

การกำเนิดและชนิดของแหล่งแร่

แหล่งแร่ทองแดงแบ่งได้เป็น ๕ ชนิดใหญ่ ๆ ดังนี้

- ๑. Porphyry copper และ Vein and replacement
- ๒. จากหินชั้น
- ๓. ในหินอัคนี
- ๔. พบร่วมกับแร่ที่เกิด
- ๕. ทองแดงธรรมชาติ

๑. Porphyry copper และ Vein and replacement

๑ ก. Porphyry copper มีการกำเนิดเกี่ยวข้องกับหินอัคนีชนิด felsic นักธรณีวิทยาบางคนเชื่อว่าทองแดงมาจากหินอัคนี โดยเกิดอยู่ประปรายในหินควยการตกผลึกอย่างรวดเร็วของแมกมา นอกจากนั้นทองแดงยังถูกเคลื่อนโดยน้ำหรือไอน้ำแล้วมาอยู่ในตามรอยแตกแยกของหินอัคนีหรือหินใกล้เคียง หรือออกมาอยู่ข้างนอกหินอัคนีเกิดเป็นสายแร่ (Vein) นักธรณีเคมีรุ่นใหม่ ๆ ได้ศึกษา porphyry copper และกล่าวว่าเกิดโดยทองแดงมาจากหินชั้นรอบ ๆ หินอัคนี หินอัคนีเป็นตัวทำให้ร้อน เกิดอุณหภูมิแตกต่างกันทำให้เกิดกระแส (Current) ขึ้น น้ำจากข้างนอกจะวิ่งเข้ามาหาข้างใน และพาเอาทองแดงมาสะสมตัวอยู่ใกล้ ๆ กับหินอัคนีหรือภายในหินอัคนี เนื่องจาก solubility พอมีอุณหภูมิสูงจะตกตะกอนออกมา ความคิดใหม่ ๆ นี้สนับสนุนโดยการทดลองและการคำนวณทาง Thermodynamic data และหลักฐานในสนามถือว่าเป็นความจริงตามนี้ จะทำให้ลดบางความคิดเก่า ๆ และทฤษฎีที่ว่า porphyry copper เกิดโดยเกี่ยวข้องกับ plate tectonic ทองแดงเล็กไปควย

ใน Porphyry copper นอกจากแร่ทองแดงแล้วยังพบแร่ ตะกั่ว, สังกะสี, เงิน, ทอง, เหล็ก, โมลิบดีนัม และแมงกานีส อีกควย

๑ ข. Vein and Replacement แหล่งแร่ชนิดนี้พบเกี่ยวข้องกับหินอัคนีชนิด เฟลซิก เช่น เกี่ยวข้องกับ porphyry intrusion ที่ Butte, Montana พบในหินเค็มข้างเคียงในแหล่ง porphyry copper ที่ Bingham, Utah และที่ Bisbee, Arizona สหรัฐอเมริกา

สายแร่ (Vein) เกิดขึ้นไต่เมื่อสารละลายที่มีโลหะอยู่มาก ออกมาจาก crystallizing intrusion และมา deposit เกิดเป็นแหล่งในรอย fault หรือรอยแตกแยก

Hydrothermal alteration envelopes อาจจะเกิดร่วมกับสายแร่ (vein) ไปถึงปฏิกิริยาเคมีระหว่าง wall rock กับสารละลายที่ขึ้นมา ตัวอย่างเช่นที่ Butte, Montana โดยเริ่มจาก Sericite - Kaolinite - Montmorillonite ไปยัง fresh wall rock จากการเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของโซนเหล่านี้พบว่ามี การแพร่กระจาย (diffusion) ของ ions จากหินเข้าไปในสายแร่ และในขณะเดียวกันนั้นก็มีการเคลื่อนตัวของ hydrogen ion เข้าไปใน wall rocks แร่ที่พบใน alteration zone ของ porphyry copper นั้นคล้ายกับที่พบในบริเวณที่เกิด alteration ที่อยู่รอบ ๆ sulfide vein

