

(内部参考)

赴西德空气钻进技术 考察报告

地质矿产部勘探技术研究所

情报室

一九八五年六月

目 录

前 言

1. 赴西德空气钻进技术考察概况 (1)
 - 1.1 概 况 (1)
 - 1.2 收 获 (1)
 - 1.3 建 议 (3)
2. 西德钻探技术概况 (6)
 - 2.1 钻探设备制造和钻探承包公司 (6)
 - 2.2 水文水井钻探工艺 (7)
 - 2.3 对西德钻探技术状况的认识 (8)
3. 气举反循环钻进技术 (10)
 - 3.1 气举反循环钻进技术概况 (10)
 - 3.2 钻孔口径和钻杆内径与空压机风量之间的关系 (11)
 - 3.3 气举反循环钻进用钻具 (12)
 - 3.4 气举反循环钻进的辅助钻进方法 (19)
 - 3.5 气举反循环钻进用泥浆 (19)
 - 3.6 气举反循环钻进效率 (22)
4. 潜孔锤钻进技术 (24)
 - 4.1 潜孔锤钻进的基本原理 (24)
 - 4.2 风动冲击器的类型 (25)
 - 4.3 冲击回转钻进用钻头 (28)
 - 4.4 潜孔锤钻进技术参数 (28)
 - 4.5 卵砾石层钻进新方法 (29)

1. 赴西德空气钻进技术考察概况

1.1 概 况

由部探矿工业公司、勘探技术研究所、张家口探矿厂等单位共五人（赵国隆、李大用、于荫平、郝棚、朱文焕）组成的空气钻进技术考察组，于三月二十五日至四月十五日（计二十二天）在西德进行了考察，考察路线见附图。十七个工作日接触了二十个单位（见附表），先后有五十四人（其中经理级二十人）接待了考察组。二十个单位中，钻探设备制造、钻探施工、井管和泥浆材料等十八个单位，地质研究单位二个，共参观了十三个工厂和修配厂、九个现场（其中五个为正常施工现场）、一个泥浆材料实验室，还参观了汉诺威工业博览会。

西德联邦地质与原料研究院（BGR）为接待这次考察，在没有对口钻探专业的情况下，根据我们的考察要求，积极地与有关公司联系，作出了较周密的安排。各公司对我考察组的到来极为重视，热情、友好地接待了考察，不仅对产品、钻进工艺作了介绍，提供资料，回答我们的提问，还给我们看了工厂各个车间、仓库、实验室。不少公司表示，今后愿意保持联系，愿意提供咨询和进行技术合作。为了接待我们，许多人延长工作时间或在节假日加班工作，表现了主动和热情。我们的陪同人员邀请考察组全体成员到家作客，畅谈友情。通过考察，不仅了解了西德的钻探情况，还增进了两国人民的友谊，沟通了钻探技术交流的渠道。

在德方提供的条件下，考察组全体同志团结协作、艰苦努力，通过听介绍、参观工厂和现场、阅读资料、提出问题、拍照画图、每晚小结等方式，完成了对气举反循环、潜孔锤等空气钻进方法及其所用设备等进行重点考察的任务，同时对成井工艺、成井材料、岩心钻探、工程施工钻探、泥浆材料等作了较全面了解，取得了预期的收获。

由于联邦院（BGR）没有直属钻探单位，所到公司停留时间有限，对细致摸清一些详情受到一定限制。时间短、单位多、范围广，消化吸收也不够深透。

1.2 收 获

通过三周的考察，有以下几点印象和收获：

1.2.1 空气钻进在水井钻探中的应用较为广泛

（1）分层钻进方法：

西德水文地质条件，一般为粘土、砂岩、砂砾岩等地层，主要采用正循环、气举反循环、潜孔锤等钻进方法。钻孔直径在400毫米以内，多采用低固相泥浆正循环钻进，400毫米以上的孔径，基本上都用气举反循环钻进；在基岩中采用风动潜孔锤钻进。各种方法都有相应的配套设备和齐全的工具。这种分层钻进方法，能获得好的技术经济效益，值得我们认真采用。

1.24 泥浆材料商品化

为保证顺利钻进和成井质量,十分重视冲洗液的使用。主要采用低固相或无固相冲洗液,常用材料有活性膨土和聚合物,如阴离子纤维素聚合物Antisol、Diagum等。

1.2.5 设备制造及经营管理

西德面积虽只相当于我广西自治区,但探矿设备生产单位却遍布各地,除满足国内数百台钻机的需要外,大部分在国外销售。他们生产的设备品种多、批量小,根据用户需要设计新产品、改进老产品,设备配套齐全,产品质量好,技术储备雄厚,应变能力

强。

设备制造方面值得借鉴的特点有:

(1)、重视技术人员的比重,如威尔特公司在埃克棱茨有一千人,其中设计部门一百二十人,工艺部门五十六人。

(2)、重视工人培训。威尔特公司在很好的条件下,在为期一年的时间里,给新工人讲授基础知识,进行车、钳、铣、焊等多工种的实际操作训练,出徒后既懂理论、能独立工作,又是多面手。

(3) 设计工作中,把重点放在根据工艺要求设计钻机总体结构及性能参数,优选国内外标准部件,减少了设计和加工作量,而且产品周期短、质量好。根据用户需要和意见,不断改进老产品,也是各公司设计工作的重要内容。

