ترجمه فا
TarjomeFa.Com

ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

تئوری تیر طره ای برشی در استخراج جبهه کار بلند و روش استخراج ۱۱۰ در چین

(سومین نوآوری علوم معدن)

چکیده

با نوآوری سوم در علم و تکنولوژی در کل دنیا، چین نیز این پیشرفت شگفت انگیز را تجربه نموده است. در رابطه با استخراج جبهه کار بلند در چین، تئوری تیر بنایی یا MBT (Masonary beam theory) اولین بار در دهه ۱۹۶۰ عنوان گردید که نشان می دهد روش انتقال و تعادل فشار روبار با استفاده از ستون زغالی محفوظ مانده در نواحی استخراج شده می تواند تحقق یابد. این کار روش به اصطلاح استخراج ۱۲۱ را شکل می دهد که یک اساس محکم برای پیشرفت علم و تکنولوژی معدن در چین بنا نهاده است. تئوری تیر سنگ انتقالی یا TRBT (transfer rock beam theory) در دهه ۸۰ میلادی مطرح گردیده و درک بیشتری را برای مسیر انتقال فشار روبار در معدن پله ای و توزیع فشار در نواحی دارای استرس بالا ارائه می دهد. در این خصوص، روش استخراج ۱۲۱ پیشرفته با ستون زغال کوچکتر برای طراحی حفاری، و انجام توزیعات عمده برای بهبود میزان بازیابی زغال در آن زمان مطرح گردید. در قرن ۲۱، تکنولوژی های استخراج معدن قدیمی با چالشهای بزرگی مواجه گردید و تحت پیشرفتهای تئوریکی که پیشگام آن پروفسور Minggao Qian و Zhenqi Song بودند، تئوری تیر طره ای برشی یا CCBT (cutting cantilever beam theory) در سال ۲۰۰۸ مطرح گردید. بعد از آن روش استخراج ۱۱۰ متعاقبا به فرمول درآمد که نامش جبهه کار در یک معدن پله ای بود که بعد از اولین چرخه استخراج معدن، نیاز به یک حفاری مدخل پیشرفته دارد درحالیکه نوع دیگر به طور خودکار طی اخرین چرخه استخراج معدن بدون اینکه ستونهای زغال سنگ در ناحیه استخراج معدن برجای ماند، تشکیل گردیدند. این روش می تواند با استفاده از CCBT بوسیله ترکیب تکنولوژی های کلیدی از جمله پیش جداسازی جهت دار برش سقف، مقاومت ثابت و بدشکلی بزرگ یا CRLD ، سیستم تکیه گاه پیچ و مهره/قلاب با ماده اثر نسبت منفی پواسون (NPR) و تکنولوژی مانیتورینگ زمان واقعی راه دور اجرا شود. CCBT و روش استخراج ۱۱۰ اساس تئوریکی و فنی را برای پیشبرد صنعت استخراج در چین فراهم می سازد.

کلیدواژه ها: نوآوری استخراج، روش استخراج ۱۲۱، تئوری تیر طره ای برشی یا CCBT، استخراج غیرستونی، روش استخراج ۱۱۰.

۱-مقدمه

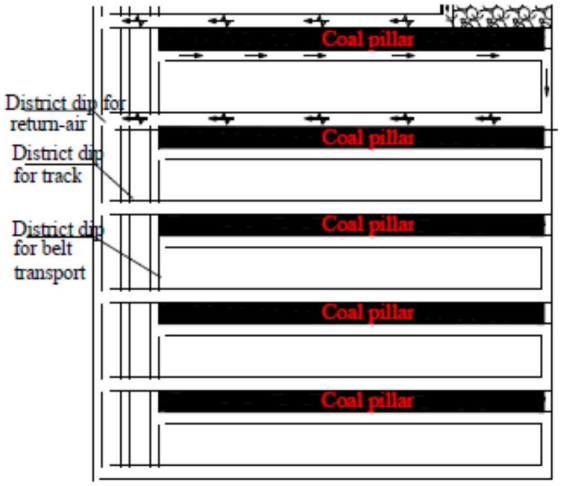
در دهه ۶۰ میلادی، پروفسور Minggao Qian تئوری تیر بنایی یا MBT را برای اولین بار در چین مطرح داشته است و یک بحث کاملی را درباره روش انتقال و تعادل فشار روبار در نواحی استخراجی با استفاده از ستون زغال سنگ محفوظ مانده ارائه کرده است. بر این اساس، روش استخراج ۱۲۱ بنا نهاده شد، یعنی یک جبهه کار در حال توقف نیاز به دو تونل حفاری پیشروی شده و یک ستون زغال سنگ قبل از چرخه بعدی استخراج دارد. سیستم MBT و سیستم استخراجی مبتنی بر روش استخراج ۱۲۱ یک اساس برجسته برای پیشرفت علم معدن در چین برجای گذاشته است. نوآوری دوم در استخراج از دهه ۸۰ میلادی شروع شد که مشخصه اش تئوری تیر طره ای انتقالی یا TRBT می باشد که توسط پرفسور Zhenqi Song مطرح گردیده است. این امر یک مسیر انتقال دیگری را برای فشار روبار معدن پله ای و توزیع فشار در نواحی پراسترس نشان داده است. بعد روش استخراج ۱۲۱ پیشرفته همراه با ستون زغال سنگی کوچکتر از لحاظ طراحی حفاری میدانی بوجود آمد که نقش مهمی در پیشبرد میزان بازیابی زغال سنگ در آن زمان داشته است.

در آغاز قرن ۲۱ ام، مشکلات خرابی بدشکلی بزرگ در معادن زغال سنگ طبق افزایش عمق استخراج دچار چالش بیشتری شده و حوادث دروازه مستعد خطر و دروازه عمیق کناره مواد زائد معدن مسئول ۸۰ تا ۹۰ درصد بوده است. اساسا درنظر گرفته شده است که روش استخراج ۱۲۱ قدیمی برای هدف استخراج عمیق مناسب نبوده است. در سال ۲۰۰۸، تئوری تیر طره ای برشی یا CCBT برای اولین بار مطرح شد. در این تئوری، می توان یادآور گردید که فشار زمین برای هدف حفاری سقف پیشرفته با استفاده از پیش برش برای تشکیل تیر طره ای بالای دروازه کناره مواد زائد معدن استفاده گردیده است. هنگامی که پیش برش روی سقف دروازه اجرا گردید، انتقال فشار روبار قطع شد که فشار دوره ای را هنگام استفاده از روش استخراج ۱۲۱ برطرف نمود و بخشی از توده سنگ سقف به پایین رانده شد و یک کناره را برای دروازه جهت چرخه بعدی استخراج در معدن پله ای را تشکیل داد. CCBT یک اساس جدیدی را برای استخراج بدون ستون فراهم کرده است که روش استخراج ۱۱۰ بوجود آمده یعنی یک جبهه کار معدن پله ای بعد از اولین چرخه استخراج تنها به یک حفاری

دروازه پیشرفته نیاز دارد. در حالیکه نوع دیگر به طور خودکار طی اخرین چرخه استخراج بدون اینکه ستون های زغال سنگی در ناحیه معدن باقی بماند با استفاده از این تکنولوژی استخراج تشکیل شده است. ایده اصلی روش استخراج ۱۱۰ این است که اولا فشار طبیعی زمین برای نقش داشتن در سقوط سقف استفاده می شود به جای اینکه انرا با سیستم تکیه گاه مصنوعی و ستون زغال سنگی تقویت سازند. دوم اینکه سنگ سقف در مواد زائد معدن برای تشکیل یک دیواره کناری دروازه کناری مواد زائد معدن استفاده می شود و سوم اینکه مشخصات انبساطی سنگ سقف شکسته مواد زائد برای کاهش فرونشینی سطحی استفاده می شود. این روش استخراج حدود ۵۰ درصد بار کاری استخراج دروازه را در معدن پله ای کاهش می دهد و ۱۰۰ درصد بازیابی ستون زغال سنگ را انجام می دهد که یک کاهش عمده در هزینه های معدن به همراه می اورد و از همه مهمتر اینکه حوادث معدن پله ای را کاهش خواهد داد. می تواند برای انجام روش استخراج N۰۰ در آینده استفاده شود که بهینه سازی و نوآوری روش استخراج ۱۱۰ محسوب می شود. علامت N۰۰ یعنی مهم نیست چه تعداد چرخه استخراج و جبهه کار در ناحیه موجود باشد، همه آنها دروازه هایی دارند که به طور خودکار با CCBT شکل گرفته و حاکی از عدم نیاز به دروازه های حفاری شده هنگام استفاده از روشهای سنتی می باشد. در این مقاله، سه نوآوری چین در زمینه استخراج جبهه کار بلند بررسی و مورد بحث قرار می گیرد از جمله تئوری های مرتبط و روش استخراج ۱۲۱، CCBT و روش استخراج ۱۱۰ و تکنولوژی های کلیدی مربوط به آنها. روش CCBT و روش استخراج ۱۱۰ براساس پیشرفت صنعت معدن نسل بعدی در چین از غولهای استخراج معدن گرفته تا نیروهای استخراج معدن مورد ملا حظه قرار خواهد گرفت.

۲-روش استخراج MBT، TRBT، و روش استخراج ۱۲۱

برای توسعه معادن زغال سنگ در چین، علم و تکنولوژی استخراج توسط MBT مطرح شده توسط Minggao Qian تعیین مشخصه گردید که سیستم استخراج ۱۲۱ قدیمی را شکل می داد (یعنی روش استخراج ۱۲۱) و بعد با TRBT تعیین مشخصه گردید که توسط پروفسور Zhenqi Song مطرح گردید که آگاهی از روش استخراج ۱۲۱ را بنا به شکل ۱ بیشتر بهبود داده است. این روش در حال حاضر پراستفاده ترین سیستم در استخراج جبهه کار بلند در چین محسوب می شود که یک نقش مهمی را در توسعه علم و تکنولوژی استخراج چین داشته است.



شکل ۱-طرح کلی روش استخراج ۱۲۱

۲-۱-روش MBT و روش استخراج ۱۲۱- اولین نوآوری علم استخراج

پروفسور Minggao Qian اولین بار مفهوم مکانیک حرکت را در چینه سنگ رویی معدن پله ای در سال ۱۹۶۲ مطرح کرد که با تست های میدانی در ناحیه معدنکاری Datun و معدن زغال سنگ Kongzhuang مورد تایید قرار گرفته است. روش MBT در سال ۱۹۸۱ مطرح گردید و بعدا پس از اولین کنفرانس تئوری و کاربرد فشار معدن پله ای در معدن زغال سنگ در ۲۱ اگوست ۱۹۸۱ در چین مطرح گردیده است. در سال ۱۹۸۲، MBT به طور بین المللی بعد از موضوع (مدل ساختار توده سنگ روبار معدن پله ای و کاربرد آن در کنترل چینه) در کنفرانس بین المللی مکانیک سنگ در دانشگاه نیوکاسل انگلیس رواج یافت. MBT اشاره می کند که: شکست های دوره ای تیر تخته سنگ سقف طی توقف رخ داده که خروج چرخشی تخته سنگ های شکسته را تشکیل می دهد، و ساختار تیر بنایی به دلیل نیروی افقی و اصطکاک ناحیه مواد زائد معدن تشکیل می دهد. مدلهای ساختاری و مکانیکی MBT به ترتیب در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است. براساس مدلهای مطرح شده، فرمولهای محاسبه استقامت تکیه گاه و فرونشست سقف مطرح گردیده است. این فرمول اولین باری است که بحث مفصلی را درباره روش انتقال و تعادل فشار روبار در نواحی استخراجی مطرح می کند. در این نمونه، روش تکیه گاه «ستون زغال سنگ بزرگ-تکیه گاه مصنوعی-هرزه سنگ» متعاقبا ایجاد گردید یعنی چرخه معدنکاری بعدی و دو دروازه از مواد زائد معدن دور هستند که روش استخراج ۱۲۱ را بنا به شکل ۴ شکل می دهد.

استقامت تکیه گاه برای استخراج جبهه کار بلند می تواند اینگونه نوشته شود:

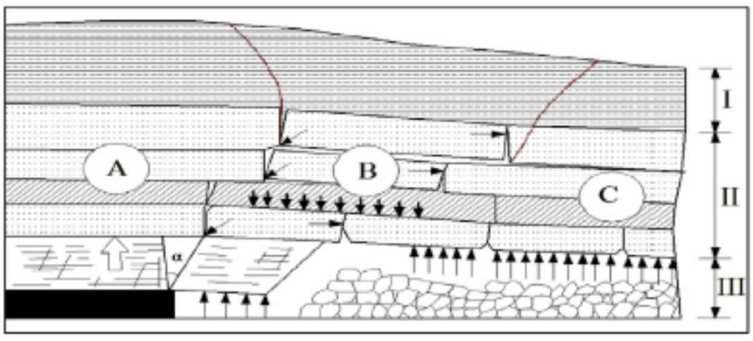
$$P = \gamma R \sum h + nL_c(\gamma h_c + q) + \left[2 - \frac{L_0 \tan(\varphi - \theta)}{2(h - s_0)}\right] Q_0 \qquad (1)$$

که در آن P استقامت تکیه گاه می باشد (kN/m)، $\sum h$ ضخامت کل سقف فوری (m) می باشد، R عرض جبهه کار (m) می باشد. N ضریب همبستگی ثابت می باشد، q بار توزیع شده یکنواخت روبار می باشد (kN/m^2) L_0, h_c, s_0 و Q_0 طول شکست (m)، ضخامت (m)، فرونشست (m) و وزن (kN/m) سنگهای طره ای به ترتیب می باشد. L_c طول سقف است که به سنگ غار تکیه داده است. φ زاویه اصطکاک سنگ (°) می باشد، θ زاویه میان صفحه شکست و صفحه عمودی می باشد، γ وزن حجم لایه سنگ می باشد (kN/m^3).

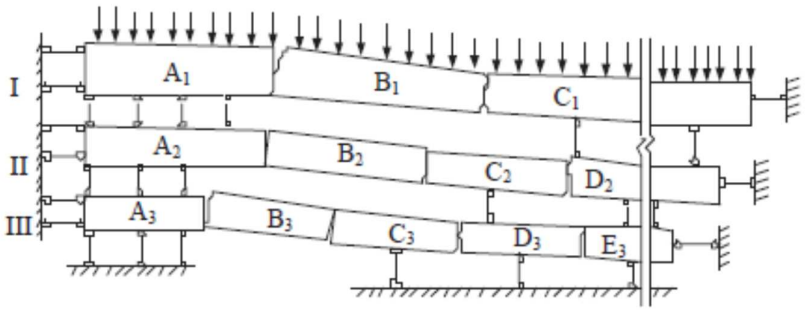
از اینرو فرونشست سقف می تواندباینگونه بیان گردد:

$$\Delta s_R = \frac{2}{3}\frac{R}{L_R}\left[m - \sum h(K_P - 1)\right] \qquad (2)$$

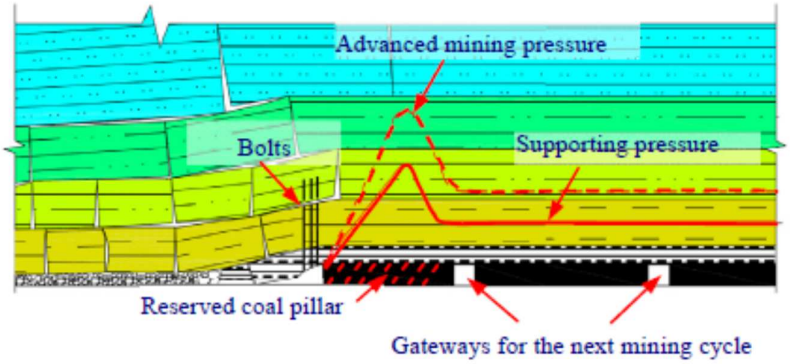
که در آن Δs_R فرونشست سقف (m)، L_R طول سنگهای طره ای روی سقف بلافاصله بالای آن (m)، m ارتفاع حفاری (m)، و K_P ضریب همبستگی آزاد سنگهای شکسته است.



شکل ۲-مدل ساختاری تئوری تیر بنایی (MBT) : A یک منطقه تحت تاثیر تکیه چینه زغال سنگ می باشد. B یک منطقه ریزش و منطقه تحت تاثیر تکیه گاه می باشد. C منطقه مواد زائد معدن می باشد که روی سنگ شکسته غار تکیه داده است. I و II و III چینه های رویی هستند.



شکل ۳-مدل مکانیکی تئوری تیر بنایی (MBT). زیرنویس ۱ و ۲ و ۳ شماره بلوکها در چینه های مختلف رویی می باشند.



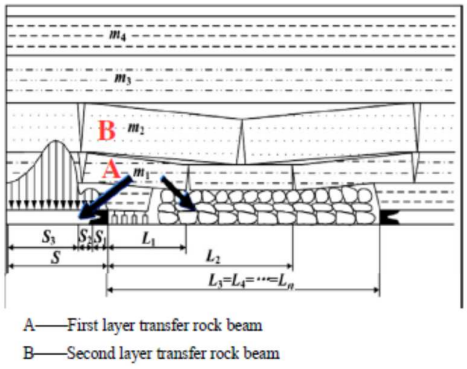
شکل ۴-شمای جابجایی چینه سقف در روش استخراج ۱۲۱

۲-۲-TRBM و روش استخراج بهبود یافته ۱۲۱ –دومین نوآوری علوم حفاری

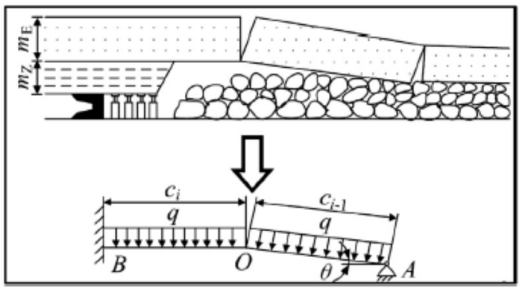
TRBM اولین بار توسط پروفسور Zhenqi Song در سال ۱۹۷۹ مطرح گردید و طبق داده های مشاهده ای حفاری در معدن Zhaogezhuang در استان Kailuan چین بوده است. در سال ۱۹۸۱، این تئوری در اولین کنفرانس بین المللی در زمین کنترل زمین در حفاری در شهر Morgantown امریکا مطرح گردید. بعد در اولین کنفرانس تئوری و کاربرد فشار معدن پله ای در معدن زغالسنگ در ۲۱ اگوست ۱۹۸۱ مورد تایید عمومی قرار گرفت. ارائه رسمی تئوری TRBM در مقاله علمی تحت عنوان (قوانین برای فشار حفاری معدن پله ای و کاربرد آن) انجام گرفت.

TRBM بیان می دارد که: «با پله ای شدن زیرزمینی، شکستگی دوره ای در سقف اصلی رخ می دهد و از اینرو ساختار تیر تخته سنگی تشکیل می شود که از یک طرف به چینه زغال سنگ در مقابل جبهه کار تکیه دارد و از طرف دیگر به هرز سنگ معدن تکیه دارد. این نیرو همیشه در جهت حفاری پیشروی قرار دارد یعنی نیرو از

سقف به زغال سنگ پیشروی شده و هرز سنگ معدن در زائدات معدن منتقل می شود. این ساختار را تیر تخته سنگ انتقال یا TRB می نامند و مدلهای ساختاری و مکانیکی آن در شکل های ۵ و ۶ به ترتیب نشان داده شده اند.



شکل ۵-مدل ساختاری تیر تخته سنگ انتقال یا TRB



شکل ۶-مدل مکانیکی تئوری تیر تخته سنگ انتقال یا TRB

TRBM بر اثر حالت جابجایی سقف روی استقامت تکیه گاه لازم و اثر بدشکلی روی توزیع استرس زغال سنگ و ساختار تکیه گاه معدن پله ای تاکید دارد. این تئوری باز توضیح می دهد که مسیر انتقال فشار روبار، و ناحیه استرس بالا باید به میدانهای استرس داخلی و خارجی تقسیم بندی گردد. نیز اشاره دارد که حفاری دروازه می تواند در میدان استرس داخلی پایین باشد و تنها ستون زغال سنگ کوچکی برای تکیه گاه بنا به شکل ۷ نیاز می باشد. ازاینرو، فشار دروازه می تواند کاهش یابد زمانی که حفاری در میدان استرس داخلی با روش استخراج ۱۲۱ بهبود یافته ای صورت می گیرد. طراحی و روش کنترل سقف نشان می دهد که تعیین استقامت تکیه گاه سقف می تواند با معادله ۳ محاسبه گردد. روش TRBM براساس تعداد بزرگ شیوه های مهندسی فرموله شده است که به بهبود میزان بازیابی زغال سنگ در چین کمک می کند.

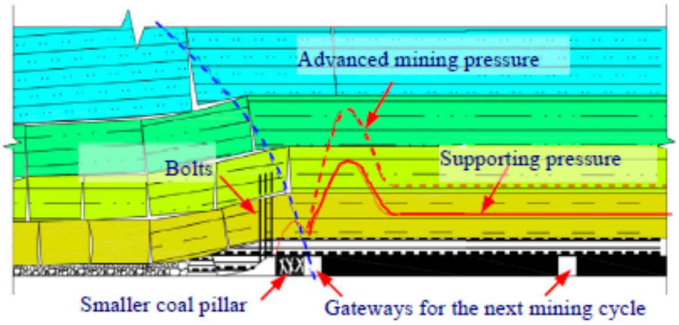
شبیه به MBT، استقامت تکیه گاه روش TRBM می تواند اینگونه نوشته شود:

$$P_T = P_A + \frac{m_E \gamma_E c}{K_T L_T} \frac{\Delta h_A}{\Delta h_i} \quad (3)$$

که درآن P_T استقامت تکیه گاه می باشد (kN/m^2)، P_A نیروی است که روی سقفی که بلافاصله روی آن قرار دارد اعمال می شود (kN/m^2)، Δh_A ماکزیمم فرونشست سقف در جبهه کار می باشد (m)، Δh_i فرونشست سقف طراحی شده (m) می باشد، K_T ضریب همبستگی توزیع مجدد تخته سنگ می باشد، m_E ضخامت تیر تخته سنگ می باشد (m)، γ_E وزن حجم تیر تخته سنگ می باشد (kN/m^3)، c حدفاصل سنجش وزن دوره ای می باشد(m)، L_T عرض جبهه کار با تکیه گاه معدن پله ای (m) می باشد.

۳-CCBT و ده روش استخراج معدن –سومین نوآوری علم استخراج معدن

در آغاز قرن ۲۱، فجایع و حوادثی که در اثر بدشکلی عظیم سنگهای اطراف تونل رخ داده مکررا با افزایش عمق استخراج معدن گزارش گردیده است. طبق آمارهای ناکامل، حوادث در دروازه عمیق مسئول ۸۰ تا ۹۰ درصد کل حوادث بوده است که از این مقدار ۸۰ تا ۹۰ درصد رویدادهای دروازه در دروازه کناری مواد زائد معدن و دروازه مستعد حادثه روی داده است.



شکل ۷-شمای جابجایی چینه سقف در روش استخراج ۱۲۱ بهبود یافته

این حوادث اساسا به دلیل انفجار ستون زغال سنگ و شکست های تکیه گاه تحت فشار بزرگ زمین در عمق زیاد و فشار دوره ای در اثر شکست سقف اصلی بوده است. با اینحساب، روش استخراج معدن ۱۲۱ قدیمی از لحاظ ستون زغال سنگ برجای مانده چالشهای زیادی را دربر داشت.

برای محدودیتهای روش استخراج معدن ۱۲۱ قدیمی، روش CCBT و روش استخراج ۱۱۰ جهت عنوان سازی مسائلی که در استخراج جبهه کار بلند پدید آمده بود، مطرح گردید. CCBT در میدان با استفاده از استخراج

سقف پیشرفته در سال ۲۰۰۸ تایید گردید و اولین بار برای جبهه کار شماره ۲۴۴۲ در معدن زغالسنگ Baijiao در استان Sichuan در سال ۲۰۱۰ بکار بسته شد. در این پروژه، تکنیک استخراج غیرستونی در دروازه نزدیک زائدات معدن که به طور خودکار با رفع فشار پیشرفته و استخراج سقف شکل گرفته بود، استفاده گردید. CCBT براساس تعاملات میدان استرس، تکیه گاه ها، و تخته سنگهای اطراف طی فرایند رهایی فشار پیشرفته و استخراج سقف ایجاد گردید. یکی از تکنولوژی های کلیدی همان برش جهت دار در سقف کناره زائدات معدن می باشد که انتقال فشار روبار را به دیگر بخشهای سقف قطع می کند، قسمتی از توده سنگ سقف را فرو می ریزد و تشکیل یک جاده حفاری جدید برای توقف بعدی را می دهد. بعلاوه، بسیاری تکنولوژی های کلیدی دیگر برای حصول CCBT در کارند. برای نمونه، یک ماده تکیه گاه جدید، پیچ و مهره یا قلاب با مقاومت ثابت و بدشکلی بزرگ CRLD در تکیه گاه سقف جاده کنار زائدات معدن بکار گرفته شد تا سقف دروازه را طی حفاری پیشرفته سقف، ثابت نگه دارد.

در کنار جهت جبهه کار، مدل مکانیکی CCBT در شکل ۸ نشان داده شده است. در این شکل، G جاذبه سقف بلافاصله رویی می باشد (KN)، F_h نیروی افقی در چینه های سنگ (MPa) می باشد، L طول جبهه کار (m) می باشد، L_0' طول دروازه است، H_c عمق پیش برش سقف می باشد (m)، α زاویه برش سقف پیشرفته می باشد (°)، T نیروی برشی روی صفحه پیش برشی است و N نیروی عادی روی صفحه می باشد.

آنگاه نیروهای افقی و طبیعی که روی سطح پیش برشی اعمال گردیده بودند، می تواند به ترتیب بدست آید:

$$N = F_h \cos\alpha - G\sin\alpha \quad (4)$$

$$T = G\cos\alpha - F_h \sin\alpha \quad (5)$$

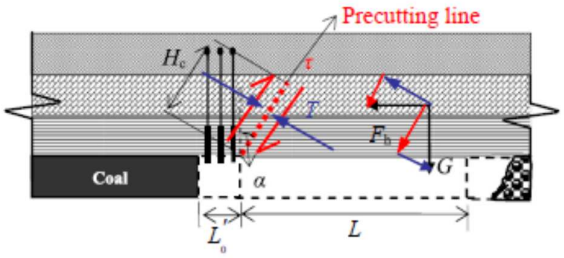
نیروی مقاومت اصطکاکی (یا مقاومت) می تواند اینگونه نوشته شود:

$$F_\varphi = (G\cos\alpha - F_h \sin\alpha)\tan\varphi + cA \quad (6)$$

که در آن F_φ مقاومت اصطکاک می باشد، c انسجام سطح لغزشی است و A مساحت صفحه پیش برشی است که از معادله تعادل روی این صفحه تبعیت می کند. بنابراین داریم:

$$T = \sum \gamma_i H_i (\cos\alpha - \lambda \sin\alpha)\tan\varphi + cA \qquad (7)$$

عمق پیش برش روی سقف ابتدا از روی ارتفاع دروازه تعیین می شود چون یک طرف دروازه نیاز به تشکیل خودکار بعد از حفاری سقف دارد که حداقل عمق $(H_{\min})$ برش سقف می باشد. حجم سنگ بعد از شکست سنگ افزایش می یابد و با اینحساب عمق حفاری سقف برای ایجاد سنگ شکسته که محیط استخراجی را پر کرده برای حفظ ثبات سقف اصلی در طول راستای آن طراحی شده است.



شکل ۸- مدل ریاضی CCBT

این کار باعث تضعیف یا تسکین اثر دوره ای منفی و افزایش قابلیت ثبات جاده می شود. براین اساس، ماکزیمم عمق حفاری و دامنه عمق برشی سقف می تواند بدست آید.

۱)عمق برشی می نیمم

عمق برشی می نیمم برابر است با:

$$H_{\min}=H_G+1.5 \qquad (8)$$

که در آن $H_{\min}$ مرز پایینی مقدار بحرانی (m) بوده و H_G ارتفاع دروازه است (m).

۲)عمق برشی ماکزیمم

عمق برشی ماکزیمم عبارت است از:

$$H_{\max} = H_s + H_p \qquad (9)$$

که در آن H_s ارتفاع تخته سنگ حفاری شده بعد از شکست می باشد، H_p ماکزیمم فرونشست خمشی می باشد.

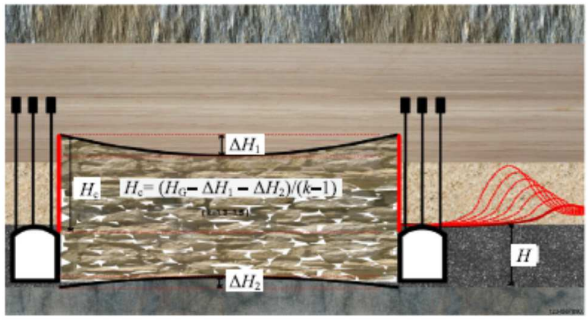
۳)طراحی عمق برشی

از اینرو عمق برشی اینگونه نوشته می شود:

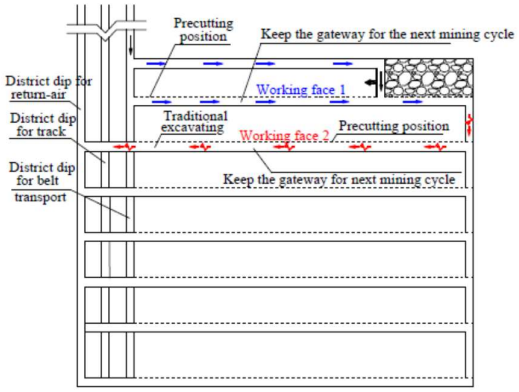
$$H_c = (H_G - \Delta H_1 - \Delta H_2)/(k-1) \qquad (10)$$

که در آن ΔH_1 فرونشست خمشی سقف اصلی می باشد، ΔH_2 ارتفاع سقف می باشد و k ضریب همبستگی بزرگی سنگ (شکل ۹) می باشد.

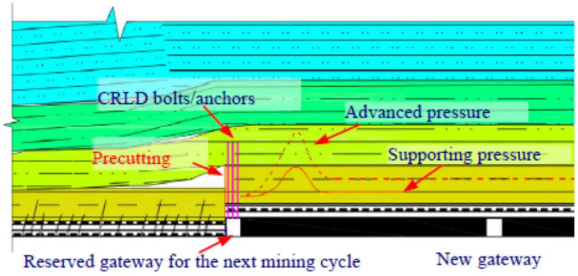
براساس CCBT، روش استخراج ۱۱۰ از لحاظ دروازه کناره زائدات معدنی برجای مانده و استخراج غیرستونی تعیین می گردد. طرح کلی روش استخراج ۱۱۰ در شکل ۱۰ نشان داده شده است. ۱۱۰ یعنی برای جبهه کار معدن یک پله ای در کل ناحیه استخراج، تنها یک حفاری دروازه پیشرفته بعد از اولین چرخه استخراج معدن نیاز می باشد چون دیگری یعنی دروازه کناره زائدات معدنی در سیستم استخراج معدن ۱۲۱ به طور خودکار طی اخرین چرخه استخراج معدنی بدون اینکه ستونهای زغال سنگ در ناحیه استخراج معدن باقی بمانند، با استفاده از این تکنولوژی استخراج معدن تشکیل شده است. شکل ۱۱ نشان دهنده جابجایی چینه رویی در روش استخراج معدن ۱۱۰ و اثر آن روی توزیع فشار زمین می باشد. انتقال نیرو در چینه رویی با پیش برش جهت دار تغییر می کند و تشکیل یک ساختار تیر طره ای کوتاه را می دهد. انتقال فشار زمین قطع می شود و این فشار برای فروریزی بخشی از سنگ در سقف زائدات معدنی به جای تقویت کامل آن با سیستم تکیه گاه مصنوعی و ستون زغال سنگ برجای مانده بکار می رود. تخته سنگ در سقف برای شکل گیری یک سمت دیواره دروازه بکار می رود و دروازه کنار زائدات معدن سنگ برای چرخه استخراج بعدی حفظ می شود که هزینه و ریسک حفاری دروازه کنار زائدات معدن را کاهش می دهد.



شکل ۹-طراحی برای عمق سوراخ از قبل شکسته (H_c)



شکل ۱۰-طرح کلی روش استخراج معدن ۱۱۰



شکل ۱۱-شمای جابجایی چینه سقف در روش استخراج ۱۱۰

انبساط سنگ سقف زائدات معدن شکسته محاسبه شده و برای هدف بیرون اوردن زائدات معدن در ناحیه استخراج شده بکار می رود. بااینحساب، فرونشست سطح می تواند تا حد معنی داری کاهش یابد.

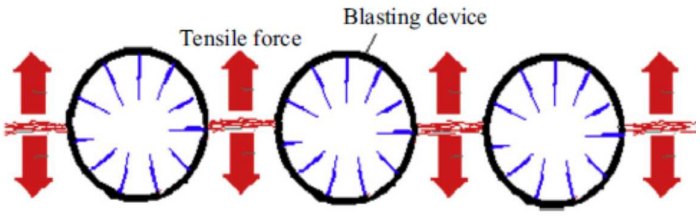
۴-تکنولوژی های کلیدی در ده روش استخراج

برای انجام روش استخراج معدنی ۱۱۰، چندین تکنولوژی کلیدی بکار رفته است از جمله پیش برش سقف جهت دار، سیستم حمایتی CRLD، و تکنولوژی نظارت زمان واقعی راه دور. بعلاوه، مشخصات پروژه های مختلف در معادن مختلف نیز در این روش جدید درنظر گرفته شده است. با اینحساب سیستم استخراج معدن ۱۱۰ با استخراج معدن غیرستونی و تشکیل خودکار دروازه کناری زائدات معدن برای چرخه استخراج بعدی با پیش برش و استخراج پیشرفته سقف ایجاد می شود.

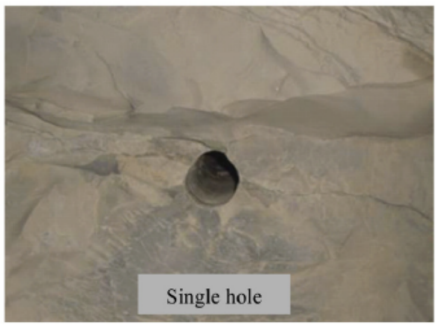
۴-۱-تکنولوژی برشی سقف قبل از شکستگی جهت دار

مشخصات استقامت فشردگی بالای سنگ و استقامت کششی پایین به طور جامعی درنظر گرفته می شود و یک وسیله انفجاری برای حصول انفجار دو جهته برای تشکیل جریان انرژی منسجم و از اینرو تولید استرس کششی

متمرکز بوجود آمده است. وسیله انفجاری با مواد منفجره طبیعی بکار رفته است و عمق سوراخ های گمانه زنی حفاری شده با عمق چینه زغال سنگ، ارتفاع دروازه و سایر شرایط در میدان از ۱,۵m تا ۵m یا بیشتر تعیین می شود. پرسازی انفجاری از طراحی انفجاری کلی تبعیت می کند که به طور عادی از ۲ تا ۸ بسته مواد منفجره با وسیله انفجاری جهت دار برای شرایط مختلف مهندسی می باشد و باید روی لایه های نسبتا سخت سنگ اجرا گردد. صفحه بالایی مطابق با جهت تشکیل سطوح شکستگی کششی قبل از شکستن تعیین می شود (شکل ۱۲). نتایج کاربرد میدانی نشان می دهد (شکل ۱۳) که این تکنولوژی می تواند به شکستگی قبلی خوب در سقف به طور جهت دار طبق طراحی در محلهای دقیق دست یابد و به عمق طراحی شده در طول سقف با برش سقف از قبل شکسته پیشرفته فعال برسد ولی سقف را خراب نکند.



شکل ۱۲-مکانیسم تکنولوژی برشی سقف جهت دار



a) سوراخ قبل از شکستگی

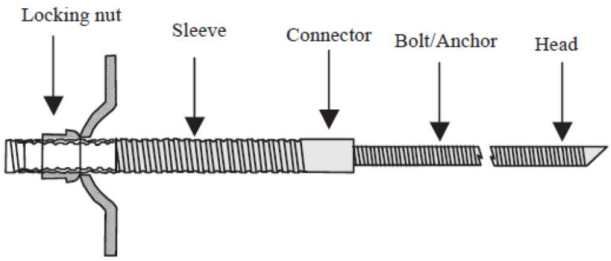
b) انفجار در چندین سوراخ

c) حفاری سقف دستی برای شکل دادن به دیوار یکطرفه در دروازه

شکل ۱۳-عکس ها برای کاربرد میدانی

۴-۲-سیستم تکیه گاه CRLD

مسائل انتقال فشار استخراج معدنی یکی از مسائل کلیدی طی برش قبل از شکستگی پیشرفته و استخراج سقف می باشد. در عمل، بخشی از سقف در دروازه موجود باید باقی بماند. سیستم تکیه گاهی قدیمی در ترکیب با تور شبکه ای، پیچ و مهره، و قلاب ها می تواند به سهولت هنگامی که سنگهای اطراف دچار بدشکلی های بزرگی بشوند، بشکند. در این مورد، حفاری دستی در سقف ایجاد نیروی کششی بزرگی در سقف دروازه می کند هر چند پیش برش اجرا می شود تا نیروی انتقال را کاهش بدهد.



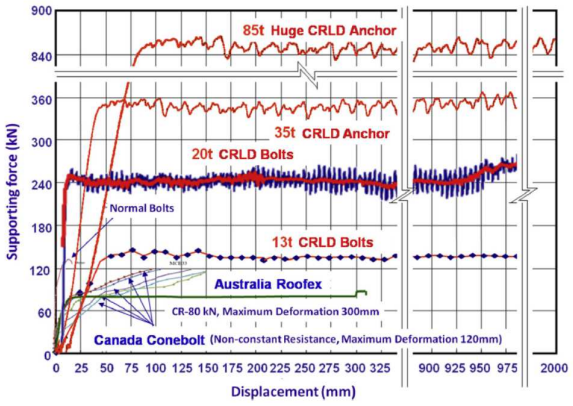
شکل ۱۴-پیچ و مهره/قلاب در CRLD

به همین دلیل، یک ماده تکیه گاه جدید، پیچ و مهره CRLD، برای کنترل بدشکلی دروازه استفاده شده است و سقف و دیوار یک طرفه دروازه را مطابق شکل ۱۴ و ۱۵ حفظ می کند. یک تعداد زیادی تست روی این ماده انجام گرفته است و نتایج تست نشان داده است که خصوصیات مکانیکی آن کاملا منحصر به فرد بوده و می تواند مقاومت ثابت طراحی شده را طی طویل شدگی حفظ کند. بنا به شکل ۱۶، پیچ و مهره CRLD قادر به سازگاری با فشارهای دینامیک تولید شده با استخراج سقف جاده است و به طور موثری بخشی از سقف حفظ شده را کنترل می کند. پیچ و مهره CRLD نیز می تواند اثرات دینامیک مختلفی را تحمل کند و قابلیت جذب بالای

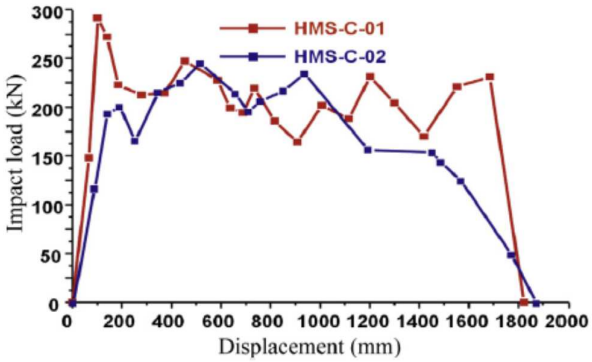
انرژی اثر هم در تست های آزمایشگاهی و هم در تست های میدانی دیده شده است. از اینرو، پیچ و مهره CRLD می تواند به مقاومت اثر بالا و انرژی بدشکلی بالایی که طی حفاری سقف ازاد شده است دست یابد که می تواند به طور موثری قابلیت ثبات کلی ایمنی جاده را تضمین نماید.

۴-۳-تکنولوژی نظارت زمان واقعی راه دور

برای تحلیل استرس CRLD و ریسک های احتمالی مرتبط که طی حفاری سقف پدید می آید، تکنولوژی نظارت زمان واقعی راه دور ارائه می شود. نیروهای موجود در پیچ و مهره/قلاب های CRLD مرتب ثبت شده و به کامپیوترهای داخلی و به طور خودکار برای مانیتورینگ فیدبک انتقال می یابد (شکل ۱۷ و ۱۸). نشان داده شده است که نیروی CRLD طی استخراج معدن و فرایند حفاری دستی سقف افزایش می یابد و فرونشست سقف و ثبات دروازه به طور موثری تحت اثرات فشار سقف دوره ای کنترل می شود.



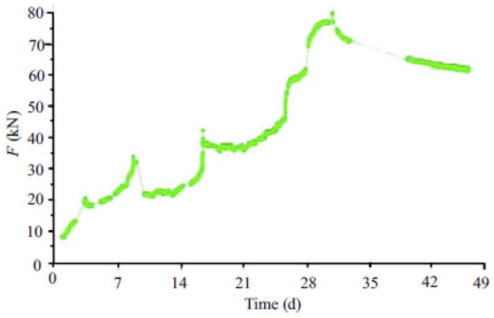
شکل ۱۵-منحنی های خصوصیات مکانیکی مواد مختلف در پیچ و مهره های CRLD



شکل ۱۶-خصوصیات اثر مواد تکیه گاه CRLD

شکل ۱۷-سیستم نظارت راه دور در دروازه

طی فعالیتهای استخراج معدن، فشار روی سپرهای محافظ معدنکاری نیز در میدان تحت نظارت قرار می گیرد. داده های اندازه گیری شده نشان می دهد که استرس روی برش سقف پیشرفته و استخراج سقف حدود ۳۰ درصد فشار دوره ای ماکزیمم قبلی در ناحیه استخراج یعنی از MPa ۴۰ به MPa ۲۷,۵ (شکل ۱۹ و ۲۰) در ارتباط با ارتفاع محاسبه شده عمق برشی با معادلات ۶ و ۷ کاهش یافته است.



حین اینکه جبهه کار پله ای پیشروی می کند، دامنه تغییر فشار سقف به طور معنی داری کاهش می یابد یعنی از MPa۴۰-۲۳ تا MPa۲۷,۵-۲۱. ثابت شده است که این روش استخراج معدنی می تواند به طور موثری فشار سقف دوره ای را که روی مهاربندی اعمال شده کاهش بدهد و تا حد زیادی ثابت سقف را بهبود بدهد که نیز باعث تسهیل انتخاب اقدامات مربوط به تکیه گاه می شود.

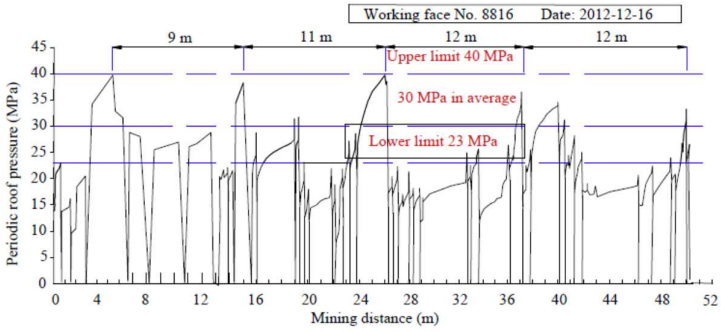
۵-مطالعات موردی با استفاده از روش استخراج ۱۱۰

۵-۱-مورد مطالعاتی ۱: چینه زغال سنگ طبیعی در معدن زغالسنگ Baijiao

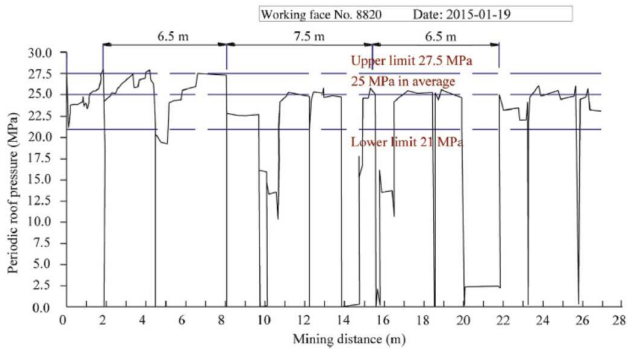
معدن زغالسنگ Baijiao واقع در ناحیه استخراج Furong در استان Sichuan در چین می باشد. این معدن اولین جایی است که درآن روش استخراج ۱۱۰ بکار برده است. جبهه کار شماره ۲۴۲۲ در این معدن با چینه

زغالسنگ با ضخامت طبیعی ۲,۱m مشخصه سازی شده است و ارتفاع دروازه برابر ۲,۵m بوده است. شکل ۲۱ نشان دهنده بخش ستونی کامپوزیت جبهه کار شماره ۲۴۲۲ می باشد. اولین لایه سقف بلافاصله بالای آن از جنس سنگ آهک سخت دارای یک ضخامت متوسط ۱,۵m می باشد. عمق استخراج برابر ۴۸۲m می باشد، عرض جبهه کار برابر ۱۶۵m می باشد و طول دروازه ها هم ۴۶۵m است.

