

国外井巷掘砌施工经验

(1950年伦敦建井会议报告文集)



中国工业出版社

国外井巷掘砌施工经验

(1959年倫敦建井會議報告文集)

程义法 小 桥 吳 京 翻譯
潘靜瀾 吳理云 米汉云

程义法 小 桥 审校

中国工业出版社

SYMPOSIUM ON SHAFT
SINKING AND TUNNELLING
OLYMPIA LONDON 1959

* * *

国外井巷掘砌施工经验
(1959年伦敦建井会议报告文集)

程义法 小 桥 吳 京 翻譯
潘靜瀾 吳理云 米汉云
程义法 小 桥 审校

*

煤炭工业部书刊編輯室編輯(北京东长安街煤炭工业部大楼)
中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)
北京市书刊出版业营业許可証出字第110号
中国工业出版社第一印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $23^{5/8}$ ·插頁 4·字数476,000
1965年 8 月北京第一版·1965年 8 月北京第一次印刷
印数0001—1,140·定价(科六)2.90元

*

統一书号: 15165·3945(煤炭-281)

譯 者 的 話

为了使我国建井工作者了解国外建井施工技术情况及发展趋势，我們应煤炭工业部书刊編輯室之約，翻譯了《国外井巷掘砌施工經驗》（1959年伦敦建井會議報告文集）一书。

这本书汇集了荷兰、比利时、澳大利亚、英、美等十几个国家的施工技术、科研成果和技术发展等方面的二十五篇报告，其中包括世界最深的立井、金属矿反井、水力发电站地下工程、长隧道和大峒室的施工經驗，以及特殊施工法的改进途径等。这本书可供我国采掘工业部門的管理干部、工程技术人员、科学研究和教学工作人員参考。我們希望讀者对本书內容采取分析的态度，結合具体情况加以吸收。

在审校工作中，按照少而精和便于閱讀比較的要求，对譯文作了改編：刪減了一些不必要的段落或詞句；按立井掘进、岩巷掘进、特殊凿井和其它等四部分，重新作了分类編排。

由于譯校者能力所限，遺漏錯誤在所难免，殷切希望讀者批評指正。

目 录

譯者的話

第一部分 立 井 掘 进

1. 南非的凿井技术·····	1
2. 法国稜士矿区十九号井的开凿技术·····	22
3. 比利时的暗井和反井掘砌方法·····	33
4. 加拿大的凿井技术·····	46
5. 瑞典的开凿反井和立井施工技术·····	57

第二部分 岩 巷 掘 进

6. 法国北部和巴代卡莱煤矿的岩巷掘进·····	69
7. 西德煤矿的岩巷掘进·····	93
8. 英国煤矿的岩巷掘进·····	120
9. 美国的隧道掘进·····	135
10. 加拿大的岩巷掘进·····	145
11. 澳大利亚雪山区水电计划的地下工程·····	162
12. 比利时煤矿在軟岩內开掘大断面圆形石門用混凝土块作支护·····	178

第三部分 特 殊 凿 井

13. 西德煤矿的凿井技术·····	190
14. 荷兰煤矿的凿井方法·····	208
15. 岩石冻结法的理論研究·····	237
16. 1947年以来英国的凿井情况·····	253
17. 波兰的凿井問題·····	269
18. 匈牙利在井筒和隧道中使用膨潤土注浆的經驗·····	278
19. 注浆凿井法的历史·····	289
20. 波兰在凿井中克服困难的实例·····	305

第四部分 其 它

21. 比利时在不停止生产的条件下用冻结法改建井筒·····	315
22. 英国井巷掘进中的爆破技术·····	323
23. 立井和岩巷高速施工的新机械·····	338
24. 南非金矿区联合組織对于开凿新井的计划工作·····	347
25. 英国煤矿井巷掘进中的技术分析·····	358

第一部分 立井掘进

1. 南非^①的凿井技术

H. 麦克康纳奇

一、緒言

在过去十年中，南非采矿工程的最大进展是凿井技术；昔年月进91.5米已经算是满意的速度。那时南非所用的凿井方法没有什么进步，不能与开卷技术的进步相比拟。1932年，某一立井在一个月中曾凿进128米；十九年后即1951年，另一立井达到153.6米。在这期间的凿井施工中积累了许多经验。由于试验工作及对凿井技术的重视，在近六年中，凿井技术即有了突出的进步。最高成果是月进254.2米的世界纪录。该井为混凝土井壁，净径8.4米。采矿界现在的观点是：“今日之记录即为明日之标准”。展望未来，确信凿井速度将可达到月进千呎（305米），而且可以成为一般的正常速度。

在初始时期，南非金矿所开井筒一般都是有5~7个分间的木框架、长方形井筒；由于施工不难；而且由于安装框架与掘进同时施工，井筒凿完后很短时间即可交付使用。从方井并筒一侧开凿马头门、泵房等也很方便；而且，当必要时，将木框架井筒的一些分间钉以隔板可以作进风及出风隔间之用。这样对矿田的初期开拓工作也很有利。在此期间虽开凿了几个圆井，但是由于在砌壁时须要停止掘进，总的成井速度较低，故一般人不乐于采用。在1932年，采矿业活跃，开始大量建井。所有新井均为长方形断面，在东部地区的新井是快速而安全地完成任务，但在西部地区，由于井筒要穿过大量含水而又破碎的白云岩层，木框架方井的木质缺点很快即大为暴露；在不少立井施工中，建井公司不顾圆井须要掘砌单行作业的缺点而毅然决定采用圆形井筒。在此期间在浇灌混凝土时已开始采用钢质模板，但是除了一些小的改进外，在打壁座及砌壁时，掘进作业均须停止下来，以便在爆破后的碎岩堆上安设壁圈托盘及模板，单行作业的基本方法仍未改变。停止掘进作业的期间长短，决定于围岩的强度及岩壁的自持能力，有时段高只有一二米。混凝土浇灌后必须经过初凝才能拆除模板，然后再进行掘进工作；由于井壁距井底掘进面很近，因而要受以后几茬炮的震动影响。这些时间上的停顿以及在小断面井筒中下放、提出模板的不方便情况均影响掘砌的快速施工。此外在井筒掘砌完以后还须另外花几个月时间去进行井筒安装工作。

南非的工程师们早已看到圆井的优点：例如通风方便，强度大，适于松软及含水岩层，无火灾危险等等；但是由于成井速度低而抵消了优点；这种情况一直保持到1951年仍

^① 是在白人种族主义者统治下的南非。——译者

未改变。此后,在开凿一个 7.3 米直径的圆井时,开始采用了一种新的施工方法;就是将混凝土砌壁工作与掘进工作同时施工而将模板吊挂在已砌完的一段井壁上。掘进工作即在井底进行直到岩壁不能自恃之高度为止。将爆破后的岩石整平以后,全部托盘及 760 毫米高的模板即从上次砌壁面上松放开来、拆除原来模板上的销钉,借助于安在吊盘上的手稳车而将托盘模板等下放至井底工作面上。操平找正后,向模板后面浇灌加有速凝剂的混凝土,浇灌完了即开始清除托盘下面的井底矸石。下次爆破时,托盘模板等留在原砌壁面上以保护混凝土井壁;当爆破后装岩时以及在下一循环的爆破、装岩时,又有几圈模板每圈各高 760 毫米自上一段井壁上松开,下放到新一段井壁部分,混凝土浇灌工作与井底打眼工作同时进行,使用掘进吊桶自地面下送混凝土。上述工序重复进行直至全部段高的混凝土浇灌工作完成为止;模板一直就留在原井壁部分直到掘进完一段,下一段再砌壁时才行松放下降。采用这样施工法只有在整平岩石,立托盘模板及浇灌壁圈混凝土时才影响掘进一二小时。这是在前法基础上的一大进步,这样,很明显的事实是圆井混凝土砌壁时快速施工的主要问题已经解决。然而这样施工法仍有一些缺点,表现在掘进工作仍须时常停顿,虽然时间很短,而且靠近掘进面的模板很易被放炮崩坏。进一步的提高改进工作发生在另一圆井施工过程中,该井采用了下述的施工方法:在井底掘进面之上 9.2 米高处将壁圈托盘吊起,并将其底部与岩帮卡紧固定后,方浇灌混凝土,这几个工序均在井底掘进面正常施工的同时进行。这样就克服了井底打壁座的缺点使砌壁技术提高,凿井速度加快;现在在圆形立井施工中,混凝土砌壁已经不再是一个配合操作而可独立进行操作了。

直到此时,装岩是用笨镐与铁锹。工程师们此时开始重视装岩工作的机械化问题;1946 年开始进行了对抓岩机的试验工作,然而由于种种原因未获成功。但是,试验却证明,只要机体的设计适合于抓岩机所在的工作环境,则在立井中可用机械化装岩;1949 年在另一个方井中对抓岩机的设计试验曾作了进一步的努力,尽管仍有不少缺点,但却取得很多经验。试验的方法是在末一架井框上悬吊一个框架,附有一个滑行小车,下面吊着一台气动抓斗式装岩机。此项创新性试验导致在圆形立井中应用的气动多叶片抓岩机的设计;此式圆井抓岩机挂在凿井吊盘末一层的下部,可以作半径方向及周边方向的运行,1952 年第一次在圆井中使用。此后对抓岩机又作了不少改进与发展,时至今日,除了一些小直径井筒外在立井中用抓岩机装岩已成为标准的施工措施。

由于圆形立井在钻眼、装岩及混凝土砌壁速度方面的提高,现在认为它最适宜于南非金矿,因为在许多情况下井筒必须穿过松软含水岩层而且矿井还须通过大量风流。近年来已经凿完及正在凿进的大多数井筒都是圆井的事实可以证明此点。方形立井的优点是可在其中修筑隔墙,使井筒二隔间分别作为进风间及回风间以便矿井初期开拓时的通风工作;但是圆井在一定范围内也可修筑。最近现场采用了两个相距 76 米的圆形立井,其中一个进风井并作提升井用,另一个只作回风。这种办法对新建矿井及对老矿区中新井田开拓时极为适用,因为此时矿井的回风道不便于和地面接通,也不便于和遥远的回风井相连通。在一些矿区内设置单独的进风井和回风井十分重要,不仅对地质构造复杂的矿井开拓是必要的,即使对后期矿用扩张时须要自几个水平同时提升的矿井也是必要的。

二、矿田内立井位置的选择和设计

新矿所开的井筒位置由一系列因素来决定，其中一个重要因素是如何提早投入生产。因此，位置选定的地点一般是矿体的含矿率及其深度均较平均。如仅开一个立井则须考虑通风要求以及迟早必须开凿回风井的位置问题。如果开凿一对立井，则选定位置可有较大的机动性，两井系统的距离完全决定于有效的通风半径。现在大多数矿井的设计矿石提升量至少为每月拾万吨，按目前在南非大多数金矿中所出现的岩层温度计算，这个矿石量须要约22,650~28,300米³/分的风量。这样具有砌碛和装备的提升井且作进风用者须要净直径7.3~7.9米；对作回风用的只砌碛而无罐梁等装备的立井须要净直径5.5~6.1米。采取一对立井时它们的服务范围约为直径3,000米。

三、凿井设备

(1) 井架与井口设置

井架型式的选择常常决定于人们的喜好；最近时期，安设了许多混凝土井架。此式井架比一般常用的金属井架的初期投资少而且安设速度高。现在差不多所有新建矿井均使用永久绞车作凿井提升之用，由于安装永久绞车及其他辅助设备如压风机，绞车房等等一般须要六至八个月的时间才能完成，所以不必以井架的安装时间来考虑选用何式井架。有些表土层不适宜于混凝土井架；考虑了两种井架的成本、耐久性及适宜性之后，而后作出正确的选择。

在计划采取快速施工的立井中，地面布置问题十分重要。如前所述，一般正规情况是在凿井正式开始前至少安设一台永久绞车及永久井架，这些工作常与建筑永久混凝土井颈同时进行。根据南非工矿法规，井颈上部锁口盘必须高出地面以防暴雨淹井。因此，一般均将井颈上口高出地面自然标高至少2.1~2.4米。利用此一特点，在井筒上部筑成两个工作台，上台或主要工作台筑在井筒最上口水平，下部工作台则在地表水平。主要工作台上安有重型钢梁框井盖门，大多数情况下并安设有凿井时矽石的卸载及运输设备；井盖门常用气压或液压传动、往复式气（油）缸操纵，司机在井口上部的小室中控制开关。下部工作台上安有电缆、信号、测量等小稳车，混凝土溜槽，电力开关设备等等；所有凿井用管路，包括风筒等一般均经过一段地道由下部工作台水平进入井下。这样主要工作台上就可完全摆脱各种设备的干扰，集中用于矽石卸载及运输工作；由于现在凿井速度的提高，因之就必须保证卸矽及运矽的快速进行，为此曾采取了好几种方式以满足上述要求。一种常用的方式是将吊桶矽石直接卸入一列空车，其型式为不漏水的侧卸式矿车，矿车停在井盖门上并与一台小型电机车相连接。须有三四列矿车往返运转于主要工作台与转运岩仓之间。岩仓设在距井口不远的地方，自此再用其他运输设备将矽石运往永久矽石堆卸载。另外一种出矽方式是将吊桶矽石直接卸入设在井架上的临时矽石仓，自此卸入矽石列车中或其他矽石运输设备中转运往矽石堆。当井筒穿过坚硬岩层时，常在临时矽石仓与矽石堆之间安设一套小型设备以分选出混凝土砌井所需的全部或一部分的碎石骨材，混凝土搅拌站则设于距井口不远的适宜地点。

