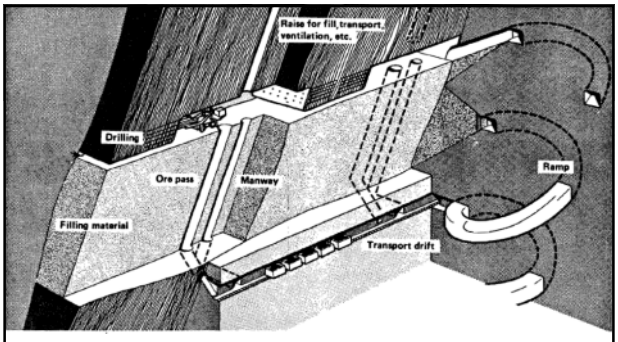
روش کندن و آکندن (Cut and fill)

- این روش به صورت بالادستی و پایین دستی بکار گرفته می شود که طی آن برش هایی از ماده معدنی جدا شده و بجای آن خاکریز اضافه می شود. فضای خالی حدود ۳ متر برای کار کردن بدون خاکریز باقی می ماند.
- خاک ریز به صورت پریودیک همزمان با استخراج اضافه می شود نه بعد از کلیه فعالیت های معدنی.
- حدود ۳ ٪ استخراج مواد معدنی آمریکا از معادن زیرزمینی به کمک این روش استخراج می شوند.
- مهمترین وظیفه خاک ریز عبارتند از:

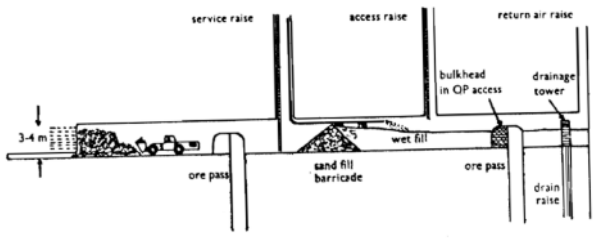
1) نگهداری دیواره های ضعیف کارگاه که در این ارتباط تراکم پذیری خاک (Compressibility) اهمیت دارد.
2) ایجاد سکوی کار



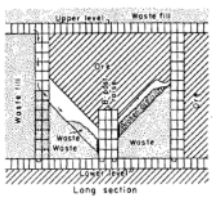
روش استخراج کندن و آکندن

ابعاد کارگاه

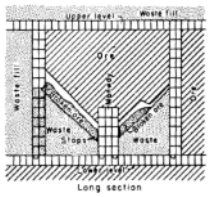
- ابعاد کارگاه کندن و آکندن به ملاحظات مکانیک سنگ، نحوه پرکردن و عوامل مکانیزاسیون (راحتی دستیابی، قابلیت حرکت و مانور تجهیزات و مقدار تولید) بستگی دارد.
- ارتفاع کارگاه از ٤٥ تا ٩٠ متر – عرض کارگاه ٢ تا ٣٠ متر– طول کارگاه ٦٠ تا ٦٠٠ متر
- ضخامت هر برش ٢/٤تا٣/٦ متر تابعی از روش حفاری است– سطح مقطع دویل ها ١/٨ تا ٢/٤ مترمربع و فاصله آنها بستگی نوع تجهیزات تا ٦٠ متر می رسد



خاک ریزی در روش کندن و آکندن



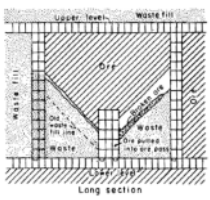
C. End cuts have progressed far enough that the 8-post center raise is started



D. Stope in mining cycle showing the ore-breaking process

5

E. In cut on left the ore has been removed and waste fill is being introduced



F. Cut on left has been filled with waste, and ore is being removed from cut on right

6

سیکل عملیات

- استفاده از مکانیزاسیون در این روش باعث ورود تجهیزات متحرک چالزنی، بارگیری، حمل و نقل در داخل کارگاه شده است. این امر باعث افزایش مقدار تولید و راندمان شده و در بسیاری جهات سیکل تولیدی مشابه روش کارگاه و پایه است.
- استخراج پیوسته توسط Roadheader در سنگ نرم تا متوسط
- استخراج سنتی در سنگ های سخت شامل:

1) چالزنی: دستگاههای چالزنی دستی پایه دار با هوای فشرده و جامبو هیدرولیکی یا هوای فشرده و ضربه ای یا ضربه ای دورانی با قطر چال ۵۱ تا ۷۶ میلیمتر
2) آتشباری: آنفو، اسلاری، خرج گذاری فشنگی یا توده ای با پمپ یا دستگاههای هوای فشرده

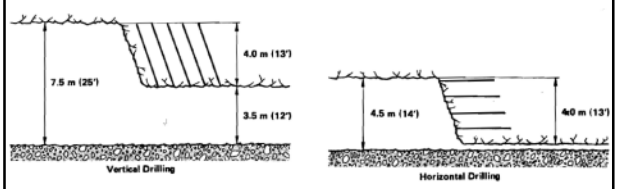
7

3) انفجار: برقی یا فتیله
4) خردایش ثانویه داخل کارگاه (secondary breakage) : چکش هیدرولیکی، چالزنی و آتشباری
5) بارگیری: در داخل کارگاه توسط LHD ، اسلاشر تا دویل های ماده معدنی و از آن جا با نیروی ثقل تا نقاط تخلیه در افق- در افق توسط LHD و لودر و شاول
6) حمل و نقل: LHD، کامیون و یا ریل

چال ها به دو صورت ممکن است حفر شوند:

1) افقی: در این حالت کارگاه را می توان تا جایی که فاصله کمی بین مواد پرکننده و سقف باقی بماند (۰/۵ متر) پر کرد- سقف آتشباری شده صاف تری ایجاد می شود و همچنین آتشباری کنترل شده ای ایجاد می شود
2) قائم: برای حفر این چال ها ارتفاع ۳ تا ۳/۵ متر نیاز است. و طول چالها ٤ متر است بنابراین حفر این چال ها با خطرات بیشتری مواجه است

8



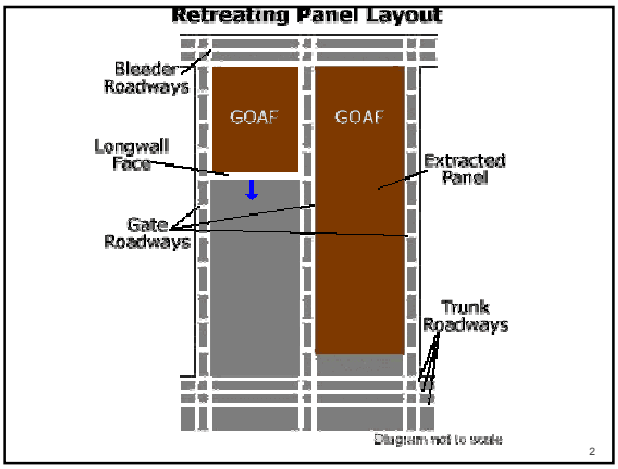
مقایسه سیستم های چالزنی در روش استخراج کندن و آکندن

9

روش جبهه کار طولانی

- این روش استخراج در لایه های نسبتاً افقی، نازک و صفحه ای انجام می گیرد.
- در این روش جبهه کار در عرض پانل بین دو گروه گالری های دنباله لایه به صورت پیشرو (Advanced) یا پسرو (Retreated) با برش های کم عرض و با تخریب کامل سقف انجام می گیرد.
- سقف سینه کار با استفاده از سیستم های نگهداری قدرتی (Powered Supports) بصورت چتر حفاظتی نگهداری می شود.
- بعد از استخراج هر برش، نگهداری ارتفاع کم کرده و به جلو هل داده می شود و مجدداً افزایش ارتفاع داده می شود.
- منطقه تخریب را Gob یا Goaf می نامند.

1

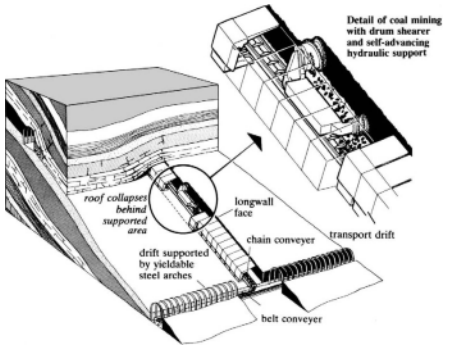


2

نحوه آماده سازی

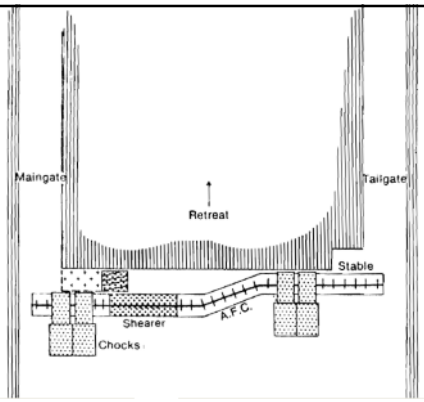
- انشعاب راهروهایی در داخل ماده معدنی و تقسیم آن به تعدادی بلوک
- هر یک از بلوک ها پانل (Panel) نامیده می شود.
- به راهروی بالایی، تونل تهویه (Tail gate) و به تونل پایینی (head gate or main gate) تونل حمل ونقل گفته می شود.
- در صورتی که شیب لایه به ۳۰ درجه یا بیشتر برسد، اختلاف ارتفاع راهروی بالایی و پایینی زیاد می شود و مواد معدنی به کمک نیروی ثقل به پایین حرکت می کنند.

4



Longwall mining in coal and soft rock (after Hamrin, 2001).

3



5

ترتیب عملیات استخراج در روش جبهه کار طولانی

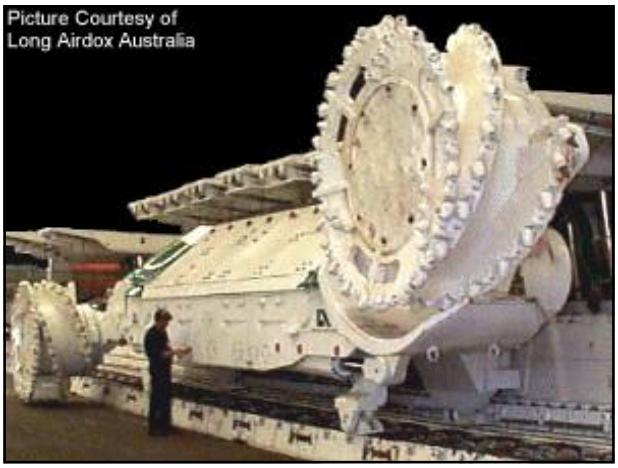
6

ماشین آلات استخراج در روش جبهه کار بلند

1) شیررلودر(Shearer loader):

- این ماشین بیشتر در آمریکا و کشورهای اروپایی(به جزء آلمان) بکار گرفته می شود.
- روی ناو زنجیری حرکت می کند و برش هایی با عمق ٦٠ تا ٩٠ سانتیمتر ایجاد می کند.
- قابل انعطاف هستند و از گسل ها به راحتی عبور می کنند.
- ضخامت قابل استخراج با این ماشین ١/٢ تا ٤/٥ متر است.
- راندمان بالا، قابلیت اعتماد بالا، انعطاف پذیری بالا و ارزان بودن از مزایای شیررلودرها است.

7



2) ماشین رنده (Plow or Plough)

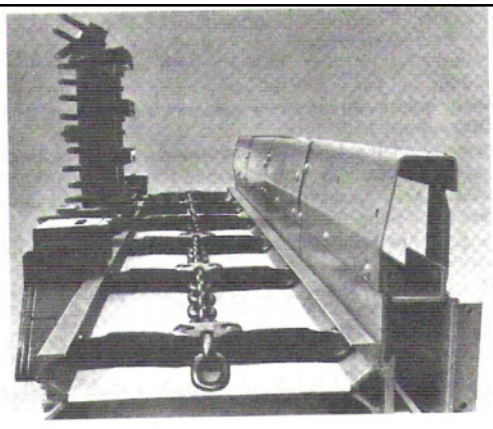
- این ماشین در سال ۱۹٤۰ در آلمان مورد استفاده قرار گرفت و شبیه گاوآهن است.
- عمق برش ۵ تا ۱۸ سانتیمتر
- کاربرد آن به لایه های نازک و یا دارای ضخامت متوسط محدود می شود.(۰/٦ تا ۱/۸ متر)
- سرعت حرکت رنده ها ۱ تا ٤ متر در ثانیه است.

10

تجهیزات حمل و نقل در روش جبهه کار بلند

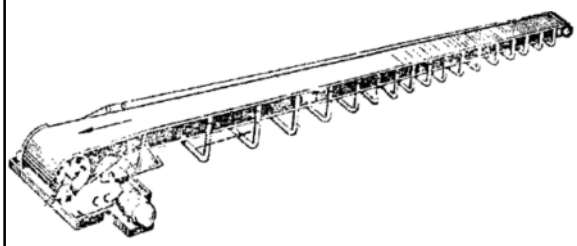
- در شیب های بیشتر از ۳۰ درجه عموماً از ناو ثابت استفاده می شود.
- در شیب های کمتر و جبهه کارهای پرتولید معمولاً از ناوزنجیری استفاده می شود.
- ناو زنجیری (AFC)**(Armored Face Conveyor)** نوعی ناو است که در روش جبهه کار بلند استفاده می شود و ماشین زغال بر روی آن قرار می گیرد.

12



رنده به همراه ناوزنجیری

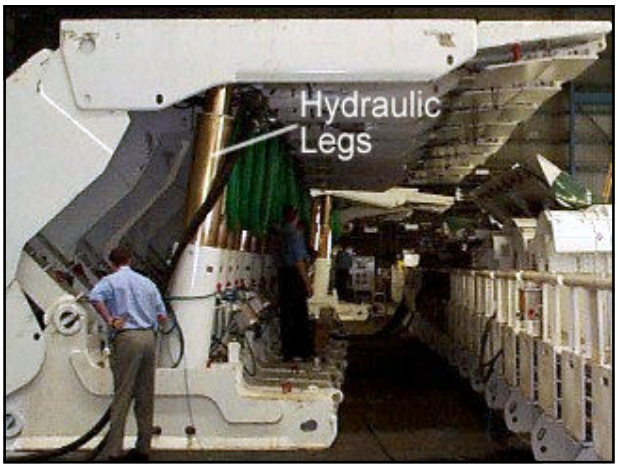
11



نوار نقاله

14

13



انواع تجهیزات نگهداری در روش جبهه کار بلند

1) نگهداری چوبی (Wooden support)
2) نگهداری با استفاده از پایه های اصطکاکی (Friction props)
3) نگهداری با استفاده از پایه های هیدرولیکی (Hydraulic props)
4) نگهداری قدرتی (Powered support)

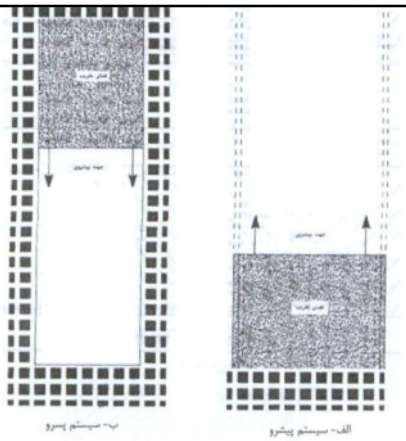
15

جهت استخراج در روش جبهه کار بلند

1) جهت پیشرو (Advance longwall)

2) جهت پسرو (Retreating longwall)

17



18

انواع روش های ایجاد کارگاه مورب

1) روش نواری یا پلکانی

2) پلکانی معکوس

3) دندانه اره ای

4) حفره ای

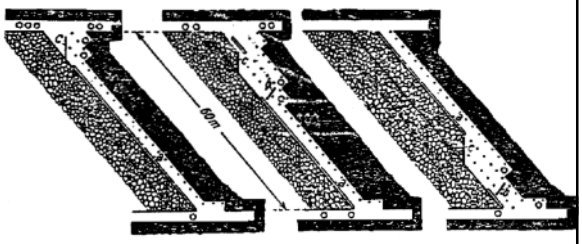
19

1) روش نواری

- در این روش اکیپ حفاری نوارهایی (Strip)از ماده معدنی در جهت شیب به پایین استخراج کرده و حالت پلکانی ایجاد می شود.
- این شکل حفاری فقط در تعداد محدودی از نوارها قابل استفاده است.
- در صورت سالم بودن سقف تعداد نوارها حداکثر به ٤ عدد می رسد.
- عرض برش ۱ تا ۳ متر و در هر شیفت می توان ۱۰ تا ۲۰ متر از طول جبهه کار را استخراج کرد.
- پس از پیشروی چند متر از جبهه کار، پشت سر آن را در فواصل ۵ تا ۱۰ متری تخته کوبی و سپس از طریق تونل بالایی پر می کنند.
- این روش حفاری به علت افزایش تعداد نوارهای همزمان، عرض کارگاه بیشتر شده و مشکل کنترل سقف و نگهداری آن ایجاد می شود.
- روش قدیمی است و کاربرد چندانی ندارد.

