



บทที่ 3 หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การประมาณปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทำเหมืองถ่านหิน

ในกระบวนการทำเหมืองมักจะก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศที่หลีกเลี่ยงเสียไม่ได้ แต่สามารถทำการควบคุม และลดปริมาณสารมลพิษดังกล่าวได้ โดยสามารถประเมินได้จากค่าแฟกเตอร์การปล่อยสารมลพิษ (Emission Factor) ที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรมการทำเหมือง ค่าอัตราการปล่อยสารมลพิษจะใช้ในการคำนวณปริมาณสารพิษที่ปล่อยสู่บรรยากาศ พิจารณาจากกิจกรรมที่ถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดสารมลพิษ โดยปกติจะรวมถึง ระยะทางในการขนส่งลำเลียง, วิธีการ หรือกระบวนการผลิตแร่ และระยะเวลาในการทำงานของแต่ละกิจกรรม ซึ่งสารมลพิษที่ทำการประเมินจะจำแนกเป็นหลายชนิดเช่น ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ, สารพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สันดาปภายใน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการลอยแร่ ฯลฯ

สถาบันควบคุมมลภาวะแห่งชาติ (National Pollutant Inventory, NPI) ภายใต้การดูแลของรัฐบาลออสเตรเลีย ได้รวบรวมอัตราการปล่อยมลพิษทางอากาศไว้ในเอกสาร Emission Estimation Technique Manual for Mining Version 2.3 ได้แนะนำการประเมินปริมาณฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) ที่เกิดจากกิจกรรมการทำเหมืองโดยใช้สมการแฟกเตอร์การปล่อยสารมลพิษ (Emission Factor) และได้แสดงค่า (Default) ของ Emission Factor กรณีไม่มีข้อมูลในการคำนวณตามสมการที่เสนอแนะตาราง 3.1

ตาราง 3.1 Emission Factor Equations and Default Emission Factor for Various Operations at Coal Mines

Operation/Activity	TSP Equation	PM ₁₀ Equation	TSP Default Emission Factor	PM ₁₀ Default Emission Factor	PM ₁₀ /TSP Ratio based on Emission Factors	Units	Emission Factor Rating
Draglines	$EF = 0.0046 * d^{1.1} * M^{0.3}$	$EF = 0.0022 * d^{1.1} * M^{0.3}$	0.06	0.026	0.43	kg/bcm	B
Excavators/Shovels/Front-end loaders (on overburden)	$EF = k * 0.0016 * (U/2.2)^{1.3} * (M/2)^{-1.4}$, k=0.74	As for TSP, using k=0.35	0.025	0.012	0.47	kg/t	C
Excavators/Shovels/Front-end loaders (on coal)	$EF = k * 0.0596 * M^{0.9}$ using k = 1.56	As for TSP, using k=0.75	0.029	0.014	0.48	kg/t	C
Bulldozers on coal	$EF = 35.6 * s^{1.2} * M^{1.4}$	$EF = 6.33 * s^{1.3} * M^{1.4}$	102	32.5	0.29	kg/h	B
Bulldozer on material other than coal	$EF = 2.6 * s^{1.2} * M^{1.3}$	$EF = 0.34 * s^{1.3} * M^{1.4}$	17	4	0.24	kg/h	B
Trucks (dumping overburden)	--	--	0.012	0.0043	0.35	kg/t	
Trucks (dumping coal)	--	--	0.010	0.0042	0.42	kg/t	
Drilling	--	--	0.59	0.31	0.52	kg/hole	B
Blasting ⁴	$EF = 344 * A^{0.8} * M^{1.3} * D^{-1.1}$	As for TSP, Multiplying by 0.52	--	--	0.52	kg/blast	C
Wheel and bucket	-- ²	-- ²	-- ²	-- ²			
Wheel Generated Dust from Unpaved Roads	$EF = k * (s/12)^A * (W/3)^B / (M/0.2)^C$, where k = 2.82	As for TSP, using k= 0.733	3.88	0.96	0.25	kg/VKT	
Scrapers	$EF = 7.6 * 10^{-4} * s^{1.3} * W^{2.4}$	$EF = 1.32 * 10^{-4} * s^{1.4} * W^{2.3}$	1.64	0.53	0.32	kg/VKT	A
Graders	$EF = 0.0034 * S^{2.3}$	$EF = 0.0034 * S^{2.0}$				kg/VKT	B
Loading stockpiles	--	--	0.004	0.0017	0.42	kg/t	
Unloading from stockpiles	--	--	0.03	0.013	0.42	kg/t	
Loading to trains	--	--	0.0004	0.00017	0.42	kg/t	
Miscellaneous transfer points	$EF = k * 0.0016 * (U/2.2)^{1.3} * (M/2)^{-1.4}$, where k = 0.74	As for TSP, using k = 0.35	0.00032	0.00015	0.47	kg/t	
Wind erosion	--	--	0.4	0.2	0.50	kg/ha/h	

¹ See Appendix A for details of the sources of these emission factors and emission estimation equations

² A significant proportion of open cut coal mining for softer brown coals is carried out using bucket wheel excavators. The moisture content of these coals is generally very high and dust emissions are generally minor. For coals with a moisture content of less than 10%, use the equation for miscellaneous transfer and conveying. (Appendix A1.1.18 and A.1.1.14)

d = drop distance in metres; M = moisture content in %;
 U = mean wind speed in m/s; A = area blasted in m²;
 D = depth of blast holes in metres; VKT = vehicle kilometres travelled;
 s = silt content in %; W = vehicle gross mass in tonnes;
 S = mean vehicle speed in km/h; L = road surface silt loading in g/m²;
 bcm = bank cubic metres; t = tonne;
 -- = negligible
 Exponents for "Wheel Generated Dust from Unpaved Roads"
 A = 0.8 (for PM₁₀) & 0.8 (for TSP) B = 0.4 (for PM₁₀) & 0.5 (for TSP)
 C = 0.3 (for PM₁₀) & 0.4 (for TSP)

⁴ Additional guidance on the characterisation of emissions of PM₁₀ and other substances is provided in the Emission Estimation Technique Manual for Explosives Detonation.

ที่มา : [http:// www.npi.gov.av/publications/emission-estimation-technique/mining.html](http://www.npi.gov.av/publications/emission-estimation-technique/mining.html)

จากตาราง 3.1 ค่าแฟกเตอร์การปล่อยฝุ่นละออง (Emission Factor) จากการทำเหมืองในกิจกรรมต่างๆ สามารถคำนวณการเกิดฝุ่นในแต่ละกิจกรรมได้ และเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของปริมาณการเกิดฝุ่น กับปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดฝุ่นเช่น

A = พื้นที่ในแนวราบของการระเบิด (m²)

U = ความเร็วเฉลี่ยของลม (m)

M = ค่าความชื้นของวัสดุ (%)

S = ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร (Km/h)

สังเกตได้ว่า ค่าพื้นที่ในแนวราบของการระเบิด, ความเร็วเฉลี่ยของลม และความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร จะมีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคโดยตรงกับอัตราการเกิดฝุ่นละออง นั่นคือ ถ้าค่าดังกล่าวเพิ่มขึ้นปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นในกิจกรรมนั้นก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นตาม ส่วนค่าความชื้น

ของวัสดุจะมีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคผกผันกับอัตราการเกิดฝุ่นละออง ดังนั้น ถ้าปริมาณความชื้นของวัสดุเพิ่มขึ้น ปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นก็จะมีค่าลดลง

การทำเหมืองในต่างประเทศ ได้มีการฉีดน้ำเข้าไปในเนื้อถ่านหินเพื่อลดฝุ่น เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อป้องกัน และกำจัดฝุ่น ซึ่งเป็นการพัฒนามาใช้กับการทำเหมืองถ่านหิน โดยฉีดน้ำเข้าไปในหลุมเจาะถ่านหิน ประมาณ 4-6 เท่าของความยาวหลุมเจาะที่ความยาวหลุมประมาณ 6-20 เมตร น้ำที่ถูกฉีดเข้าไปจะซึมผ่านรอยแตกของชั้นถ่านหิน จะสามารถลดความเข้มข้นของฝุ่นที่เกิดขึ้นได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (Dictionary of Mining, Mineral, and Related Terms)

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพถ่านหิน

การวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินเป็นงานที่สำคัญงานหนึ่งในขบวนการศึกษา สืบค้น และพัฒนาแหล่งถ่านหิน ข้อมูลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ มีความจำเป็นอย่างมากต่อการตัดสินใจนำถ่านหินมาใช้ให้เหมาะสม และคุ้มค่า เนื่องจากถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ จะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ทั้งทางด้านเคมี และด้านกายภาพ ตัวอย่างเช่นถ่านหินคุณภาพต่ำเช่น ลิกไนต์ (Lignite) จะเหมาะสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในขณะที่ถ่านหินที่มีคุณภาพสูงกว่า เช่น บิทูมินัส (Bituminous) เหมาะสมที่จะใช้ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ หรืออุตสาหกรรมถลุงเหล็ก เป็นต้น

มาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายระบบ ขึ้นอยู่กับว่าประเทศใดเป็นผู้คิดค้นขึ้น ตัวอย่างเช่น ASTM Standard, Australian Standard, JIS Standard และ DIN Standard เป็นต้น โดยทั่วไปการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินมุ่งเน้นไปที่คุณสมบัติด้านเคมี, การเผาไหม้ และคุณสมบัติด้านกายภาพเป็นหลัก แต่บางครั้งอาจมีการวิเคราะห์ด้าน Petrography ควบคู่ไปด้วย เพื่อประโยชน์ในการจัดลำดับชั้น และศึกษาด้านการกำเนิดของถ่านหิน ตลอดจนศึกษาความเหมาะสมในการทำเป็นถ่านโค้ก (Coke)

3.2.1 หลักการวิเคราะห์ความชื้นของถ่านหิน

ความชื้น (Moisture) ของถ่านหินแบ่งออกเป็นหลายชนิด แต่ที่สำคัญมี 2 ชนิด คือ

1) ความชื้นที่ผิวหน้าถ่านหิน (Surface Moisture, Free Moisture, Extraneous Water) คือ ความชื้นที่อยู่บนผิวหน้าของถ่านหิน ซึ่งเกิดจากฝน และน้ำใต้ดินที่มีอยู่ตามธรรมชาติ หรืออาจเกิดจากการพ่นน้ำ (Spray) เพื่อป้องกันการลุกไหม้ด้วยตนเอง (Spontaneous Combustion) ความชื้นที่ผิวหน้าถ่านหินสามารถจะระเหยออกมาได้โดยการผึ่งไว้ภายในบรรยากาศ จนน้ำหนัก

คงที่ ซึ่งแสดงว่าความชื้นที่ผิวหน้าถ่านหินสมดุลกับความชื้นของบรรยากาศแล้ว เรียกว่า Air drying (การทำให้แห้งโดยตากไว้ในอากาศ) หาได้จากสมการ 3.1

$$A = (L/G) 100 \quad (3.1)$$

A = air - dry loss, %

L = น้ำหนักของถ่านหินที่สูญเสียไปหลังจากผึ่งไว้ในบรรยากาศ จนน้ำหนักคงที่

G = น้ำหนักถ่านหินตัวอย่าง

2) ความชื้นภายในเนื้อถ่านหิน (Inherent Moisture, Hygroscopic Moisture) คือ ความชื้นที่อยู่ภายในรูเล็ก ๆ (Micropores) ภายในโครงสร้างของถ่านหิน

ความชื้นภายในเนื้อถ่านหิน สามารถหาได้ เมื่อถ่านหินอยู่ในสมดุลกับบรรยากาศ (Atmosphere) ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) เท่ากับ 100 % หรือในทางปฏิบัติจริง จะประมาณ 96 - 97 % ความดันไอ (Vapour Pressure) ของความชื้นชนิดนี้จะน้อยกว่าความชื้นที่ผิวหน้าของถ่านหิน

ความชื้นภายในเนื้อถ่านหินจะระเหยออกโดยการอบที่อุณหภูมิ 105 °C ภายใต้อากาศของก๊าซเฉื่อย (Inert Atmosphere) เช่นบรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน โดยอบไว้ประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง หรือมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น ไม่เกิน 0.1 % ต่อชั่วโมง ระยะเวลา นั้นจะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับชนิดของถ่าน, การบด หาได้จากสมการ 3.2

$$M = [(A - B)/A] \times 100 \quad (3.2)$$

M = % moisture

A = น้ำหนักถ่านหินตัวอย่าง

B = น้ำหนักถ่านหินหลังจากอบที่อุณหภูมิ 105 °C

การคำนวณหาค่าความชื้นของถ่านหิน ค่าความชื้นของถ่านหินจะหมายถึง ค่าความชื้นรวมของถ่านหิน (Total Moisture) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้เป็นตัวแทนของความชื้นทั้งหมด เพราะเป็นผลรวมของปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าถ่านหิน (Surface moisture) และความชื้นภายในเนื้อถ่านหิน (Inherent Moisture) ขณะทำการวิเคราะห์ (Alan Gleit; William Moran and Arthur Jung, 1985)

3.3 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคถ่านหิน

การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคแร่ (Particle Size Analysis) มีความสำคัญเป็นอันดับแรก ก่อนที่จะดำเนินการแต่งแร่ เพื่อต้องการทราบขนาด และปริมาณของแร่ที่มีค่าที่แยกตัวเป็นอิสระ จากมลทิน และนำข้อมูลไปพิจารณาในการเลือกเครื่องมือการแต่งแร่ การชักตัวอย่างเพื่อนำแร่ไป ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแร่แต่ละชนิดในตัวอย่าง การวิเคราะห์ขนาดด้วยตะแกรง (Sieve Analysis) เป็นวิธีที่นิยมกันมาก ซึ่งสามารถบอกประสิทธิภาพของการบดหยาบ บดละเอียด และยังเป็นตัวบอกความละเอียดของผลิตภัณฑ์ผ่านการคัดขนาดมาแล้ว การคัดขนาดในห้องทดลองจะใช้ ตะแกรงมาตรฐาน และสามารถคัดขนาดได้ละเอียดถึง 37 ไมครอน โดย 1 ไมครอนเท่ากับ 0.001 มิลลิเมตร เบอร์ของตะแกรงจะบอกถึงจำนวนช่องเปิดของตะแกรงใน 1 นิ้ว เช่น ตะแกรงเบอร์ 8 ใน ความยาว 1 นิ้วจะมีช่องเปิด 8 ช่อง (นิคม ไซตีกานนท์, 2540)

3.4 การยึคน้ำและการเปลี่ยนแปลงความชื้น

การไหลซึมของน้ำผ่านมวลดิน จะมีลักษณะการไหลแบบลามินาร์ (Laminar Flow) ผ่าน ในช่องคอคเคียวระหว่างเม็ดดิน และในขณะที่เดียวกันแรงดันของน้ำจะเสียไปเพราะแรงเสียดทานของ ผิวช่องเม็ดดิน จากกฎของดาร์ซี กล่าวไว้ว่า ความเร็วในการไหลซึมของของเหลวผ่านตัวกลางพรุน (เช่นมวลดิน) จะเป็นปฏิภาคกันกับไฮดรอลิกเกรเดียนต์ (Hydraulic Gradient) หรือความชันทางชล ศาสตร์ จากสมการ 3.3

$$V \propto i \quad (3.3)$$

$$\text{หรือ } V = ki$$

เมื่อ

V = ความเร็วของการไหลซึม

i = ไฮดรอลิกเกรเดียนต์ = $\Delta h / \Delta L$

k = ความซึมน้ำของตัวกลางซึ่งเป็นค่าคงที่

Δh = ความต่างของระดับน้ำ (Head Difference) ในช่วงความยาวของการซึม ΔL

จากสมการ 3.3 จะนำไปใช้ในงานวิเคราะห์ปัญหาทางการไหลซึมของน้ำผ่านชั้นดินที่ เรียกว่า ค่าความซึมน้ำ (Permeability) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ต่อไปนี้

1) ขนาดของรูปร่างของเม็ดดิน (Grain Size and Shape) ที่แท้จริงแล้วค่าความซึมน้ำควร จะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของช่องว่างระหว่างเม็ดดินมากกว่า แต่คุณสมบัติทั้งสองของมวลดินมี

ความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด เช่น ดินที่เป็นเม็ดเล็กและเป็นแผ่น ช่องว่างที่น้ำซึมผ่านก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน Allen Hazen ได้เสนอว่าในทรายและกรวด ค่าความซึมผ่านสามารถสัมพันธ์กับขนาดเม็ดดิน ดังสมการ 3.4

$$K = 100 D_{10}^2 \quad (3.4)$$

เมื่อ D_{10} = ขนาดเม็ดเมื่อมี 10 % โดยน้ำหนักเป็นเม็ดที่เล็กกว่าที่ระบุ (ซม.)

2) ความหนืดของของเหลวที่ซึมผ่าน (Viscosity of Pore Fluid) ในทางวิศวกรรมโยธามักเกี่ยวข้องกับน้ำเท่านั้น แต่ความหนืดของน้ำก็อาจเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากอุณหภูมิ และมักยึดเอาความหนืดที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเกณฑ์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความหนืดก็จะลดลง ทำให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย ดังนั้น ค่าความซึมผ่าน ณ อุณหภูมิต่าง ๆ อาจมีความสัมพันธ์กับที่ 20 °C ดังสมการ 3.5

$$k_T = k_{20} * \eta_{20} / \eta_T \quad (3.5)$$

เมื่อ η_{20} , η_T เป็นความหนืดของน้ำที่อุณหภูมิ 20 °C และ T °C ตามลำดับ

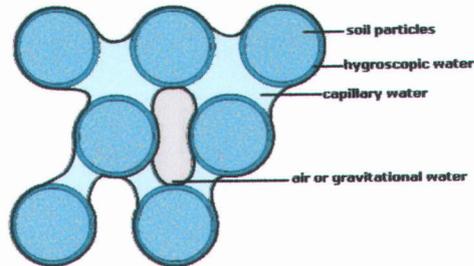
3) อัตราส่วนของช่องว่าง (Void Ratio) คือ อัตราส่วนของช่องว่างระหว่างดินต่อปริมาตรเม็ดดิน เช่น ในทรายหลวมน้ำข่อมไหลสะดวกกว่าทรายอัดแน่น มีผู้พยายามค้นคว้าความสัมพันธ์ค่าความซึมผ่าน กับอัตราส่วนช่องว่าง ดังสมการ 3.6

$$k = C * e^3 / 1+e \quad (3.6)$$

4) ความอิ่มตัวของมวลดิน (Degree of Saturation) เมื่อมวลดินไม่อิ่มตัว ข่อมจะมีฟองอากาศคอยกั้นช่องว่าง ทำให้น้ำไหลซึมไม่สะดวก

เมื่อน้ำเคลื่อนที่ผ่านผิวดินลงสู่ชั้นดินที่ลึกลงไป น้ำที่ซึมผ่านลงไปจะเพิ่มความชื้นให้กับดินและเป็นการเก็บน้ำไว้ของดิน การแทรกซึมผ่านของน้ำในดินเกิดจากแรงดึงดูดที่เรียกว่าแรงคาพิลลารี (Capillary Force) โดยขนาดของแรงคาพิลลารีจะเป็นความสัมพันธ์แบบปฏิกิริยากับขนาดช่องว่างในเม็ดดิน นั่นคือ ถ้าขนาดของช่องว่างในเม็ดดินที่มีขนาดละเอียดแรงคาพิลลารีก็จะมีปริมาณมาก และสามารถดูดซึมน้ำไปในเนื้อดินได้ในระยะที่ลึกมาก แต่ในทางกลับกันอัตราเร็วในการซึมจะเกิดขึ้นได้ช้า และถ้าหากช่องว่างในเม็ดดินใหญ่ขึ้นเนื่องจากเม็ดดินมีขนาดหยาบขึ้น แรงคาพิลลารีที่จะดึงดูดน้ำเข้าไปในเนื้อดินจะมีค่าต่ำ ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในเนื้อดินได้น้อย แต่มี

อัตราเร็วในการซึมเพิ่มขึ้น และเมื่อน้ำเคลื่อนที่ผ่านตามช่องว่างเม็ดดิน จะทำให้เกิดแรงดึงผิวของน้ำโดยโมเลกุลของน้ำจะยึดเกาะกับ โมเลกุลของเม็ดดิน ส่งผลให้น้ำมีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ ห่อหุ้มเม็ดดินไว้ (สุเทพและเคนซาคุ, 2521) ลักษณะของแรงคาพิลลารีจะปรากฏดังรูป 3.1



รูป 3.1 แสดงแรงคาพิลลารีที่ดึงคูดน้ำเข้าไปในเนื้อดิน

ที่มา : <http://image.tutorvista.com/content/natural-resource/types-of-soil-water.jpeg>

พฤติกรรมที่น้ำในถ่านหินถูกน้ำในดินที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างเม็ดดิน เกิดจากแรงดึงผิวของน้ำที่ยึดเกาะกับเนื้อถ่านหินที่มีดินแทรกอยู่ และจะมีแรงคาพิลลารีดึงคูดน้ำเข้าสู่ช่องว่างของเนื้อถ่านหิน ซึ่งจะทำให้ถ่านหินสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ในรูปของความชื้นของเนื้อถ่านหิน ทั้งนี้การศึกษาการดูดซับน้ำของถ่านหินในดินโดยไม่มีผู้ศึกษา โดยตรงแต่การอธิบายข้างต้น เป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการดูดซับน้ำในดินมาอธิบายแทน

สำหรับคุณสมบัติด้านการดูดซับน้ำของถ่านหินในดินในเหมืองแม่เมาะพบว่า ถ่านหินในดินในเหมืองแม่เมาะสามารถดูดซับน้ำได้โดยพิจารณาจากค่าการซึมได้ของถ่านหิน คือ ค่า Permeability จะมีค่าอยู่ระหว่าง 10^{-7} - 10^{-9} ซม./ วินาที (Jim Coleman, 1985) ดังแสดงในตาราง 3.2

ตาราง 3.2 คุณสมบัติทางธรณีเทคนิคของถ่านหินในเหมืองแม่เมาะ

Material	Total Density ton/cum.	Dry Density ton/cum.	Water content %	Liquid Limit %	Plasticity Index %	Permeability K cm/sec.
coal	min	1.39	0.78	4.2	25.2	10^{-7} - 10^{-9}
	mean	1.43	1.03	36.64	53.5	
	max	2.37	1.57	66.7	81.8	

ที่มา : Coleman, j. (1985)

จากคุณสมบัติดังกล่าว ได้มีผู้ทำการศึกษาเพิ่มเติม ถึงสภาพความเหนียวของถ่านหิน ลิกไนต์ในเหมืองแม่เมาะเมื่อมีสภาพเปียกน้ำ ซึ่งผลการศึกษารูปได้ว่า ถ่านหินในแอ่งเหมืองแม่เมาะจะมีความสัมพันธ์ของความเหนียวกับค่าความร้อนของถ่าน โดยที่ถ่าน K และถ่าน Q ที่ค่าความร้อนน้อยกว่า 2,800 Kcal/Kg เริ่มมีสภาพเนื้อถ่านเหนียวขึ้น โดยหากค่าความร้อนต่ำลงสภาพความเหนียวของถ่านก็จะเพิ่มขึ้น ส่วนถ่าน J มีค่าความร้อนน้อยกว่า 2,200 Kcal/Kg สภาพความเหนียวของเนื้อถ่านจะคล้ายถ่าน K และถ่าน Q สาเหตุที่ทำให้ถ่านในแอ่งเหมืองแม่เมาะเกิดเปียกน้ำจนมีสภาพเหนียวขึ้นนั้น เนื่องจากถ่านหินในเหมืองแม่เมาะมีส่วนประกอบหลักคือ สารอินทรีย์และเนื้อดิน โดยที่วัสดุทั้งสองประเภทนี้มีการเคล้ากันอย่างทั่วถึงและมีสภาพเป็นของผสม ซึ่งเกิดจากการสะสมตัวในอคติของแอ่งแม่เมาะที่ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และถ่านที่มีดินผสมมากจะมีสภาพเหนียวมาก ส่วนถ่านที่มีส่วนผสมน้อยจะมีสภาพเหนียวน้อยตามไปด้วย (แผนกानต์เพิ่มสุข, 2541)

3.5 การตรวจวัดค่าความทึบแสงของฝุ่นละอองด้วยเครื่องวัดความทึบแสง

ค่าความทึบแสงของฝุ่นละออง คือ ค่าความเข้มข้นของแสงที่ลดลงในขณะที่ลำแสงส่องผ่านฝุ่นละออง ไปยังอุปกรณ์รับแสง เทียบกับค่าความเข้มข้นแสงในขณะที่ไม่มีฝุ่นละออง โดยมีหน่วยวัดเป็นร้อยละ

เครื่องวัดความทึบแสง (Smoke Opacity Meter) คือ เครื่องมือวัดค่าความทึบแสงที่ใช้หลักการส่องผ่านของลำแสง (Transmissometry) จากแหล่งกำเนิดแสง (Light Source) ที่มีช่วงความยาวคลื่นแสงเฉพาะ ผ่านฝุ่นละอองเข้าสู่อุปกรณ์รับแสง (Light Detector) แล้ววัดค่าความเข้มของแสงที่ลดลง เทียบกับความเข้มของแสงทั้งหมดจากแหล่งกำเนิดแสง

ระยะทางเดินแสง (Optical Path Length) คือ ความยาวของระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสง ที่ถูกฝุ่นละอองที่กระจายตัดผ่านลำแสงดังกล่าว

1) คุณลักษณะของเครื่องวัดความทึบแสง

1.1) หัววัด (Sensor Head) เป็นแบบที่ใช้วัดค่าความทึบแสงของฝุ่นละอองที่แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองโดยตรง โดยไม่ผ่านการชักตัวอย่าง (Full Flow)

1.2) แหล่งกำเนิดแสง (Light Source) ต้องเป็นหลอดไฟฟ้านิโคเดิล (Incandescent Lamp) ที่มีอุณหภูมิสีในช่วง 2,800 ถึง 3,250 องศาเคลวิน หรือไดโอดที่เปล่งแสงสีเขียว (Green Light Emitting Diode; LED) ซึ่งมีค่าสเปกตรัมสูงสุด ในช่วงความยาวคลื่น 550 ถึง 570 นาโนเมตร

1.3) อุปกรณ์รับแสง (Light Detector) ต้องเป็นโฟโตเซลล์ (Photocell) หรือโฟโตไดโอด (Photodiode) ที่สามารถตอบสนองต่อแสงที่ให้ค่าสเปกตรัมสูงสุดในช่วงความยาวคลื่น 550 ถึง 570 นาโนเมตร

2) การปรับเทียบเครื่องวัดความทึบแสง

การปรับเทียบเครื่องวัดความทึบแสงมีขั้นตอนดังนี้

2.1) การปรับเทียบค่าศูนย์ (Zero Adjust) เป็นการปรับเทียบเครื่องวัดความทึบแสงในบริเวณที่อากาศไม่มีฝุ่นละออง ซึ่งผลการตรวจวัดของเครื่องวัดความทึบแสงจะต้องอ่านค่าร้อยละของค่าความทึบแสงได้เท่ากับ 0 ± 1.0 หลังจากนั้นจึงปรับเทียบค่าความทึบแสงเท่ากับ 100 ด้วยการใช้วัสดุทึบแสงมาปิดกั้นทางผ่านแสงจนสนิท ซึ่งผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงจะต้องอ่านค่าร้อยละของความทึบแสงได้เท่ากับ 100 ± 1.0 ทั้งนี้ ควรปรับเทียบทุกครั้งก่อนที่จะทำการตรวจวัด และหากผลการตรวจวัดไม่เป็นไปตามค่าที่กำหนด ให้ทำการปรับเทียบหรือเปลี่ยนเครื่องตรวจวัดใหม่

2.2) การสอบเทียบความทึบแสงมาตรฐาน จะใช้แผ่นกรองแสงสอบเทียบ (Calibration Filter) ที่ผ่านการสอบเทียบและทราบค่าร้อยละของความทึบแสง และค่าความคลาดเคลื่อนแล้ว ปิดกั้นที่ช่องทางเดินของแสง ซึ่งผลการตรวจวัดของเครื่องวัดความทึบแสงจะต้องอ่านค่าร้อยละของความทึบแสงได้ในช่วงไม่เกิน ± 0.5 จากค่าที่ระบุไว้ในแผ่นกรองแสงสอบเทียบ ทั้งนี้ควรทำการสอบเทียบอย่างน้อยเดือนละหนึ่งครั้ง

3) การใช้เครื่องวัดความทึบแสง การอ่านค่าและการบันทึกผลการตรวจวัด มีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

3.1) เลือกจุดตรวจวัดค่าความทึบแสงของฝุ่นละอองบริเวณที่มีฝุ่นละอองฟุ้งกระจายออกสู่บรรยากาศมากที่สุด และอยู่ในตำแหน่งได้ลม รวมทั้งต้องอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของระนาบปากปล่องระบายฝุ่นของระบบรวบรวมฝุ่นละออง หรือห่างจากขอบนอกสุดของระบบรวบรวมฝุ่นละออง หรือห่างจากกระบวนการผลิตที่ไม่มีระบบรวบรวมฝุ่นละออง 1 เมตร

3.2) อ่านค่าความทึบแสงสูงสุดที่ตรวจวัดได้จำนวน 10 ครั้ง โดยในการตรวจวัดแต่ละครั้งจะต้องเป็นจุดเดิม และต้องมีฝุ่นละอองฟุ้งกระจายในขณะที่ตรวจวัด

3.3) บันทึกผลการตรวจวัด และระยะทางเดินแสงของเครื่องวัดความทึบแสง ลงในแบบบันทึกผลการตรวจวัดค่าความทึบแสงของฝุ่นละอองด้วยเครื่องวัดความทึบแสง

3.4) หลังจากดำเนินการตามข้อ 3.2) และข้อ 3.3) เรียบร้อยแล้ว ทำการตรวจสอบเครื่องวัดความทึบแสง โดยนำเครื่องวัดความทึบแสงไปตรวจวัดในบริเวณที่อากาศไม่มีฝุ่นละออง ซึ่งเครื่องจะต้องอ่านค่าร้อยละของความทึบแสงได้ไม่เกิน 1.0

4) การคำนวณค่าความทึบแสงของฝุ่นละอองในแต่ละจุดตรวจวัด แบ่งได้เป็น 2 กรณีดังนี้

4.1) กรณีที่ระยะทางเดินแสงของเครื่องวัดความทึบแสงเท่ากับ 7 นิ้ว นำค่าความทึบแสงที่อ่านได้ทั้ง 10 ครั้ง มาหาค่าเฉลี่ย โดยจะถือว่าค่าที่คำนวณได้เป็นค่าความทึบแสงที่ตรวจวัดได้ในจุดนั้น ๆ

4.2) กรณีระยะทางเดินแสงของเครื่องวัดความทึบแสงไม่เท่ากับ 7 นิ้ว นำค่าความทึบแสงที่อ่านได้ตามข้อ 3.3) แต่ละครั้ง มาปรับเทียบให้เป็นค่าความทึบแสงที่ระยะทางเดินแสง 7 นิ้ว โดยใช้สมการ 4.7

$$N_{7นิ้ว} = 100 \left\{ 1 - \left(1 - \frac{N}{100} \right)^{\left(\frac{L_{7นิ้ว}}{L} \right)} \right\} \quad (3.7)$$

โดยที่

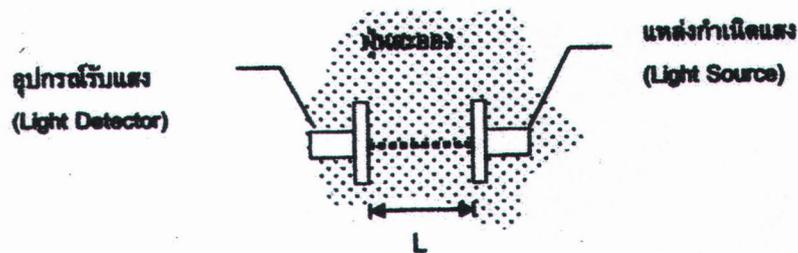
$N_{7นิ้ว}$ = ค่าความทึบแสงที่ปรับเทียบเป็นระยะทางเดินแสงมาตรฐาน (ร้อยละ)