(2) 临时及永久提升絞車

由于現在的圓井趋向于采用大直径井筒，故常采用二台永久絞車，这样就有可能用四个吊桶提升。也就須要有八根穩繩來懸吊后面將述的凿井吊盘；所用絞車習慣上都是双滾筒式。近来在一些深井中采用“戈貝輪”多繩提升式一台永久絞車；在此种情況下为了实行四桶提升，必須另外設置一台临时凿井絞車以便与永久絞車配合使用。現在已設計出另一种提升設備，并在滿負荷工作条件下試驗成功，它既具有“戈貝輪”式多繩提升的优点，又消除了一些不适宜于凿井提升的缺点。这种新型絞車是一种多繩、多层纏繞的双滾筒提升机，二滾筒分別安在二个单独的大軸上，一前一后相連接運轉。二滾筒各分为二个相等部分，每一等分中有其对应的鋼絲繩；它們在滾筒上固定的方式是这样的：一根鋼絲繩由滾筒的等分中心纏起向其外側邊緣挡板纏去，另一根鋼絲繩由另一側邊緣挡板纏起向等分中心纏去。鋼絲繩由滾筒引出經過井架上的两个单独天輪向下到达安在传动設置頂部的一个拉紧輪上。拉紧輪保証在同一時間內兩繩的張力相等，而是按下述情况設計的：即使在一根鋼絲繩发生断繩事故时，終端負荷对另一根鋼絲繩所产生的冲击作用是最小的；在断繩时絞車也能自动地制動停轉。每一个滾筒安有一个指示器，以確保纏繩正确，一旦双繩提升系統中的一根鋼絲繩回纏至其本身上面的时候，則此指示器即发生作用以使絞車停轉。这套絞車由二个电动机經中間一系列減速齒輪驅動；另外安有离合器以便調整運轉。当凿井提升中必要时可将每一滾筒的中央分間部分拆除，就可成为通用的双滾筒单繩双端提升使用，如果須要，鋼絲繩可以纏滿全部滾筒。此种新型絞車的詳細說明見参考文献[1]。

由于抓岩机懸吊在吊盘的底部，和混凝土砌壁的鋼模板的懸吊及操作也在吊盘上进行，致使吊盘的絞車受到极大拉力。随着新的技术发展，加在吊盘的荷重将愈来愈大，最后必将达到一个极限程度。过去，采用四繩懸吊式双筒吊盘穩車是成功的，但是，特大的重量要求更粗的鋼絲繩，而四繩懸吊式須要穩車滾筒能够纏繞两倍于井深的特长鋼絲繩，这样滾筒的規格就变得极为庞大而无法制作，对于深井尤其如此。为克服重量特大的困难，設計了一种六繩懸吊的吊盘，每根鋼絲繩由双筒吊盘穩車引出，經過井架上的天輪至吊盘上的一二个回繩輪，再回至井架天輪最后才与吊盘固定連接起来；这种办法提高了对重型吊盘的懸吊能力，但是却更增加了滾筒規格过大問題的严重性，因为此时每根鋼絲繩的长度須为井深的三倍。这样作，事实上在深井时就不可能在滾筒上留出备用鋼絲繩。解决此問題的办法示于图1中。簡言之这个办法包括安設一台双滾筒摩擦輪式絞車，一个調繩塔，及二个儲繩滾筒。各鋼絲繩由摩擦輪引出向上至井架一段虽然是一齐动作的，但在調繩塔上及在儲繩滾筒上則可以完全独立的运行調節。每个摩擦輪上纏有 $3\frac{2}{3}$ 圈鋼繩，这样

可将来自調繩塔一側鋼絲繩与离开摩擦輪一側鋼絲繩間的張力差减少十分之九。由于摩擦輪上只有不到四圈的鋼絲繩因之滾輪的結構就較简单，摩擦輪來繩一側的鋼絲繩拉力可由調繩塔內的一个适量的配重加以調節。在实际使用中，当摩擦輪提升井內吊盘时，鋼絲繩向調繩塔松放，拉力配重在塔內向下运行，直到配重将电路接通，开动了儲繩滾筒的电动机。儲繩滾筒的轉速高于摩擦輪提升机者，将多余的鋼絲繩纏在儲繩筒上并提起塔內的拉紧配重，直到配重触动塔頂部的一个开关将电源切断使儲繩滾筒停轉，塔內配重則又重新向

下降落。上述步骤反复进行直到提升工作停止时为止。当下放吊盘时，储绳滚筒松放出钢丝绳，调绳塔内的操作过程与前相反，当拉紧配重到达塔之底部时切断储绳筒电动机的电源，而当配重运行至塔之顶部时则接通电源。正如从示意图上所看到的一样，这种提升吊盘的方法使用了八根张力相等的钢丝绳悬吊凿井吊盘，同时并作滑架运行的导向稳绳之用。此法的另一重要特点是：在此提升系统中的大部分设备都是标准式矿山设备，在凿井完工后可以在生产矿井中加以改装重复使用。此种提升设备的详细说明见参考文献〔2〕。

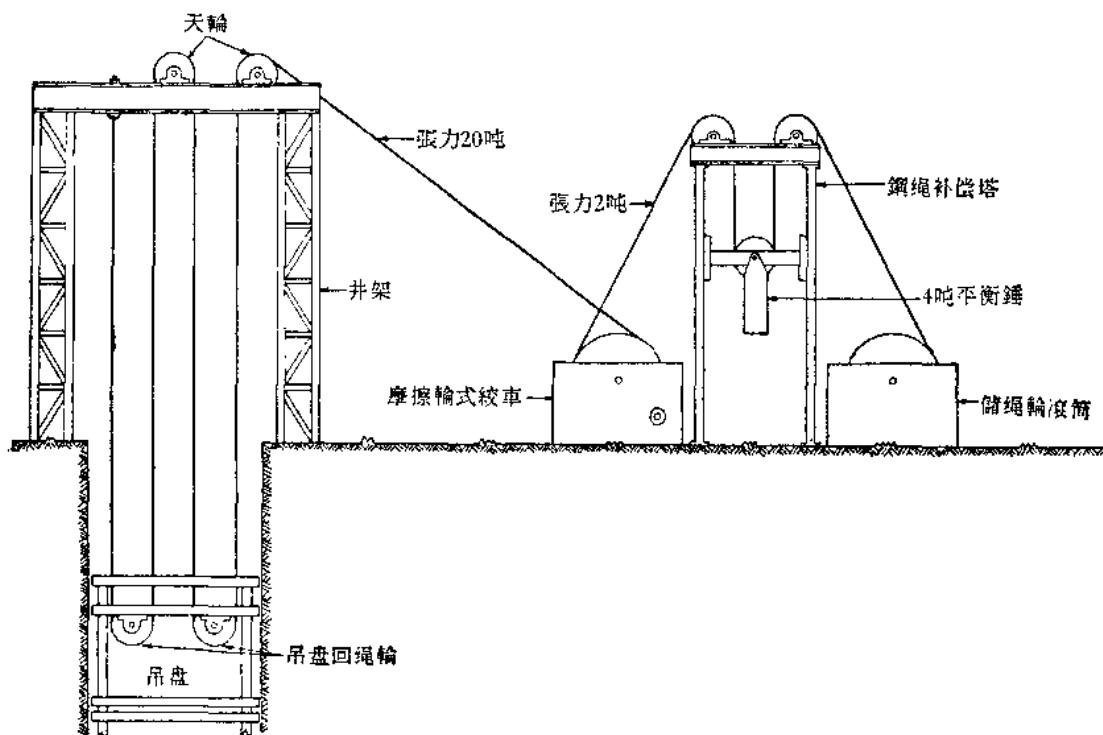


图 1 悬吊吊盘的摩擦轮式绞车储绳筒示意图

(3) 混凝土的拌和及运送设施

掘砌平行作业时，混凝土自地面快速下送及向模板后快速浇灌十分重要。过去的办法是在地面拌和后用底卸式吊桶向井下下送卸在吊盘上层的漏斗箱中，通过两条或更多的软管直径150~200毫米送至模板后面。除非专门安设壹台下料绞车，下送混凝土就只能趁一班中的打眼及装药时间进行，因而限制了砌壁的正常进行。1948年，在开凿一个混凝土砌壁的斜井时，曾将混凝土从地面装入一趟直径为200毫米的管子中向井下运送，在克服了初期的许多困难之后，此法终获成功。嗣后这种管式下料法在圆形立井中试用亦获成功；目前管式下料已成为标准方法从而彻底摒棄了下料绞车的应用。初期混凝土是经由一个普通150毫米的黑铁管下送的，在管子的末端系有一个200毫米的溢流罐，下来的混凝土在罐中产生离析现象，在送到上层吊盘上分配漏斗箱中以前，必须重新将骨材拌匀。近来现场已不再使用漏斗箱，而将混凝土直接由溢流罐经软管引向模板后面。当井深加大后，采用

此法曾发现在软管中发生一种剧烈的反作用力，使人无法很好掌握控制。但是采用下列方法将这个问题彻底的解决了：即井深增加300米将溢流罐加长150毫米，并将罐底的缓冲钢板加厚25毫米。当井深900米时，曾发现缓冲用厚100毫米的洁净钢板可以经得住連續四小时的浇灌量或砌筑9.0米井壁的混凝土量的冲击。在每浇灌一次混凝土后，溢流罐缓冲器及

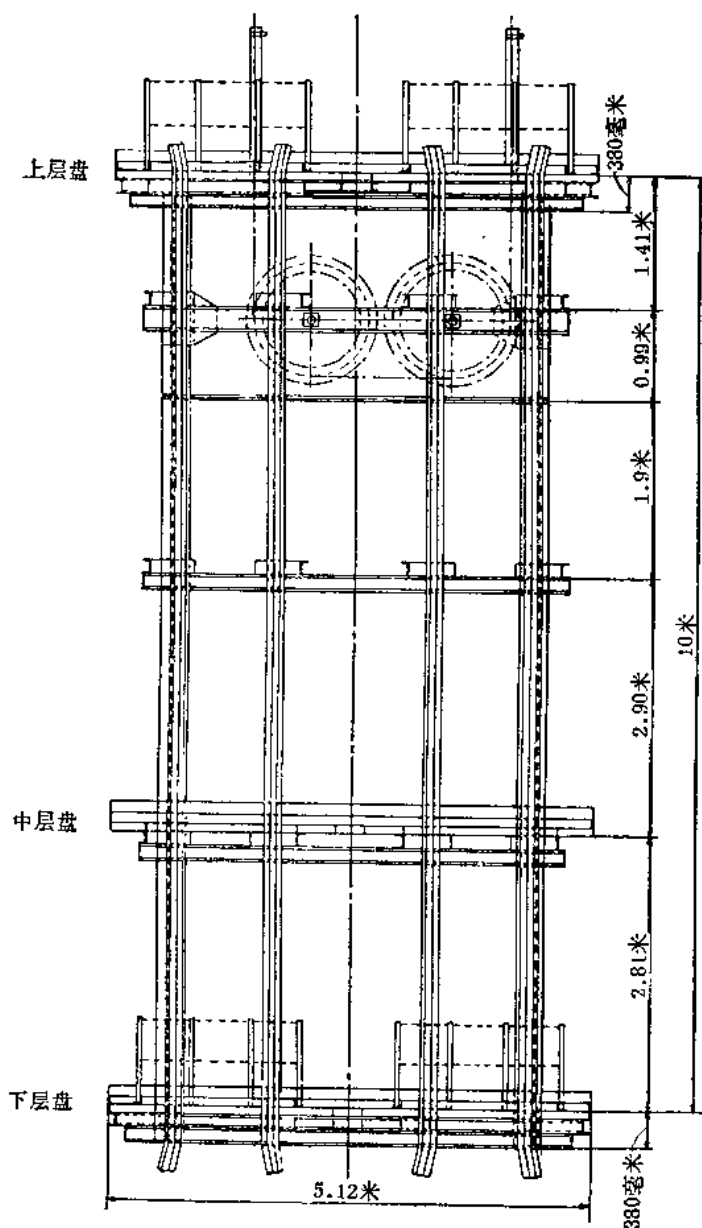


图 2 5.5米直径通风井所用的吊盘构造图

是一台绞车则仅须二个喇叭口。双绞车提升一般仅用于大直径井筒机械化装岩，二台绞车提升仅用于装岩班的前一阶段，当矸石装出约三分之二以后仅用一台绞车提升。吊盘的层数及吊盘全高决定于一次砌壁的段高及是否采用机械化装岩。当井筒直径小、人力装岩时，

软管（如图9）须拿到地面清洗、检查并进行必要的修理。极为重要的是在井内下混凝土的管路须保持绝对的垂直，管子的法兰盘应加工精密使其十分平直，没有任何内部毛病；如果管子稍微有一点歪斜，几小时内就可将管壁磨透，如法兰盘稍不平直结果也是如此。为了确保管子有高度的直线性及垂直性，在安设管路时使用一根或数根垂线进行测量工作。在地面混凝土搅拌站与井下吊盘之间须有一套准确而灵敏的信号系统，只有井下要料时才下送混凝土，从而避免管路的堵塞现象。一般是在井口和吊盘上用电话联系；为了防备电话失灵，并可使用电灯信号，在吊盘上及地面上由开关操纵使电灯一明一暗来传送信号。

（4）凿井吊盘及砌壁方法

吊盘型式的设计决定于须要使用的绞车数目及人力或机械的装岩方式。假若是二台绞车则须在吊盘上留出四个通过吊桶的喇叭口，若

吊盘在装岩班可以升起或降下以适应于在不同部位砌壁的要求；当机械化装岩时，在井底抓岩时吊盘应保持固定不动，此时吊盘的全高及层数应当能满足下述要求，即保持吊盘不须移动而能完成混凝土砌壁的各项作业内容。

一种适于井径5.5米、混凝土砌壁、人力装岩应用的吊盘的标准构造示于图2中，吊盘包括有重型钢梁结构铺有木板盘面的上、下二层盘及一层轻型结构的中间盘。上下二层盘的间距为10米，中间盘在下层盘上部约2.8米处，各层盘之间均有梯子连接。上层盘上安有四台稳车以作为下放壁圈的托盘及模板之用，另有二吋水管及四吋风管由上层盘通向中层盘；在此设有风、水管的开关阀门。大部分的砌壁工作均在下层盘上进行，盘上设有气力吹哨以便当吊桶通过时向工人发出警号。在下层盘下面吊有聚光灯以对掘进面照明，所有各层盘上均设有充分的照明设备。

吊盘由一台双筒稳车悬吊，钢丝绳自每个滚筒上引出到井内后经过上层盘面下的一对滑轮再向上固定在井架上的锚接点上。采用此法可使吊盘重量由四根钢丝绳负担，它们又作为滑架运行的导向稳绳之用。

在此情况下砌筑一段9.1米井壁的施工程序如下：将上一段壁圈的托盘经铁链卡子用钢丝绳悬吊在上层吊盘的四个稳车上，次将托盘与上面的模板拆开、拧下螺钉拔除插销，再将全部托盘由稳车松开下放9.1米至新的壁圈位置。然后将壁圈托盘改用八根钢链固定的吊在上一段井壁的最上层模板上或用环眼铁销子打入井壁中加以悬吊，重将壁圈各销钉插入各相应位置操平找正，并使之固定在设计位置上；将梁窝盒子放入壁圈底部的槽子中并用楔子楔紧。最后将加有氯化钙速凝剂的混凝土经软管向模板后浇灌，直至填满此壁圈为止。次将吊盘向上提起至壁圈顶部，用稳车将上部1.5米的模板吊起、松放至壁圈上面，拧紧连接螺丝，撑紧模板并用中链找正。将吊盘再向上提起至新模板的上口，浇灌混凝土直至将全部模板填满。上述工序再重复进行四、五次，每浇灌一次吊盘就提升一次，软管也相应的减短一次；到最末一圈模板时其最上部包括有一圈接岔模板，模板的悬吊钢索即行拆除，模板借助于混凝土的表面摩擦力而固定在井壁上。这是砌筑一段井壁的作业过程，在施工中须要不断的移动吊盘；这种施工法不能应用于机械装岩，因为在抓岩机操作过程中吊盘必须保持稳定不动。

在一个7.3米直径、混凝土砌壁圆井中，使用气力抓岩机装岩时所用的凿井吊盘示于图3中。吊盘由五层盘构成，各层间用梯子相连接。在上层盘上安有四个实心的橡皮包圈的回绳轮作为吊盘滑轮使用，当吊盘在井内上下运行时可使吊盘十分稳定；在底层工作盘上设有四个气力千斤顶使当抓岩机抓岩时吊盘也十分稳定。上层盘骨架由228×76槽钢作成，上面铺有一层纹形钢板，盘上设有六个悬臂起重梁悬吊六个二吨复滑轮起重器，用来悬吊下放壁圈托盘及模板，这些起重器通过一个操纵链是由底层工作盘上操纵的，这样可使壁圈等固定在准确位置上，并且当立壁圈时还可省去上层盘与工作盘之间的信号連絡。除了起重设置以外，上层盘上还设有信号照明线路的配电盘，及抓岩机的动力供应设备。上部轻型盘的骨架用100及50毫米高的槽钢作成，上面铺以纹形钢板，作为砌壁工人拆除模板时之用。下部轻型盘的构造与上部轻型盘相同，此盘借助于设在本身盘上的四台内齿轮稳车可以在约3.0米的范围内升降，用作安设及拆除模板之用。底部工作盘的构造与上

层盘相似,盘上设有气力千斤顶,在装岩时顶住岩壁以固定吊盘,风管水管等也经由此盘向井底供应压风及清洗用水。壁圈托盘及第一层模板均在此盘上进行安装;在最新式的底层工作盘上,环绕盘面一圈安有环形供风供水器,它并兼作运行轨道之用;所有的软风管及软水管均吊在工作盘下面的小滑车上。底部工作盘的下面是抓岩机工作盘,盘上固定有四个栓柱悬吊环,此盘的悬吊

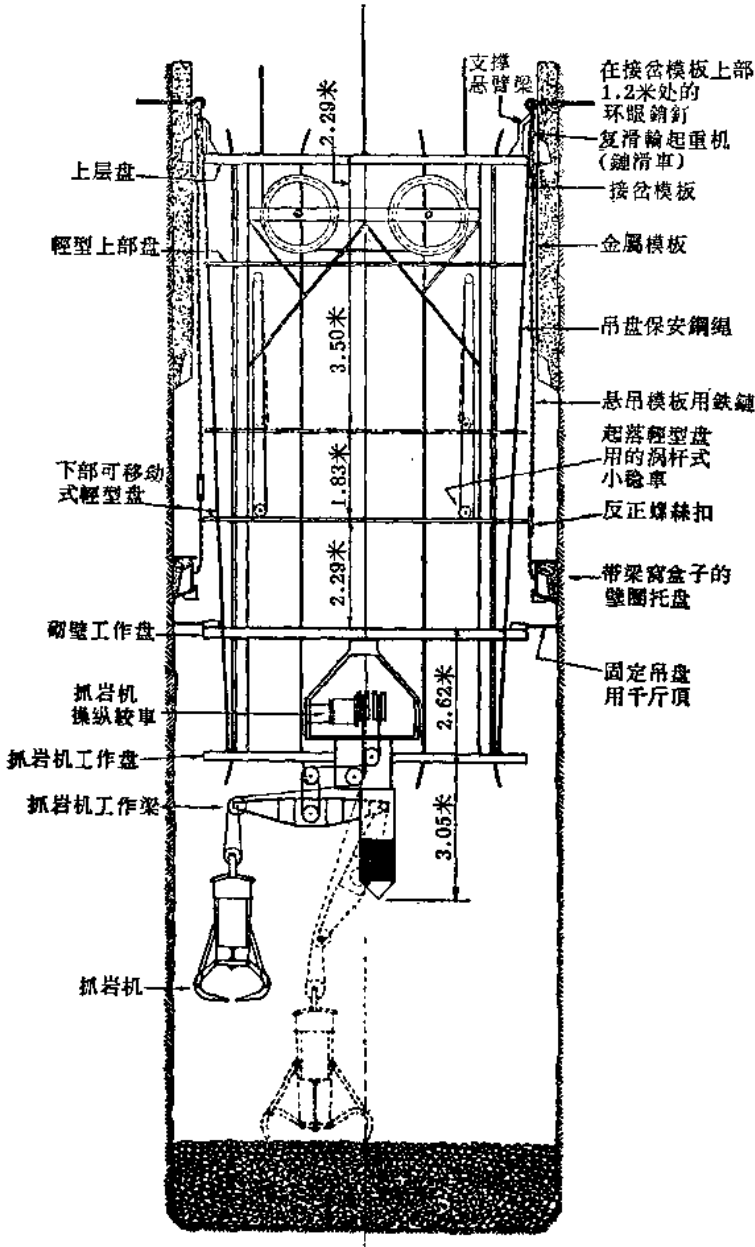


图 3 7.3米井筒所用的吊盘构造图

工作荷载,不计绳子自重,为6.5吨;钢丝绳直径为32毫米。

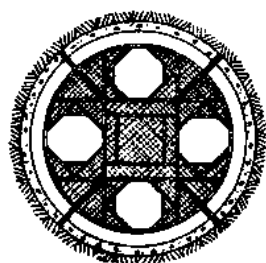
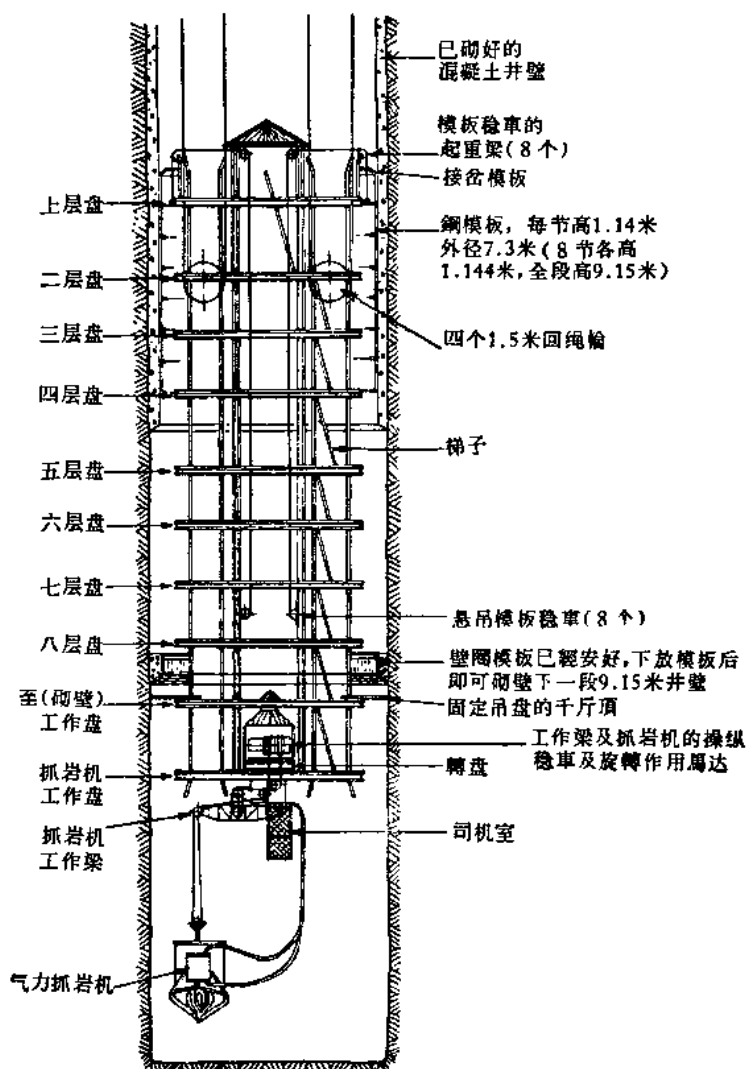
由于在一班中占大部分时间的装岩作业期间,吊盘必须保持固定不动,一次砌壁的段高即限定为4.6米,这也是二层罐道梁间的垂直距离,这就意味着壁圈托盘及其梁窝盒子

即是通过这些吊环,经由四根钢丝绳而连接至上部井壁上的带环销钉而加以悬吊的。这种悬吊方式,加上用气力千斤顶撑紧岩帮的办法对防止在装岩时吊盘的摆动都是十分必要的;若全部吊盘仅用四根钢绳(兼作稳绳)悬吊,则将产生吊盘的摆动。作为一种附加的保安措施,在末两层盘之间设置了几根安全吊链,以防一旦在抓岩时抓岩机工作盘发生断梁等事故时,不致引起危险。为升降此重型吊盘使用一台双筒吊盘稳车用两整根钢丝绳悬吊,每根钢丝绳有一端固定连于吊盘之上,向上通过井架上的定向天轮,再向下通过上层盘面下的二个回绳轮,最后再向上通过井架天轮而至绞车房与滚筒相速接,回绳轮及定向天轮的位置均按设计的绳心位置经测量确定,这样就有六根钢丝绳悬吊吊盘重量,其中四根作为导向稳绳之用。吊盘的全重包括抓岩机等在内共为39吨,每一根钢丝绳的

必須每 4.6 米安設一次；而当装岩时吊盘可以移动的情况下，則为每 9.2 米安設一次壁圈托盘。

每当掘进面距离上一砌壁段的壁圈約为 16.8 米时，則在放炮后立即将吊盘下放，使底部工作盘正好在拟砌筑新壁圈的部位，然后进行安設壁圈的托盘工作。当在新位置时，将原在上段混凝土非壁底部的壁圈模板与复滑輪起重器的鋼絲绳相連接由其悬吊，如前所述起重器安在上层盘盘面的悬臂起重梁上；然后将壁圈模板与其上部的模板的連接螺絲擰开，将壁圈模板各节片間的楔板取下，模板松开后即下放 4.6 米到新的位置，正对应着底层工作盘的所在地点。将楔板重新安上，并由上段井壁模板頂部用鏈子将壁圈模板吊住，拆下起重器的悬吊鏈子，这样就将壁圈模板在上段井壁以下 4.6 米处悬吊着而与吊盘本身不发生关系。現在将打入壁內的带环銷釘所悬吊的鏈绳一端与底层吊盘相連接，下放吊盘本身直到鏈绳拉紧为止；然后将气力千斤頂撑住井壁即开始井底的装岩工作。此时底层盘的位置大約在悬吊着的壁圈模板下面 0.6 米处。利用鏈绳上的反正螺絲扣将壁圈模板的水平度及准确位置調整好，楔紧并支持在周围岩壁上；連上混凝土軟管，即进行加有氯化鈣速凝剂混凝土的浇灌工作。将下一圈高 1.5 米的模板連在起重鏈上，擰开連接螺絲，从上一段井壁上松放下来并連接在壁圈模板上面，測量楔紧固定位置后即浇灌混凝土。上述程序重复进行直到拆除模板上的悬吊鏈绳；将接岔圈的模板固定好位置，經由上段井壁的梁窝缺口浇灌最后一次的混凝土，最后并将接岔部分井壁修刷平整以保証井壁质量。正常情况下，进行一段井壁的作業循环約須一个半班，当砌完一段后即將緩冲器及軟管提至地面进行检修，将各种管路及附件接长，以准备进行下一个作業循环。

为了解除 4.6 米段高的限制，克服由于經常穩安壁圈模板而造成的時間延誤，以及在浇灌壁圈混凝土后須要停頓一、二小时待初凝后才能砌筑以上的井壁等缺点，又設計并使用了一种新型吊盘，见图 4 所示。吊盘全高为 24 米，包括装岩設備在內的全重为 54.45 吨；只有在設計出前述的摩擦輪式吊盘穩車以后，此种新型吊盘的应用才能成为现实。采用此式穩車时，吊盘由八条鋼絲绳悬吊，由于解决了滾筒規格太大的困难問題，井筒深度就沒有限制。所用的鋼絲绳直径为 32 毫米；当井深 1220 米时，每根鋼絲绳上的荷重，包括吊盘自重、装岩設備重量、砌壁全部工人重量、以及鋼絲绳自重等，共为 12.7 吨。八根鋼絲绳的悬吊位置經設計好正是八根穩绳的位置以作为四个吊桶运行时的导向裝置，因而在凿井时可以使用两台双滾筒絞車。吊盘共包括十层盘，各中間层盘的間距均为 2.3 米，恰为梁窝間距之半，又恰为每层模板高度的二倍，便于模板的安拆工作。抓岩机工作盘与主工作盘的間距为 2.7 米，这是为了安設装岩設備的电动机等之故。吊盘的全高可以滿足由壁圈向上一次連續砌筑 9.2 米段高而不須移动吊盘，从而加快了砌壁速度。为下放壁圈托盘和模板而使用的悬臂起重梁，以及当吊盘升降时为保持吊盘的中心部位并調整穩绳間距的橡皮包圈回绳輪等均仍設于上层盘上。悬臂起重梁的起重穩車設在紧靠主工作盘上面的一层盘上，这样当壁圈托盘和模板等下放定位时可以减少工作盘与上层盘間的信号連絡；在井底装岩时可不必再用鏈绳吊起抓岩机盘，因为用八根鋼绳悬吊时整个吊盘的摆动很小。但装岩时安在工作盘上的气力千斤頂仍須撑紧在岩壁上。砌壁的施工程序和前述者相同，只是每一段高为 9.2 米而非 4.6 米；混凝土由 150 毫米鋼管下至一个二次攪拌箱中，經過軟管



平面图: 表示千斤顶位置

图 4 八绳悬吊的带有悬臂式气力抓岩机设备的凿井吊盘

而向模板后面浇灌。底部壁圈托盘及中间带梁窝盒子的模板层的位置均经过用中线及钢皮量尺的精确测量。

砌壁所用的模板由厚6.3毫米，每节长1.8~2.7米的弧形中炭钢板节片作成，每一圈模板中有一节调节模板，模板的节块数及每节宽度决定于井筒的净直径，壁圈模板的高度一般为760毫米，其他各圈模板的高度为760毫米的倍数，一般为1.52米，只有末一层接岔圈模板的高度也为760毫米。每块模板边缘上均焊有 $76 \times 76 \times 9.6$ 毫米的角钢，并安有槽钢肋条以防止模板变形。经验证明为了能快速地把一圈模板撑紧固定，必须把一圈模板作得十分坚固才可。轻型模板圈虽然便于运搬移动，但坚固性很差，在撑紧模板圈时为保持准确的圆形断面要花不少时间，这样是不上算的。

在掘砌平行作业的大多数情况下，在砌完上段井壁后而下一段井壁尚未开始砌筑之前，已砌井壁面与掘进面的距离为18~21米；当砌壁段高为9.2米时，上述间距甚至可能超过。有些时候，特别是当井筒穿过一些松软岩层时，这样高的无支架岩壁是很不妥当的；在这些情况下，可以自井底向上或自井底6~9米高处向上先砌筑一圈保安壁壳；其内径较正常的净径大出600毫米，以便以后砌筑永久井壁时可以安置梁窝盒子。当壁壳必须从井底向上砌筑时，用模板稳车将专为此壁壳使用的较大模板放下，将上一茬炮爆后的碎石粗略整平，用中线定出中心位置；如果必要，可以将此模板改由系在吊盘底部的钢丝绳悬吊，以便腾出模板稳车去作其他工作。将模板整平以后，即用接长了的软管向模板后进行壁壳的混凝土浇灌工作；在浇灌混凝土时井底装岩工作可立刻开始进行。在有些情况下，不必从井底起砌筑壁壳，而尽量利用吊盘在距井底最近的地方进行砌壳工作；由于当抓岩机提至最高点时，机体及司机室等须占用5.5米高的范围，机体与井底的距离一般为6.1米。在此情况下，当井底装岩完了以后，立即下放吊盘，在抓岩机工作盘上组立壁壳模板，操平找正，楔紧模板后即经过接长软管浇灌混凝土；上述全部作业过程影响钻爆工作约1小时。这种保安壁壳一般高1.5米，须要时可以随时应用，因为它并不影响以后的正规砌壁工作；当井筒穿过松软岩层或破裂带时，此种壁壳在保证安全作业方面具有无可估量的价值。此外当开凿每一个马头门或装载硐室时，正常办法是在施工前先在开掘口的顶板上部及底板下部各砌一段保安壁壳；这样可使在爆破井门等时，井壁保持安全；最后进行向下砌壁时也可不受爆破损坏的影响而顺利施工。

(5) 机械化装岩

目前所有使用的机械化装岩设备都是同一基本原理的不同变形；各种型式均采用气压传动的多叶片抓岩机，挂在凿井吊盘的底层盘下作径向及周边方向的移动。最早采用的一种型式至今仍有应用的，其构造包括一个吊架，其一端由中心立轴铰接可以绕此轴旋转，另一端挂在一根单轨之下以便沿井筒圆周运行，单轨安装在底层盘的下面架子上。抓岩机本身的起落由一气力绞车操纵着，后者在吊架上可作径向移动，这样就使抓岩机可以到达井底的任何位置上。抓岩机的升降以及沿半径和周边方向的运行均由各气力绞车来操纵，气绞车的控制可以在底层盘面上或盘面下的司机室中进行。此式抓岩机的情况示于图5中。沿单轨作周边移动是不方便的，以后就改为悬臂式框架如图6所示。此式抓岩设备除了抓岩叶片的开合仍用压气以外，机体的所有起落及运行动作均改由电力操纵；为进行井底各点抓

岩所須的起落、径向和周边向运动，所用的各电动机具有直接开关，高扭轉力矩，鼠籠式繞綫的特点，并用防震式对輪传动；机体的径向运动是由一台自閉式螺旋輪驅動的穩車經過摩擦绳传动而得到的，传动鋼絲绳通过一些轉向滑輪而連于一台置于悬臂框架上的滑行小

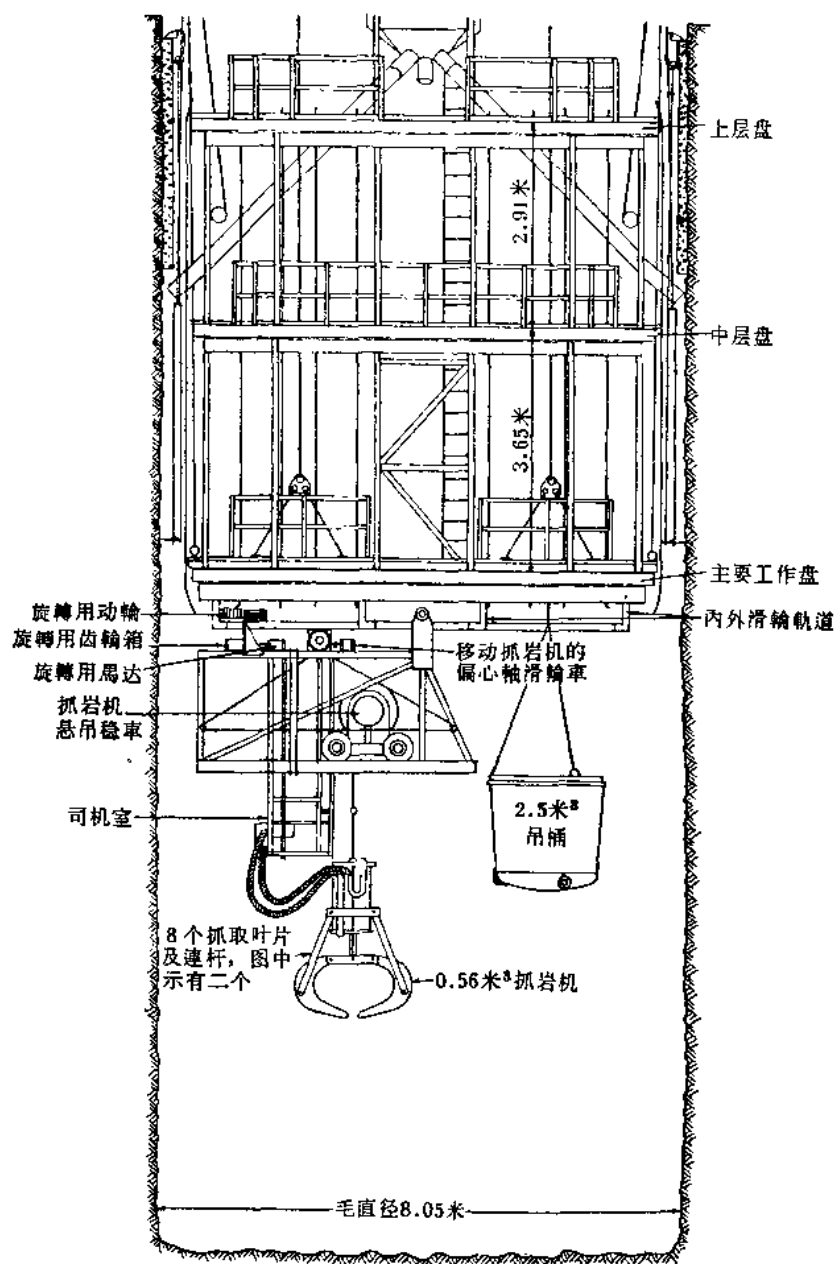


图 5 带有 1 台气动抓岩机的吊盘

車上。抓岩机的周边方向运动由轉动悬臂式框架而完成，框架由中心軸經球軸承或滾柱軸承与底层盘相連接，用一套傘齒輪传动；抓岩机的起落由一台繞绳式穩車带动。所有的驅動設備，包括三种运动的控制設置均安在底层盘上面的一个轉盘上。这样在相当程度上可