20

- مقدار استخراج در این روش به ۸۰ تا ۱۰۰ تن در روز می رسد



روش نواری

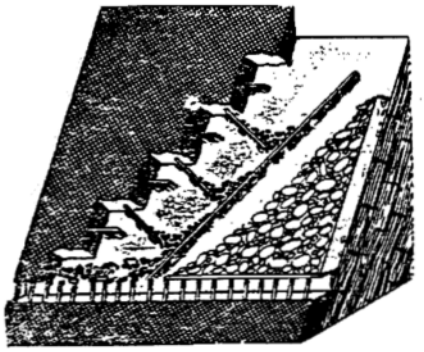
21

2) پلکانی معکوس

- در این روش، حفاری افقی با ایجاد پله هایی در سینه کار انجام می گیرد. این روش در لایه هایی که شیب آنها بیش از ٤٥ درجه است انجام می گیرد.
- در این روش تعداد زیادی محل کار در کارگاه ایجاد می شود. بنابراین تولید افزایش می یابد.
- عرض پله ها از ۲ متر کمتر نمی شود زیرا در پله های کم عرض غلتیدن زغال استخراج شده، کارگران پایین دست را تهدید می کند. عرض پله ها از ٦ متر بیشتر نمی شود زیرا بار وارد بر زغال بکر زیاد شده و باعث شکستن آن می شود.
- فاصله دندانه پله ها تا خاک ریز ۰/۵ تا ۲ متر می باشد تا راه عبور هوا و افراد مسدود نشود.

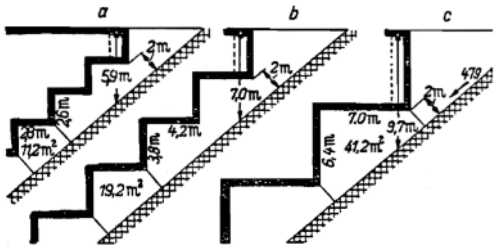
- طول پله از ۲/۵ متر تا ٦ متر متغیر است. با افزایش طول، عرض پله نیز افزایش می یابد.
- همچنین با افزایش طول پله تعداد اکیپ حفاری کاهش می یابد در نتیجه سرعت و مقدار تولید کاهش می یابد. از طرف دیگر بار وارد بر وسایل نگهداری افزایش خواهد یافت.
- فقط با افزایش تعداد پله ها مدت زمان آماده سازی افزایش می یابد.
- از مزایای دیگر روش تهویه مناسب آن است.

23



پلکانی معکوس

24



ابعاد پله ها در روش پله کانی معکوس

25

3) روش دندانه اره ای

- فرق این روش با روش پلکانی معکوس در طرز قرارگرفتن جبهه کار است که به شکل دندانه اره قرار دارند.
- جهت پیشروی زغال کنی به سمت پایین متمایل است
- به دلیل عدم وجود گوشه های بسته، گاز در گوشه ها انباشته نشده بنابراین عمل تهویه بهتر انجام می شود.
- برخلاف روش پلکانی معکوس در این روش فاصله سینه کار تا خاکریز و در نتیجه سطح بدون نگهداری کمربالا کمتر است لذا استخراج لایه های زغال با کمرهای سست امکان پذیر است. همچنین ارتفاع سقوط زغال کمتر، لذا زغال کمتر خرد شده و ایجاد گردو غبار کمتر است.

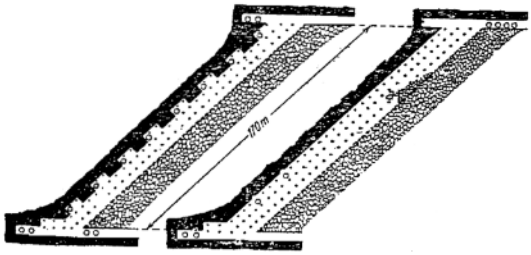
روش دندانه اره ای

27

4) روش حفره ای

- در این روش در شروع استخراج سینه کار مستقیم بوده و در طول جبهه کار حفره هایی به طول ۱ تا ۱/۵ متر و به عمق ۰/۵ تا ۱ متر در کل ضخامت لایه ایجاد می شود.
- کارگران در داخل حفره ها قرار گرفته و به اندازه عمق برش به طرف پایین زغال را استخراج میکنند.
- ایمنی کارگران، صرفه جویی در مصرف وسایل نگهداری به علت کوتاه بودن فاصله بین خط سینه کار و خاک ریز از مزایای این روش است.
- از آن جا که ایجاد حفره ها در داخل زغال سخت مشکل است، این روش فقط برای لایه های نرم به کار برده می شود

28



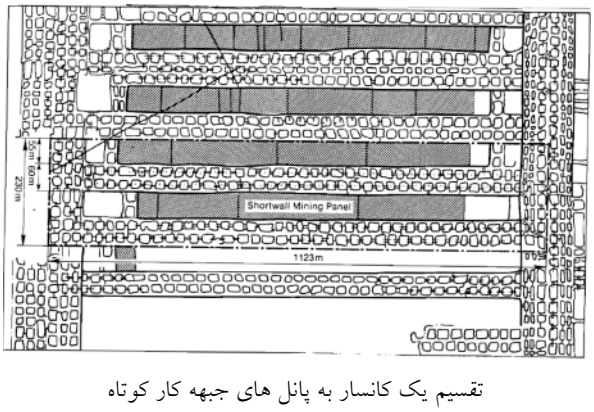
روش حفره ای

29

روش جبهه کار کوتاه(Shortwall mining)

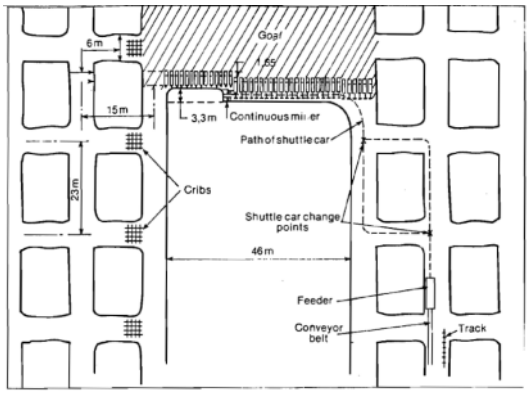
- این روش در سال ۱۹۷۲ در معادن آمریکا به وجود آمد و بیشتر در استرالیا بکار گرفته می شود.
- این روش بینابین روش اتاق و پایه و روش جبهه کار طولانی است. به طوری که از تجهیزات استخراجی اتاق و پایه و از تجهیزات نگهداری جبهه کار طولانی استفاده می شود.
- از آن جا که طول جبهه کار کوتاه کمتر از جبهه کار طولانی است تجهیزات نگهداری آن نیز نسبت به جبهه کار طولانی کمتر است بنابراین به سرمایه گذاری اولیه کمتری نیاز دارد و میتوان به راحتی قابلیت بکارگیری تبدیل اتاق و پایه به جبهه کار بلند آزمایش کرد.

30



تقسیم یک کانسار به پانل های جبهه کار کوتاه

31



روش جبهه کار کوتاه(Shortwall mining)

32

محاسن روش نسبت به روش جبهه کار طولانی

1)سیستم از انعطاف پذیری بالایی برخوردار است
2)هزینه آماده سازی کمتر است.
3)به سرمایه گذاری کمتری نیاز دارد.
4)به علت کوتاه بودن طول کارگاه کمتر تحت تاثیر عوارض و شکستگی ها قرار می گیرد.

33

روش اتاق و پایه

- در این روش کارهای معدنی بصورت عمود بر هم و با فواصل منظم در داخل کانسار ایجاد می شود به نحوی که تشکیل یکسری لنگه های مستطیلی و یا مربعی شکل جهت نگهداری طبیعی سقف ایجاد شود.
- با استخراج یکنواخت، کانسار در صفحه پلان به یک صفحه شطرنج مشابه خواهد بود.
- در این روش بازکننده های آماده سازی به انتری ها (Entries) و بازکننده های استخراجی به اتاق ها (Rooms) معروف هستند.
- انتریها و اتاق ها مشابه و موازی هستند و وقتی توسط میان برها (Cross cuts) قطع می شوند لنگه ها (Pillars) شکل می گیرند.
- هر چه کارهای معدنی زیادتر باشند تهویه و حمل و نقل بهتر انجام می گیرد

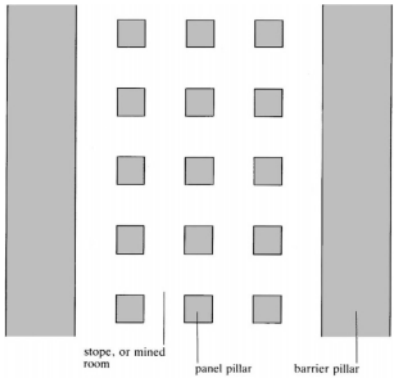


Figure 13.3 Layout of barrier pillars and panel pillars in a laterally extensive orebody.

2

- روش اولین بار در آمریکا بکار گرفته شد و بیش از ۸۵٪ زغال استخراجی زیرزمینی و ٦۲٪ از کل مواد معدنی به این روش استخراج می شوند.
- این روش جزء روش های بزرگ مقیاس (Large Scale) است.
- در این روش قطعه معدنی به پانل هایی به طول ٦۰۰ متر تا ۱۲۰۰ متر و عرض ۹۰ تا ۱۲۰ متر در نظر گرفته می شود.
- عرض اتاق ها ٦ تا ۱۲ متر و طول اتاق ها ۷۰ تا ۱۰۰ متر در نظر گرفته می شود. اخیراً با روش استخراج پیوسته (Continuous miner) این طول به ۳۰۰ متر هم می رسد.

3

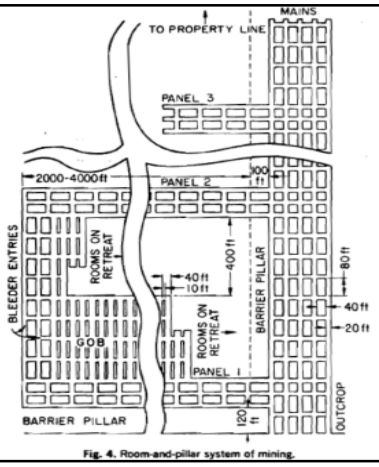


Fig. 4. Room-and-pillar system of mining.

4

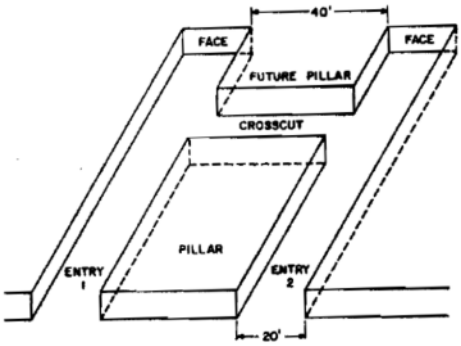


Fig. 3. Two-entry development.

5

مهمترین پارامترها تعیین کننده شکل و اندازه و فواصل لنگه ها

1) عمق کانسار: با افزایش عمق، فشار بر لنگه افزایش می یابد.
2) مقاومت ماده معدنی و سنگ های دربرگیرنده
3) وجود عوارض زمین شناسی
4) شیب و ضخامت لایه
5) عیار ماده معدنی
6) تنش های اعمالی و وزن طبقات
7) معیارهای ایمنی

6

چرخه عملیات در روش اتاق و پایه

1) سنتی(Classical) در لایه های سخت و شرایط گازخیزی بالا و ضخامت متغیر
2) پیوسته (Continuous)

در روش غیرپیوسته، چرخه عملیات به صورت زیر است:

چرخه تولید= برش+چالزنی+آتشکاری+بارگیری+ باربری

برش بیشتر در استخراج مواد نرم مثال زغال، پتاس، نمک، ترونا توسط ماشین هاواژ (Havage) یا زغال بر (Coal cutter) انجام می گیرد.

مزایای برش:

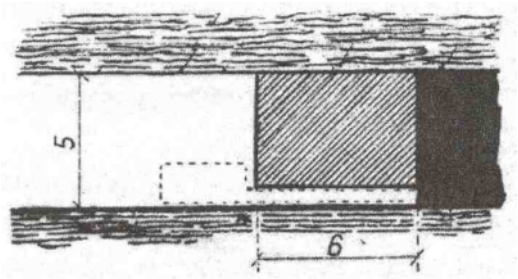
۱- ایجاد سطح آزاد اضافی ۲- کاهش فشار طبقات ۳- کاهش مواد ناریه ٤- زغال در قطعات درشتری شکسته می شود بنابراین گرد وغبار کاهش می یابد.

7

عملیات در روش اتاق و پایه سنتی

1)زیربری توسط زغالبر برای زغال– در سنگ های سخت زیربری نیاز نیست.
2) چالزنی توسط دستگاههای چرخشی متحرک در زغال و ضربه ای در سنگ های سخت
3)آتشباری: هوای فشرده (Air dox) یا گاز دی اکسید کربن (Car dox) و یا نیتروگلیسرین و نیترات آمونیوم در زغال، آنفو و اسلاری برای سنگ های سخت- خرج گذاری توسط دست یا ماشین-آتشباری توسط برق
4)بارگیری توسط دستگاه متحرک به نام Mobile Gathering arm و LHD و لودر و اسلاشر (برای سنگ سخت)
5) حمل و نقل توسط شاتل کار های برقی یا دیزلی، نوار نقاله ریل برای زغال و کامیون، ریل و نوار نقاله برای سنگ سخت

8



شکل ۳ – ۱۸ –ایجاد برش با زغالبر در استخراج اتاق و پایه (بصیر،۱۳۷۷)

10

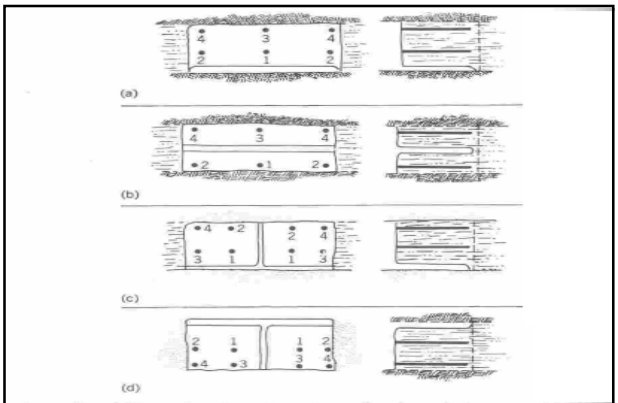
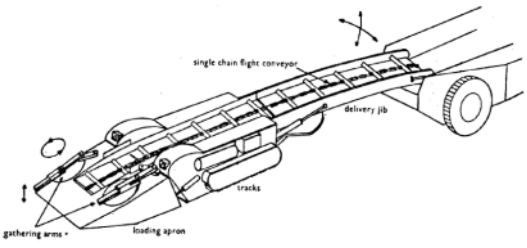
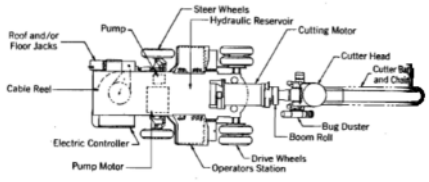


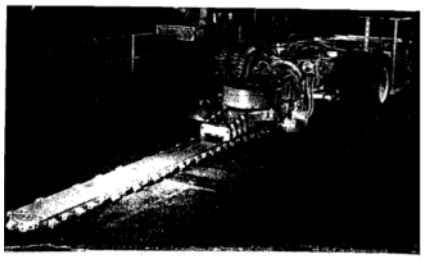
Figure 10.5. Drilling and cutting patterns for coal breakage. Holes are numbered in orde of firing. (a) Undercutting. (b) Center cutting. (c) Undercutting and center shearing. (Top cutting and center shearing. (After Chironis, 1983. Copyright © 1983, McGraw-H Inc., New York.)



