บทที่ 3

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ตามลักษณะของงานวิจัย ดังนี้

3.1 งานวิจัยด้านแหล่งกำเนิดฝุ่นและการแพร่ของฝุ่น

Ina Tegen (1994) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลจากวงจรการแพร่กระจายของฝุ่นที่มีต่อสมดุลชั้นบรรยากาศทั่วโลกโดยใช้แบบจำลอง 3 มิติ (Global Three-Dimensional Model) ซึ่งจะศึกษาถึงแหล่งกำเนิดฝุ่น ชนิดของเนื้อดิน การส่งผ่านฝุ่นในบรรยากาศ และการจำลองความเข้มข้นของฝุ่นในฤดูกาลต่างๆ ไปพร้อมกับการศึกษาความเข้มข้น การแพร่กระจาย และการกระจายขนาดของฝุ่นจากสถานที่ต่างๆ พบว่า แหล่งกำเนิดฝุ่นส่วนใหญ่เป็นแหล่งกำเนิดที่ยังไม่ถูกรบกวน เช่น ทะเลทราย ทุ่งหญ้า ผิวดินทั่วไป โดยมากมาจากบริเวณทะเลทรายซาฮารา เอเชียกลาง จีนตอนเหนือ ออสเตรเลีย และคาบสมุทรอาระเบีย แหล่งกำเนิดฝุ่นเหล่านี้สามารถกำเนิดฝุ่นได้ถึง 3,000 เมกะตันต่อปี จากทั่วโลก ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นฝุ่นจากดินเหนียว (ขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร) รวม 390 เมกะตันต่อปี ฝุ่นขนาดเล็กจากโคลน (1-10 ไมโครเมตร) และฝุ่นขนาดใหญ่จากโคลน (10-25 ไมโครเมตร) รวม 1,960 เมกะตันต่อปี และฝุ่นทราย (ขนาดใหญ่กว่า 25 ไมโครเมตร) รวม 650 เมกะตันต่อปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Paul Cooper and Peter C Arnold (1995) ได้ทำการศึกษาปริมาณความเข้มข้นที่ฟุ้งกระจายของกลุ่มฝุ่น และปริมาณอากาศที่ทำให้ฝุ่นเกิดการฟุ้งกระจาย (Air Entrainment) พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่าการทำนายจากแบบจำลองต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบความคุมการฟุ้งกระจายของฝุ่นในอุตสาหกรรม ในการทดลองเป็นระบบปิดและใช้ผงอลูมินาเป็นวัสดุตัวอย่าง โดยทำการปล่อยผงอลูมินาให้ตกอย่างอิสระด้วยความเร่งจากถังเก็บด้านบนลงมาในภาชนะด้านล่างที่ความสูงแตกต่างกัน เพื่อสังเกตพฤติกรรม พบว่า ที่ระยะความสูงในการปล่อยออกเพิ่มขึ้น พื้นที่หน้าตัดของกลุ่มอลูมินาที่ไหลออกจากถังเก็บ และความเข้มข้นที่ฟุ้งกระจายในอากาศ รวมถึงปริมาณอากาศที่ทำให้ฝุ่นเกิดการฟุ้งกระจายจะเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้พบว่าผลที่ได้จากการทดลองให้ค่าใกล้เคียงกับการทำนายโดยใช้แบบจำลองพลูม (Plume Model)

Nehzat Motallebi (1999) ได้ทำการศึกษาแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 10 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$ และ PM_{10} source) ในช่วงฤดูหนาว (พ.ย. ถึง ม.ค. ปี ค.ศ.1991-1996) บริเวณถนนแซคราเมนโตเลขที่ 13 และถนนที (Scramento13 and T streets) รัฐแคลิฟอร์เนีย โดยใช้แบบจำลองสมดุลมวลเคมี (Chemical Mass Balance: CMB) พบว่า แหล่งกำเนิดอนุภาคหลักแบ่งได้ 5 กลุ่ม ดังนี้ แหล่งที่เกิดจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นผง จากการก่อสร้างถนนและการเพาะปลูก ($PM_{2.5}$ 1.2% และ PM_{10} 12.5%), ไอเสียจากยวดยานพาหนะ ($PM_{2.5}$ 24.5% และ PM_{10} 32.9%), การเผาไหม้เนื่องจากการประกอบอาหาร เตาผิง และการเผาเพื่อการเกษตร ($PM_{2.5}$ 18.1% และ PM_{10} 16.7%), แอมโมเนียมซัลเฟต และแอมโมเนียมไนเตรต ในอากาศที่ไม่สามารถรวมตัวกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ได้ ($PM_{2.5}$ 41.1% และ PM_{10} 33.3%) นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดอื่นที่ไม่แน่ชัด ($PM_{2.5}$ 15.1% และ PM_{10} 14.6%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Jeffrey R. Brook (1999) ได้ทำการศึกษาโปรแกรมการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นในอากาศประเทศแคนาดา โดยเน้นศึกษาฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) อย่างต่อเนื่องกว่า 10 ปี โดยใช้ Anderson Dichotomous Sampler (Dichot) และ Tapered Element Oscillating Microbalance (TEOMs) ซึ่งทำการตรวจวัดบริเวณเมืองต่างๆ ทั้งในตัวเมืองและชนบท พบว่า ค่าความเข้มข้นในช่วง 24 ชั่วโมงที่วัดได้ ต่ำกว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐาน 24 ชั่วโมง US. และค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้จากวิธี TEOMs จะต่ำกว่าวิธี Dichot โดยจะแตกต่างกันมากในฤดูหนาว ประมาณ 23% ฤดูร้อน 12% นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเข้มข้นของ $PM_{2.5}$ ที่ตรวจวัดได้บริเวณในเมืองจะมากกว่าชนบท 30-80% โดยเฉพาะในเวลากลางวันที่มีการจราจรคับคั่ง และในช่วงปี ค.ศ. 1988 -1995 ความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM_{10} ลดลง 32% และความเข้มข้นเฉลี่ยของ $PM_{2.5}$ ลดลง 28% ตามลำดับ

David P. Lamoree (1999) ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 และ 10 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$ และ PM_{10}) ที่ฟุ้งกระจายจากทางหลวง เมืองเซนหลุยส์ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เมษายน ค.ศ. 1997 ในการศึกษาจะทำการเก็บตัวอย่างจริง 4 จุด (ทิศเหนือลม 1 จุด และทิศใต้ลม 3 จุด) บริเวณใกล้ทางหลวงโดยใช้เครื่อง Mini-Volume Portable Survey Samplers ซึ่งเก็บตัวอย่างสูงจากพื้น 2 เมตร เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทำแบบจำลอง และศึกษาการแพร่กระจายของฝุ่นเทียบกับระยะห่างจากทางหลวง พบว่า ความเข้มข้นจากการเก็บตัวอย่างจะน้อยกว่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลอง และจะลดลงเมื่อระยะห่างจากทางหลวงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าทางหลวงในบริเวณตัวเมืองจะปล่อย $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ออกมาเฉลี่ยแล้ว 0.03-0.04 กรัมต่อระยะที่มีการสัญจร 1 ไมล์ และในชนบทจะปล่อย $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ออกมาเฉลี่ยแล้ว 0.2 และ 0.3 กรัมต่อระยะที่มีการสัญจร 1 ไมล์ ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากฝุ่นที่ฟุ้งกระจายจากบาทวิถี ซึ่งมีมากในชนบท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 งานวิจัยด้านเทคนิคการจับเก็บฝุ่น

Tetsuo Yoshida, al. (1975) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจับฝุ่นของถุงกรองแบบเปียก โดยการฉีดละอองน้ำหรือโดยการปล่อยน้ำให้ล้นและไหลลงมาเคลือบผิวของถุงกรอง (Overflowing Water) เพื่อป้องกันการลุกไหม้ติดไฟของวัสดุถุงกรอง ในขณะที่ทำการผ่านก๊าซอุณหภูมิสูงเข้าไป และเป็นการชะล้างทำความสะอาดผิวของถุงกรองอีกทางหนึ่ง โดยทำการศึกษาถึงผลของความดันลดและประสิทธิภาพการจับฝุ่นของถุงกรองแบบเปียก เมื่อเปรียบเทียบกับถุงกรองแบบแห้ง นอกจากนี้ได้เสนอกลไกหลักในการจับฝุ่น 2 กลไก กลไกแรกเป็นการจับฝุ่นโดยใช้หลักการสกัดกั้น (Interception) ซึ่งช่วยเสริมประสิทธิภาพในการจับฝุ่นไม่ว่าจะโดยกลไกการแพร่หรือกลไกการกระทบด้วยแรงเฉื่อย และมีตัวแปรสำคัญคือ พารามิเตอร์การสกัดกั้น (Interception Parameter) กลไกที่สองเป็นการจับฝุ่นโดยใช้หลักการเปิดและปิดของรูเล็กๆบนม่านฟิล์มน้ำบริเวณช่องถักของถุงกรองอย่างฉับพลัน (Shutter Action) ซึ่งถ้าเวลาในการเปิดและปิดของฟิล์มน้ำสั้นมากพอ ก็จะสามารถจับฝุ่นได้ดีขึ้น

Richard J. Seible (1976) ได้ทำการศึกษาการควบคุมปริมาณฝุ่นบริเวณจุดถ่ายโอน (Transfer Point) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นสูง โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการควบคุมปริมาณฝุ่น 2 วิธี คือ วิธีการควบคุมฝุ่นโดยการฉีดสารดีเทอร์โฟม และวิธีการควบคุมฝุ่นโดยการฉีดละอองน้ำ พร้อมทั้งมีการประยุกต์ให้มีการฉีดละอองน้ำ หรือสารดีเทอร์โฟมลงบนสายพานก่อนที่จะเคลื่อนที่มารับวัสดุ จากการศึกษาพบว่า วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมปริมาณฝุ่นบริเวณจุดถ่ายโอน คือวิธีการควบคุมปริมาณฝุ่นโดยการฉีดละอองน้ำ เนื่องจากวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่ามาก และเป็นวิธีที่สะดวกกว่า ถึงแม้ว่าประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณฝุ่นจะไม่สูงเท่ากับวิธีการควบคุมปริมาณฝุ่นโดยการฉีดสารดีเทอร์โฟม แต่ก็สูงพอที่จะใช้ในการควบคุมปริมาณฝุ่นบริเวณจุดถ่ายโอนได้ และหากทำการฉีดละอองน้ำหรือสารดีเทอร์โฟมลงบนสายพานก่อนที่จะเคลื่อนที่มารับวัสดุ จะช่วยให้ประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นสูงยิ่งขึ้น

Jon C. Volkwein, al. (1984) ได้ทำการศึกษาวิธีการลดปริมาณฝุ่นโดยการใช้น้ำในอุตสาหกรรมทราย ซึ่งทำการทดลองแตกต่างกันรวม 3 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการพ่นน้ำให้เคลือบผิวถุงทรายและทรายจากทางด้านใน วิธีที่สองเป็นการพ่นน้ำให้เคลือบผิวด้านนอกของถุงทรายในขณะลำเลียง วิธีสุดท้ายเป็นการพ่นน้ำให้มีลักษณะเป็นหมอกฟุ้งกระจายและเคลือบผิวด้านนอกของถุงทรายในขณะลำเลียง และทำการวัดประสิทธิภาพของแต่ละวิธีเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการใช้น้ำ โดยใช้อุปกรณ์การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กที่เวลาจริง (GCA Real-Time Aerosol Monitor : RAM) พบว่าวิธีแรกเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด สามารถลดปริมาณฝุ่นได้มากถึง 50%

H.G.Horn (1988) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจับฝุ่นโดยหยดน้ำฝน สำหรับการทดลองจะแบ่งเป็น 2 กรณี กรณีแรกศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของหยดน้ำฝน และการไหลของอากาศรอบๆ หยดน้ำฝน โดยใช้ solid model ในการทดลอง อนุภาคที่ใช้มี 2 ขนาด คือ 3.4 ไมโครเมตร และ 32 ไมโครเมตร กรณีที่สองที่ศึกษาประสิทธิภาพของการจับฝุ่น เมื่อหยดน้ำฝนที่ทราบขนาดตกลงมาด้วยความเร็วคงที่ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาประสิทธิภาพในการจับฝุ่นเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิมที่มีผู้วิจัยแล้ว

Howard E. Hesketh (1995) ได้ทำการศึกษากลไกการจับฝุ่นของหยดของเหลวภายในหอสเปรย์ทั้งแบบที่อากาศ และหยดของเหลวไหลสวนทางกัน (Counter Current) และไหลทางเดียวกัน (co-current) พบว่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพในการจับฝุ่นเมื่อการไหลเป็นแบบสวนทางกัน ได้แก่ ขนาดของของเหลวที่ใช้จับฝุ่น อัตราส่วนของของเหลวที่ใช้ต่ออากาศที่เข้าหอ ความสูงของหอสเปรย์ และความเร็วของอากาศตามลำดับ ส่วนการไหลแบบทางเดียวกัน พารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความสำคัญตามลำดับ ได้แก่ ขนาดของอนุภาคฝุ่น ความเร็วของอากาศที่เข้าหอสเปรย์ ขนาดของของเหลวที่ใช้จับฝุ่น อัตราส่วนของของเหลวที่ใช้ต่ออากาศที่เข้าหอ และความสูงของหอสเปรย์ ส่วนขนาดเฉลี่ยของของเหลวที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีดจะขึ้นกับ คุณสมบัติของของเหลวที่ใช้ อุณหภูมิ ชนิดของหัวฉีด ความดันของของเหลวที่ถูกพ่นออกจากหัวฉีด พบว่าเมื่อ ความดันเพิ่ม อัตราการไหลของของเหลว และความเร็วเริ่มต้นของของเหลวจะมีค่าเพิ่ม แต่ขนาดของของเหลวมีค่าเล็กลง นอกจากนี้ได้นำเสนอสมการคำนวณหาประสิทธิภาพในการจับฝุ่นในหอสเปรย์ โดยกลไกการเก็บฝุ่นสำคัญที่พิจารณาได้แก่ การกระทบด้วยแรงเฉื่อย

และพบว่า เมื่อให้การไหลเป็นแบบสวนทางกัน หยดละอองน้ำขนาดเล็กจะจับฝุ่นได้ดีกว่า แต่อาจจะเกิดปัญหา คือ ถ้าหยดละอองน้ำมีขนาดเล็กเกินไปจนถึงค่าวิกฤต (Critical Small Size) หยดละอองน้ำจะไม่ตกลงมา และถ้าต้องการให้หยดของเหลวตกลงมาที่ระยะมากกว่า 4.5 ฟุต จากหัวฉีด และหยดของเหลวทุกขนาดสามารถกำจัดฝุ่นได้ หยดของเหลวต้องมีขนาดใหญ่กว่า 1,400 ไมโครเมตร ส่วนถ้าการไหลเป็นแบบไหลทางเดียวกัน อนุภาคฝุ่นส่วนใหญ่จะถูกจับเมื่อเคลื่อนที่ลงมาต่ำกว่าระดับที่ติดตั้งหัวฉีดอันล่างสุด อนึ่งบริเวณที่ใกล้หัวฉีดหยดของเหลวจะจับฝุ่นได้ดีกว่า แต่หยดของเหลวใหญ่ซึ่งตกลงมาเร็วกว่าจะให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความสูงสเปรย์เพิ่มขึ้น

วิวัฒน์ และคณะ (1997) ได้นำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวกับการจำแนกเครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นประเภทต่างๆ ความรู้พื้นฐานของการจับอนุภาคฝุ่นโดยหยดของเหลว และวิธีการใหม่สำหรับออกแบบและประเมินประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคฝุ่นของระบบบำบัดฝุ่นโดยการฉีดละอองน้ำที่สภาวะการทำงานที่คงตัว ขนาดของหยดละอองน้ำที่พ่นออกมาจากหัวฉีดและขนาดของอนุภาคฝุ่นที่ใช้ในการคำนวณจะใช้ค่าเฉลี่ยเป็นหลัก พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างการคำนวณเพื่อประเมินหาประสิทธิภาพในการเก็บอนุภาคฝุ่น ทั้งนี้การพิจารณาผลกระทบเนื่องจากปัจจัยอื่นๆ เช่น รูปแบบการกระจายขนาดของหยดละอองน้ำ รูปแบบการกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่น รวมทั้งทิศทางทั่วไปของลมนั้นยังไม่มีการศึกษาอย่างชัดเจน เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่ซับซ้อนและยังขึ้นกับระบบของโรงโม่ที่ทำการศึกษาด้วย

วงศ์พันธ์ และคณะ (1998) ได้ทำการศึกษาถึงความเหมาะสมในการใช้สารเคมีเพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นจากถนนชั่วคราว โดยเลือกใช้สารเคมี 2 ชนิดคือสารพอลิเมอร์และยางมะตอยน้ำ ในขั้นต้นได้ทดลองหาอัตราที่เหมาะสมในการฉีดสารเคมีภายในห้องปฏิบัติการวิจัย โดยอัตราการใช้สารพอลิเมอร์เป็น 2 ลิตรต่อตารางเมตร และยางมะตอยน้ำเป็น 1 ลิตรต่อตารางเมตร แล้วทำการทดลองฉีดสารเคมีในภาคสนามบนถนนลูกรัง ผลการทดสอบหลังจาก 3 เดือน พบว่าส่วนที่ฉีดสารเคมียังมีสภาพการใช้งานได้ดี ในขณะที่ส่วนที่ไม่ได้ฉีดสารเคมีจะเกิดความเสียหายต้องทำการซ่อมแซมผิวถนน ทั้งนี้ประสิทธิภาพการควบคุมฝุ่นขนาดเล็ก (PM_{10}) ของสารพอลิเมอร์และยางมะตอยน้ำจะลดลงจาก 99% และ 100% ในเดือนแรกเหลือ 63% และ 84% ในเดือนที่สามตามลำดับ