N = ค่าความทึบแสงที่อ่านได้จากเครื่องวัดความทึบแสง (ร้อยละ)

$L_{7นิ้ว}$ = ระยะทางเดินแสงมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 7 นิ้ว

L = ระยะทางเดินแสงของเครื่องวัดความทึบแสง (นิ้ว)

ค่าความทึบแสงที่ปรับเทียบเป็นระยะทางเดินแสงมาตรฐาน ตามสมการ 4.7 ทั้ง 10 ค่า จะนำไปหาค่าเฉลี่ย โดยให้ถือว่าค่าที่คำนวณเป็นค่าความทึบแสงที่ตรวจวัดได้ในจุดนั้น (ประกาศกรมควบคุมมลพิษ, 2548)



รูป 3.2 แสดงหัววัดของเครื่องวัดความทึบแสง

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2548)

5) ค่ามาตรฐานความทึบแสง

ค่ามาตรฐานความทึบแสงที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดค่าความทึบแสงจะมีค่าไม่เกินร้อยละ 20 เมื่อตรวจวัดที่จุดตรวจวัด ณ ระยะห่าง 1 เมตร โดยรอบจากขอบจุดกำเนิด (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539) ทั้งนี้ค่าดังกล่าวเป็นค่ามาตรฐานที่กำหนดการควบคุมการปล่อยฝุ่นละออง จากโรงโม่ บด หรือย่อยหิน เนื่องจากค่ามาตรฐานในการควบคุมการปล่อยฝุ่นละออง จากการทำเหมืองถ่านหินยังไม่มีตามประกาศของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เหมืองแม่เมาะได้กำหนดค่าความทึบแสงเพื่อใช้ในการควบคุมมลภาวะที่เกิดจากฝุ่นถ่านหินไว้ที่ค่าความทึบแสงไม่เกินร้อยละ 15 (เหมืองแม่เมาะ, 2550)

3.6 สาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Cervik, J; Samato, A and Deul, M (1977) ทำการศึกษาการควบคุมก๊าซมีเทน และฝุ่นจากการทำเหมือง โดยเจาะรูในแนวค้ำเข้าไปในชั้นถ่านหินและฉีดน้ำเข้าไปในเนื้อถ่านหิน น้ำจะซึมเข้าไปแทนที่ก๊าซมีเทนที่อยู่ระหว่างรอยแตกของชั้นถ่านหิน และทำให้ถ่านหินมีความชื้นเพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่าสามารถควบคุมก๊าซมีเทนได้ถึง 89 เปอร์เซ็นต์ และยังสามารถทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นลดลงถึง 75 เปอร์เซ็นต์

Joseph Cervik; Albert Sainato and Eugene Baker (1983) ได้ศึกษาการฉีดน้ำเข้าไปในเหมืองได้ค้นพบตามความยาวของผนังเหมือง เพื่อทำการลดฝุ่นถ่านหิน ผลการศึกษาพบว่าจากการเจาะชั้นถ่านหินในแนวค้ำ และฉีดน้ำเข้าไปในหลุมเจาะจะทำให้เนื้อถ่านหินมีความชื้นเพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่าสามารถลดฝุ่นได้ถึง 58 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการฉีดน้ำเข้าไป จะเป็นการเพิ่มความชื้นให้กับเนื้อถ่านหิน และความเร็วลมภายในเพิ่มขึ้นอีก 2.5 เมตร/วินาที เป็นผลให้ความเข้มข้นของฝุ่นลดลง อีกทั้งยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการทำงานได้ถึง 23 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีผลผลิตเพิ่มขึ้น

Campoli, Alan A., et al (1996) ศึกษาการฉีดน้ำแรงดันต่ำเข้าไปในชั้นถ่านหิน และทิ้งระยะเวลาก่อนเข้าทำการขุด เพื่อศึกษาการกระจายตัวของน้ำในชั้นถ่านหิน ซึ่งน้ำที่แทรกเข้าไปตามรอยแตกของเนื้อถ่านหิน จะมีผลทำให้ความชื้นของเนื้อถ่านหินมีค่าเพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่าในการฉีดน้ำเข้าไปในหลุมเจาะแนวค้ำ 1 หลุมจะมีค่าเทียบเท่ากับการฉีดน้ำเข้าไปในแนวระนาบ 4 หลุมเจาะ

Lama and Bodziony (1996) การฉีดน้ำที่ความดันมากกว่า 7 เมกกะพาสกาล ได้ถูกสำรวจว่าเป็นเครื่องมือในการกำจัด และลดปริมาณการเกิดฝุ่นจากกระบวนการผลิตถ่านหิน โดยน้ำ

จะซึมผ่านผิวและเข้าไปในเนื้อถ่านตามรอยแตกในชั้นถ่าน ซึ่งประสิทธิภาพของการลดฝุ่นจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของหัวฉีดพ่นน้ำ จากการสำรวจพบว่า การฉีดน้ำเข้าไปในชั้นถ่านหิน สามารถลดฝุ่นได้ถึง 58 เปอร์เซ็นต์ ในปัจจุบันเหมืองถ่านหินในประเทศออสเตรเลีย สามารถลดปริมาณฝุ่นจากการทำเหมืองใต้ดินแบบตามความยาวผนังเหมือง ได้ถึง 73 เปอร์เซ็นต์

M.K. Ghose and S.R.Majee (1998) ได้ศึกษาการประเมินปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการทำเหมืองถ่านหินแบบเหมืองเปิดในประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลอัตราการปล่อยฝุ่นละอองในการคำนวณปริมาณฝุ่นที่เหมืองผลิตถ่านโค้ก พบว่าแหล่งกำเนิดหลักเกิดจากกิจกรรมการเปิดหน้าดิน, การสกัด และขุดขนถ่านหินทำให้เกิดปริมาณฝุ่น 7.8 ตันต่อวัน และเกิดเนื่องจากการพัด กัดเซาะของลมประมาณ 1.6 ตันต่อวัน เมื่อรวมค่าที่หาได้ทำให้ทราบว่าในกระบวนการทำเหมืองจะทำให้เกิดฝุ่นประมาณ 9.4 ตันต่อวัน และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการศึกษาต่อไป

Environ Australia Pty Ltd (2010) ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการทำเหมืองถ่านหินบริเวณใกล้กับหมู่บ้านแคมเบอร์เวล ทางตอนเหนือของเมืองซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย ได้ประมาณปริมาณฝุ่นที่คาดว่าจะเกิดขึ้นอีก 5 ปี โดยคิดจากกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น 10-20 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการควบคุม และป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม โดยปริมาณฝุ่นละอองที่คาดว่าจะเกิดจากการทำเหมืองทั้งหมดประมาณ 20,000-25,000 ตันต่อปี ในปี ค.ศ. 2010-2014

ASK Consulting Engineers Pty Ltd (2010) ศึกษาปริมาณฝุ่นเหมืองถ่านหิน Codrilla ในประเทศออสเตรเลีย โดยใช้ข้อมูลจาก NPI และ US.EPA ในการอ้างอิง ปริมาณฝุ่นละอองรวมที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยคิดจากกิจกรรมการทำเหมืองที่ถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นทั้งหมด ประมาณ 25,015 ตันต่อปี

Blusher S and Agus Jatnika Effendi (2010) บริษัท PT.KPS ผู้ดำเนินกิจการทำเหมืองถ่านหินรายใหญ่ในอินโดนีเซีย ใช้การประเมินการปล่อยสารมลพิษจากกิจกรรมการทำเหมือง เป็นเครื่องมือกำหนดนโยบายในการควบคุมมลพิษทางอากาศ ในการประเมินได้จำแนกแหล่งกำเนิดออกเป็นแหล่งย่อยๆ เช่น การคมนาคมขนส่ง, การขุด-ขนแร่ และอื่นๆ ค่าการประเมินมลพิษจะแสดงผลเป็น ตันต่อปี โดยใช้หลักการประเมินของ US.EPA ได้ผลว่า การดำเนินการทำเหมืองจะก่อให้เกิดฝุ่นละอองรวม 14,938 ตันต่อปี และกิจกรรมที่ถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นละอองมากที่สุด คือ การคมนาคมขนส่ง ซึ่งทำให้เกิดมลพิษทางอากาศประมาณ 74 เปอร์เซ็นต์

สุชาติ ฉรินทร์ศักดิ์ชัย (2542) ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับใช้คำนวณหาประสิทธิภาพการจับฝุ่นด้วยการฉีดหดยดละอองน้ำ และเพื่อศึกษาผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อประสิทธิภาพการจับฝุ่นของระบบควบคุมฝุ่นด้วยการฉีดหดยดละอองน้ำ เช่น การ

กระจายขนาดของหยดละอองน้ำและอนุภาคฝุ่น ทิศทางและความเร็วลมจากสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการจับฝุ่น ได้แก่ การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่น การกระจายขนาดหยดละอองน้ำ และความสูงของสเปรย์ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของฝุ่นและความเร็วลมแวดล้อมมีผลต่อประสิทธิภาพการจับฝุ่นไม่มากนัก

บัณฑิต ทิชากร (2545) ได้ศึกษาการควบคุมความชื้นของวัสดุเพื่อลดฝุ่นจากการทำเหมืองพบว่า หลังจากการเติมน้ำให้กับถ่านหินลิกไนต์ สามารถลดฝุ่นที่เกิดจากการเจาะเนื้อถ่านหินลิกไนต์ได้ โดยผลเกิดฝุ่นก่อนเติมน้ำเท่ากับ 33.7 เปอร์เซ็นต์ความทึบแสง เมื่อเจาะถ่านหินหลังเติมน้ำ การเกิดฝุ่นมีค่าเฉลี่ยโดยประมาณ 16.7 เปอร์เซ็นต์ ความทึบแสง

วุฒิกร ประมถ และ สุภฉัตร คามพวรรณ (2553) ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในถ่านหิน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พบว่า ค่าตั้งต้นของน้ำในถ่านหิน (Natural Water Content) และขนาดอนุภาคของถ่านหิน มีผลต่อปริมาณน้ำที่หายไปตามอุณหภูมิ และเวลา เนื่องจากถ่านหินที่มีขนาดใหญ่จะระเหยได้ช้ากว่าถ่านหินขนาดเล็ก เมื่ออุณหภูมิ และเวลาเพิ่มขึ้น ถ่านหินที่มีขนาดใหญ่ยังคงสูญเสียความชื้นอย่างต่อเนื่อง เพราะว่าถ่านหินขนาดใหญ่มีการกักเก็บน้ำในเนื้อถ่านหินมากกว่า