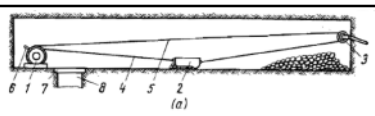
Gathering-arm loader

12





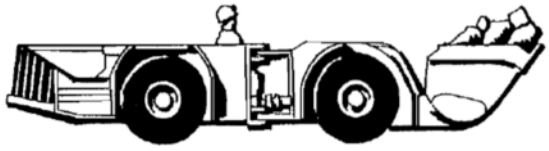
11



Scraper unit at the face:

a – general view; b – box scraper; c – hoe scraper; d – multi-bucket scraper

14



DIESEL DRIVEN LHD LOADER

13

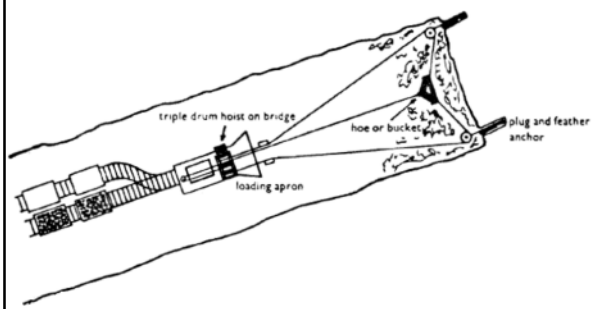
در روش سنتی حداقل به ۵ جبهه کار برای تولید متوسط نیاز است و به ۸ تا ۱۲ جبهه کار هم می رسد.

سیستم استخراج پیوسته

چرخه تولید=استخراج (خردکردن و بارگیری)+باربری

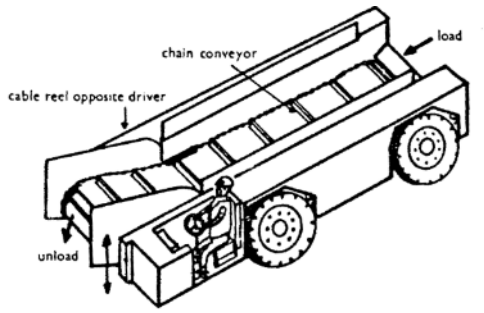
- برای استخراج معمولاً از ماشین استخراج پیوسته و برای باربری معمولاً از شاتل یا نوار نقاله استفاده می شود. هر چند روش پیوسته است ولی مطالعات نشان می دهد که فقط ۲۰ درصد از زمان صرف استخراج می شود مابقی زمان صرف تعمیرات، جابجایی و برنامه ریزی می شود.
- ماشین های پیوسته معمولاً برای مواد نرم غیر فلزی بکار می رود در مواد سخت (Hard rock) معمولاً از ماشین های حفر تونل(TBM) استفاده می شود

16



Triple-drum scraper loader (slusher)

15



ماشین شاتل کار

18

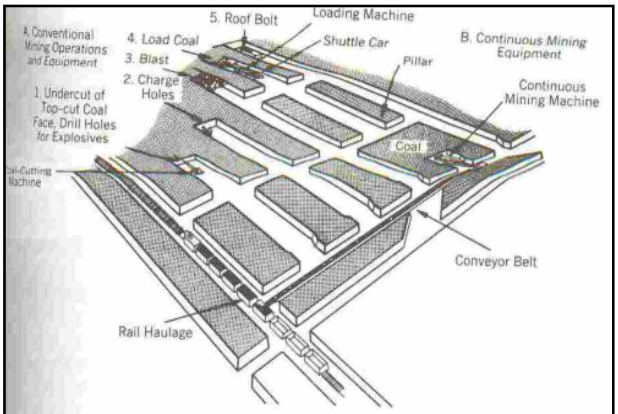
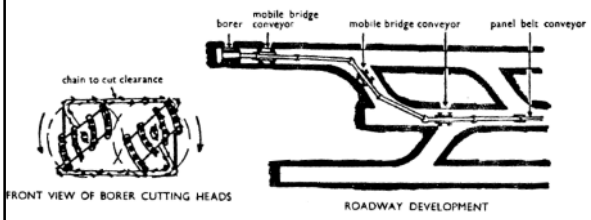
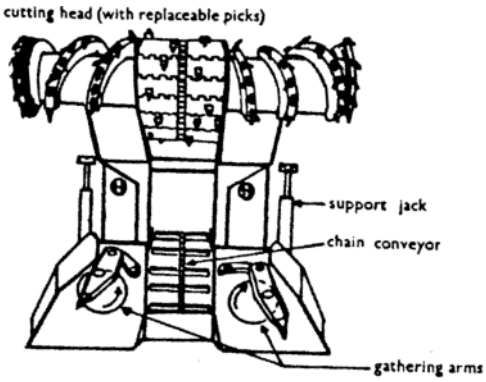


Figure 10.1. Generalized representation of room and pillar mining. Both conventional and continuous equipment are shown. (After Anon., 1982a.)



ماشین حفر پیوسته در روش اتاق و پایه

20



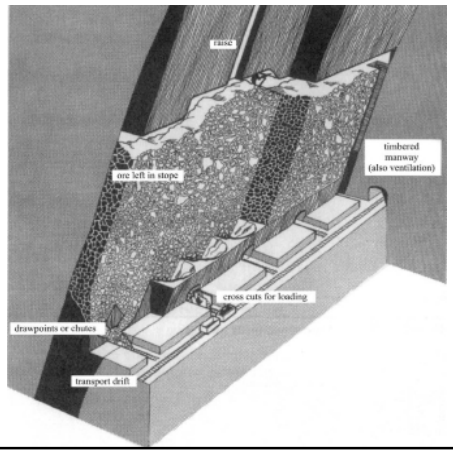
Continuous miner

19

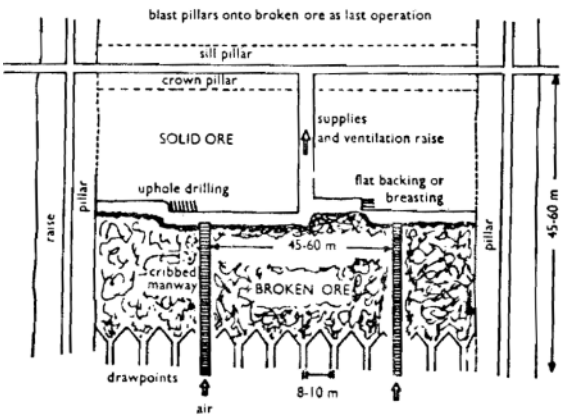
روش استخراج انباره ای (Shrinkage Stoping)

- این روش جزء روش های استخراج بالارو بوده که در یک صفحه قائم و یا نزدیک به قائم با زاویه بزرگتر از زاویه ایستایی مواد خرد شده (Angle of repose) انجام می گیرد.
- این روش یک روش بالادستی (Overhand method) است که تحت آن مواد معدنی به صورت برش های افقی کنده شده به عنوان نگهداری موقت کمرها و همچنین سکویی (Platform) برای کارگران استفاده می شود.
- به علت افزایش حجم مواد خردشده حدود ۳۰ تا ۴۰درصد آنها بایستی از کارگاه خارج شود تا فضای کافی برای کارگران فراهم آید.

1



2



3

- بدین ترتیب حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد ماده معدنی خردشده در داخل کارگاه بلوکه می شود.
- این هزینه بایستی در حین انتخاب روش استخراج مد نظر قرار بگیرد.
- حسن این کار این است که:
  1) یک ظرفیت ذخیره و یا انبار کردن محسوب می شود
  2) مواد با هم ترکیب می شوند و یک مخلوط همگن ایجاد می شود.
- این روش جزء روش های کوچک مقیاس است و به علت هزینه بالا و کمبود کارگران ماهر و روند حرکت به سوی مکانیزاسیون این روش ارزش و اعتبار خود را از دست داده است. به طوری که این روش در تولیدات مواد معدنی آمریکا کمتر از ۱٪ سهم داشته است.

4

- مهمترین پارامترهای طراحی در این روش ابعاد کارگاه می باشد که تا حدودی توسط شکل و ابعاد کانسار دیکته می شود.
- در کانسارهای با عرض کم کارگاه به صورت طولی و در کانسارهای بزرگ و عریض کارگاه به صورت عرضی جایابی می شود. عرض کارگاه از ۱ تا ۳۰ متر و طول کارگاه ٤٥ تا ۹۰ متر و ارتفاع کارگاه از ٦۰ تا ۹۰ متر است.

5

سیکل عملیات

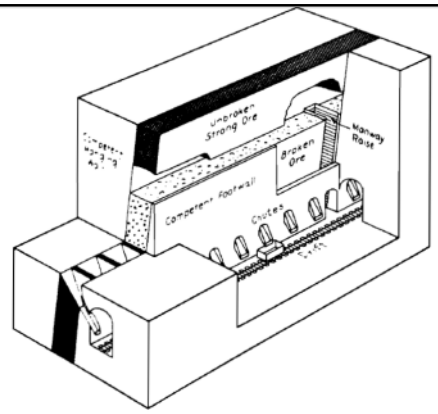
- خردایش ماده معدنی داخل کارگاه مهمترین فعالیت در یک سینه کار پله ای است.
- در این سینه کار در عرض یکسری چال های افقی با استفاده از دستگاه های چالزنی حفر می شود و خرج گذاری می شود قبل از انفجار مواد معدنی بایستی از کارگاه تخلیه شود.
- قبل از فروکش کردن کف کارگاه (Reentering the stope area) کارهای لازم در ارتباط با نگهداری شامل لق گیری، نصب بولت و تور سیمی باید انجام شود.

6

عملیات تولیدی در این روش عبارتند از:

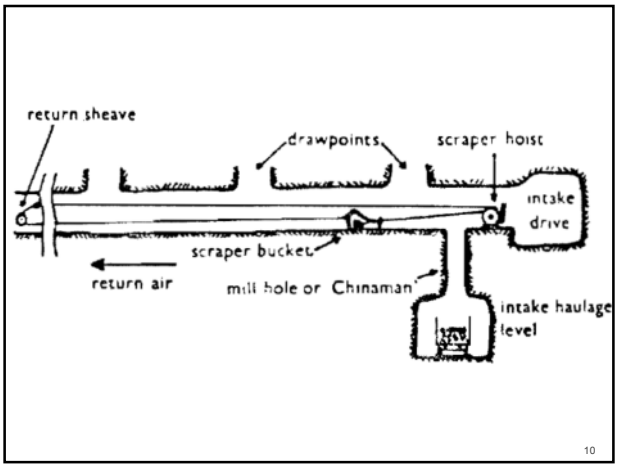
1) چالزنی توسط دستگاههای هوای فشرده و جامبو هیدرولیکی
2) انفجار توسط آنفو و اسلاری- خرج گذاری دستی(در صورتی که فشنگی باشد) در غیر این صورت با پمپ و دستگاههای مکانیزه- انفجار توسط چاشنی الکتریکی یا فتیله انفجاری
3) خردایش ثانویه: دینامیت - چالزنی و آتشباری- چکش هیدرولیکی
4) بارگیری: نیروی ثقل، لودر، LHD، اسلاشر
5) حمل و نقل: کامیون، LHD، ریل، نوار نقاله
6) عملیات فرعی: مشابه روش قبلی

7

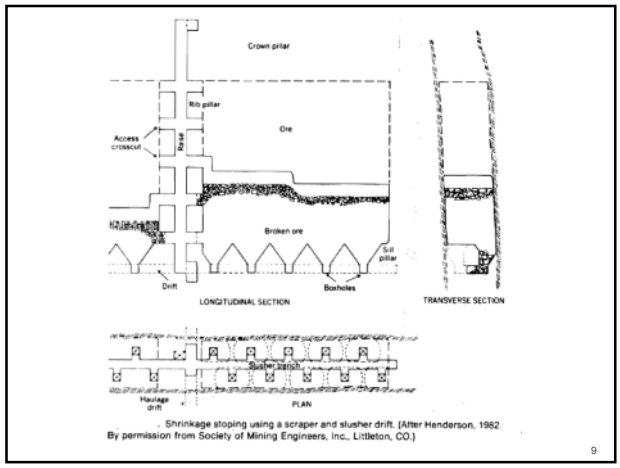


Shrinkage stoping using gravity draw and chutes to load mine cars. (After Lewis and Clark. 1964. Copyright © 1964, John Wiley & Sons, New York.)

8

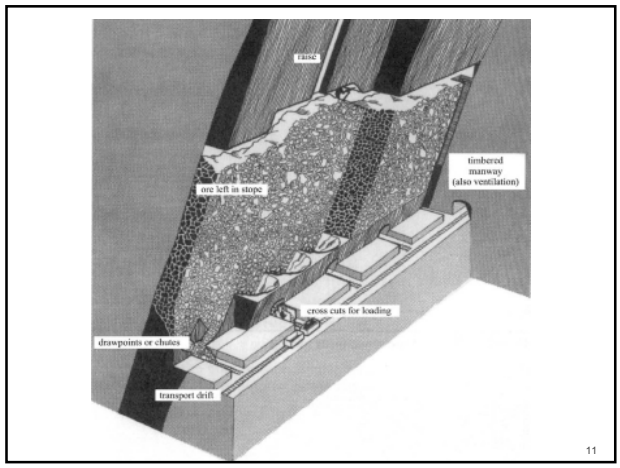


10



. Shrinkage stoping using a scraper and slusher drift. (After Henderson, 1982. By permission from Society of Mining Engineers, Inc., Littleton, CO.)

9

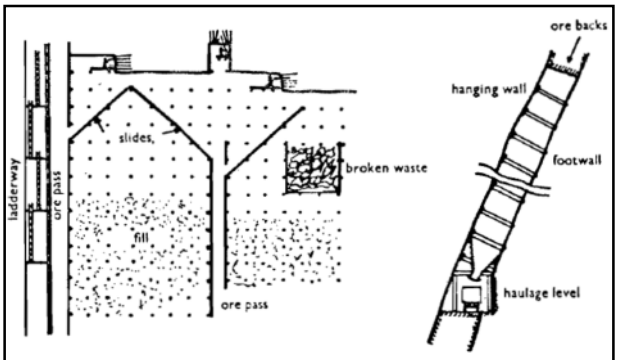


11

استخراج ستونی (Stull Stoping)

- Stull: تک ستونی است که برای نگهداری لایه های غیر افقی استفاده می شود.
- این روش به ندرت استفاده می شود بطوری که ۱٪ مواد معدنی آمریکا با این روش استخراج می شوند.
- روش بالادستی بوده که در لایه های نازک (thin) و پرشیب (pitching) وکمرهای ضعیف بکار می رود.
- نگهداری بصورت سیستماتیک یا تصادفی است که وظیفه آن عبارت است از:
  1) نگهداری سقف و انتقال نیرو از سقف به کف
  2) تهیه یک سکو برای کار کارگران

1

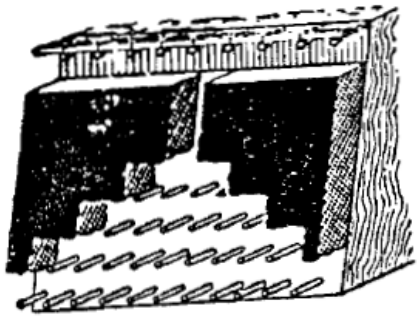


روش استخراج Stull stoping

2

- برش های ماده معدنی به صورت افقی یا مورب از پایین به بالا گرفته می شوند.
- با نصب ستون های نگهداری، بر روی آنها تخته کوبی (Flooring) انجام گرفته تا کارگران بر روی آنها قرار گرفته و به کار خود ادامه دهند.
- ستون های نگهداری در لایه های افقی به Post or prob معروف هستند که همراه کلاهک (Cap) یا سرلای (Brace) بکار می روند.
- در شرایط بد زمین می توان از پایه های فولادی، جک های هیدرولیکی، پیچ سنگ و تورسیمی استفاده کرد.
- در این روش جایگزاری سیستماتیک لنگه ها انجام نمی شود ولی باطله می تواند به صورت موضعی جایگزاری شود.

4



نمونه اي ديگر از روش استخراج Stull stoping

3

عملیات فرعی

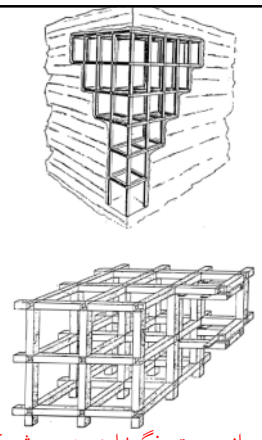
- شامل نصب ستون های نگهداری(setting stulls) که بلافاصله بعد از آتشباری و هر چه نزدیک تر به سینه کار انجام می شود.
- تخته کوبی یا کف سازی (Flooring) با بالا رفتن سینه کار جابجا شده تا ارتفاع مناسبی جهت کار کردن ایجاد شود.
- همچنین تهویه نیاز به توجهی خاص دارد.
- سایر عملیات مشابه روش های قبلی است.

5

روش کرسی چینی

- این روش پرهزینه ترین، گرانترین و کم کاربردترین و آخرین روشی است که در معدنکاری به آن مراجعه می شود.
- در حال حاضر کمتر از ۱٪ استخراج زیرزمینی در آمریکا را تشکیل می دهد.
- این روش ماده معدنی به صورت بلوک های مکعبی شکل استخراج شده و فضای استخراج شده به کمک قاب های چوبی مکعبی شکل نگهداری می شود.

6

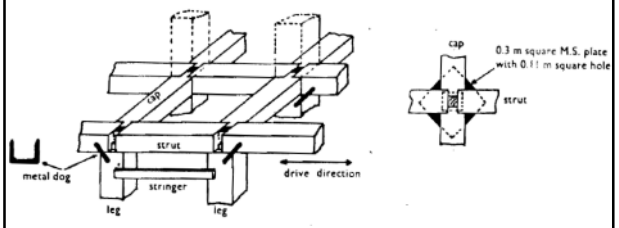


روش کرسی چینی

7

نمونه های از سیستم نگهداری در روش کرسی چینی

8



نحوه نصب و اتصال قطعات چوبی

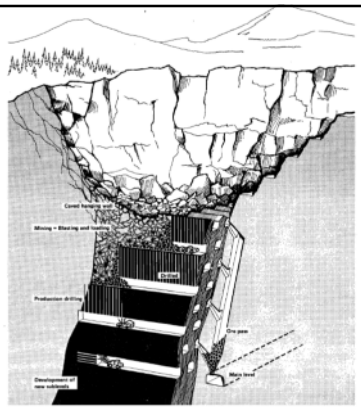
9

- از قابلیت انطباق (Versatil) خوبی برخوردار است بطوریکه می توان آن را به صورت بالادستی(Overhand)، پایین دستی (Underhand)، افقی (Breast) در هر شکلی از کانسار استخراج کرد.
- این روش برای معدنکاری اولیه یا بازیابی لنگه ها بکار برده می شود.
- در حین استخراج کرسی ها در محل نصب می شود ولی قطعات لازم برای نگهداری در خارج معدن آماده می شود.
- کرسی ها همچنین به عنوان دویل های ماده معدنی و دویل نفرو انجام وظیفه می کند

10

روش تخریب در طبقات فرعی(Sublevel Caving)

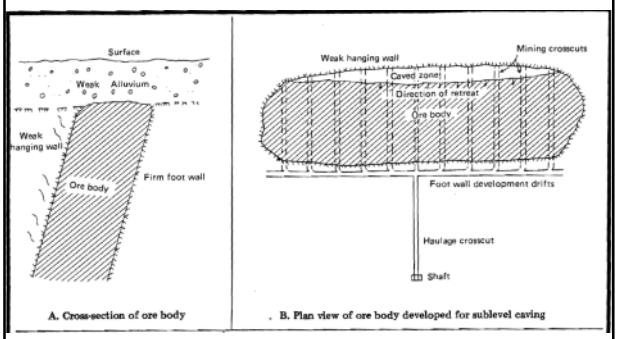
- این روش در کانسارهای قائم یا نزدیک به قائم در مواد فلزی یا غیرفلزی به صورت پایین رو به کار می رود.
- در این روش مواد معدنی بین طبقات فرعی به صورت بالادستی خرد می شوند و داخل طبقات فرعی می ریزند.
- هنگام تخلیه ماده معدنی مقداری از کمربالا تخریب شده و با ماده معدنی مخلوط می شود و باعث ایجاد رقت می شود.
- تخلیه ماده معدنی تا حدی ادامه می یابد که عملیات اقتصادی باشد. در کمتر از آن حد بازیابی کاهش و بیشتر از آن حد رقت افزایش می یابد.
- افق های فرعی توسط رمپ و دویل های ماده معدنی به افق اصلی حمل و نقل متصل هستند.
- به علت تخریب کمربالا تا سطح زمین همه آماده سازیهای اصلی و فرعی در کمرپایین ایجاد می شود.



روش تخریب از طبقات فرعی

2

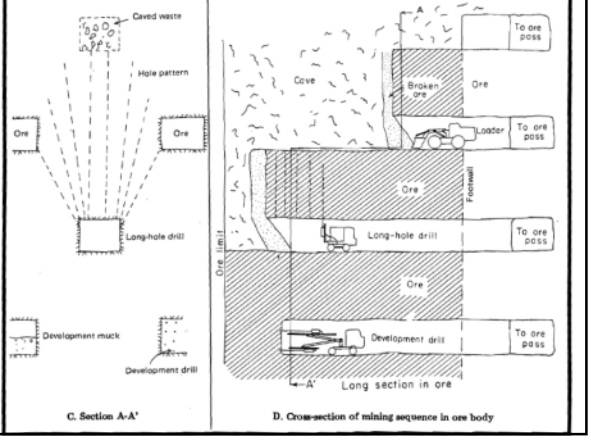
مراحل آماده سازی روش



A. Cross-section of ore body

B. Plan view of ore body developed for sublevel caving

3



C. Section A-A'

D. Cross-section of mining sequence in ore body

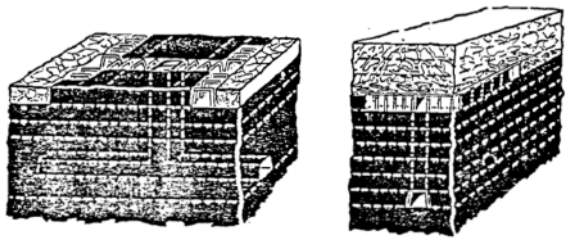
روش برش از بالا (Top Slicing)

- این روش منشاء ایجاد روش طبقات فرعی می باشد.
- این روش برای کانسارهای ضخیم افقی با شرایط سقف ضعیف مناسب است.
- امروزه به علت هزینه زیاد و تولید کم در حال منسوخ شدن است.

نحوه آماده سازی روش برش از بالا

1) حفر تونل حمل و نقل در سرتاسر ماده معدنی
2) حفر دویل هایی برای انتقال مواد معدنی و افراد
3) حفر یک تونل در بالا به موازات تونل حمل و نقل
4) حفر میان برهایی از دو انتهای تونل تا کمربالا

5



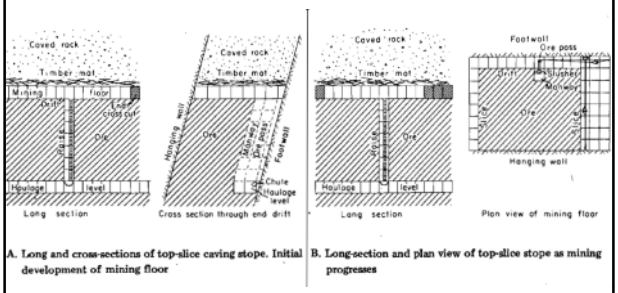
روش برش از بالا (Top Slicing)

6

نحوه استخراج روش برش از بالا

- پس از حفر میان برها برش هایی به موازات آنها استخراج می شود.و استخراج این برش ها به سمت دویل ادامه می یابد. مواد معدنی استخراج شده توسط اسکریپر به تونل واز تونل به دویل ماده معدنی انتقال می یابد
- برای نگهداری برش ها از قاب های چوبی شامل دو ستون و کلاهک استفاده می شود.
- پس از این که استخراج برش به حد کافی رسید کف توسط تیرهای چوبی (Timber) و تخته و تورسیمی که کف پوش(mat) نام دارند پوشیده می شود.
- پس از کف پوشی، ستون های چوبی نگهدارنده سقف کشیده یا منفجر می شوند و امکان تخریب سقف فراهم می شود.

7

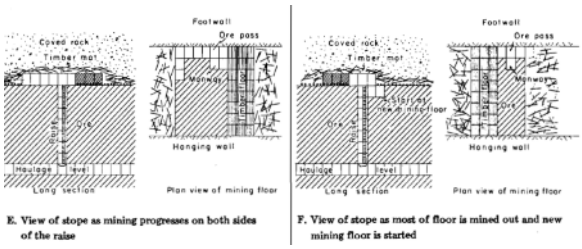


A. Long and cross-sections of top-slice caving stope. Initial development of mining floor

B. Long-section and plan view of top-slice stope as mining progresses

نحوه استخراج روش برش از بالا

8



C. View of stope as part of mining floor is prepared for caving

D. View of stope after supporting timber has been blasted and overlying mat and rock allowed to cave

9

■پس از استخراج کامل برش بالایی، یک برش جدید با حفر یک تونل آماده سازی در امتداد یا به موازات کمرپایین به طور مستقیم در زیر کف پوش برای استخراج آماده می شود.

مزایای روش برش از بالا

■ایمنی بالا، بازیابی خوب، مناسب برای بازیابی لنگه ها

معایب روش برش از بالا

■نشست زمین، احتمال آتش سوزی، راندمان پایین، آماده سازی طولانی، وقت گیربودن کف سازی، عدم انتخابی بودن روش و مکانیزاسیون کم از معایب روش است.

11

E. View of stope as mining progresses on both sides of the raise

F. View of stope as most of floor is mined out and new mining floor is started

10

روش تخریب بلوکی

■روشی بزرگ مقیاس است که از نظر تولید و هزینه ها با روش روباز رقابت می کند.

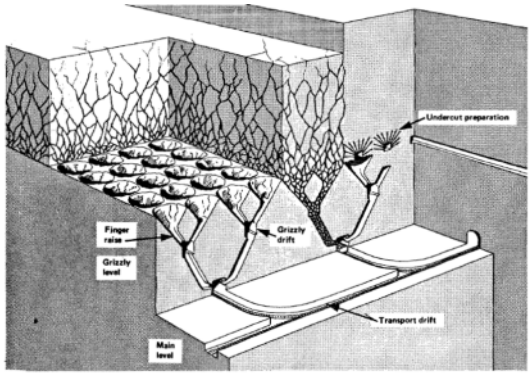
■در این روش هم ماده معدنی و هم باطله تخریب می شوند. لذا هر دو بایستی قابلیت تخریبی خوبی داشته باشند.

■این روش برای توده های بزرگ ماده معدنی تحت شرایط بد زمین شناسی(سست) به کار می رود.

■مبنای این روش زیربری ماده معدنی و تخریب آن است.

■بدین منظور ماده معدنی به صورت بلوک هایی با سطح بیش از۱۰۰۰متر مربع (عرض بین ۳۰ تا ۵۰ متر، طول ۵۰ تا ۶۰ متر و ارتفاع ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر) زیربری می شود و مواد تحت نیروی وزن خود سقوط می کنند.

12



روش تخریب بلوکی سنتی

13

روش سپری(Shield Methods)

- این روش اولین بار توسط یکی از مهندسین شوروی ابداع گردید. و مخصوص لایه های پر شیب و ضخیم (۳/۵ تا ۱۵ متر) است.

آماده سازی روش

- تقسیم کانسار در جهت امتداد لایه به قطعاتی به ابعاد ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر و جدا کردن آنها توسط لنگه های کناری (Rib pillar)
- تقسیم هر قطعه به قطعاتی به طول ۲٤ تا ۳۰ متر و جدا کردن آنها به کمک لنگه های ۲ متری
- حفر یک سری دویل به فاصله ٤ تا ٦ متر از راهروی پایینی به سمت راهروی بالایی در داخل لایه زغال و تقسیم قطعه به یک سری نوار

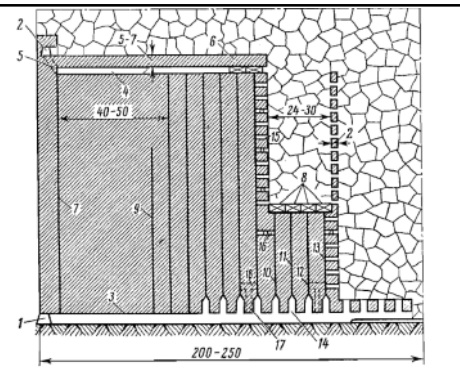
14

- پس از آماده سازی کارگاه، سپر نصب و به دنبال آن استخراج بین دو لنگه (در عرض ۲٤ تا ۳۰ متر) شروع می شود و به طرف پایین ادامه می یابد.
- در مواردی که ضخامت لایه بیش از ۱۰ متر باشد از دو سپر مجاور استفاده می شود.

- ایمنی بالا، سهولت استخراج، راندمان بالا و تخلیه تحت نیروی ثقل از مزایای روش است

- آماده سازی زیاد و وقت گیر، امکان گیرکردن سپر و مصرف چوب زیاد (به علت عدم بازیابی سپر در هر برش) از معایب روش است.

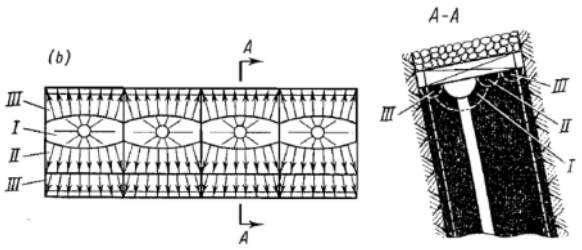
15



1-2—intermediate crosscut; 3—haulage entry; 4—ventilating entry; 5—inclined th cut; 6—level pillar; 7, 9—boreholes; 8—4-section shield; 10, 11, 12, 13—coal chute pocket; 15—service raise; 16—breakthrough; 17—ventilating through-cut; 18—breakt

روش سپری(Shield Methods)

16

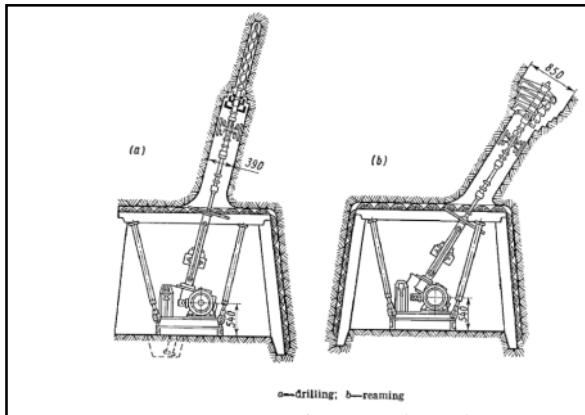


جزئیات مربوط به سپر نگهداری

17

نحوه ایجاد حفاری در روش سپری

18



ماشین های حفر دویل در روش سپری

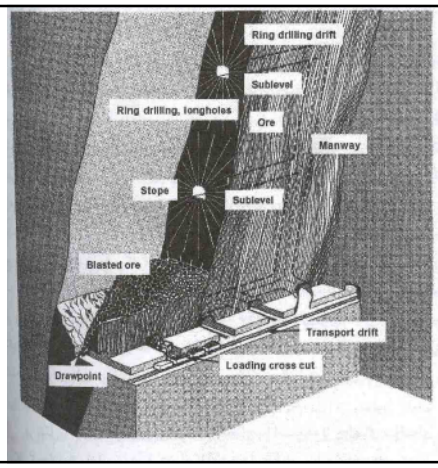
19

روش استخراج از طبقات فرعی (Sublevel stoping)

این روش یک روش بالادستی است با سینه کار قائم که با استفاده از چال های که انفجار آنها از افق های فرعی انجام می شود خرد می شوند.

- ماده معدنی در داخل کارگاه با نیروی ثقل به طرف پایین حرکت کرده و از گالری حمل و نقل تخلیه می گردد.
- در آمریکا حدود ۹٪ مواد غیر زغالی و ۳٪ کل مواد معدنی با این روش استخراج می گردد این روش جزء روش های بزرگ مقیاس است

1



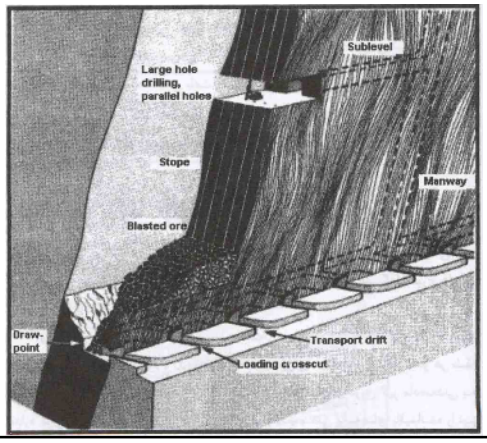
2

- به علت عدم حضور پرسنل در داخل کارگاه این روش نسبت به روش های کارگاه و پایه و انباره ای به نگهداری کمتری نیاز دارد.
- پرسنل چالزنی و آتشباری در قسمت حفاظت شده طبقات فرعی کار می کنند و اگر در این طبقات نیاز به نگهداری باشد از راک بولت، تور سیمی، شاتکریت و سیم بکسل استفاده می شود.
- دو نوع آرایش چال در این سیستم ها بکار گرفته می شود:

1) آرایش پره ای (Ring Drilling)

2) آرایش موازی (Parallel Drilling)

3

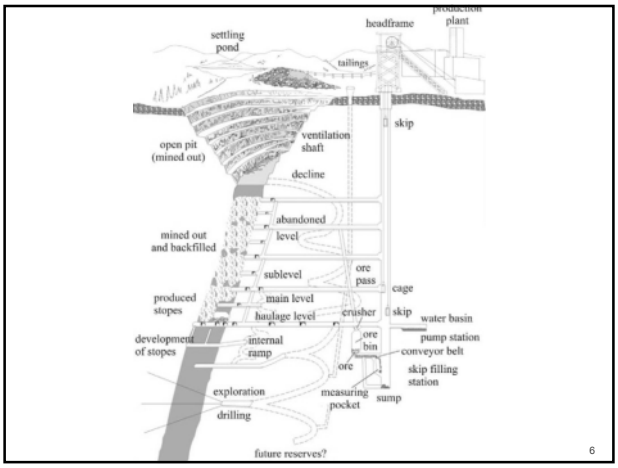


4

ابعاد کارگاه در روش استخراج از طبقات فرعی

- علاوه بر ملاحظات مکانیک سنگ پارامترهای آتشباری و حمل و نقل از مسائل عمده در انتخاب ابعاد کارگاه می باشد.
- عرض کارگاه بین ٦ تا ٣٠ متر و طول کارگاه حداکثر ٩٠ متر و ارتفاع کارگاه ٤٠ تا ٧٠ متر و حداکثر ٩٠ متر می باشد.
- ارتفاع هر طبقه ٧ تا ١٥ متر و حداکثر ٢٥ متر ، تعداد طبقات فرعی ٢ تا ٤ عدد می باشد.
- در صورتی که کانسار ماده معدنی بزرگ باشد و کارگاههای متعددی در کنار هم قرار گرفته باشند مرسوم است که برای کنترل زمین، پایه هایی بین کارگاه گذاشته شود پایه های مرزی دو طرف کارگاه، پایه های آستانه، در پایین کارگاه و پایه های تاج در بالای کارگاه

5



6

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده صنعتی و معدنی زرند
بخش مهندسی معدن

اصول استخراج

Principal of exploitation

ارایه دهنده: دکتر غلامرضا سعیدی

Stage (Project Name)	Procedure	Time	Cost/Unit Cost
Precursors to Mining			
1. Prospecting (Mineral deposit)	Search for ore a. Prospecting methods Direct: physical, geologic Indirect: geophysical, geochemical b. Locate favorable loci (maps, literature, old mines) c. Air: aerial photography, airborne geophysics, satellite d. Surface: ground geophysics, geology e. Spot anomaly, analyze, evaluate	1–3 yr	$0.1–5 million or 2–50¢/ton (1.8–45¢/tonne)
2. Exploration (Ore body)	Defining extent and value of ore (examination/evaluation a. Sample (drilling or excavation), assay, test b. Estimate tonnage and grade c. Valuate deposit (Hoskold formula or discount method): present value = income − cost Feasibility study: make decision to abandon or develop	2–5 yr	$0.5–10 million or 10¢–$1/ton (9¢–90¢/tonne)

4

مراحل معدنکاری

- پی جویی (Prospecting)
- اکتشاف (Exploration)
- آماده سازی (Development)
- استخراج (Exploitation)
- بازسازی (Reclamation)

3

Mining Proper			
3. Development (Prospect)	Opening up ore deposit for production a. Acquire mining rights (purchase or lease), if not done in stage 2 b. File environmental impact statement, technology assessment, permit c. Construct access roads, transport system d. Locate surface plant, construct facilities e. Excavate deposit (strip or sink shaft)	2–5 yr	$10–250 million or 25¢–$5/ton (23¢–$4.50/ tonne)
4. Exploitation (Mine)	Large-scale production of ore a. Factors in choice of method: geologic, geographic, economic, environmental, societal, safety b. Types of mining methods Surface: open pit, open cast, etc. Underground: room and pillar, block caving, etc. c. Monitor costs and economic payback (3–10 yr)	10–30 yr	$5–50 million/yr or $2–100/ton ($1.80–90/tonne)

5

Post-mining			
5. Reclamation (Real estate)	Restoration of site a. Removal of plant and buildings b. Reclamation of waste and tailings dumps c. Monitoring of discharges	1 – 10 yr	$1 – 20 million $0.20 – 4.00 ton ($0.22 – 4.40 tonne)

6

۱- پی جویی

- اولین مرحله قبل از معدن کاری است که دنبال ماده معدنی می گردیم.
- ماده معدنی هنوز به عنوان کانسار کانی (Mineral deposit) است.
- مدت زمان این مرحله ۱ تا ۳ سال طول می کشد.
- هزینه این مرحله ۰/۱ تا ۵ میلیون دلار است.
- این مرحله شامل موارد زیر است:

a) روش های پی جویی

مستقیم: شامل فیزیکی و زمین شناسی

غیر مستقیم: شامل ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی

7

b) ابزار مناسب تعیین محل (نقشه ها، مراجع و منابع علمی، معادن قدیمی)

c) روش های هوایی: شامل عکسبرداری هوایی، ژئوفیزیک هوابردی، ماهواره

d) روش های سطحی: شامل ژئوفیزیک سطح زمین، زمین شناسی

e) کشف آنومالی، آنالیز، ارزیابی

8

۲- اکتشاف

• در این مرحله اندازه و ارزش کانسار کانی تا حد امکان به طور دقیق تعیین می شود.
•روش های به کار گرفته شده در این مرحله دقیق تر از مرحله پی جویی است.
دراین مرحله اندازه و ارزش کانسار با استفاده از روش های زیر تعیین می شود:
•نمونه برداری(توسط حفاری) (Sample)، عیار سنجی (Assay)، انجام آزمایشات
•تخمین تناژ و عیار
•ارزیابی کانسار با استفاده از رابطه زیر:
Present value=income-cost
هزینه–درآمد=سود

آخرین مرحله از اکتشاف مطالعات امکان سنجی(Feasibility study) است. یعنی گرفتن تصمیم در مورد تعطیل کردن یا آماده سازی معدن

•زمان لازم برای انجام این مرحله ۲–۵ سال است.
•هزینه لازم برای انجام این مرحله ۱ –۱۵ میلیون دلار است.

10

۳–آماده سازی

•در این مرحله کانسار برای استخراج باز می شود.
دسترسی به کانسار به روش های زیر امکان پذیر است:
۱– از طریق روباره برداری
۲– از طریق حفر فضاهایی از سطح زمین به کانسارهای واقع در نقاط عمیق تر
موارد مورد نیاز جهت انجام این مرحله:
۱– اخذ مجوز معدن کاری (خرید یا اجاره (Lease)) اگر در مرحله اکتشاف انجام نگرفته باشد.
۲– بررسی ملاحظات زیست محیطی، بررسی فنی و اخذ مجوز

11

۳– ساختن راههای دسترسی، بررسی سیستم حمل و نقل
٤– جایابی تاسیسات سطحی و احداث آنها
۵– دسترسی به کانسار از طریق روباره برداری یا حفر تونل یا چاه

• هزینه این مرحله ۱۰ تا ۵۰۰ میلیون دلار
•مدت زمان لازم برای این مرحله ۲–۵ سال است

12

٤- استخراج

• در این مرحله استخراج از کانسار در مقیاس بزرگ (Large-Scale production of ore) شروع می شود.

این مرحله شامل موارد زیر است:

a) بررسی فاکتورهای موثر در انتخاب روش استخراج شامل: فاکتورهای زمین شناسی، جغرافیایی، اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و ایمنی

b) انتخاب روش استخراج شامل: معدن کاری سطحی (Surface mining) یا معدن کاری زیرزمینی (Underground mining)

c) کنترل هزینه ها و تعیین دوره بازگشت سرمایه

- زمان لازم برای این مرحله ۱۰-۳۰ سال است
- هزینه لازم برای این مرحله ۵-۷۵ میلیون دلار بر سال است.

٥- بازسازی(Reclamation or real estate)

• آخرین مرحله معدنکاری است که شامل: بستن معدن (Mine colure)، حذف ساختمانها و کارخانه (Removal of plant and building)، بازسازی دمپهای باطله (Reclamation of waste and tailings dumps)مسطح کردن سطح زمین (Recontouring)، کاشتن درخت و گیاه مجدد (Revegitating) و برگرداندن وضعیت آبها و زمین به حالت اولیه(Restoring the water and land values)

•بهترین زمان شروع برای برنامه ریزی بازسازی معدن قبل از ایجاد اولین حفاری در معدن است.

•زمان لازم برای این مرحله ۱-۱۰ سال و هزینه ۱-۲۰میلیون دلار است.

طبقه بندی روش های استخراج

•عده ای از مولفان روش های استخراج را با توجه به نوع ماده معدنی فلزی و غیرفلزی تقسیم کرده اند.

•عده ای عمق نسبی را معیار قرار داده اند.

•عده ای دیگر اندازه و شکل ذخیره مثل رگه ای و توده ای بودن را معیار قرار داده اند.

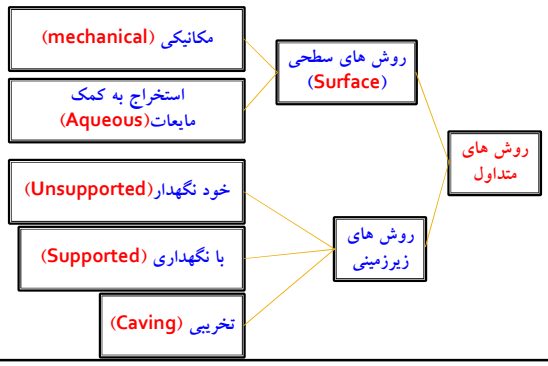
•معمولی ترین طبقه بندی توسط هارتمن (Hartman) ارائه شده است.

TABLE 3.1 Classification of Mining Methods

Acceptance/Locale	Class	Subclass	Method*	Commodities	Relative Cost
Traditional					
Surface	Mechanical	—	* Open pit mining	Metal, nonmetal	10%
			Quarrying	Nonmetal	100
			* Open cast mining	Coal, nonmetal	10
			Auger mining	Coal	5
	Aqueous	Placer	Hydraulicking	Metal, nonmetal	5
			Dredging	Metal, nonmetal	<5
		Solution	Borehole mining	Nonmetal	5
			Leaching	Metal	5
Underground	Unsupported	—	* Room and pillar mining	Coal, nonmetal	30
			* Stope and pillar mining	Metal, nonmetal	30
			Shrinkage stoping	Metal, nonmetal	50
			* Sublevel stoping	Metal, nonmetal	40
	Supported	—	Cut and fill stoping	Metal	60
			Stull stoping	Metal	70
			Square set stoping	Metal	100
	Caving	—	* Longwall mining	Coal	20
			Sublevel caving	Metal	50
			* Block caving	Metal	20
Novel	—	—	Rapid excavation	Noncoal (hard rock)	
			Automation, robotics	All	
			Hydraulic mining	Coal, soft rock	
			Underground gasification	Coal	
			Underground retorting	Hydrocarbons	
			Ocean mining	Metal	
			Nuclear mining	Noncoal	
			Extraterrestrial mining	Metal, nonmetal	

*Asterisks indicate the most important and commonly used methods.

روش های استخراج متداول



17

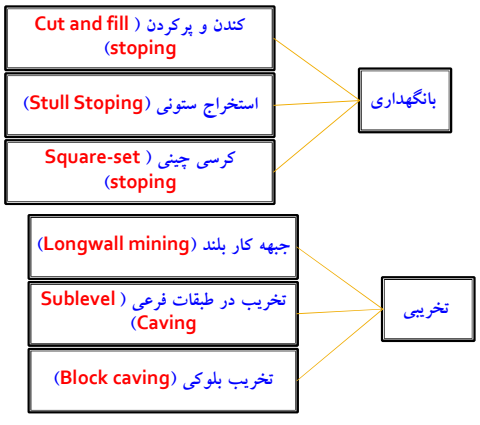
روش های مکانیکی

- استخراج روباز (Open pit mining)
- استخراج سنگ های ساختمانی (Quarrying)
- روش نواری (Open cast)
- روش کنتوری و آگر (Auger mining)

روش های استخراج به کمک مایعات

- شامل هیدرولیکی(Hydraulicing) و لایه روبی (Dredging)
- انحلالی (Solution): شامل استخراج گمانه ای (Borehole mining) و لیچینگ (Leaching)

18



19

20

روش های نوین

- حفر سریع (Rapid excavation)
- اتوماسیون با رباتها (Automation, robotics)
- روش های هیدرولیکی (Hydraulic mining)
- گاززدایی زیرزمینی (Underground gasification)
- معدن کاری اقیانوسی (Ocean mining)

21

روش استخراجی مسطحی

- این روش برای ذخائر لایه ای از جمله زغال که در منطقه کم ارتفاع و مسطح قرار گرفته باشد کاربرد دارد.
- این روش به دلیل ضخامت کم باطله و موقعیت توپوگرافی، کلیه زغالسنگ قابل استخراج خواهد بود.

روش استخراجی کنتوری

- این روش برای لایه های زغالی که در منطقه کوهستانی و مرتفع قرار گرفته باشد کاربرد دارد.
- در این روش ضخامت باطله روی زغالسنگ به حدی خواهد رسید که امکان استخراج همه زغال سنگ وجود ندارد.

22

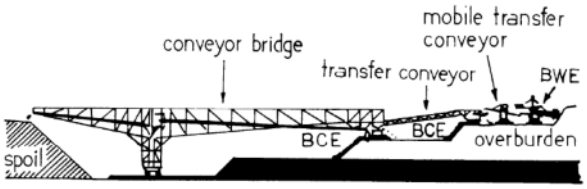


Fig. 13.3.13. Overburden bridge for BWE.

24

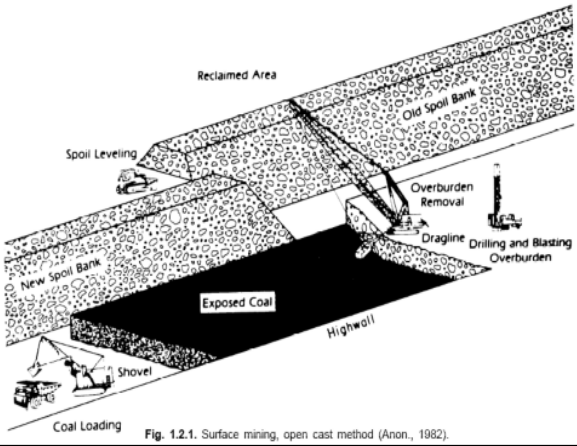


Fig. 1.2.1. Surface mining, open cast method (Anon., 1982).

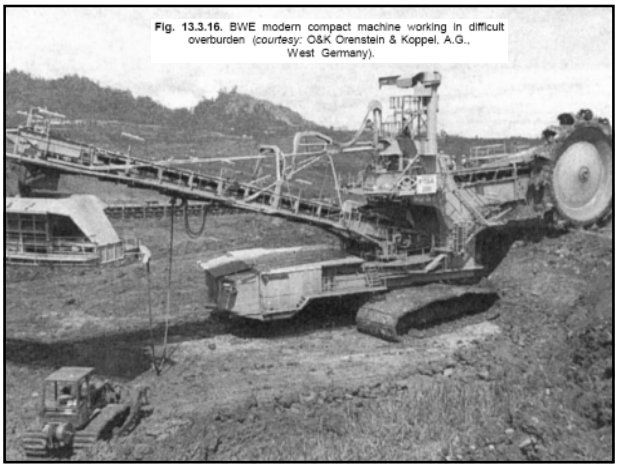
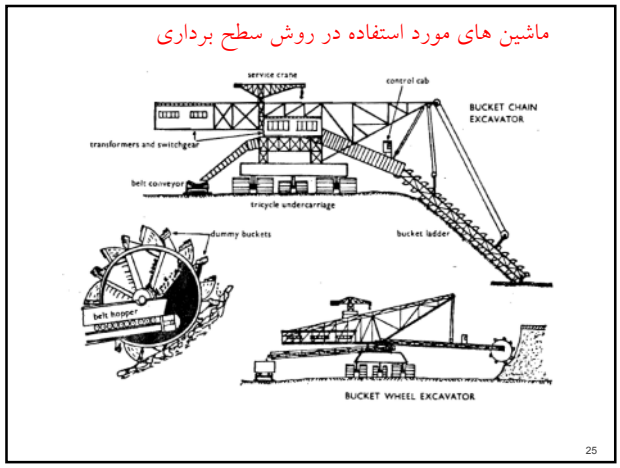
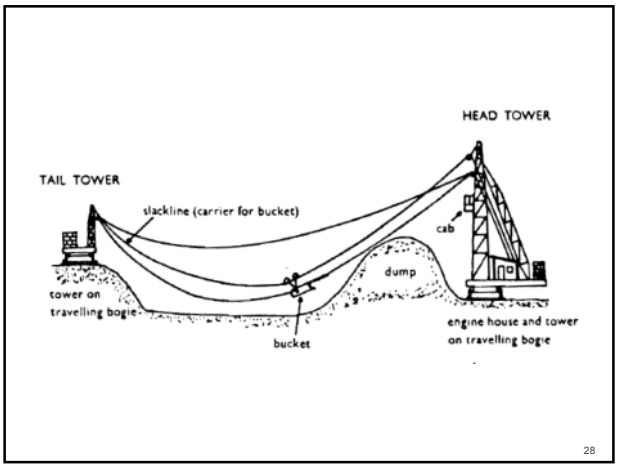
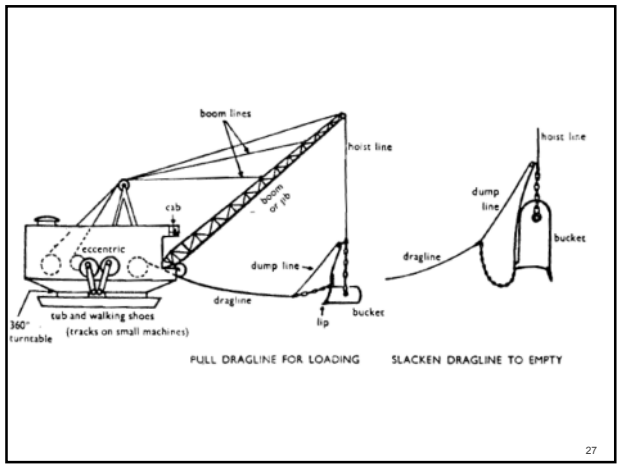


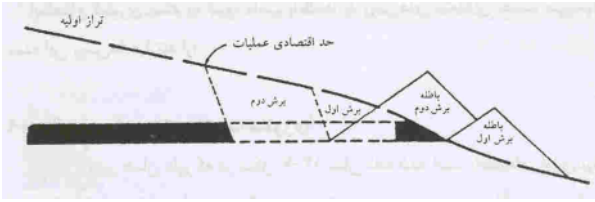
Fig. 13.3.16. BWE modern compact machine working in difficult overburden (*courtesy*: O&K Orenstein & Koppel, A.G., West Germany).

ماشین های مورد استفاده در روش سطح برداری

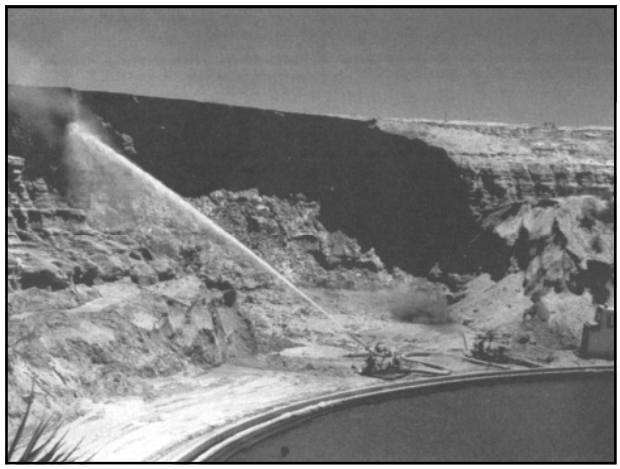








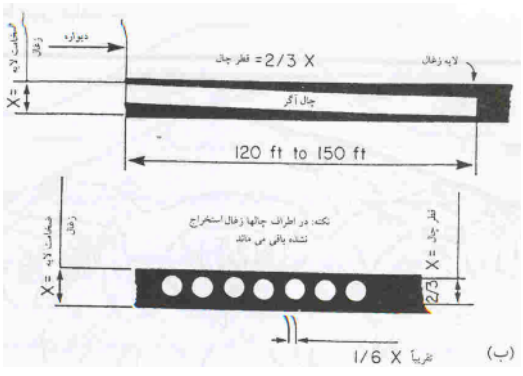
30



روش استخراج کواری

- این روش برای استخراج سنگ های ساختمانی از جمله مرمر، مرمریت، گرانیت و غیره کاربرد دارد.
- در این روش از مواد منفجره برای ایجاد سطح آزاد (Free face) استفاده می شود نه برای خرد کردن سنگ (Fragmentation).
- در بعضی شرایط از سیم برش برای استخراج استفاده می شود.

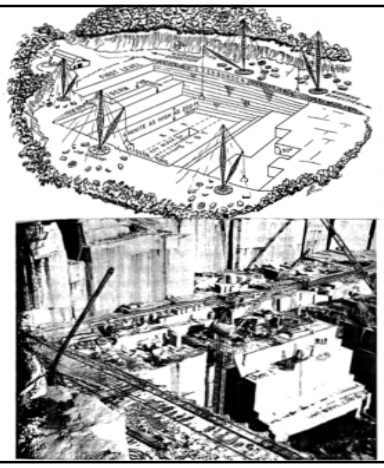
32



31

درج و روش هیدرولیکی

- روش درج بیشتر برای ذخائر آبرفتی (Alluvial deposits) کاربرد دارد.
- در روش درج با استفاده از لایه روب برای استخراج برخی فلزات گرانبها مثل طلا و نقره از کف رودخانه یا دریا استفاده می شود
- در روش هیدرولیکی با استفاده فشار آب برای استخراج برخی مواد نرم مثل زغالسنگ استفاده می شود.



33

مراحل استخراج در روش های سطحی

۱- آماده سازی سطح زمین (Preparing the surface)

۲- حفاری بر روی باطله یا ماده معدنی

۳- انفجار باطله یا ماده معدنی

٤- بارگیری باطله یا ماده معدنی

٥- حمل باطله یا ماده معدنی

٦- بازسازی معدن

35

حفاری و انفجار بر روی باطله یا ماده معدنی

- حفر چال ها معمولاً به کمک حفاری چرخشی (Rotary drills) و بعضاً در چال های با قطر کم از حفاری ضربه ای (Percussive drills) استفاده می شود. سنگ شکن اولیه معدن یکی از عوامل مهم در انتخاب ماشین حفاری، آرایش چال ها و نحوهٔ انفجار است.
- پس از حفر چال ها عملیات انفجار صورت می گیرد. نوع مواد منفجره و میزان مصرف، بستگی به جنس سنگ و میزان خردشدگی لازمه دارد.
- انفجار باید به گونه ای باشد که از انفجار ثانویه (Secondary blasting) استفاده نشود و دارای مینیمم پرتاب سنگ (Fly rock) باشد.
- غالباً در معادن سطحی از آنفو به دلائل ایمنی بالا، ارزانی و خردشدگی بهتر در انفجار استفاده می شود.

بارگیری و حمل باطله یا ماده معدنی

- باطله ها و مواد معدنی در روش سطح برداری غالباً به کمک لودر، شاول، اسکریپر، دراگلین انتقال داده می شود.
- در روش روباز معمولاً از شاول یا لودر یا ترکیبی از این دو استفاده می شود.
- حمل مواد در معادن سطحی به کمک کامیون، نوار نقاله (Belt conveyor)، نقاله هوایی (Ropeway) و ریل (Rail) انجام می گیرد.

37

روش استخراج روباز

تعاریف واژهای مورد استفاده در روش روباز:

پله (Bench): در روش روباز استخراج به کمک ایجاد پله انجام می گیرد.

دامنه پله (Bench face): سطحی که لبه پله (Bench crest) را به پای پله (Bench toe) وصل می کند.

ارتفاع پله (Bench height): فاصله عمودی بین لبه پله تا پای پله را ارتفاع پله می نامند. این فاصله بستگی ماشین حفاری، بارگیری و قوانین ایمنی موجود در معدن دارد.

عرض پله (Bench width):فاصله افقی بین پای پله یک پله تا لبه پله پایینی

38

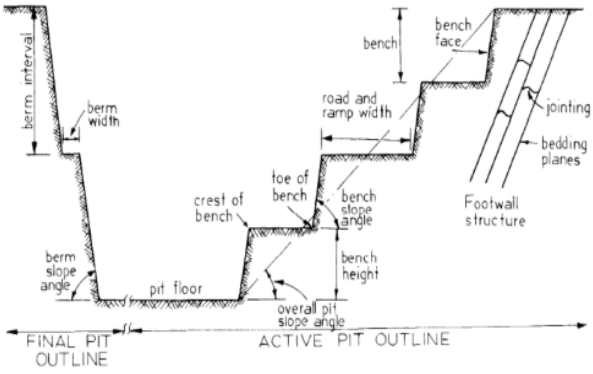
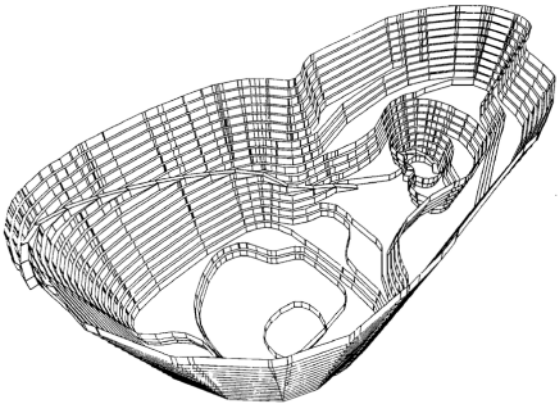
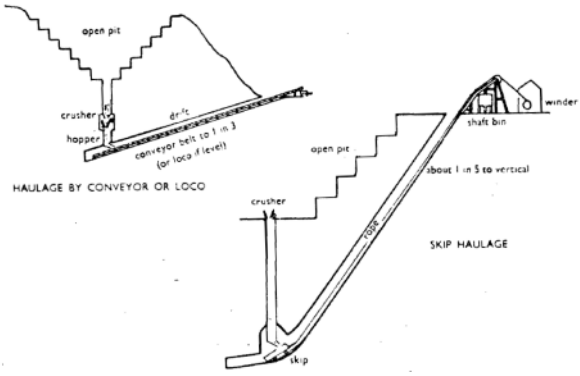


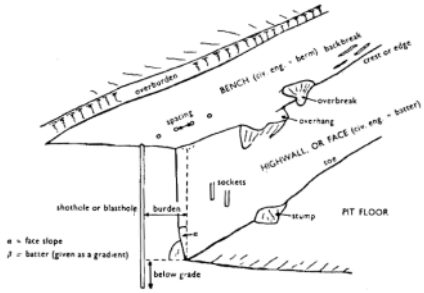
Fig. 13.1.1.2. Section through an open pit in an idealized tabular ore body.



39



42



41

عرض پله بستگی به پهنای ماشین آلات حفاری، بارگیری و حمل دارد

شیب پله (Bench slope): زاویه ای است که بین دامنه پله و افق بر حسب درجه

شیب نهایی معدن (Overal pit slope angle): زاویه بین خط واصل لبه بالاترین پله و پای پایین ترین پله با خط افق

پله ایمنی (Berm): به منظور افزایش پایدار شیب و ایمنی در معدن پله های ایمنی در دیواره معدن ایجاد می شوند شیب و عرض این پله ها به شرایط ژئوتکنیکی معدن دارد.

دیواره بالایی (Hanging wall) و دیواره پایینی (Foot wall): در معادن روباز سنگ های بالای ماده معدنی دیواره بالایی یا کمربالا و سنگ های زیرین را دیواره

پوشان سنگ (Over burden): به باطله های روی ماده معدنی که بایستی برداشته شوند تا به ماده معدنی دسترسی حاصل شود پوشان سنگ می نامند.

عیار (grad): مقدار فلز موجود در ماده معدنی

ماده معدنی (Ore body): به توده سنگ حاوی کانی که از نظر عیار و تناژ در وضعیتی باشد که استخراج آن مقرون به صرفه باشد.

44

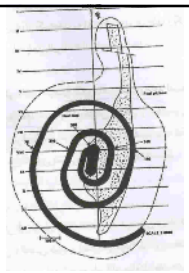
رمپ (Ramp)

- پله ها در معادن روباز به صورت حلزونی (Spiral system) یا زیگزاگی (Zig-Zag) به هم مرتبط می شوند.
- انتخاب هر یک از این دو روش بستگی به عوامل زیر دارد:

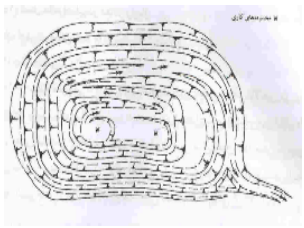
a) عمق معدن: با عمیق تر شدن معدن، در روش حلزونی فاصله افزایش می یابد لذا روش زیگ زاگی مناسب تر است.

b) از آن جا که کمر پایین ماده معدنی سخت تر است نسبت به کمربالا، لذا جاده بایستی در کمرپایین ایجاد شود در نتیجه جاده زیگزاگی مناسب تر است

c) در معادن با شیب زیاد عرض پله های و عرض جاده بایستی کم باشد از آن جا که جاده های زیگزاگی در سر پیچ نیاز به عرض زیاد هستند لذا مناسب نیستند.

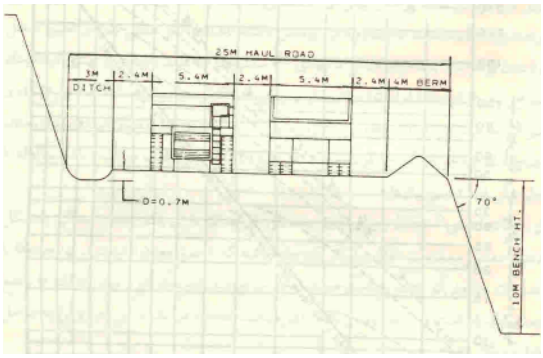


حلزونی (Spiral system)



زیگزاگی (Zig-Zag)

- شیب جاده معدن بین ۸ تا ۱۲ درصد می باشد.
- عرض جاده ها بستگی به عرض کامیون های مورد استفاده در معدن دارد. عرض بهینه جاده ها ۳/۵ برابر عرض کامیون است. این مقدار در سر پیچ قدری زیادتر است.
- در صورتی که جاده دارای آبرو (Ditch) و دیواره اطمینان (Berm) باشد این فاصله حدوداً ٤/٥ برابر عرض کامیون است.



نسبت باطله برداری به ماده معدنی متوسط یا سرجمع (Average or Overall stripping ratio)

•نسبت باطله برداری متوسط یا سرجمع بیانگر نسبت میزان کل باطله برداری از پیت به میزان کل ماده معدنی قابل استخراج :

$$OSR \text{ or } ASR = \frac{W}{O}$$

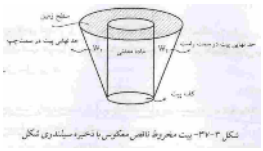
W: مقدار باطله

O: مقدار ماده معدنی

مثال: چنانچه فرض شود در کل عمر معدن به ازاء ۵ میلیون تن کانسنگ ۱۰ میلیون تن باطله برداشت شده است. نسبت باطله برداری متوسط عبارت است از:

$$OSR = \frac{W}{O} = \frac{10}{5} = \frac{2}{1} = 2:1$$

در صورتی که ماده معدنی را به صورت استوانه ای شکل و شکل پیت را به صورت مخروط ناقص (Inverse truncated cone) فرض کنیم در این صورت نسبت باطله برداری عبارت است از:



$$OSR = \frac{V_p - V_o}{V_o}$$

V_p: حجم پیت

V_o: حجم ماده معدنی

$$V_O = \pi r^2 h$$

h: ارتفاع ماده معدنی

r: شعاع ذخیره سیلندری

$$V_p = V_{LC} - V_{SC}$$

V_{LC}: حجم مخروط بزرگ

V_{SC}: حجم مخروط کوچک

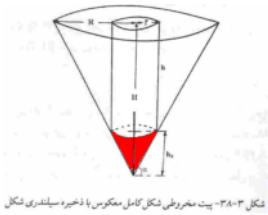
$$V_{LC} = \frac{1}{3}\pi R^2 H$$

H: ارتفاع مخروط کامل شده

R: شعاع پیت

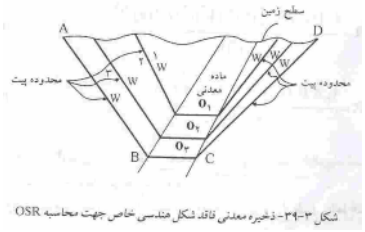
$$V_{SC} = \frac{1}{3}\pi r^2 h_a$$

h_a: ارتفاع مخروط اضافه شده



$$OSR = \frac{V_p - V_o}{V_o} \Rightarrow OSR = \frac{[\frac{1}{3}\pi R^2 H - \frac{1}{3}\pi r^2 h_a] - \pi r^2 h}{\pi r^2 h}$$

در صورتی که ماده معدنی از شکل خاصی تبعیت نکند می توان با بلوک بندی ذخیره و اندازه گیری تناژ آنها OSR را به صورت زیر محاسبه کرد:



$$OSR = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{O_1 + O_2 + O_3}$$

روش های نسبت باطله برداری به ماده معدنی

چهار نوع نسبت باطله برداری به ماده معدنی ممکن است در طراحی معادن برنامه ریزی شود که عبارتند از:

۱- روش نزولی نسبت باطله برداری به ماده معدنی (Declining stripping ratio)

۲- روش صعودی نسبت باطله برداری به ماده معدنی (Increasing stripping ratio)

۳- نسبت باطله برداری به ماده معدنی ثابت (Constant stripping ratio)

٤- روش فازبندی (Phased stripping ratio)

53

روش نزولی نسبت باطله برداری به ماده معدنی

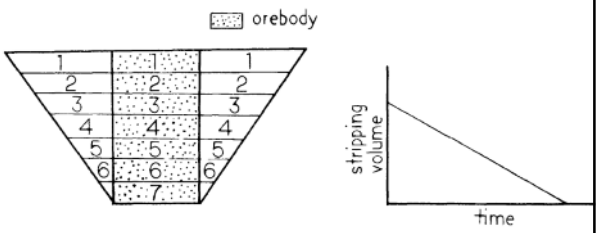


Fig. 13.1.1.5. Declining stripping ratio method.

54

- در این روش کلیه ماده معدنی مربوط به هر پله قبل از استخراج پله بعدی استخراج می شود. باطله های هر پله تا حد نهایی معدن برداشت می شوند.

مزایای این روش:

۱- فضای کافی جهت ماشین آلات ۲- ایمنی بالا ۳- هزینه های استخراج در سال های آخر کم

معایب روش:

۱- هزینه و زمان باطله برداری در سالهای اولیه زیاد است.

۲- حجم سرمایه گذاری اولیه بالاست به همین دلیل صاحبان معدن کمتر بدان علاقه نشان می دهند.

55

روش صعودی نسبت باطله برداری به ماده معدنی

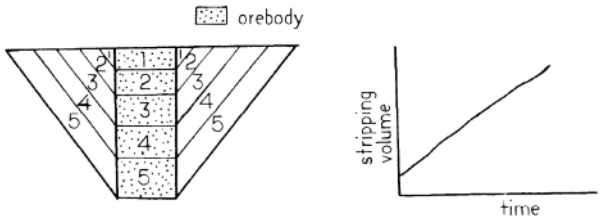


Fig. 13.1.1.6. Increasing stripping ratio method.

56

در این روش باطله برداری در حدی انجام می گیرد که نیاز است تا به ماده معدنی دسترسی حاصل شود.

مزایای این روش عبارت است از:

۱- به ماشین آلات کمتری در سال های اول نیاز است

۲- سرمایه گذاری اولیه کمتری در سال های اول نیاز است

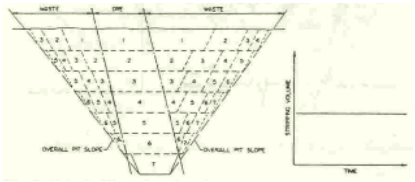
۳- به علت دسترسی سریع به ماده معدنی درآمد معدن در سال های اول زیاد است. بنابراین به علت برگشت سریع سرمایه اولیه معدن این روش مورد علاقه صاحبان معدن است.

معایب روش عبارت است از:

۱- غیرتکنیکی بودن روش

۲- بعلت کوچک بودن فضای عملیاتی امکان حادثه زیاد است و دسترسی به تولید مورد نیاز به علت کوچک بودن فضا از دیگر دشواری های روش

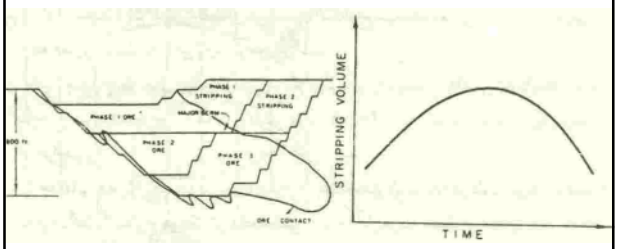
روش نسبت ثابت باطله برداری به ماده معدنی



- در این روش میزان باطله برداری در مدت عملیات (عمر معدن) ثابت و بر اساس نسبت کلی انجام می گیرد. از محسنات این روش آن است که دو حالت افراط و تفریط روش های قبلی را ندارد.
- در این روش تجهیزات و تعداد ماشین آلات و تعداد پرسنل نسبتاً در مدت استخراج ثابت خواهند بود.

58

روش فازبندی



59

- بهترین حالت برای روش روباز روش فازبندی است، بنحوی که میزان باطله برداری در سال های اولیه کم و با افزایش زمان تا میانه عمر معدن افزایش و سپس با نزدیک شدن به انتهای عملیات حجم باطله برداری مجدداً کاهش می یابد.

مزایای روش:

۱- در کوتاه مدت می توان به سود بیشتری دسترسی پیدا نمود

۲- تعداد پرسنل و تجهیزات مورد نیاز معدن بتدریج تامین می شوند و با نزدیک شدن به آخر عمر معدن به تدریج کاهش می یابند.

۳- عملیات استخراج ماده معدنی و باطله برداری همزمان و بطور مجزا می تواند انجام گیرد و این امر انعطاف پذیری برنامه ریزی را افزایش خواهد داد.

60

عملیات معدن کاری زیرزمینی

عملیات معدن کاری به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- عملیات تولیدی (Production Operation)

۲- عملیات جنبی (Auxiliary operation)

عملیات تولیدی شامل فعالیت هایی که به طور مستقیم با چرخه اصلی تولید ماده معدنی نقش داشته باشد.

production cycle=drill+blast+load+haul

باربری + بارگیری + آتشباری + چالزنی= چرخه تولید

61

عملیات جنبی

- عملیاتی هستند که مستقیماً در تولید نقش ندارند تنها به چرخه تولید کمک می کنند.
- این عملیات شامل:

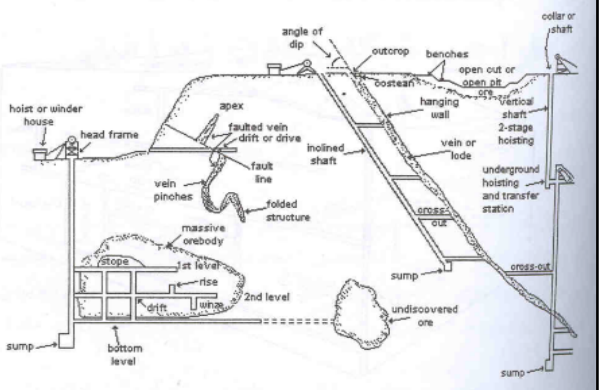
تامین نگهداری سقف (Support)، تهویه (Ventilation)، برق (Power Supply)، آبکشی (Pumping)، تعمیر و نگهداری (Maintenance)، روشنایی (lighting)، مخابرات (Communications)، هوای فشرده (compressed air)، کنترل نشست زمین (Subsidence) و ...

62

آماده سازی

- برای دسترسی به ماده معدنی فضاهای در ماده معدنی ایجاد می شود که به مجموعه آنها آماده سازی یا تجهیز معدن اطلاق می شود.
- اولین مرحله از آماده سازی بازکردن معدن (Opening) است.
- بازکنندهای اصلی معدن تونل، چاه شیبدار، چاه قائم و رمپ هستند.

63

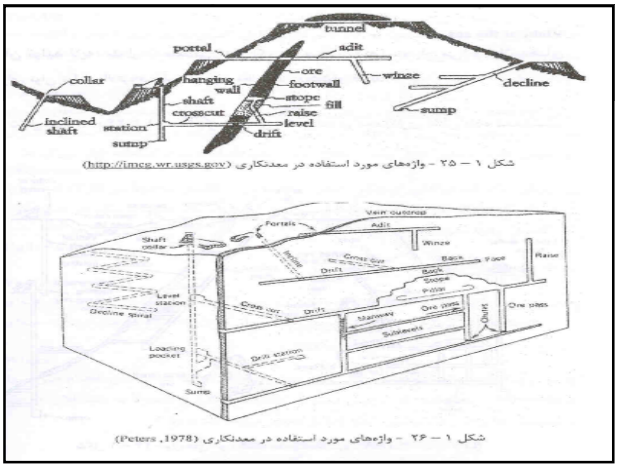


شکل ۱ – ۲۴ - واژه‌های مورد استفاده در معدنکاری (Lewis, Clark, 1964)

عوامل موثر بر جانمایی فضاهای آماده سازی

- طول بازکننده ها کمترین مقدار را داشته باشد.
- دهانه در مسیر سیلاب نباشد.
- فضای کافی در جلوی بازکننده وجود داشته باشد.
- سهولت در خدمات رسانی و حمل و نقل
- توجه به پتانسیل ریزش سنگ و یا سقوط بهمن

66



شکل ۱ – ۲۵ – واژه‌های مورد استفاده در معدنکاری (http://imcg.wr.usgs.gov)

شکل ۱ – ۲۶ – واژه‌های مورد استفاده در معدنکاری (Peters ,1978)

باز کردن کانسار توسط چاه قائم

- چاه قائم برای کانسارهای بزرگ، عمیق، با نرخ تولید بالا به کار برده می شود.
- از نظر ایمنی برای هر معدن دو چاه(یکی ورود هوای تمیز و دیگری خروج هوای کثیف) در نظر گرفته می شود.
- مهمترین عوامل موثر در انتخاب محل چاه:

۱- اصل تعادل ممان ذخایر

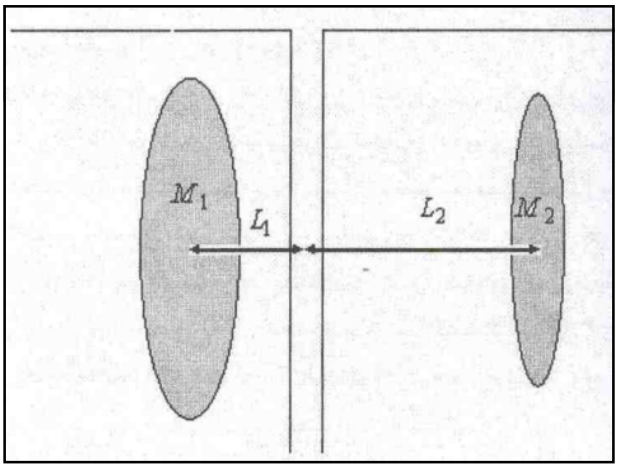
$$M_1L_1 = M_2L_2 \Rightarrow \frac{M_1}{M_2} = \frac{L_2}{L_1}$$

براساس این اصل چاه بایستی نزدیک ذخیره بزرگتر باشد

$$\frac{M_1 + M_2}{M_2} = \frac{L_1 + L_2}{L_1}$$

$$\Rightarrow \frac{M_1 + M_2}{M_2} = \frac{L}{L_1}$$

67



۲- رعایت حریم چاه

•مقدار ماده معدنی که به عنوان حریم حفاظتی چاه و تاسیسات سر چاه جایگزاری می شود حریم چاه می نامند.

•حریم چاه مخروطی فرض می شود که زاویه مخروط به جنس سنگ بستگی دارد.

•در سنگ های سخت زاویه این مخروط بیشتر است نسبت به سنگ های نرم

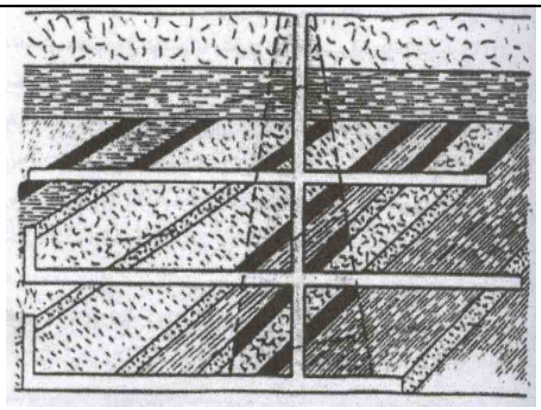
•هر چقدر چاه عمیق تر باشد حریم چاه بیشتر خواهد بود.

•حفر چاه باید در خارج محدوده نشست ناشی از معدن کاری قرار گیرد.

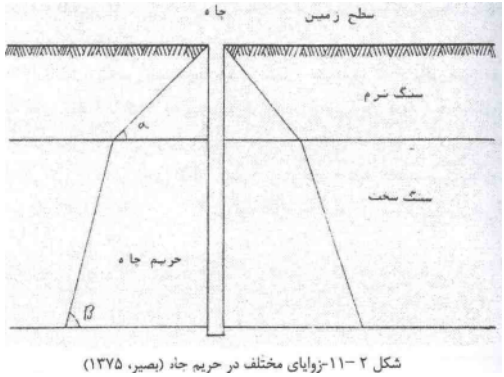
•اگر کانسار دارای حالت طاقدیس و یا ناودیس باشد به دلیل کاهش فشار و ضایعات کمتر ماده معدنی، چاه در طاقدیس ایجاد می شود.

•بهتر است چاه در کمر پایین ماده معدنی ایجاد شود. تا تحت تاثیر نشست ها و حرکات معدن کاری قرار نگیرد.

69

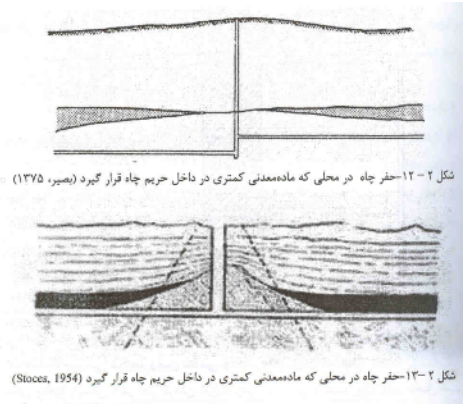


70



شکل ۲ –۱۱-زوایای مختلف در حریم جاه (بصیر، ۱۳۷۵)

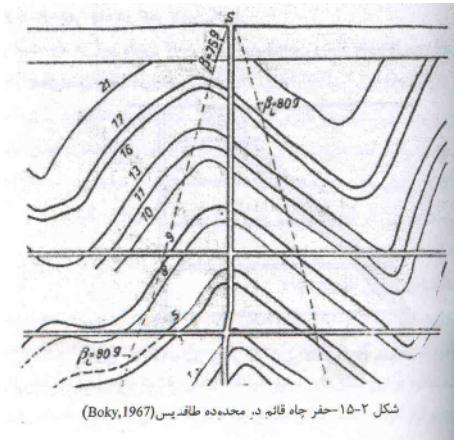
71



شکل ۲ – ۱۲-حفر چاه در محلی که ماده‌معدنی کمتری در داخل حریم چاه قرار گیرد (بصیر، ۱۳۷۵)

شکل ۲ –۱۳-حفر چاه در محلی که ماده‌معدنی کمتری در داخل حریم چاه قرار گیرد (Stoces, 1954)

72

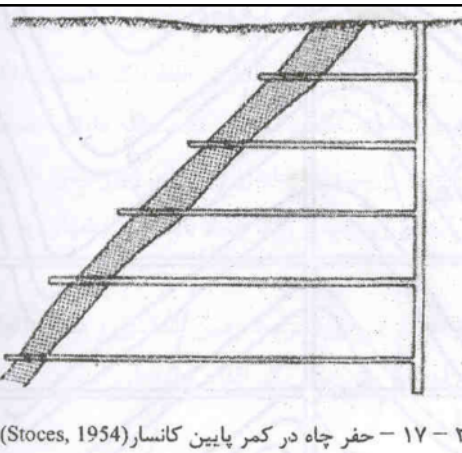


شکل ۲-۱۴-حفر چاه در خارج محدوده نشست(Stout, 1980)

73

شکل ۲-۱۵-حفر چاه قائم در محدوده طاقدیس(Boky,1967)

74



شکل ۲ – ۱۷ – حفر چاه در کمر پایین کانسار(Stoces, 1954)

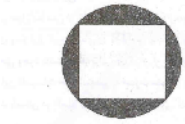
شکل ۲ – ۱۶-حفر چاه قائم در محدوده ناودیس(Boky,1967)

75

شکل مقطع چاه

- شکل مقطع چاه دایره، مستطیل، مربع، ذوزنقه، بیضی، هشت ضلعی است. ولی بیشتر از مقاطع دایره و مستطیل و مربع استفاده می شود.
- سطوح مستطیلی، سهولت نگهداری آن با چوب از امتیازات آن است
- سطح مفید قابل استفاده در مقاطع مربعی بیشتر از مقاطع دایره ای است. اگر شعاع دایره را R بنامیم این سطح تقریباً ۳۰٪ است:

$$\pi R^2 - (R\sqrt{2})^2 = 1.1R^2 \qquad \frac{1.1R^2}{\pi R^2} \cong 30\%$$



شکل ۲-۱۸-سطح بدون استفاده از یک چاه با سطح مقطع دایره‌ای

77

مزایای سطوح دایره ای نسبت به مستطیلی

- پخش یکنواخت فشار اطراف چاه دایره ای
- کاهش هزینه آتشکاری مقطع دایره ای نسبت به مستطیلی
- مقاومت کمتر در مقابل عبور هوا
- مقاومت بیشتر وسایل نگهداری اطراف چاه
- نسبت محیط به سطح کمتر، در نتیجه هزینه نگهداری کمتری نیاز دارد
- در زمین های سست و آبدار مقطع دایره ای مناسب تر است. در مواردی که سنگ پایدار است (معادن فلزی) مقطع چهارگوش مناسب است

78

عوامل موثر بر تعیین سطح مقطع چاه

۱- اندازه تجهیزات بالابر و تعداد آنها

۲- فاصله بین قفس یا اسکیپ با پوشش

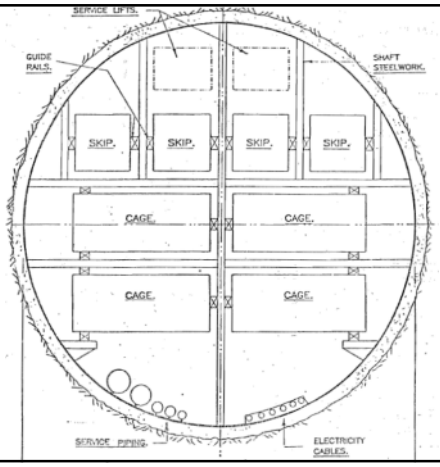
۳- فاصله ۲۰۰ میلیمتر بین دو قفس یا اسکیپ یا قفس با اسکیپ

٤- سطح لازم برای تجهیزات نصب شده در چاه از قبیل لوله های مختلف آب، هوا و کابل های مختلف

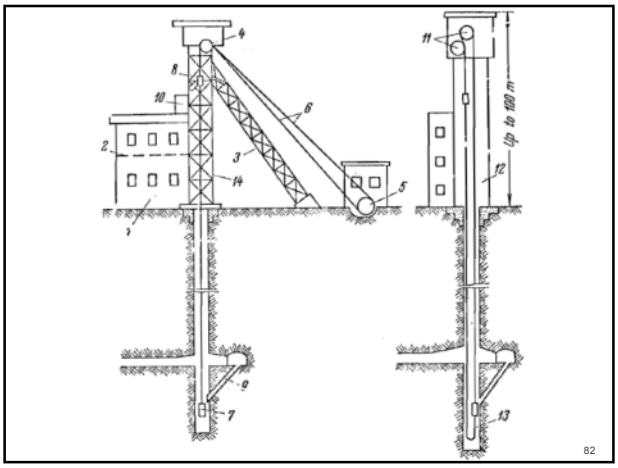
۵-فضای لازم برای نصب نردبان جهت عبور و مرور افراد

٦- سطح مقطع مفید لازم برای عبور هوا

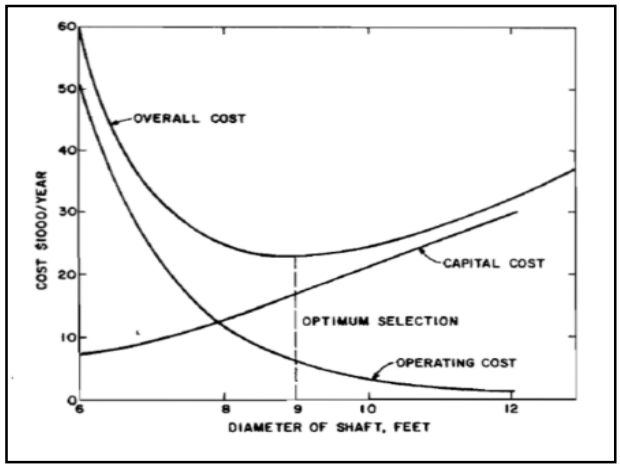
79

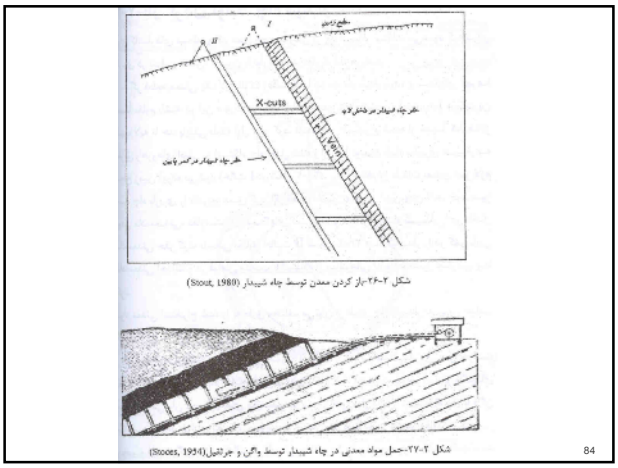


80



82





شکل ۲-۲۶-باز کردن معدن توسط چاه شیبدار (Stout, 1980)

شکل ۲-۲۷-حمل مواد معدنی در چاه شیبدار توسط واگن و چرخ‌الیل (Stoces, 1954)

84

بازکردن توسط چاه شیبدار

- برای کانسارهای مسطح و کم عمق نظیر زغال استفاده می شود.
- اگر بنا به دلایلی همچون آبدار بودن لایه، خودسوز بودن و مقاومت کم سنگ های کمربالا نتوان چاه شیبدار را در داخل ماده معدنی ایجاد کرد باید در کمرپایین ایجاد شود و از طریق میان بر به ماده معدنی وصل شود.
- حفر چاه شیبدار در لایه، منظم بودن لایه را می طلبد.
- مواد معدنی به طرق زیر به بیرون از معدن انتقال داده می شوند:

۱- واگن: شیب کم

۲-اسکیپ: در شیب ٤٠ تا٤٥ درجه

۳- نوار نقاله: ۱۸تا۲۲ درجه

٤- وسایل چرخ لاستیکی:کمتر از ۱۰ درجه

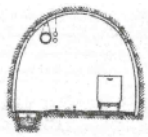
83

بازکردن توسط تونل

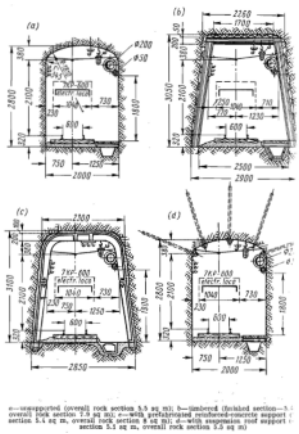
- تونل یک دهانه یا دو دهانه وقتی بکار می رود که کانسار دارای رخنمون باشد و در منطقه کوهستانی قرار گرفته باشد.
- تونل می تواند عمود بر لایه، در امتداد لایه و یا به شکل شیب دار نسبت به امتداد حفر شود.

مهمترین پارامترهای که در مورد تونل می توان مدنظر قرار داد عبارتند از:

انتخاب محل- شیب - شکل مقطع- اندازه سطح-روش حفر- نگهداری



85



86

انتخاب محل حفر

۱- از نظر اقتصادی بایستی کوتاه ترین فاصله را با راهروهای آماده سازی داشته باشد

۲- زمین شناسی منطقه بایستی مورد توجه قرار گیرد

۳- نقطه شروع بایستی تا حد امکان پایین انتخاب شود تا ماده معدنی بیشتری را استخراج کرد

٤- محوطه کافی برای احداث ساختمانها و تاسیسات

٥- دهانه تونل بالاتر از آخرین حد سیلابها باشد.

- شیب تونل ها به واسطه خروج آب و واگن های پر تحت نیروی وزن ۳ تا ۵ در هزار انتخاب می شود.

87

- شکل مقطع تونل به صورت مربع، مستطیل، ذوزنقه، دایره، و قوسی و ...

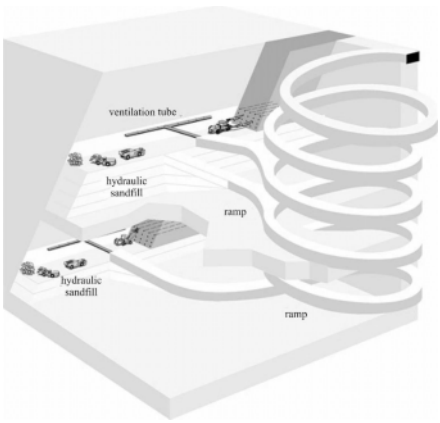
مزایای تونل های افقی نسبت به چاه:	معایب تونل های افقی نسبت به چاه:
▪کمتر بودن هزینه حفر (یک چهارم چاه)	▪طول تونل برای رسیدن به ماده معدنی زیادتر است
▪تجهیزات و خدمات ساده تر از چاه	▪قابل استفاده در مناطق کوهستانی
▪سرعت حفر زیادتر	▪هزینه نگهداری زیاد
▪افقی بودن مسیر حمل و نقل	▪برای دسترسی به کانسارهای عمیق باید از روش های دیگر استفاده کرد
▪باربری پیوسته	
▪آبکشی تحت نیروی ثقل	

88

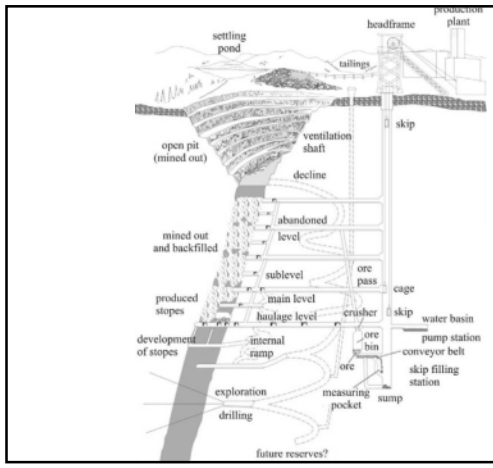
بازکردن توسط رمپ

- رمپ گالری شیبداری است در کمرپایین ماده معدنی که حمل و نقل در آن به وسیله کامیون انجام می شود.
- از رمپ بیشتر برای معدنی که روش استخراج آنها ترکیب روباز و زیرزمینی است استفاده می شود.
- رمپ به دو صورت مارپیچی و زیگزاگی ایجاد می شود.
- از مزیت های رمپ این است که می توان مواد استخراجی را تا محل تخلیه باطله یا کارخانه فرآوری انتقال داد. از معایب آن استهلاک زیاد کامیون ها است.

89



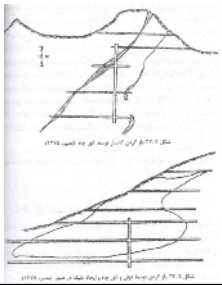
90



91

بازکردن از طریق چاه کور

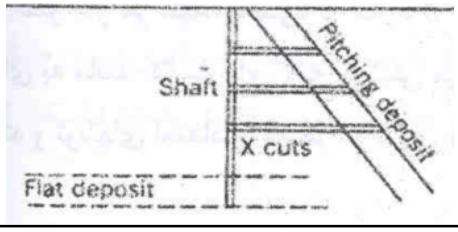
در صورتی که سطح زمین مقدار زیادی باطله پوشانده باشد برای برقراری ارتباط با کانسار از راه حل مرکب تونل–چاه کور استفاده می شود.



92

بازکردن کانسارهای لایه ای

- بازکردن این کانسارها بستگی به شیب لایه، عمق و توپوگرافی سطح دارد.
- اگر منطقه کوهستانی باشد بهترین راه تونل است.
- برای کانسارهای عمیق افقی و کانسارهای قائم یا پرشیب از چاه قائم استفاده می شود. این روش دارای تولید و عمر زیاد است.

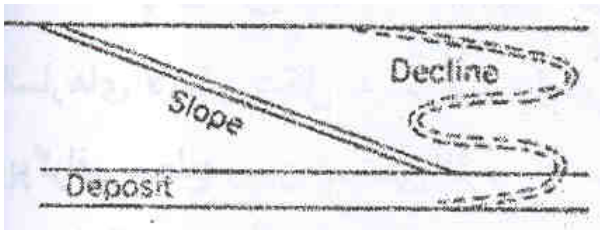


93

- از چاه شیبدار برای کانسارهای با شیب متوسط (۳۰ تا ۷۰ درجه) استفاده می شود. این روش دارای عمر کم تا متوسط است. این روش دارای آماده سازی افقی کم و در حین آماده سازی تولید کم وجود دارد.

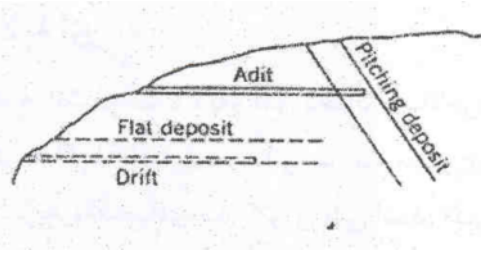
94

- از تونل شیبدار برای باربری متوسط از نوار نقاله (شیب حدود ۲۰ درجه) یا کامیون (شیب کمتر از ۱۲ درجه) استفاده می شود. این روش برای کانسارهای افقی کم عمق مناسب است و دارای تولید متوسط تا بالا و عمر زیاد می باشد.



95

- تونل موازی یا داخل لایه با باربری توسط نوار نقاله، کامیون و قطار استفاده می شود. این روش برای کانسارهای کم عمق دارای رخنمون افقی و یا پر شیب مورد استفاده قرار می گیرد.این روش دارای تولید و عمر زیاد می باشد.



96

مقایسه روش های مختلف بازکردن

فاکتور مورد مقایسه	چاه قائم	چاه شیبدار	رمپ
قدمت	قديمي ترين	جديد	جديدترين
سرمايه	زياد	متوسط	كم
شيب	90 درجه	20 تا 22	1:9
عمق	زياد	200 تا 350متر	200 تا 350متر
توليد	زياد	متوسط	زياد
عمر	زياد	كم	كم
وسيله حمل و نقل	اسكيپ و قفس	اسكيپ و قفس و نوار نقاله	كاميون
مصرف سيم بكسل	كم	خيلي زياد	-
هزينه پيشروي	پرهزينه	كم هزينه	كم هزينه
كنترل پيشروي	نسبتاً آسان	كمي مشكل	خيلي مشكل
نصب وسايل نگهداري	مشكل و وقت گير	آسان و سريع	آسان و سريع

97

فاکتور مورد مقایسه	چاه قائم	چاه شیبدار	رمپ
وضعيت تهويه	عالي	عالي	خوب
تعميرات	مشكل	آسان	خيلي آسان
سرعت حمل	خيلي بالا	كند	متوسط
احتمال تصادفات	خيلي كم	متوسط	زياد
تاسيسات مورد استفاده	بسيار پيچيده	پيچيده	ساده
فاصله حفر از كمرپايين	15 تا 30متر	15 تا 30متر	15 تا 30متر
حجم كانسار	زياد	كم	زياد

98