ชนิดปล่อง (Pipes) นั้น มีลักษณะเป็นปล่องกลมไม่เป็นแผ่นบางยาวอย่าง vein อาจจะพบตามบริเวณที่ fault ตัดกันหรือเกิดจากการระเบิดของก๊าซแมกมา เรียกการเกิดแบบนี้ว่า breccia pipe เพราะพบมีเศษหินหัก ๆ รวมอยู่ด้วย ปกติจะพบว่าแหล่งชนิดนี้มีความสัมพันธ์กับ porphyry copper เช่นที่ Cananea, Mexico และในชิลี

ชนิด Replacement เกิดใน reactive host rocks ใกล้เคียง ๆ กับแนวสัมผัสหรือเกิดตามสายแร่ หิน host นี้ อาจจะเป็นหินชั้น เช่น หินปูน หินทรายที่มีเนื้อปูนหรือพวก diabase เช่นที่ Ray, Arizona ปกติแหล่งชนิดนี้จะเป็นรูปแบนยาว มักจะขนานไปกับชั้นหิน พบว่ามีความสัมพันธ์กับ porphyry copper เช่นที่ Mission และ Pima ใน Arizona และที่ Bingham, Utah

หิน host rock ที่เหมาะสมในการแทนที่นั้นอาจจะยาวติดต่อไปเป็นบริเวณกว้างและการค้นหาชั้นหินที่ช่วยมากในการหาแหล่งแร่ใหม่ ๆ ในอาร์โซนา ได้ให้ความสนใจในเรื่องชั้นหินมากขึ้น เพื่อหาแหล่งชนิดนี้

แร่ที่พบใน Vein, pipe และ replacement นี้ มักจะพบแร่คาลโคไพไรต์ บอร์ไนต์ และคาลโคไพไรต์ โทเวลไลต์ที่พบบางเหมือนกัน ที่ Butte, Montana นั้น มีแร่ที่พบอยู่ ๔ จำพวกด้วยกัน คือ Vein ที่อยู่ลึกมาก เรียก chalcopyrite zone พบคาลโคไพไรต์ เทนนาไทต์ (tennatite), บอร์ไนต์ ใน Central zone พบคาลโคไพไรต์ กับเอนาไจท์ (enargite) และใน intermediate zone พบบอร์ไนต์ คาลโคไพไรต์ คาลโคไพไรต์ และเอนาไจท์ และใน

peripheral zone เป็น carbonate zone พบโรโดโครไซต์ (rhodochrosite), สฟาลเลอไรท์ (sphalerite) กาลีน่า (galena) และโรโดไนท์ (rhodonite)

ที่ Magma ในอาริโซนา นั้น สายแร่ประกอบด้วย คาลโคไพไรท์ บอร์ไนท์ เอนาไจท์ เทนนาไทท์ คาลโคไพไรท์ ไดเจไนท์ (digenite) และสฟาลเลอไรท์ โดยพบในคอนกลางเปลี่ยนเป็น เทนนาไทท์ และมี สฟาลเลอไรท์ อยู่ในคอนบน พบไดเจไนท์ในคอนกลาง ที่พบในหินปูนนั้นเป็น คาลโคไพไรท์

มีผู้พบว่าบริเวณ vein รอบนอก peripheral มักจะมีทองและเงินอยู่กับแร่ไพไรท์ คาลโคไพไรท์ สฟาลเลอไรท์ สเปคูลาไรท์ (specularite) เอนาไจท์ เทตราไฮโดรไรท์ (tetrahydrite) แมโรไซต์ และแร่มงกานีส กับวานาเดียม ซึ่งการค้นหาคูมของสายแร่เล็ก ๆ ที่มีแร่พวกนี้ในบริเวณรอบ ๆ นอก อาจนำไปถึงการค้นหาแหล่งแร่ทองแดงที่ถูกปกปิดอยู่ได้

แหล่งแร่ชนิดนี้ยากแก่การกล่าวถึงในแง่ของความสมบูรณ์เป็น grade และ tonnage โดยปกติแล้วจะเป็นแหล่งเล็ก ๆ ไม่ใหญ่นัก

๒. ทองแดงชนิดหินชั้น (Strata-bound deposition sedimentary rocks) ทองแดงชนิด

หินชั้นที่ Zaire และ Zambia นั้นมีปริมาณรวมกันถึง ๑๕ % ของแหล่งแร่ทองแดงที่ทราบแล้วของโลก และพบแหล่งใหญ่ ๆ อีกในไซบีเรีย, แหล่งแร่ชนิดนี้คาดว่าจะค้นพบอีกมากเพราะเป็นแหล่งที่ค้นหายาก และธรณีวิทยาการกำเนิดของแร่ชนิดนี้ก็เพิ่งจะเข้าใจกันดีเมื่อไม่นานมานี้

ชนิดที่ ๑ พบในหินยุค Precambrian เกิดขึ้นในตอนที่บรรยากาศมีออกซิเจนมากและละลายเคลื่อนที่ทองแดงซึ่งเมื่อก่อนนั้น stable ชนิดนี้รวมถึงการชะล้างมาจากพวกแหล่งแร่ประคัย ตัวอย่าง คือ African Copper Belt

ชนิดที่ ๒ เกิดพร้อมกับการสะสมตัวของหินชั้นในทะเลโดยการตกตะกอนหรือการคูดั้ม โดยสิ่งที่มีชีวิต แหล่งชนิดนี้มักจะเกี่ยวข้องกับ คุณสมบัติของเงิน พบมีแร่ยูเรเนียม, วานาเดียม และเงิน ปะปนอยู่ด้วยเพราะเกิดได้ในสิ่งแวดล้อมคล้าย ๆ กัน ตัวอย่าง คือ Kupferchiefer

ชนิดที่ ๓ แหล่งชนิดนี้เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาของน้ำเกลือหรือน้ำใต้ดินกับชั้นหินที่มีส่วนผสมทางเคมีพอเหมาะกันเช่นพวก black shale, หินทรายที่มีเนื้อปูนหรือหินปูนคาร์บอเนต, Red - bed copper deposit ที่ New Mexico เป็นตัวอย่างของชนิดนี้

๓. แหล่งทองแดงซัลไฟด์ในหินภูเขาไฟ (Massive sulfide in volcanic rock)

มีการพบทองแดงในหินบะซอลต์และในแอนดีไรต์มากกว่าในหินอัคนีชนิดอื่น ๆ ซึ่งในภาวะที่เหมาะสม ทองแดงจะรวมตัวกันเกิดเป็นแหล่งแร่ซัลไฟด์ ที่เป็นแหล่งสำคัญของโลกพบในหินลาวา และ pyroclastic rock ปกติจะพบเป็น:

๑. เป็นชั้นหรือเป็นเลนส์ ขนาดกับชั้นหิน
๒. ความกว้างในแนวราบน้อยเมื่อเทียบกับความหนา
๓. ส่วนใหญ่จะเป็นแร่ซัลไฟด์ มีแร่ประกอบเป็นพวกซิลิเกตเล็กน้อย ปกติจะเป็นแร่ไพไรต์ พิไรต์ไทท์และคาลโคไพไรต์ สฟาลเลอไรท์ และกาลีนา

ในระยะสี่ปีที่ผ่านมา ได้มีการพยายามอย่างยิ่งที่จะศึกษาถึงการกำเนิดของแร่ชนิดนี้ พบกันว่าการกำเนิดขึ้นที่ท้องทะเลในระยะท้าย ๆ ของการกำเนิดภูเขาไฟ พบได้ทั้งชนิดประหรือ stockwork หรือกลุ่มของสายแร่ และอาจจะพบในช่องว่างของ pillow lavas เช่นที่ไซปรัส นอกจากนี้พบเป็นชั้น แสดงว่าเกิดในทะเลเปิด อาจพบว่าในระหว่างช่องว่างของ breccia มี sandy pyrite เม็ดละเอียดประจุกอยู่ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ downslope จากแหล่งปกติจะถูกปกคลุมอยู่ ชั้นหินที่มหึมาเหล็กออกไซด์, ซิลิกา และไพไรต์ ซึ่งชั้นนี้จะหนามากอาจอยู่บนชั้นแหล่งแร่ แล้วจะค่อยบางออกไป ซึ่งลักษณะอันนี้พบบ่อยในยังหลักฐานการกำเนิดของแหล่งแร่ชนิดนี้ โดยสารละลายหรือการที่มีโลหะอยู่มากจะขึ้นมาอย่างรวดเร็วตามรอยแตก ใน submarine volcanic pile และตกตะกอนลง บางส่วนจะเป็น colloidal เกิดใกล้กับผิวของช่องว่างและบนพื้นท้องทะเล การเกิดนี้จะไปปิดรอยแตกแยกทำให้มีแรงดันมากขึ้น ก็จะทำให้ชั้นแรกขึ้นมาอีก เช่นเป็น breccia จากแหล่งที่เกิดไปแล้วได้ และสารละลายที่มีเหล็กอยู่จะรวมกับน้ำทะเลที่มีออกซิเจนอยู่ เกิดเป็นชั้นหินที่มากับหินที่ลาวามาแล้ว

ปกติแหล่งชนิดนี้ จะมีทองแดงอยู่มากที่สุดถึงร้อยละ ๑๐ และเป็นแร่ที่มีค่าทางเศรษฐกิจ ประมาณ ๒.๕ % มีขนาดตั้งแต่แสนตันไปจนถึง ๕๐ ล้านตัน การแตกต่างของความสมบูรณ์ขึ้นอยู่กับจำนวนของตะกั่ว, สังกะสี, เงิน, ทอง และการเก็บผลจากกำมะถันและเหล็กจากแหล่งควย

๔. ทองแดงจากแหล่งนี้เกิด

แหล่งแร่ที่เกิดโดยทั่วไปจะมีทองแดงอยู่ด้วย และเป็นผลพลอยได้ในการผลิต ทองแดงจากแหล่งนี้เกิดนี้ที่มีมากที่สุดคือแหล่งในคานาดา และสหภาพโซเวียต ซึ่งคิดกันว่าเป็นแหล่งที่เกิดแบบ

magmatic segregation

แร่ chalcopyrite-pentlandite นี้เกี่ยวข้องกับหิน mafic โดยพบจากที่มีทองแดงซัลไฟด์ ไปจนถึงเป็นนิกเกิลซัลไฟด์ ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของแมกมา ยิ่งเป็น mafic มากจะมีนิกเกิลมาก แหล่งผลิตแหล่งใหญ่ได้แก่ Sudbury, Ontario ในคานาดา

๕. ทองแดงธรรมชาติ

ทองแดงธรรมชาติพบในบริเวณแหลม Keweenaw ที่รัฐมิชิแกน สหรัฐอเมริกา ผลิตทองแดงมาตั้งแต่ปี ๑๘๔๕ ทำไปแล้วมากกว่า ๕ ล้านตันของโลหะทองแดง แม้ว่าปัจจุบันจะมีการทำน้อยแต่ก็ยัง
มีแหล่งสำรองอยู่อีกมาก ทองแดงซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นทองแดงธรรมชาติขึ้นมาประจุในรอยแตกหรือช่องว่างระหว่างหินหลังจากมีการยุ้ง และพบว่าเป็น low grade regional metamorphism zoning of silicate mineral