

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



247019

ลักษณะทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับสภาพการเกิดโรคของเหมืองแร่หิน : กรณีศึกษาเหมือง
แร่หินลิกไนต์และดินบอซเกอส์ จังหวัดลำปาง

นางสาวปิยะฉัตร แสงทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b00251916

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



247019

ลักษณะทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหิน: กรณีศึกษาเหมือง
ถ่านหินลิกไนต์และดินบอแลเคลย์ จังหวัดลำปาง



นางสาว ปิยะธิดา แสงทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5 2 7 0 3 9 5 0 2 1

THE GEOLOGICAL CHARACTERISTIC ASSOCIATED TO POTENTIAL ACIDITY OF
COAL MINE: A CASE STUDY OF LIGNITE COAL AND BALL CLAY MINE LAMPANG
PROVINCE

Miss Piyatida Sangtong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Georesources Engineering
Department of Mining and Petroleum Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2010
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ลักษณะทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับศักยภาพการเกิดกรด
ของเหมืองถ่านหิน: กรณีศึกษาเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดิน
บอแลเคลย์ จังหวัดลำปาง

โดย

นางสาว ปิยะธิดา แสงทอง

สาขาวิชา

วิศวกรรมทรัพยากรธรณี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนทร พุ่มจันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

อาจารย์ ดร. ศรีเลิศ ชาติพันธุ์รัตน์

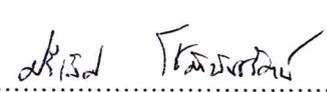
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

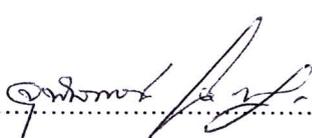

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศนริญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิญญา มีขำนะ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนทร พุ่มจันทร์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร. ศรีเลิศ ชาติพันธุ์รัตน์)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. จุฬาลักษณ์ ชาญกุล)

ปิยะธิดา แสงทอง : ลักษณะทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหิน: กรณีศึกษาเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลเคลย์ จังหวัดลำปาง. (THE GEOLOGICAL CHARACTERISTICS ASSOCIATED TO POTENTIAL ACIDITY OF COAL MINE: A CASE STUDY OF LIGNITE COAL AND BALL CLAY MINE LAMPANG PROVINCE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. สุนทร พุ่มจันทร์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อ.ดร. ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์. 110 หน้า.

247019

การศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (Acid Mine Drainage, AMD) ของพื้นที่ศึกษา รวมถึงประเมินศักยภาพการเกิดกรดของพื้นที่เสี่ยง โดยทำการศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งถ่านหินในภาคเหนือเปรียบเทียบกับลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา และทำการทดสอบและประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของตัวอย่างด้วยวิธีสแตติก (Static Tests) ซึ่งประกอบด้วยวิธี Acid Base Accounting Test (ABA Test) และ Net Acid Generation Test (NAG Test) ผลจากการเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาพบว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดกรดของแหล่งถ่านหินมากที่สุดคือแอ่งแม่ทะ พื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดกรดรองลงมาคือแอ่งวังเหนือ และแอ่งเสริมงาม และพื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดกรดน้อยที่สุดคือ แอ่งแจ้ห่มและแอ่งจาว และจากการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพค่าการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลเคลย์ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง พบว่าจากตัวอย่างที่นำมาทดสอบทั้งหมด 199 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่มีโอกาสในการเกิดกรดจากการทดสอบแบบ ABA Test จำนวน 31 ตัวอย่าง จากการทดสอบแบบ NAG Test จำนวน 17 ตัวอย่าง และจากการเปรียบเทียบระหว่าง ABA Test กับ NAG Test จำนวน 9 ตัวอย่าง โดยภาพรวมตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดของพื้นที่ศึกษามีทั้งหมด 42 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 21.11 เปอร์เซ็นต์ โดยชั้นหินที่แสดงศักยภาพในการเกิดกรดมาจากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal I) ชั้นถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal II) ชั้นแร่ดินบอลเคลย์ (Ball Clay) ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden) และชั้นล่างชั้นถ่านหิน (Underburden) กล่าวโดยสรุปการศึกษาในครั้งนี้ได้บ่งบอกถึงศักยภาพการเกิดกรดของพื้นที่เหมือง ซึ่งจะนำไปสู่การศึกษามาตรการการจัดการเพื่อลดผลกระทบของการเกิดกรดอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนมาตรการการป้องกันและแก้ไขต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม ลายมือชื่อนิสิต.....ปิยะธิดา แสงทอง.....
 สาขาวิชา ...วิศวกรรมทรัพยากรธรณี.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา2553.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5270395021 : MAJOR GEORESOURCES ENGINEERING

KEYWORDS : AMD / ABA / Potential Acid Forming / Geological of Acid Forming / NAG

PIYATIDA SANGTONG : THE GEOLOGICAL CHARACTERISTICS ASSOCIATED
TO POTENTIAL ACIDITY OF COAL MINE: A CASE STUDY OF LIGNITE COAL
AND BALL CLAY MINE LAMPANG PROVINCE. ADVISOR : SUNTHORN
PUMJAN, Ph.D., CO-ADVISOR : SRILERT CHOTPANTARAT, Ph.D., 110 pp.

247019

The geological characteristics associated to potential acidity of coal mine study mainly aims to identify risk areas of acid mine drainage (AMD) and potential occurrence of acid-risk areas. The study involves the identification and geological comparison of coal basins located in the Northern of Thailand to the Lignite Coal and Ball Clay Mine, Lampang Province. This study also includes the evaluation of potential AMD by adopting two static tests which are Acid Base Accounting Test (ABA Test) and Net Acid Generation (NAG Test). The geological comparison study of coal basin geology reveals that the coal basin with the highest potential of AMD is Mae Ta basin, coal basin with moderate potential of AMD are Wang Nue and Serm Ngarm basin and coal basin with the least potential of AMD are Jae Hom and Ngao basin. Moreover, the results from the evaluation of the potential of AMD in the Lignite Coal and Ball Clay Mine show that the number of samples displaying potential of AMD from ABA Test, NAG Test and the comparison between ABA – NAG Test are 31, 17 and 9 samples, respectively. In overall, a total of 42 samples out of 199 tested samples show the potential of AMD accounting for 21.11 percents. The geological units with the potential of AMD are Coal I, Coal II, Ball Clay, Interburden and Underburden. In conclusion, this study has identified the acid generated potential areas, consequently this leads to the effective AMD management and its preventive measures.

Department : Mining and Petroleum Engineering

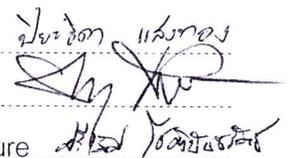
Field of Study : GeoResources Engineering

Academic Year : 2010

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ เนื่องด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ จากหลายๆ ฝ่าย ทางผู้วิจัยต้องขอขอบคุณบุคคลและองค์กรต่างๆ ซึ่งให้ความสนับสนุนและช่วยเหลือในทุกด้าน จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ดังต่อไปนี้

ผศ.ดร.สุนทร พุ่มจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำ และคอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทั้งด้านวิชาการ การออกภาคสนาม รวมถึงการตรวจแก้ไขข้อผิดพลาดในการทำวิจัย ตลอดจนคอยให้คำแนะนำและกำลังใจในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น

อ.ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำด้านวิชาการ การติดต่อประสานงาน ข้อเสนอแนะในการทำวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงการตรวจแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ ตลอดจนให้คำแนะนำในการทำวิจัยและการทำเล่มวิทยานิพนธ์เสมอ

ดร. จุฬาลักษณ์ ชาญกุล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำตั้งแต่การหาข้อมูล การออกภาคสนาม การทำวิจัย ตลอดจนตรวจแก้ไขและข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์

คุณพงษ์ธร รุ่งเจริญ และคุณระวิณ อยู่ใจ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชา วิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำงานวิจัยและวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

บริษัท เอสซีจี ซีเมนต์ จำกัด เจ้าของโครงการสำรวจศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด ซึ่งอนุญาตให้ใช้พื้นที่สัมปทานของบริษัทเป็นพื้นที่ทำการศึกษาริวิจัย รวมถึงให้ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการออกภาคสนามเก็บตัวอย่างเป็นอย่างดี ตลอดจนให้การสนับสนุนด้านงบประมาณในการวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาธรณี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดีมาโดยตลอด

น้องๆ ปริญญาตรี ภาครรณีวิทยา และเพื่อนๆ ปริญญาโท ทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ที่คอยดูแลให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมทั้งคอยเป็นกำลังใจที่สำคัญมาโดยตลอดจนงานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐาน.....	2
1.4 พื้นที่ศึกษา.....	3
1.5 ขั้นตอนระเบียบการวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 เหมืองแร่และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	8
2.2 น้ำเหมืองเป็นกรด.....	8
2.3 การเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด.....	9
2.4 การประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด.....	12
2.5 วิธีการทดสอบศักยภาพความเป็นกรด.....	14
2.6 เทคนิคการป้องกันและกำจัดน้ำเหมืองเป็นกรด.....	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	24
3.1 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยา.....	24
3.1.1 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาของแอ่งถ่านหิน.....	24
3.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางธรณีวิทยา.....	24

หน้า

3.2 การวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง.....	25
3.2.1 การเก็บตัวอย่าง.....	25
3.2.2 การเตรียมตัวอย่างก่อนทำการทดลอง.....	31
3.2.3 การทดสอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ.....	32
3.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการ.....	37
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	41
4.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยา.....	41
4.1.1 ข้อมูลธรณีวิทยาถ่านหินของแหล่งถ่านหินในจังหวัดลำปาง.....	44
4.1.2 ลักษณะทางธรณีวิทยาของเหมืองถ่านหิน.....	50
4.2 ผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง.....	58
4.2.1 ผลการทดสอบด้วยวิธี Acid Base Accounting (ABA Test).....	58
4.2.2 ผลการทดสอบด้วยวิธี Net Acid Generation (NAG Test).....	68
4.2.3 ผลการพิจารณาศักยภาพการเกิดกรดจากวิธี Net Acid Generation (NAG Test) และวิธี Acid Base Accounting (ABA Test).....	70
4.3 อภิปรายผลการศึกษา.....	74
4.3.1 อภิปรายผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยา.....	74
4.3.2 อภิปรายผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง.....	77
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	80
5.1 การเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยาแอ่งถ่านหินและเหมืองถ่านหินในพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน.....	80
5.2 การวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรด.....	81
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	82
รายการอ้างอิง.....	84

	หน้า
ภาคผนวก.....	88
ภาคผนวก ก.	89
ภาคผนวก ข.	94
ภาคผนวก ค.	104
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	110

สารบัญญัตราสาร

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงลำดับการตกตะกอนของแร่ที่สอดคล้องกับศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (AMD)	13
2.2 เปรียบเทียบเทคนิคการวิเคราะห์แต่ละวิธี.....	15
2.3 สรุปเกณฑ์คุณภาพน้ำจากการศึกษาในพื้นที่ตะวันตกของรัฐเวอร์จิเนีย และเพนซิลเวเนีย.....	18
2.4 ตารางเปรียบเทียบค่า Acid Base Accounting (ABA Test).....	18
2.5 แสดงเกณฑ์ในการทำนายศักยภาพการเกิดกรด.....	19
2.6 แสดงหลักเกณฑ์การจำแนกศักยภาพการเกิดกรดด้วยวิธี ABA Test	19
2.7 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดด้วยการเปรียบเทียบผลของ ABA Test และ NAG Test	20
2.8 รายละเอียดการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเหมืองเป็นกรด.....	21
2.9 รายละเอียดการใช้กระบวนการทางธรรมชาติในการบำบัดน้ำเหมืองเป็นกรด.....	22
3.1 แสดงชนิด และจำนวนตัวอย่างหินจากพื้นที่บ่อเหมือง.....	27
3.2 จำนวนตัวอย่างหินจากบริเวณกองหินทิ้ง.....	29
3.3 แสดงปริมาณและความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ใช้ในการทดลอง.....	34
3.4 แสดงค่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต.....	37
3.5 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการทดสอบด้วยวิธี ABA Test	39
3.6 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการทดสอบด้วยวิธี NAG Test	39
3.7 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการเปรียบเทียบผลของ ABA Test และ NAG Test.....	40
4.1 แสดงลำดับชั้นหินภายในแอ่งสะสมของแต่ละพื้นที่.....	43
4.2 คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งงาว.....	44
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งวังเหนือ.....	45
4.4 คุณภาพถ่านหินในแต่ละแหล่งถ่านหินของแอ่งแจ้ห่ม.....	46
4.5 คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งเสริมงาม.....	47
4.6 คุณภาพถ่านหินของแอ่งแม่ทะ.....	48

ตารางที่	หน้า
4.7 สรุปคุณภาพถ่านหินแต่ละแอ่งในจังหวัดลำปาง.....	49
4.8 แสดงช่วงของค่าความเป็นกรดต่าง และจำนวนตัวอย่างของแต่ละชั้นหินที่มีค่าความเป็นกรดต่างช่วงต่างๆ ของพื้นที่บ่อเหมือง.....	59
4.9 แสดงช่วงของค่าความเป็นกรดต่าง และจำนวนตัวอย่างของแต่ละชั้นหินที่มีค่าความเป็นกรดต่างช่วงต่างๆ ของพื้นที่กองหินทิ้ง.....	60
4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าศักยภาพความเป็นกลาง (NP) และศักยภาพการเกิดกรดสูงสุด (AP) ของแต่ละชั้นหินและกองหินทิ้ง.....	61
4.11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และต่ำสุด ของค่า NNP และ NPR ของแต่ละชั้นหิน.....	66
4.12 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และต่ำสุด ของค่า NNP และ NPR ของแต่ละพื้นที่กองหินทิ้ง.....	67
4.13 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดซัลฟิวริกของแต่ละชั้นหิน.....	68
4.14 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดซัลฟิวริกของพื้นที่กองหินทิ้ง.....	69
5.1 แสดงจำนวนตัวอย่างที่มีศักยภาพก่อให้เกิดกรดของแต่ละเกณฑ์การพิจารณา.....	81

สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 ตำแหน่งของแอ่งถ่านหินในจังหวัดลำปาง และแหล่งเหมืองถ่านหินที่ศึกษา.....	3
1.2 พื้นที่ศึกษาเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอเคลย์ อ.แม่ทะ จ. ลำปาง	4
1.3 แผนภาพแสดงแผนการดำเนินงานวิจัย.....	7
2.1 แผนภาพอย่างง่ายแสดงทิศทางปฏิกิริยาออกซิเดชันของไพไรต์.....	12
3.1 แสดงบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่าง.....	26
3.2 ภาพแสดงพื้นที่บ่อเหมืองและกองหินทิ้งบริเวณเหมือง.....	27
3.3 แสดงลักษณะการเก็บตัวอย่าง.....	30
3.4 แสดงการเก็บรักษาตัวอย่างหลังจากเก็บมาจากภาคสนาม.....	30
3.5 ตู้อบที่ใช้ในการอบตัวอย่างให้แห้ง.....	31
3.6 ภาพเครื่องย่อยแบบกระแทก (Jaw Crusher) และขนาดตัวอย่างหลังผ่านเครื่องย่อย.....	31
3.7 ภาพแสดงเครื่องบดแบบถ้วย (Vibrating Cup Mill) และขนาดตัวอย่างหลังบด.....	32
3.8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดสอบแบบ ABA Test	33
3.9 แสดงการทดสอบการวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH).....	33
3.10 แสดงการทดสอบศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินและชั้นหิน.....	35
3.11 แสดงเครื่องวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์.....	35
3.12 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดสอบโดยวิธี Net Acid Generation (NAG Test).....	36
3.13 แสดงการทดสอบหาค่ากรดต่างสุดท้าย (NAG pH).....	36
3.14 แสดงการทดสอบหาปริมาณกรดซัลฟิวริก.....	37
4.1 ลำดับชั้นหินพื้นที่ศึกษาบริเวณเหมืองถ่านหินและดินบอเคลย์บ้านแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง.....	52
4.2 ลำดับชั้นหินของพื้นที่เหมืองถ่านหินบ้านโฮ้ง อ.ลี้ จ.ลำพูน.....	55
4.3 ลำดับชั้นหินของพื้นที่เหมืองถ่านหินแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง.....	57
4.4 กราฟค่าผลต่างของปริมาณเบสกับกรด (Net Neutralization Potential, NNP).....	63
4.5 กราฟแสดงอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลาง (Neutralization Potential Ratio, NPR).....	64

รูปที่	หน้า
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) กับปริมาณความเป็นกรด (NAG).....	70
4.7 กราฟเปรียบเทียบค่าระหว่างศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) กับค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) บริเวณบ่อเหมือง.....	72
4.8 กราฟเปรียบเทียบค่าระหว่างศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) กับค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) บริเวณกองหินทิ้ง.....	73
4.9 เปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาแหล่งถ่านหินแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง และแหล่งถ่านหินบ้านโฮ้ง อ.สี จ.ลำพูน.....	76
4.10 เปรียบเทียบแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน แหล่งถ่านหินบ้านโฮ้ง กับแหล่งถ่านหินแม่เกาะ.....	77