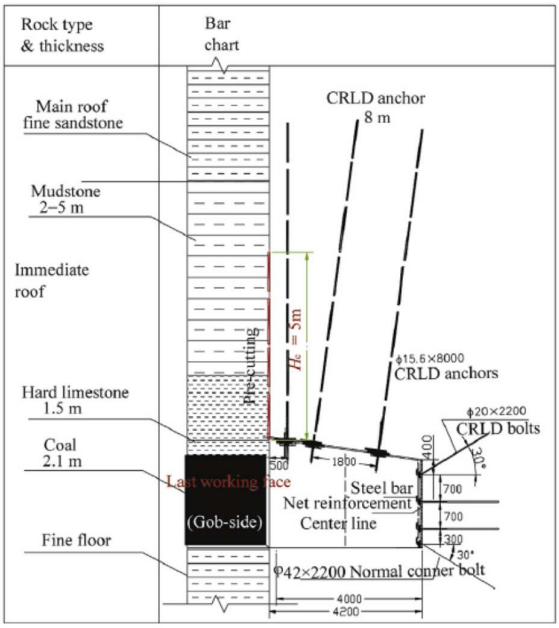
قبل از بکارگیری CCBT و روش استخراج ۱۱۰، حوادث گوناگونی هر ساله برای صدمات به نیروی کارگری و خسارت به اموال گزارش می گردید که به دلیل ترکیدن صخره و خرابی تکیه گاه در دروازه ها بوده است. در سال ۲۰۰۹، ما روش CCBT و روش استخراج ۱۱۰ را برای جبهه کار شماره ۲۴۲۲ ارائه دادیم. شکل ۲۱ نشان دهنده سیستم تکیه گاه و طراحی پیش برشی بوده است. برش جهت دار سقف قبل از شکافتگی در موقعیت خط نقطه چین اجرا گردید و سوراخ انفجاری بنا به محاسبه در عمق ۵ متری بوده است. پیچ و مهره و قلابهای CRLD در طراحی تکیه گاه استفاده شده است. عمق طراحی قلابهای CRLD برابر ۸ متر برای حفظ ثبات دروازه طی استخراج دستی سقف بوده است.



شکل ۱۹-اثرات استخراج معدنی ثبت شده با روش استخراج ۱۲۱ در معدن Tangshangou در چین



شکل ۲۰-اثرات استخراج معدن ثبت شده با روش استخراج ۱۱۰ در معدن Tangshangou در چین

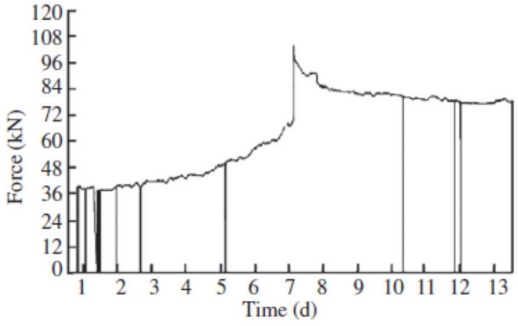


شکل ۲۱-سیستم تکیه گاه و طراحی پیش برشی برای جبهه کار شماره ۲۴۲۲ در معدن Baijiao با استفاده از روش CCBT و روش استخراج ۱۱۰

پیش استرس برای قلابهای CRLD بزرگتر از kN ۱۲ بوده است و نیروی قلابها طی تولید با روش استخراج ۱۱۰ (شکل ۲۲) مانیتورینگ کامپیوتری گردید (شکل ۲۲). وقتی فاصله پله معدن به اندازه ۳۵۰ متر در آزمایش میدانی بکار گرفته شد، جاده کناره زائدات معدن در ۳۳۰ متری برای چرخه معدنکاری بعدی به طور خودکار تشکیل گردید. متوسط بدشکلی بین سقف و کف برابر ۱۵ متربوده و منحنی استرس اشاره شده (شکل ۲۲) نشان می دهد که پلکان پیشرفته بر سیستم تکیه گاه CRLD اثر داشته است ولی نیروی پیک در قلاب CRLD تنها به ۱۰۶kN افزایش یافت و بعد در kN ۸۴ ثابت نگه داشته شد. ماکزیمم نیروی قلاب برابر ۱۱۰kN طی حفاری سقف پیش برشی بدور از مقاومت ثابت طراحی ماده تکیه گاه CRLD بوده است.

شکل ۲۳ نشان دهنده دروازه باقی مانده در میدان با روش استخراج ۱۱۰ می باشد که به چرخه استخراج بعدی امکان می دهد. در تست میدانی معدن Baijiao، طول جاده کناره زائدات معدنی برابر ۴۶۰ متر بوده و هزینه حفاری برابر RMB ۴۶۵,۷۸ در هر متر بوده است که در مقایسه با RMB ۳۰۷۵ درهر متر در طراحی اصلی بوده بنابراین RBM۱,۲ میلیون صرفه جویی شده است. یک حفاری جاده کنار زائدات کاهش یافته و در نتیجه در هزینه حمل و نقل هرزسنگ مربوطه که به اندازه ۱,۸۲RMB میلیون برآورد شده بود، صرفه جویی گردید.

بازیابی ستون زغال سنگ به عرض ۱۰ متر باعث سودی به اندازه ۴,۴۱۶ میلیون RMB در آن زمان گردید و در هزینه حفاری پیشگیری از انفجار ستون زغال سنگ به اندازه ۳,۱ میلیون RMB نیز صرفه جویی گردید.



شکل ۲۲-منحنی های نیروی قلاب CRLD مانیتورینگ شده در معدن Baijiao

شکل ۲۳-دروازه کنار زائدات معدن حفظ شده با روش استخراج ۱۱۰

به عبارت دیگر، پروژه های CCBT و روش استخراج معدن ۱۱۰ در جبهه کار شماره ۲۴۲۲ به اندازه ۱۱ میلیون RMB از لحاظ تولیدات بی خطر صرفه جویی کرده است.

۵-۲-مطالعه موردی ۲: چینه زغالسنگ نازک در معدن زغال سنگ Jiayang

چینه زغال سنگ ضخیم طبیعی همیشه به فضای کافی برای حفاری سقف در زائدات معدن بعد از برش قبل از شکستگی امکان می دهد. ولی فضای ناحیه حفاری شده چینه نازک محدود است و خمش و فرونشست سقف با حفاری پیشرفته سقف تداخل خواهد نمود. برای انجام روش CCBT و روش استخراج معدن ۱۱۰، پارامترهای کلیدی تکنیک نگه داشتن مدخل کناره زائدات معدن در چینه زغال سنگ نازک با مورد موفقیت آمیز در جبهه کار شماره ۳۱۱۸ در معدن زغالسنگ Jiayang در استان Sichuan چین بدست آمده است.

جبهه کار شماره ۳۱۱۸ طولی برابر با ۸۵۰ متر و عرضی برابر با ۱۵۷ متر دارد و ضخامت متوسط چینه زغالسنگ آن برابر ۰,۹۱m می باشد و زاویه فروروی برابر ۳ درجه می باشد. ارتفاع دروازه به اندازه ۲,۹m بوده و عرض آن ۳ متر می باشد. بخش ستونی کامپوزیت و طراحی تکیه گاه دروازه کناره زائدات معدن و طراحی پیش برشی در شکل ۲۴ نشان داده شده است.

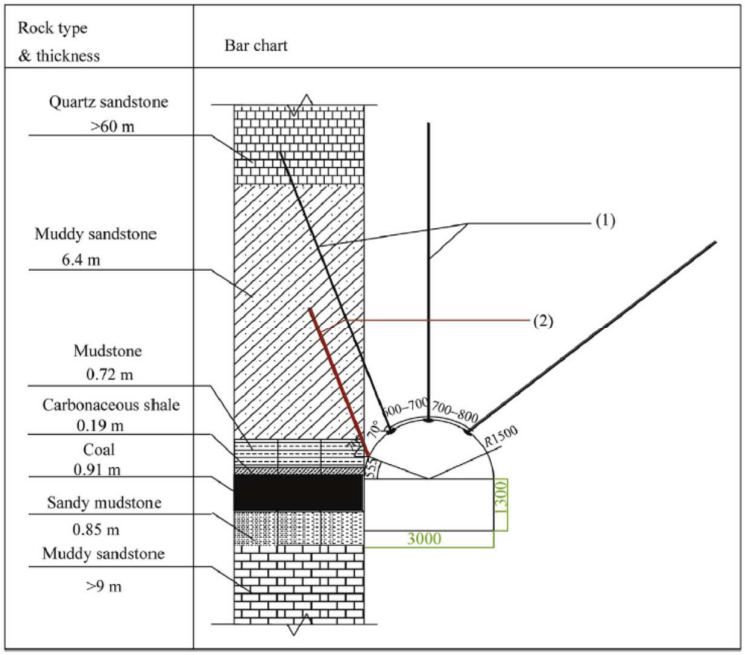
حفاری سقف پیشرفته اساسا متکی به جاذبه سقف بلافاصله رویی و نیروی برشی با فشار روبار می باشد. زاویه پیش برشی α به عنوان یک عامل اصلی برای اجتناب از مقاومت اصطکاک بزرگتر در سطح مشترک طی تشکیل تیر طره ای برشی بکار گرفته شده است. این زاویه را می توان با شرایط میدانی جبهه کار شماره ۳۱۱۸ در معدن زغالسنگ Jiayang تعیین نمود، زاویه اصطکاک داخلی سقف بلافاصله رویی حدود ۵۵ تا ۶۰ درجه سانتیگراد می باشد و زاویه پیش برش نهایی α' حدود ۲۸ تا ۳۳ درجه سانتیگراد می باشد. عمق پیش برش می تواند با معادله ۱۰ محاسبه شود و عمق پیش برش برابر ۴ متر می باشد.

کاربرد میدانی روش استخراج ۱۱۰ بنا به اثبات در استخراج معدن چینه زغالسنگ باریک موفقیت آمیز بوده (شکل ۲۵ و ۲۶) و یک اساس خوبی را برای پروژه های حفاری مشابه پایه ریزی می کند.

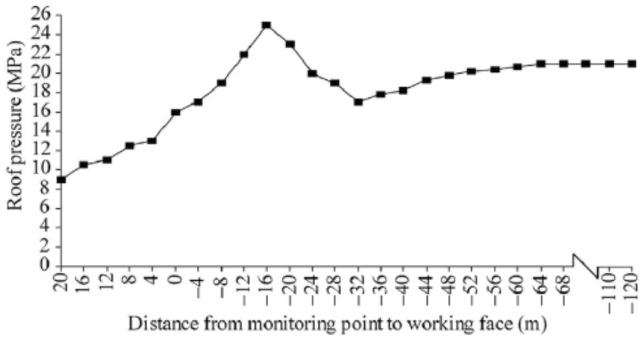
۶-نتیجه گیری ها

کاغذ نمایانگر سه تغییر تکنولوژیکی اصلی در علم و تکنولوژی استخراج معدن در چین از لحاظ سه تئوری نماینده بوده است. روش استخراج ۱۲۱ و روش استخراج ۱۱۰ براساس پایه تئوریکی ارائه گردیده است. نتیجه گیری های اصلی به ترتیب ذیل استنباط می شود:

۱)روش استخراج ۱۲۱ قدیمی نقش مهمی را در توسعه علم و تکنولوژی استخراج معدن در چین ایفا کرده است. MBT که توسط پروفسور Minggao Qian ابداع شده است منجر به اولین نوآوری استخراج معدن در چین گردیده است که متمرکز بر روش انتقال و تعادل فشار روبار در نواحی استخراجی با استفاده از ستون زغالسنگ برجای مانده بوده است. TRBT مطرح شده توسط پروفسور Zhenqui Song توضیح بیشتری است بر مسیر انتقالی فشار روبار پله ای و توزیع فشار در ناحیه پراسترس که یک نقش مهم در روش استخراج معدن ۱۲۱ پیشرفته همراه با ستون زغال سنگ کوچکتر می باشد.



شکل ۲۴-سیستم تکیه گاه و طراحی پیش برشی برای جبهه کار شماره ۳۱۱۸ در معدن زغالسنگ Jiayang با روش CCBT و روش استخراج معدن ۱۱۰. ۱) لنگرهای CRLD، مقاومت ثابت: ۲۰۰۰ kN. طول ۷٫۵m و فاصله بندی ۸۰۰ میلیمتر در ۱۰۰۰ میلیمتر، ۲) قطر ۵۰ میلیمتر و عمق ۴ متر با فاصله بندی ۸۰۰ میلیمتر.

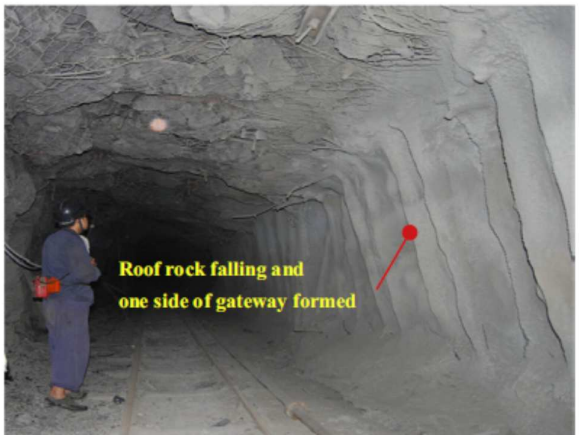


شکل ۲۵-منحنی فشار سقف اندازه گیری شده در میدان

۲) با افزایش عمق استخراج معدن، بدشکلی بزرگی در سنگهای اطراف در تونل عمیق باعث مسئله ای چالش برانگیز شده و با اینحساب CCBT با استفاده از استخراج معدن پیشرفته مطرح گردیده است. با استفاده از برش سقف پیش از شکستگی جهت دار، فشارهای دوره ای می تواند کاهش یابد یا حذف گردد. CCBT اساسی را برای استخراج معدن غیرستونی و تکنولوژی تونلسازی خودکار ارائه می دهد که تحت آن روش استخراج معدن ۱۱۰ برقرار گردیده است.

۳) روش استخراج معدن ۱۱۰ اساسا شامل برش سقف قبل از شکستگی جهت دار، سیستم تکیه گاه CRLD، و تکنولوژی مانیتورینگ زمان واقعی راه دور بوده است. بعلاوه، شرایط زمین شناختی خاص مکان نیز درنظر گرفته شده است و تشکیل تکنولوژی قبل از شکستگی و استخراج سقف برای اهداف رهایی فشار و تشکیل دروازه خودکار را داده است.

a) تکیه گاه فولاد و شبکه توری برای ریزش سقف ترکدار



b) آماده سازی سطح با بتن پاشیدگی

شکل ۲۶-عکسهای دروازه باقی مانده برای چرخه استخراج بعدی

CCBT و روش استخراج ۱۱۰ اساس تئوریکی و تکنولوژیکی را در چین برای هدف قدرتهای استخراجی اصلی فراهم نکرده است.

۴) دو مورد مطالعاتی با استفاده از روش استخراج معدن ۱۱۰ در شرایط استخراج معدن مختلف ارائه شده است و کاربردهای میدانی ثابت می کند که تئوری جدید و روش استخرج عملی، اقتصادی و موثر بوده است. مهمتر از همه اینکه ایمنی در تولیدات معدنکاری روزانه تضمین شده است.

ترجمه فا
TarjomeFa.Com

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

✔ لیست مقالات ترجمه شده

✔ لیست مقالات ترجمه شده رایگان

✔ لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی