

16 ตู้ก็เอาอยู่! แอร์ประสบการณ์ออกแบบระบบจ่ายแก๊ส CO₂ สำหรับห้องแล็บระดับ Production



คุณเคยเจอปัญหานี้ไหมครับ? ตู้บ่มเพาะเชื้อ (CO₂ Incubator) ราคาเครื่องละหลายแสนบาท แต่ต้องมาหยุดทำงานเพราะระบบแก๊สมีปัญหา วัตต์ค่าแรงดันปลายทางได้ไม่เท่ากัน บางตู้จ่ายแก๊สเกิน บางตู้ขาดแก๊สจน Alarm ดังทั้งห้องแล็บ

นั่นไม่ใช่ความผิดของเครื่องครับ แต่มันคือ **“ก้นดักของระบบจ่ายแก๊ส”** ที่หลายคนมองข้าม

วันนี้ผมในฐานะผู้รับจ้างออกแบบและติดตั้งระบบแก๊สสำหรับห้องปฏิบัติการ จะมาแชร์ประสบการณ์การวางระบบจ่าย CO₂ ให้กับตู้ Incubator มากถึง 16 ตู้พร้อมกัน (ใช้เครื่องตระกูล Thermo Scientific VIOS) ให้จ่ายแก๊สได้นิ่ง สม่าเสมอ และที่สำคัญปลอดภัยที่สุด โดยมีระบบสำรองที่สลับอัตโนมัติไม่ให้งานวิจัยหรืองานผลิตของคุณสะดุด

จุดเริ่มต้น: เมื่อตู้ Incubator 16 ตู้ ต้องแชร์ลมหายใจเดียวกัน

โจทย์ที่เราได้รับคือ ห้องปฏิบัติการระดับ Production ที่ต้องใช้ตู้เพาะเชื้อพร้อมกัน 16 ตู้ ทุกเครื่องเป็น Thermo Scientific VIOS iDk series ซึ่งเป็นเครื่องเกรดสูง ควบคุม CO₂ แม่นยำระดับเซลล์ต้นกำเนิดหรือ IVF

ความท้าทายคือ:

1. **ทุกเครื่องต้องได้แรงดันคงที่ 15-20 psig ตลอดเวลา** (เป็นกฎหมายตัวของเครื่อง VIOS)
2. **16 ตู้ต้อง “หายใจ” พร้อมกันได้** เมื่อเปิดประตูตู้หลายใบ CO₂ จะตกลง และทุกเครื่องจะเรียกแก๊สเติมพร้อมกัน หากระบบจ่ายออกแบบมาไม่ดี แรงดันจะตกวูบ เครื่องที่อยู่ไกลสุดจะอด
3. **ต้องมีระบบสำรอง** ที่เปลี่ยนถังให้อัตโนมัติ ไม่ต้องให้ใครมาคอยเฝ้าตอนตี 3
4. **ความปลอดภัยสูงสุด** แก๊ส CO₂ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น หากรั่วสะสมโดยไม่รู้ตัวคืออันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

หลักคิดก่อนลงมือ: เราไม่ได้ออกแบบแค่ “ต่อท่อ” แต่เราออกแบบ “แรงดัน”

หลายคนคิดว่า การต่อแก๊สหลายตู้ก็แค่ใช้ท่อแยก เหมือนสายยางรดน้ำต้นไม้ แต่นั่นคือความเข้าใจผิดครั้งใหญ่

หัวใจสำคัญของระบบแก๊สความแม่นยำสูงคือ **Pressure Integrity (ความสมบูรณ์ของแรงดัน)** เราไม่ได้ควบคุม “อัตราการไหล” เพราะตู้ Incubator มันจะดึงแก๊สแค่ตอนที่วาล์วเติมแก๊สเปิด (ซึ่งเปิดทีละไม่กี่วินาที) สิ่งที่เราต้องทำให้ได้คือ **ทุกตู้ต้องเห็นแรงดัน 20 psig เท่ากัน ไม่ว่าจะอยู่ใกล้หรือไกลจากถังแก๊ส แม้ในวินาทีที่ทุกตู้เปิดวาล์วพร้อมกัน**

หลักการของเราคือ **Oversize Header, Tight Regulation และ Filtration**

ระบบที่เราออกแบบ: จากถังแก๊สสู่ทุกตู้อย่างมั่นใจ

เรามาเปิดดูอุปกรณ์ที่เราเลือกใช้กันครับ เพื่อจะเป็นแนวทางให้ท่านที่กำลังจะสร้างห้องแล็บใหม่ (ผมจะอธิบายว่าทำไมต้องใช้อุปกรณ์นี้ และสำคัญต่อความปลอดภัยและการใช้งานยังไง)

1. เปลี่ยนถังอัตโนมัติ ไม่มีสะดุด: Automatic Changeover Panel

เราเริ่มจากถังคู่ Bank A (หลัก) และ Bank B (สำรอง) ต่อเข้ากับ **Changeover Panel** ที่ลดแรงดันจาก 800 psi ในถังลงมาที่ 20-25 psig สำหรับระบบ

ทำไมต้องใช้?

- **สลับอัตโนมัติ:** เมื่อถังหลักใกล้หมด (เราตั้งไว้ที่ 200 psi) ระบบจะดึงแก๊สจากถังสำรองทันที โดยที่แรงดันปลายทางไม่ตกแม้แต่น้อย
- **เช็ควาล์วในตัว:** ป้องกันแก๊สจากถังสำรองย้อนกลับไปหาถังหลักที่หมดแล้ว ปลอดภัยเวลาช่างมาถอดเปลี่ยนถัง
- **วาล์วนิรภัย (Relief Valve):** เราตั้งไว้ที่ 30-35 psig หากแผงควบคุมเกิด Fail วาล์วนี้จะระบายแก๊สทิ้ง ป้องกันท่อระเบิด ซึ่งเป็นอันตรายร้ายแรง

2. ท่อเมนใหญ่เพื่ออนาคต: 3/4 นิ้ว สแตนเลสทั้งระบบ

เราไม่ใช้ท่อพลาสติกหรือท่อขนาดเล็ก เราใช้ท่อสแตนเลส 316L เกรดสะอาด ขนาด 3/4 นิ้วเป็นเมนหลัก

เหตุผลเพื่อความปลอดภัยและการใช้งาน:

- **ลดแรงดันตก:** ต่อให้ 16 ตู้ทำงานพร้อมกัน ท่อใหญ่จะทำหน้าที่เป็น “บัฟเฟอร์” หรือดึงพักแรงดันขนาดย่อม ทำให้แรงดันที่ปลายทางไม่แกว่ง
- **สะอาดและเฉื่อย:** CO₂ เป็นกรดอ่อนๆ เมื่อเจอความชื้น การใช้ท่อสแตนเลสที่ทำความสะอาดพิเศษ ป้องกันสนิมและอนุภาคหลุดเข้าไปทำลายวาล์วเล็กๆ ภายในตู้ VIOS (ค่าซ่อมแพงมาก!)
- **การติดตั้ง:** เราใช้ข้อต่อ Swagelok แบบ Double-Ferrule การรั่วซึมแทบเป็นศูนย์

3. การบ้านสำคัญก่อนเข้าตู้: วาล์ว เกจ กรอง และเช็ควาล์ว

ตรงนี้เป็นจุดที่ลูกค้าชมเรามากที่สุดครับ ที่จุดต่อแยก 16 สาขา เราไม่ได้แค่ลากท่อเข้าเครื่อง เราติดตั้ง “ชุดจ่ายประจำจุด (Drop Station)” ที่ประกอบด้วย:

- **บอลวาล์ว (Shut-off Valve):** เพื่อซ่อมบำรุงตู้ที่ละตู้ได้โดยไม่ต้องปิดแก๊สทั้งระบบ
- **เกจวัดแรงดัน (Pressure Gauge) หน้างาน:** สำคัญมาก! ช่วยให้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบแรงดันที่หน้างานได้ทันที ถ้าเห็นเข็มตกก็รู้ว่ามีปัญหาที่ท่อสาขานี้
- **ฟิวเตอร์ 0.3 ไมครอน:** นี้คือ “กันชนคนสำคัญ” เลยครับ ตู้ VIOS มี Solenoid Valve เล็กมาก ฝุ่นผงจากท่อแม่แต่นิดเดียวอาจทำให้วาล์วค้าง CO₂ ไหลไม่หยุด ถัดหมดโดยไม่รู้ตัว หรือเลวร้ายสุดคือค่าความเข้มข้น CO₂ ในตู้สูงเกินจนคร่าชีวิตเซลล์ทั้งหมด ฟิวเตอร์ตัวนี้จึงปกป้องทั้งเครื่องและงานวิจัยของคุณ
- **เช็ควาล์ว (Check Valve):** ป้องกันการปนเปื้อนข้ามระหว่างตู้ ถ้าตู้ไหนมีเชื้อ หรือมีแรงดันย้อน ตัวนี้จะบล็อกไว้ครับ

บททดสอบสุดหินและผลลัพธ์ที่ได้

เราจะไม่บอกว่ามันดี ถ้ายังไม่ได้ทดสอบ เราจำลองเหตุการณ์เลวร้ายที่สุด คือ เปิดประตูตู้ทั้ง 16 ตู้ ให้ค่า CO₂ ตก แล้วปิดพร้อมกัน

ผลลัพธ์: เข็มวัดแรงดันปลายทางที่ตู้ไกลที่สุดย่นหนึ่งที่ 18 psig ไม่มีตกรวน Alarm เลยแม้แต่ตู้เดียว เสียงเจียบกริบ ได้ยินแต่เสียงเซลล์เติบโต

ด้านความปลอดภัย: เราติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับ CO₂ ในห้อง และใช้ระบบ Changeover ให้ส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปที่มือถือของทีมงานทันทีที่เปลี่ยนเป็น Bank B เพื่อให้เอารถเข็นขนถังเต็มมาเปลี่ยน Bank A ได้ โดยไม่มีวันไหนที่ระบบหมดแก๊ส

สรุป: เพราะทุกเซลล์มีคุณค่า อย่าให้ระบบแก๊สเป็นจุดอ่อน

ในฐานะคนออกแบบระบบ เรามองว่า “ความปลอดภัย” ไม่ใช่แค่การติดตั้งเซ็นเซอร์ แต่มันเริ่มตั้งแต่การเลือกวัสดุท่อ การเผื่อขนาดเมนให้ใหญ่พอ การเลือกใช้ข้อต่อที่ไม่รั่ว และการติดตั้งวาล์วนิรภัยตั้งแต่ต้นทาง

ส่วน “ประโยชน์” ที่แท้จริง คือ **Peace of Mind** หรือความสบายใจของนักวิจัยครับ ที่ไม่ต้องสะดุ้งตื่นกลางดึกเพราะเสียง Alarm CO₂ Low ไม่ต้องเสียเวลากับการเปลี่ยนถังฉุกเฉิน และที่สำคัญคือ มั่นใจได้ว่าเซลล์อื่นมีค่าที่เพาะในตู้ VIOS ทั้ง 16 เครื่อง จะได้สภาพแวดล้อมที่สมบูรณ์แบบที่สุด

ถ้าตอนนี้ห้องแล็บของคุณกำลังขยับขยาย อย่ามองข้ามการออกแบบระบบจ่ายแก๊สนะครับ การลงทุนกับท่อ อุปกรณ์กรอง และระบบสำรองดี ๆ เพียงครั้งเดียว จะช่วยให้คุณไม่ต้องปวดหัวไปอีก 10 ปี