการผลิตในโรงงาน | ประเภทโรงงาน | ค่าต่าง ๆ ของเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่ต้องตรวจวัด | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|---|
| ๗ | หน่วยถลุง ผสม ทำให้บริสุทธิ์ หลอม หล่อ รีด ดึง หรือผลิตโลหะในขั้นต้นซึ่งไม่ใช่เหล็กหรือเหล็กกล้าในส่วนของการถลุงทองแดง หรือสังกะสีทุกขนาดที่ใช้ Roaster Dryer ของการถลุงทองแดง หรือ Sintering machine ของการถลุงสังกะสี | โรงงานลำดับที่ ๖๐ ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) | สำหรับ Roaster : ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) สำหรับ Dryer ของการถลุงทองแดง : ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง สำหรับ Sintering machine ของการถลุงสังกะสี : ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง | - |
| ๘ | หน่วยหลอมตะกั่วทุกขนาดที่ใช้ Furnace Sintering machine หรือ Converter | โรงงานลำดับที่ ๖๐ ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) | ความทึบแสง หรือฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) | - |
| ๙ | หน่วยเตาเผาเพื่อปรับคุณภาพของเสียรวมในส่วนของเตาเผาทุกขนาด | โรงงานลำดับที่ ๑๐๑ ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) | ก๊าซออกซิเจน ($O_2$) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และอุณหภูมิ | - |
| ๑๐ | หน่วยผลิตกรดกำมะถันทุกขนาด | โรงงานลำดับที่ ๔๒ ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. ๒๕๓๕) หรือโรงงานลำดับอื่น ๆ ที่มีแหล่งกำเนิดมลพิษในทำนองเดียวกัน | ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) | - |

ค่าต่าง ๆ ของเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่ต้องตรวจวัดมีหน่วยวัด ดังนี้

| ค่าต่าง ๆ ของเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษที่ต้องตรวจวัด | หน่วยวัด |
|---|---|
| ความทึบแสง (Opacity) | ร้อยละ (%) |
| ฝุ่นละออง (Particulate) | มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($mg/m^3$) |
| ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide: $SO_2$) | ส่วนในล้านส่วน (ppm) |
| ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of nitrogen: $NO_x$) วัดในรูปไนโตรเจนไดออกไซด์ | ส่วนในล้านส่วน (ppm) |
| ก๊าซออกซิเจน (Oxygen: $O_2$) | ร้อยละโดยปริมาตร (% by volume) |
| ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (Carbon monoxide: CO) | ส่วนในล้านส่วน (ppm) |
| Total Reduced Sulfur (TRS) | ส่วนในล้านส่วน (ppm) |
| อุณหภูมิ (Temperature) | องศาเซลเซียส (°C) |

ข้อ ๓ ข้อกำหนดเกี่ยวกับการติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ ตลอดจนค่าต่าง ๆ ที่ตรวจวัดวิเคราะห์ให้ใช้วิธีที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency: U.S. EPA) กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมเห็นชอบ

ในการตรวจวัดความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศจากปล่องที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศอย่างต่อเนื่องแบบแบ่งคาบเวลา (Time sharing) สามารถใช้เครื่องตรวจวัดความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศชุดเดียวกันสำหรับปล่องที่มากกว่า

๑ ปล่องแต่ไม่เกิน ๓ ปล่อง ทั้งนี้ คุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องเหล่านั้นต้องมีคุณสมบัติและสภาวะที่คล้ายคลึงกัน เช่น กระบวนการผลิตใกล้เคียงกัน ใช้เชื้อเพลิงประเภทเดียวกัน ค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศใกล้เคียงกัน

ข้อ ๔ การรายงานผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ ให้รายงานผลที่ความดัน ๑ บรรยากาศ หรือที่ ๗๖๐ มิลลิเมตรปรอท อุณหภูมิ ๒๕ องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry basis) โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกิน (Excess air) ร้อยละ ๕๐ หรือมีปริมาตรออกซิเจนส่วนเกิน (Excess Oxygen) ร้อยละ ๗ และรายงานเป็นค่าเฉลี่ยทุกๆ ๑ ชั่วโมงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ๒๔ ชั่วโมง โดยที่การรายงานผลการตรวจวัดต้องมีข้อมูลเกินกว่าร้อยละ ๘๐ ของช่วงเวลาทั้งหมดในแต่ละวัน (๐.๐๐ น. - ๒๔.๐๐ น.) หากมีเหตุขัดข้องไม่ว่ากรณีใดๆ และไม่สามารถรายงานผลการตรวจวัดได้ หรือมีข้อมูลน้อยกว่าร้อยละ ๘๐ ในวันนั้นๆ ให้รายงานสาเหตุและการแก้ไขปัญหามายังศูนย์รับข้อมูลของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ภายในวันเดียวกันหรือวัดถัดไปโดยไม่เว้นวันหยุดราชการ

การส่งรายงานผลการตรวจวัดให้ส่งมายังศูนย์รับข้อมูลของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย หรือกรมควบคุมมลพิษ หรือกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยผ่านระบบเครือข่ายสื่อสารตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด

ข้อ ๕ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับเฉพาะโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด นิคมอุตสาหกรรมผาแดง นิคมอุตสาหกรรมตะวันออก นิคมอุตสาหกรรมเอเชีย จังหวัดระยอง และโรงงานอื่นตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด

ข้อ ๖ โรงงานที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานหลังวันที่ประกาศนี้มีผลบังคับใช้ให้ติดตั้งเครื่องมือหรือเครื่องอุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากปล่องแบบอัตโนมัติ ให้แล้วเสร็จก่อนแจ้งประกอบกิจการโรงงาน ในกรณีโรงงานที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานก่อนวันที่ประกาศนี้มีผลบังคับใช้ ให้ติดตั้งให้แล้วเสร็จภายใน ๑ ปี

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันถัดจากวันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๔๔

สุริยะ จึงรุ่งเรืองกิจ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม