

# ระบบคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

## Carbon Dioxide Fire Extinguishing System



ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงเหมาะสำหรับการใช้ป้องกันพื้นที่ที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือทรัพย์สินมูลค่าสูงและมีความสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับทรัพย์สินที่อยู่ในพื้นที่ป้องกันนั้นซึ่งตามปกติแล้วต้องไม่มีคนปฏิบัติงาน

คุณสมบัติของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้คือ

- ไม่มีสี
- ไม่มีกลิ่น
- ไม่นำไฟฟ้า

ดังนั้นจึงเป็นก๊าซที่เหมาะสมกับการใช้ดับเพลิง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีน้ำหนักมากกว่าอากาศถึง 1.5 เท่า การดับเพลิงโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์คือการทำให้ปริมาณของก๊าซออกซิเจนหรือปริมาณไอของเชื้อเพลิงในอากาศลดลงจนถึงจุดที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้

ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง ปัจจุบัน ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง มีใช้กันอยู่ 2 ระบบ ได้แก่

### 1. ระบบความดันต่ำ (Low Pressure System)

เป็นระบบที่มีการบรรจุก๊าซคาร์บอนได-

ออกไซด์ไว้ในถังบรรจุภายใต้ความดัน 2,068 กิโลปาสคาส หรือ 300 ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi) โดยรักษาอุณหภูมิไว้ที่ -18° C ตลอดเวลา

### 2. ระบบความดันสูง (High Pressure System)

เป็นระบบที่มีการบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในถังบรรจุภายใต้ความดัน 5,860 กิโลปาสคาส หรือ 850 ปอนด์/ตารางนิ้ว (psi) อุณหภูมิ 21° C

วิธีการฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งระบบความดันต่ำและความดันสูงจะมีวิธีการฉีดก๊าซเพื่อทำการดับเพลิงได้ทั้งหมด 4 วิธี คือ

#### 1. การฉีดเฉพาะ (Local Application)

เป็นการฉีดก๊าซผ่านท่อก๊าซซึ่งมีการเชื่อมต่อถึงกับถังบรรจุก๊าซและหัวฉีดก๊าซอย่างถาวรไป

ยังจุดหรือตำแหน่งที่เกิดเหตุเพลิงไหม้เท่านั้น

#### 2. การฉีดท่วม (Total Flooding)

การฉีดก๊าซรูปแบบนี้จะมีการติดตั้งท่อจ่ายก๊าซเชื่อมต่อกับถังบรรจุก๊าซและหัวฉีดก๊าซอย่างถาวร โดยจะฉีดปริมาณก๊าซที่มีอยู่ทั้งหมดเข้าไปในพื้นที่ที่เกิดเพลิงไหม้ พื้นที่ที่จะใช้กับการฉีดแบบนี้จะต้องเป็นพื้นที่ปิดล้อม ในกรณีมีช่องเปิดวางที่อยู่ภายในห้องนั้น จะต้องมีการคำนวณหาปริมาณก๊าซชดเชยในส่วนของที่กระจายผ่านช่องเปิดออกไปยังนอกพื้นที่ด้วย โดยทั่วไปการฉีดท่วมจะใช้กับเพลิงไหม้ 2 ประเภท คือ

2.1 ไฟไหม้ผิว (Surface Fire) จะต้องฉีดก๊าซให้หมดภายในเวลา 1 นาที นับตั้งแต่ก๊าซเริ่มฉีดจนกระทั่งฉีดจนหมด

2.2 ไฟไหม้ลึก (Deep Seated Fire) ก๊าซจะต้องถูกฉีดหมดภายในเวลา 7 นาที แต่ก๊าซ



จะต้องมีความเข้มข้นที่ 30% ภายในระยะเวลา 2 นาทีแรก นับตั้งแต่เริ่มฉีด

### 3. การฉีดโดยใช้สายฉีด (Hand-Held Hose lines)

เป็นวิธีการฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านสายฉีดก๊าซ ทั้งที่เป็นสายฉีดแบบพับและสายฉีดแบบม้วนซึ่งมีการติดตั้งท่อจ่ายก๊าซต่อเชื่อมระหว่างถังบรรจุก๊าซและสายฉีดเป็นการถาวร

### 4. ระบบท่อยืนและถังบรรจุก๊าซเคลื่อนที่ (Standpipe System and Mobile Supply)

ท่อจ่ายก๊าซจะถูกต่อเข้ากับระบบท่อยืนเพื่อต่อเข้าไปเชื่อมกับหัวฉีดก๊าซทั้งที่เป็นแบบการฉีดเฉพาะที่ การฉีดท่วมและการฉีดด้วยสายฉีด แต่ท่อที่จะต่อเข้ากับถังบรรจุก๊าซจะถูกปล่อยไว้ เมื่อมีเหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้นจึงจะนำถังบรรจุก๊าซแบบเคลื่อนที่เข้ามาต่อที่ปลายท่อเพื่อจ่ายก๊าซเข้าไปในระบบต่อไป

#### ข้อได้เปรียบการใช้งาน

ระบบคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงมีข้อได้เปรียบในการใช้งานดังต่อไปนี้

1. เหมาะสมกับการดับเพลิงที่เกิดกับไฟ

ประเภท ค (Class C) ซึ่งไม่ทำให้เกิดการนำไฟฟ้าก็อุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะที่ทำการดับเพลิง

2. ไม่ต้องทำความสะอาดสถานที่ภายหลังการฉีดก๊าซแล้ว

### ชนิดอันตรายและอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

1. ของเหลวไวไฟต่างๆ
2. อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า สะพานไฟฟ้า อุปกรณ์ตัดไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
3. เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซลและเชื้อเพลิงเหลวชนิดอื่นๆ
4. เชื้อเพลิงทั่วไป เช่น กระดาษ ไม้ และเส้นใยผ้า
5. ของแข็งติดไฟต่างๆ

### ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถใช้ดับเพลิงที่เกิดจากวัสดุต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สารเคมีที่สามารถผลิตออกซิเจนได้เองเมื่อติดไฟ เช่น เซลลูโลสไนเตรต (Cellulose Nitrate) เป็นต้น
2. โลหะติดไฟ เช่น แมกนีเซียม (Mag-

nesium) ไททาเนียม (Titanium) เซอโคเนียม (Zirconium) เป็นต้น

### อันตรายต่อชีวิต

การฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อทำการดับเพลิงนั้น ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมในขณะฉีดก๊าซ จะมีอันตรายต่อชีวิตเนื่องจากขาดออกซิเจนในการหายใจและหมอกที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้ยากต่อการมองเห็นด้วย ห้องหรือพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งถังบรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะต้องอยู่ไกลและอยู่ภายนอกพื้นที่ที่ทำการป้องกัน

### ระบบสัญญาณเตือนการฉีดล่วงหน้า (Pre-Discharge Alarm)

สัญญาณเตือนการฉีดล่วงหน้าจะมีการหน่วงเวลาให้เพียงพอต่อการอพยพคนในพื้นที่ก่อนจะมีการฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในพื้นที่ป้องกัน สัญญาณเตือนภัยแบบใช้เสียงและแบบใช้แสงจะต้องทำงานเมื่อสัญญาณเตือนการฉีดล่วงหน้าดังขึ้น ยกเว้นในกรณีที่มีการสั่งให้ระบบทำงานด้วยอุปกรณ์สั่งงานด้วยมือแบบฉุกเฉิน (Emergency Release Manual)

สัญญาณเตือนการฉีดล้างหน้าต้องมีเสียงดังมากกว่า 15 เดซิเบล ของระบบเสียงรบกวนรอบข้างพื้นที่ หรือมากกว่า 5 เดซิเบล ของระบบเสียงรอบข้างที่ตั้งที่สุด โดยกำหนดให้เลือกใช้ค่าของระดับเสียงที่ตั้งที่สุดซึ่งต้องทำการวัดระดับเสียงที่ระดับสูงจากพื้น 1.50 เมตร ภายในพื้นที่ทำงาน สัญญาณเตือนการฉีดล้างหน้าจะต้องมีระดับเสียงไม่เกิน 120 เดซิเบล ที่ตำแหน่งไกลที่สุดในการได้ยินเสียง และจะต้องมีระดับเสียงไม่น้อยกว่า 90 เดซิเบล ที่ระยะห่าง 3 เมตร

### การตรวจจับ (Detection)

การตรวจจับสามารถที่จะเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน (Heat Detector) อุปกรณ์ตรวจจับควันไฟ



(Smoke Detector) อุปกรณ์ตรวจจับเปลวไฟ (Flame Detector) เป็นต้น ทั้งนี้ อุปกรณ์ต่างๆ ดังกล่าวจะต้องได้รับการรับรองมาตรฐานของผลิตภัณฑ์จากสถาบันที่เชื่อถือได้

### ประเภทการสั่งงาน (Actuation Types)

อุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติที่ใช้ในระบบจะต้องได้รับใบรับรองจากสถาบันทดสอบที่น่าเชื่อถือได้ โดยอุปกรณ์ตรวจจับเหล่านี้อาจใช้วิธีการตรวจจับต่างๆ เช่น ความร้อน ควันไฟ เปลวไฟ ไอเผาไหม้ หรือสิ่งผิดปกติอื่นๆ ระบบจะจัดแบ่งประเภทการทำงาน ดังต่อไปนี้คือ

#### 1. การทำงานอัตโนมัติ (Automatic)

เป็นการทำงานโดยไม่ต้องใช้คนควบคุม

#### 2. การทำงานด้วยมือปกติ (Manual)

เป็นการทำงานโดยใช้มือผ่านอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ในตำแหน่งใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ทำการป้องกัน

3. การทำงานแบบมือฉุกเฉิน (Emergency Manual) เป็นการงานโดยใช้มือเปิดกลไกที่ติดตั้งอยู่ใกล้กับอุปกรณ์ควบคุมการทำงานเพื่อ

สั่งงานให้ระบบทำงาน

### แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Sources)

แหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักที่จ่ายไฟฟ้าให้กับระบบการควบคุมและการทำงานของระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต้องมีกำลังพอและมีความน่าเชื่อถือได้ และจะต้องมีการจัดให้มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองให้กับระบบได้ภายในเวลาไม่เกิน 30 วินาทีภายหลังจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักเสียหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักจ่ายไฟฟ้าต่ำกว่า 85% ของปริมาณไฟฟ้าที่ระบบต้องการ อีกทั้ง แหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรองต้องมีประสิทธิภาพในการจ่ายกำลังไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องให้กับอุปกรณ์ทั้งหมดภายในระบบได้ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง และต้องสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์จ่ายก๊าซตลอดระยะเวลาการทำงาน

ทั้งนี้ ต้องจัดให้มีอุปกรณ์เตือนด้วยเสียงและอุปกรณ์แสดงผลสำหรับแสดงการทำงานของระบบและสถานะความต้องการในการประจุแบตเตอรี่ อีกทั้งอุปกรณ์เตือนด้วยเสียงจะต้อง

ตั้งเมื่อมีสัญญาณการสั่งงานอัตโนมัติกับระบบ เพื่อให้เจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมสามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว

### ปริมาณก๊าซ

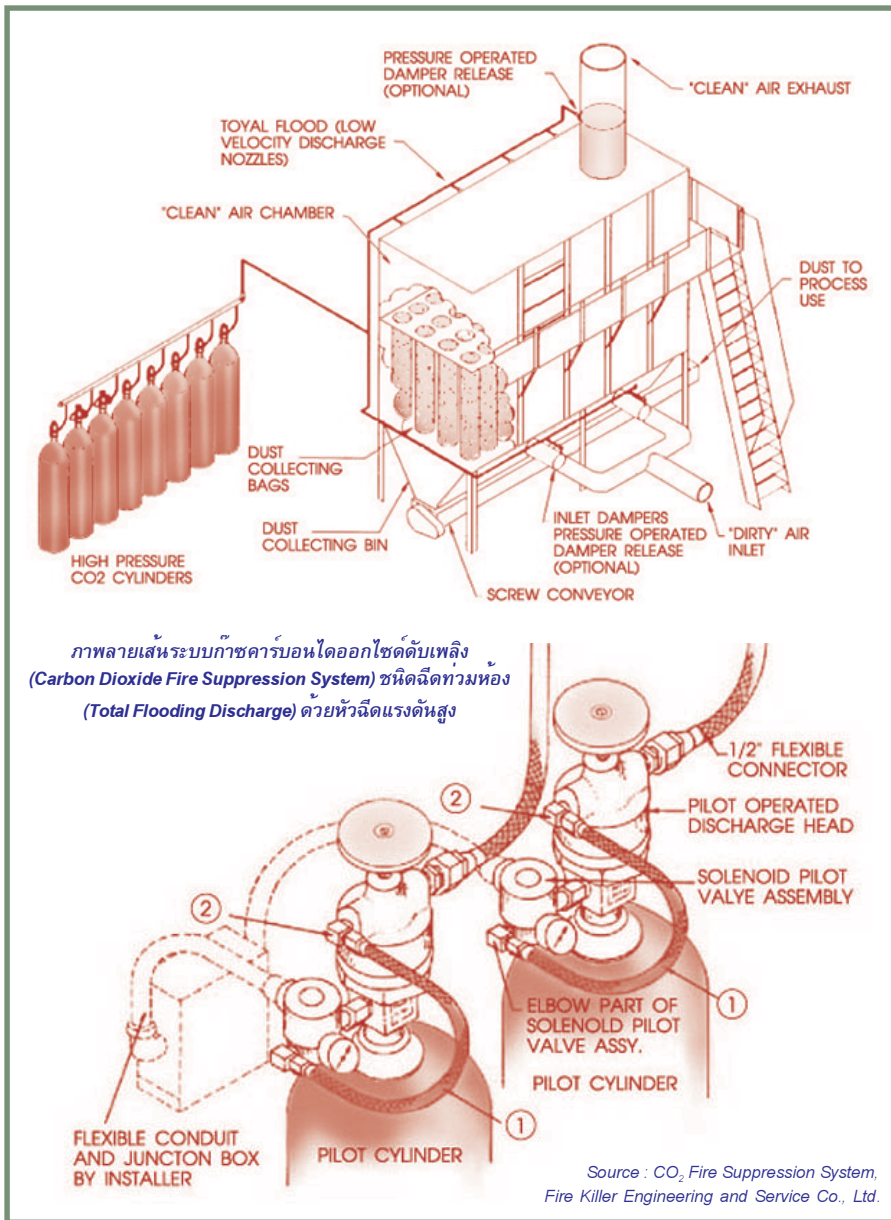
ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการดับเพลิงต้องมีปริมาณเพียงพอสำหรับการป้องกันพื้นที่อันตรายที่ใหญ่ที่สุด หรือกลุ่มของอันตราย (Group of Hazard) ที่ต้องการป้องกัน

### การบรรจุซ้ำ

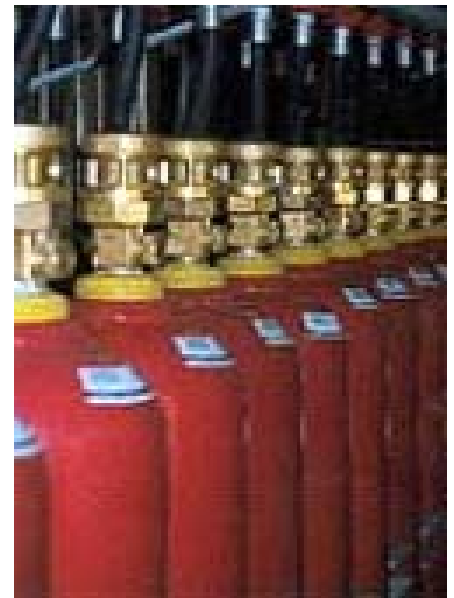
ในการบรรจุก๊าซใหม่เมื่อมีการฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากถังบรรจุจะต้องรีบทำการบรรจุก๊าซเข้าไปใหม่เพื่อให้ระบบมีความสามารถในการป้องกันอัคคีภัยที่อาจจะเกิดขึ้นซ้ำภายในพื้นที่นั้น ฉะนั้นถ้าต้องใช้เวลานานในการบรรจุก๊าซเข้าใหม่ ควรจะพิจารณาติดตั้งถังสำรองเพื่อเป็นระบบเสริม

### ถังบรรจุก๊าซ (Storage Container)

1. ถังบรรจุก๊าซและอุปกรณ์ประกอบจะต้องติดตั้งอยู่ในพื้นที่ที่สามารถเข้าไปตรวจสอบ



ภาพลายเส้นระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง (Carbon Dioxide Fire Suppression System) ชนิดฉีดท่วมห้อง (Total Flooding Discharge) ด้วยหัวฉีดแรงดันสูง



คาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

**วาล์ว (Valves)**

1. วาล์วที่ติดตั้งในระบบทุกตัว จะต้องได้รับการรับรองจากสถาบันที่เชื่อถือได้

2. วัสดุที่ทำตัววาล์วและชิ้นส่วนภายในวาล์วต้องมีความทนทานต่อแรงดันที่เกิดขึ้นในขณะทำงาน โดยไม่เกิดความเสียหาย

**หัวฉีดระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide System Discharge Nozzles)**

1. หัวฉีดก๊าซที่จะนำมาใช้ในระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide System Discharge Nozzles) ต้องได้รับการรับรองจากสถาบันที่เชื่อถือได้

2. หัวฉีดก๊าซ (Discharge Nozzles) จะต้องมีการเลือกขนาดรูเปิด (Orifice) รูปแบบ (Type) และแผ่นกัน (Shield) ให้ถูกต้องกับขนาดห้อง รวมถึง วิธีการติดตั้งด้วย

3. แผ่นกันรูเปิด (Orifice Shield) ที่ใช้จะต้องทนทานต่อการกัดกร่อนในสภาวะแวดล้อมของพื้นที่การใช้งาน

4. ขนาดของรูเปิดจะต้องถูกต้องหรือเขียนบนหัวฉีดก๊าซทุกหัวฉีด

5. อุปกรณ์ยึด (Support) หัวฉีดก๊าซจะต้องมีความแข็งแรงและทนต่อแรงกระแทกของความดันก๊าซเมื่อหัวฉีดก๊าซทำงาน

6. ภายในพื้นที่ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการระเบิด (Explosion Risk Area) หัวฉีดก๊าซที่เป็นโลหะจะต้องมีการต่อเชื่อมหัวฉีดก๊าซกับสายดิน (Grounding) ทั้งนี้ รวมไปถึงอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ที่เป็นโลหะภายในระบบด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดไฟฟ้าสถิตกับอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านั้น

ซ่อมบำรุงและเปลี่ยนถังได้โดยสะดวก

2. ถังบรรจุก๊าซจะต้องติดตั้งอยู่ใกล้กับพื้นที่ฉีดก๊าซ แต่จะต้องไม่ติดตั้งถังบรรจุก๊าซไว้ภายในพื้นที่ที่ฉีดก๊าซโดยเด็ดขาด

3. พื้นที่ตั้งถังบรรจุก๊าซจะต้องปลอดภัยจากอันตรายของสารเคมี การกระทบกระแทก และสภาพแวดล้อม

4. กรณีเป็นถังความดันสูง (High Pressure Cylinder) เมื่อมีการบรรจุก๊าซใหม่ จะต้องมีการทดสอบโดยการอัดน้ำด้วยความดันเพื่อตรวจสอบสภาพก่อนการบรรจุใหม่ ถ้าถึงนั้นมีการติดตั้งมานานเกิน 5 ปี

5. กรณีถังความดันสูงที่ถังบรรจุก๊าซและติดตั้งมานานถึง 12 ปี นับจากวันทำการทดสอบถึงครั้งสุดท้าย จะต้องทำการฉีดก๊าซภายในถังทิ้งให้หมดและทำการทดสอบถังก่อนจะบรรจุ

คาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปใหม่

6. ถังบรรจุก๊าซทุกถังจะต้องติดตั้งอุปกรณ์ปล่อยความดันฉุกเฉิน โดยที่ขนาดและการต่ออุปกรณ์ให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตกำหนด

7. ขนาดของถังบรรจุก๊าซแบบความดันสูง มีให้เลือกตามมาตรฐานสากลดังต่อไปนี้ คือ 2.3, 4.5, 6.8, 9.1, 11.4, 22.7, 34.1, 45.4, และ 54.4 กิโลกรัม

**ท่อและข้อต่อ (Pipe and Fittings)**

1. ท่อที่ใช้ในระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะเป็นท่อเหล็กกล้าหรือท่อเหล็กกล้าชุบสังกะสี ตามมาตรฐาน ASTM A-53 grade A หรือ B แบบเบอร์ 40 ทั้งที่เป็นแบบไม่มีตะเข็บ หรือแบบแนวเชื่อมไฟฟ้า

2. ข้อต่อที่ทำจากเหล็กหล่อขนาด 150 (Class 150) จะไม่อนุญาตให้ใช้ในระบบก๊าซ

# มาตรฐานการติดตั้งระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง

## NFPA 12 Standards on Carbon Dioxide Extinguishing Systems



NFPA 12 Standards on Carbon Dioxide Extinguishing Systems จัดทำขึ้นและบังคับใช้ตั้งแต่ปี 1929 โดยมีการแก้ไขเพิ่มเติมมาแล้ว 25 ครั้ง ฉบับล่าสุดปี 2000 มีสาระสำคัญโดยสังเขป ดังต่อไปนี้

### ขอบข่าย

มาตรฐานนี้เป็นข้อกำหนดขั้นต่ำสำหรับระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง รวมถึงส่วนสำคัญที่จำเป็น เพื่อให้ระบบที่ติดตั้งโดยผู้ชำนาญสามารถทำงานได้ตามต้องการ

### วัตถุประสงค์

1. มาตรฐานนี้จัดทำขึ้นสำหรับใช้งานและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการซื้อ การออกแบบ การติดตั้ง การทดสอบ การตรวจสอบ การรับรอง การบันทึกรายงาน การทำงาน หรือการซ่อมบำรุงระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง เพื่อให้ระบบทำงานได้ดีตลอดอายุการใช้งาน และมาตรฐานนี้ไม่ได้ปิดกั้นเทคโนโลยีใหม่หรือการเปลี่ยนแปลงใดๆ ที่ไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยอันเป็นข้อกำหนดไว้แล้ว

2. อุปกรณ์ในระบบคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงต้องได้รับการออกแบบ ติดตั้ง ตรวจสอบ และซ่อมบำรุงโดยผู้ได้รับการฝึกอบรม และมี

ประสบการณ์เท่านั้น ในภาคผนวก C (Appendix C) ได้กำหนดให้มีการพิจารณาในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับอันตรายที่จะเกิดกับบุคลากรและตัวระบบ เช่น

- อันตรายต่อบุคลากรในลักษณะต่างๆ รวมถึงการขาดอากาศหายใจหรือทัศนวิสัยต่ำ หลังจากระบบการฉีดก๊าซ การแพร่กระจายของก๊าซไปยังบริเวณที่อยู่นอกเหนือการปกป้อง เนื่องจากอาจมีบุคคลติดอยู่หรือเข้าไปในบรรยากาศ อันตรายจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีมาตรการด้านการอพยพอย่างทันที่และช่วยเหลือผู้ที่ติดอยู่ข้างใน

- มาตรฐานนี้ได้กำหนดให้มีการติดตั้งป้ายเตือนอันตรายตามจุดต่างๆ ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ป้องกันทุกแห่ง
- บริเวณทางเข้าพื้นที่ป้องกันทุกแห่ง
- บริเวณใกล้เคียงที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถแพร่กระจายออกไปสะสมตัวได้ทุกแห่ง
- ด้านนอกทางเข้าห้องเก็บถังก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละแห่ง
- บริเวณที่มีการบังคับการปล่อยก๊าซด้วยมือเท่าที่สังเกตเห็นได้ทุกแห่ง

- มาตรฐานได้กำหนดให้มีการติดตั้งระบบเตือนด้วยเสียงและแสงก่อนมีการฉีดก๊าซเพื่อหน่วงเวลา (Time delay) ให้มีการอพยพในสถานการณ์เลวร้ายที่สุด (Worst-case conditions) อย่างไรก็ตาม มาตรฐานยอมให้กำหนดการหน่วงเวลาตามสถานการณ์ได้เช่นกัน

### การปิดระบบ (Lockout)

เป็นการปิดวาล์วหน้าก๊าซ (Discharge pipe) ที่อยู่ระหว่างหัวฉีด (Nozzles) กับถังจ่ายก๊าซ (Supply) ปฏิบัติการด้วยมือ เพื่อให้แน่ใจว่าวาล์วอยู่ในตำแหน่ง “ปิด” ป้องกันไม่ให้ก๊าซไหลเข้าไปในพื้นที่ป้องกัน

- ตามข้อบังคับ NFPA 12 ฉบับปี 2000 กำหนดให้มีกลไกการปิด (Lockout) ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิง (Lockout) ในกรณีมีบุคคลไม่คุ้นเคยกับระบบและมีการทำงานในพื้นที่ป้องกัน ตัวอย่างสถานการณ์ที่จำเป็นต้องมีการปิดระบบ เช่น มีคนอยู่ในพื้นที่ป้องกันในตำแหน่งที่ไม่สามารถออกมาได้ง่ายๆ ในช่วงเวลาที่มีการหน่วงเวลาการฉีด อย่างไรก็ตาม ข้อบังคับนี้จะใช้เฉพาะส่วนที่เป็นกลไกเกี่ยวกับท่อและหัวฉีด แต่ไม่รวมถึงระบบสวิทช์ที่บังคับด้วยไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์

## การฝึกอบรม (Training)

### ● ต้องมีการฝึกอบรมบุคลากรทั้งหมด

ที่เข้าไปในพื้นที่ซึ่งป้องกันด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่ว่าจะเป็นประจำหรือ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งในเรื่องต่อไปนี้

- อันตรายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- สัญญาณเตือนภัยต่างๆ
- ขั้นตอนการอพยพที่ปลอดภัย

● กระบวนการฝึกอบรมที่สร้างขึ้นจะต้องทำให้บุคลากรในพื้นที่ป้องกันเกิดความตระหนักขณะมีการฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พวกเขาอาจได้รับบาดเจ็บที่ดวงตา หู หรือแม้แต่สูญเสียความทรงจำจากการโดนกระแทกจากก๊าซที่ฉีดออกมาด้วยความเร็วสูง

## การฉีดก๊าซแบบท่วมห้อง (Total flooding systems)

● ระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงแบบฉีดท่วมห้องต้องไม่ใช่ในพื้นที่ทั่วไปที่มีคนอยู่ประจำ

● ในพื้นที่ที่ปกป้องด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แบบฉีดท่วมห้องทุกแห่ง ต้องมีการป้องกันไม่ให้เกิดการฉีดก๊าซโดยอุบัติเหตุไม่ว่าในกรณีใดๆ ทั้งสิ้น

## ความปลอดภัยบุคลากร (Personnel Safety)

เพื่อป้องกันไม่ให้บุคลากรได้รับอันตรายในพื้นที่ซึ่งเป็นบรรยากาศอันตรายอันเนื่องมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกฉีดออกมาจากระบบ สถานประกอบการต้องมีมาตรการความปลอดภัยดังต่อไปนี้

1. มีช่องทางเดินและเส้นทางสู่ทางออกที่พอเพียง รวมทั้ง ต้องโล่งอยู่ตลอดเวลา
2. ต้องมีไฟส่องสว่างเพิ่มเติมหรือไฟส่องสว่างฉุกเฉินหรือทั้งสองอย่าง และจะต้องมีป้ายบอกทิศทางเพื่อให้อพยพเป็นไปอย่างรวดเร็วและปลอดภัย
3. อุปกรณ์เตือนในพื้นที่ จะต้องทำงานทันทีหลังจากมีการตรวจจับอัคคีภัย (เตือนก่อนจะมีการฉีดก๊าซและปิดประตู) ทั้งนี้ เพื่อให้มีเวลาพอในการอพยพบุคลากรก่อนการฉีดก๊าซจะเริ่มต้นขึ้น
4. ประตูทางออกต้องเป็นประตูปิดด้วยตัวเอง มีบานสวิงออกด้านนอก กรณีเป็นประตูลิ้นเปิดจากด้านนอกไม่ได้ จะต้องเป็นชนิดที่ใช้ในกรณีฉุกเฉิน (Panic hardware) ซึ่งสามารถผลักออกจากด้านในได้ง่ายและสะดวก

5. สัญญาณเตือนต้องดำเนินต่อไปที่ทางเข้าพื้นที่ฯ จนกว่าบรรยากาศจะกลับเข้าสู่ปกติ
6. ต้องมีการเติมกลิ่นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในระบบดับเพลิงเพื่อให้สามารถรับรู้บรรยากาศอันตรายได้ง่ายขึ้น
7. ป้ายเตือนและป้ายแนะนำต้องติดไว้ที่ทางเข้าและภายในพื้นที่ฯ
8. ต้องมีมาตรการกักกันและช่วยชีวิตผู้หมดสติในพื้นที่ฯ อย่างทันทั่วทั้งที่ ประกอบด้วย การค้นหาผู้หมดสติทันทีที่การฉีดก๊าซหยุดลง การช่วยเหลือผู้หมดสติด้วยการผายปอดในกรณีไม่ได้รับบาดเจ็บอย่างอื่น การเคลื่อนย้ายผู้หมดสติออกจากพื้นที่ฯ ทั้งหมดจะต้องปฏิบัติโดยบุคลากรที่ผ่านการฝึกอบรมและมีอุปกรณ์ป้องกันระบบหายใจที่เหมาะสม
9. ให้คำแนะนำและฝึกอบรมแก่บุคลากรทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่หรือผู้มีภารกิจจำเป็นจะต้องเข้าไปในพื้นที่ (เช่น พนักงานซ่อมบำรุง) เกี่ยวกับวิธีปฏิบัติตัวที่ถูกต้องเมื่ออุปกรณ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่เริ่มทำงาน
10. ต้องมีมาตรการการระบายอากาศในพื้นที่ฯทันที (การระบายอากาศด้วยแรงดันเป็นเรื่องจำเป็นแต่ต้องทำด้วยความระมัดระวังเนื่องจากเป็นการปรับสภาพบรรยากาศอันตรายให้เจือจางลง มิใช่การเคลื่อนย้ายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่หนักกว่าอากาศไปยังอีกจุดหนึ่ง)
11. ขั้นตอนและอุปกรณ์ป้องกันการบาดเจ็บหรือเสียชีวิต นอกจากที่กล่าวมา ให้พิจารณาอย่างรอบคอบในแต่ละสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

## การบังคับการทำงานและการควบคุม (Actuation and Control)

ระบบจะต้องเป็นแบบอัตโนมัติหรือแบบควบคุมด้วยมือรวมกับการบังคับการทำงาน (Actuation) ด้วยวิธีดังต่อไปนี้

- การปฏิบัติงานอัตโนมัติ (Automatic Operation) เป็นการปฏิบัติงานที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยการกระทำโดยมนุษย์
- การปฏิบัติงานด้วยมือในภาวะปกติ (Normal Manual Operation) เป็นการปฏิบัติงานต้องอาศัยการกระทำโดยมนุษย์ซึ่งจุดที่อุปกรณ์ใช้บังคับการทำงานสามารถเข้าถึงได้ง่ายตลอดเวลา และการบังคับการทำงานเพียงครั้งเดียวสามารถทำให้ทั้งระบบเริ่มต้นปฏิบัติงานได้เต็มที่
- การปฏิบัติงานด้วยมือในภาวะฉุกเฉิน (Emergency Manual Operation) เป็นการปฏิบัติงานอาศัยการกระทำโดยมนุษย์ซึ่งจุดที่อุปกรณ์

ใช้บังคับการทำงานเป็นกลไกกลล้นและติดตั้งใกล้กับตัวควบคุม ทั้งนี้ อุปกรณ์ที่เป็นกลไกกลล้นดังกล่าวสามารถใช้แรงดันในระบบเข้ามาช่วยทำให้มีการปฏิบัติงานได้ด้วย

อย่างไรก็ตาม วาล์วทุกตัวที่ใช้บังคับการทำงานด้วยมือในภาวะฉุกเฉิน (Emergency manual control) ซึ่งไม่ใช่ชนิดบังคับด้วยแรงดันสูง แต่จะเป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งในจุดที่เข้าถึงง่ายและอยู่ใกล้ตัวบังคับการทำงาน

## ภาคผนวก System Design Results

### ข้อเสนอแนะการออกแบบ ติดตั้งระบบคาร์บอนไดออกไซด์ดับเพลิงในพื้นที่กำหนด (500, 1000, 3000, 5000 ลูกบาศก์เมตร) เปรียบเทียบกับสารสะอาดดับเพลิงชนิดอื่น

Source : Review of the use of Carbon Dioxide Total Flooding Fire Extinguishing System, Robert T. Wickham, P.E., 2003; under the sponsorship of the U.S. Environmental Protection Agency in the interest of information exchange

System Design Results ดังกล่าวนี้เป็นไปตามตารางที่แสดงไว้ในหน้าถัดไป

### คำอธิบายความ

**Note a : Agent weight** หมายถึง น้ำหนักสุทธิของสารดับเพลิง รวมถึง น้ำหนักรวมของระบบ สำหรับ Water Mist น้ำหนักสารดับเพลิงคือ น้ำหนักน้ำในถังบรรจุที่ใช้ฉีดได้ 30 นาที และไม่รวมน้ำหนักของระบบ

**Note b : Footprint** หมายถึง พื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉากหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าบนพื้นที่ใช้สำหรับตั้งระบบก๊าซ และเครื่องสูบน้ำ ถังน้ำ ถังไนโตรเจน รวมถึง อุปกรณ์อื่นๆ สำหรับระบบ Water Mist

**Note C : Cube** หมายถึง ค่า Footprint คูณด้วยความสูงของถังวัดจากพื้นถึงจุดยอดของวาล์วในระบบก๊าซ และจุดยอดของส่วนประกอบชุดเครื่องสูบน้ำหรือถังในระบบ Water Mist

**Note d : Total weight** ในกรณีเป็นระบบก๊าซ หมายถึง สารดับเพลิงที่เก็บไว้ในถังบรรจุและที่อยู่ในระบบ หากเป็นระบบ Water Mist จะรวมถึงชุดเครื่องสูบน้ำ ถังน้ำ ถังไนโตรเจนและอุปกรณ์อื่น แต่ไม่รวมถึงน้ำหนักน้ำสำรองท่อทางและส่วนแขวนลอยต่างๆ

### System Design Results for 500 m<sup>3</sup> Systems

Agent	Agent Weight (Note a)	Cylinder Volume	Number of Cylinders	Footprint (Note b)	Cube (Note c)	Total Weight (Note d)
	Kilograms	Liters	Each	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	kg
<i>Halon 1301</i>	216	246	1	0.3	0.5	400
Carbon dioxide	364	68	8	0.6	0.9	1,000
FE-13	425	68	9	0.6	1.0	1,200
FM-200	319	368	1	0.4	0.7	600
Novec 1230	373	368	1	0.4	0.7	600
Inergen	320	82	19	1.3	2.7	2,000
Water Mist	9,000			3.8	6.9	2,900

### System Design Results for 1,000 m<sup>3</sup> Systems

Agent	Agent Weight (Note a)	Cylinder Volume	Number of Cylinders	Footprint (Note b)	Cube (Note c)	Total Weight (Note d)
	Kilograms	Liters	Each	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	kg
<i>Halon 1301</i>	432	246	2	0.6	0.9	800
Carbon dioxide	727	68	16	1.1	1.9	2,100
FE-13	856	68	17	1.2	1.8	2,300
FM-200	632	368	2	0.7	1.4	1,100
Novec 1230	738	368	2	0.7	1.4	1,200
Inergen	624	82	37	2.9	5.8	4,400
Water Mist	17,500			6.1	11.0	5,700

### System Design Results for 3,000 m<sup>3</sup> Systems

Agent	Agent Weight (Note a)	Cylinder Volume	Number of Cylinders	Footprint (Note b)	Cube (Note c)	Total Weight (Note d)
	Kilograms	Liters	Each	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	kg
<i>Halon 1301</i>	1,300	246	5	1.6	2.3	2,100
Carbon dioxide	2,182	68	48	3.4	5.5	6,300
FE-13	2,556	68	49	3.5	5.2	6,700
FM-200	1,915	368	5	1.9	3.6	3,100
Novec 1230	2,235	368	6	2.2	4.3	3,600
Inergen	1,888	82	112	8.7	17.5	13,200
Water Mist	20,400			17.6	27.2	16,200

### System Design Results for 5,000 m<sup>3</sup> Systems

Agent	Agent Weight (Note a)	Cylinder Volume	Number of Cylinders	Footprint (Note b)	Cube (Note c)	Total Weight (Note d)
	Kilograms	Liters	Each	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	kg
<i>Halon 1301</i>	2,160	246	9	2.8	4.2	3,600
Carbon dioxide	3,591	68	79	5.6	9.1	10,300
FE-13	4,277	68	82	5.8	8.7	11,200
FM-200	3,110	368	8	3.0	5.8	4,900
Novec 1230	3,630	368	9	3.4	6.5	5,700
Inergen	3,036	82	182	14.2	28.5	21,500
Water Mist	32,000			20.7	38.9	22,400