(4) 在自己加工的部件中,精度要求较高的多用微处理机控制或有电子检测系统的设备加工。加工质量高。

(5) 对零部件和产品均进行试验测定,测试手段不都先进,但做得认真细致。

(6) 在制造和经营中信息灵,重视产品宣传。

1.2.6 考察中还了解到钻进参数仪表、定向取心 $1\frac{3}{4}$ "小螺杆钻等情况。

1.3 建 议

为了把学到的有用经验更快地运用到实践中去,根据我国情况提出以下建议:

(1) 在总结我部几年空气钻进试验的基础上,组织更多的力量。本着根据地层条件综合使用空气钻进的多种工艺方法,把重点放在气举反循环和潜孔锤(含取心)钻进技术上,扩大使用范围。最好把空气钻进技术列为部重点攻关项目。从资金、人员、设备等方面予以保证。勘探所应加强本课题组的研究力量。

(2) 继续加强全液压力头水并钻机的研制和改进工作,应选用国产或引进液压元件,不要停留在自制而久久不能过关上。要注意配套设备的选用(空压机、泥浆泵、离心泵、注射泵等)。同时加强钻头、取心工具、钻具的设计和制造,保证合理的工艺方法得到巩固和提高。建议勘探所设钻探工具研究室。

(3) 进一步推广和研制各种井管、滤水管。增强塑料滤水管应增加品种,金属桥式滤水管应进行研制、定点生产,其镀塑、锌浴、贴砾工艺也应研究。为全国提供适用于不同要求的可供选择的多种井管和滤水管。

(4) 建议研制和推广以下项目:

① 研制钻杆内钢丝冲击、绳索取样器,实现不提钻取样。

②研究在卵砾石层应用套管护壁法（土星法和海王星法）。

③推广焊接技术在钻探制造中的应用，如氩弧焊焊接钻杆接头、堆焊合金钻头 and 牙轮钻头刃部（包括修复）等。

④研制大口径歪脖钻头，自制简易型大口径组装式牙轮钻头等。

⑤继续推广低固相和无固相冲洗液。

附表

考察单位一览表

(1) 联邦地学与原料研究院

FEDERAL INSTITUTE FOR GEOSCIENCES AND NATURAL
RESOURCES (BGR)

(2) 博马格有限公司

BOMAG (SPECIAL FACTORY FOR DRILLING EQUIPMENT)

(3) 斯坦威克（德国）股份有限公司

STENIUCK DEUTSCHLAND GMBH

(4) 萨尔茨吉特机械与设备公司

SALZGITTER MASCHINEN UND ANLAGEN AG

(5) 普拉克拉·赛斯莫斯地学技术公司

PRAKLA - SEISMOS GMBH

(6) 普鲁萨克（普鲁士公司）

PREUSSAG

(7) 克里斯坦森公司

CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS CO

(8) 彭朋波译公司

pb (PUMPENBOESE KG)

(9) 沃尔夫（瓦尔斯罗德）股份有限公司

WOLFF WALSRODE AG

(10) 阿格博（通用钻探技术与设备制造）公司

AGBO (ALLGEMEINE GESELLSCHAFT FÜR BOHRTECHNIK
u. ANLAGEN - BAU WATHLINGEN GMBH)

(11) 策勒建井公司

cb (CELLER BRUNNENBAU GMBH)

(12) 诺德·麦耶机械与钻井设备公司

NORDMEYER RG

(13) 埃切尔和麦耶钻井公司

ETSCHHEL & MEYER (E + M BOHR - GMBH)

(14) 埃切尔和麦耶深水泵公司

EMU · NTERWASSERPUMPEN GMBH

(15) 费迪南·奥夫施莱格公司

FRDINAND AUFSLALAGER

(16) 诺尔德公司

J · F · NOLD & CO

(17) 纳索维亚公司工具与机械制造厂

NASSOUIA GMBH

(18) 威尔特公司

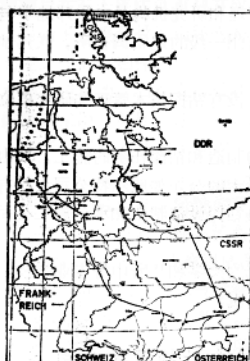
WIRTH

(19) 埃克棱茨钻井股份有限公司

ERKELENZER BOHGESELLSCHAFT MBH

(20) 下萨克森州地质调查所

附图



附：赴西德考察路线图

公司如纳索维亚公司正在开展潜孔锤取心钻进的试验研究，也取得了比较好的效果。

斯坦威克股份有限公司是比利时在西德的分公司，该公司从事潜孔锤设计制造已有三十年的历史，目前生产的潜孔锤有六种规格十九种型号，最小直径为65毫米，最大为250毫米。

西德在潜孔锤钻进方面的最大特点是充分利用潜孔锤钻进的优点，尽量扩大其使用范围，并不断完善这一钻进技术。

(8) 绳索取样钻具

西德有些公司在水文水井或工程钻探中，为了实现不提钻取样，他们用了钻杆内绳索取样钻具进行不提钻取样和不提钻将全面钻进的补心钻头下入孔底，实现全面钻进，从而有效地做到了既能满足取样要求，又能减少起下钻具时间，提高了钻进速度。

(4) 泡沫钻进：

通过考察了解到西德国内由于地层的岩性特点，及地下水的储藏情况，在国内很少采用干空气钻进，因此泡沫钻进技术也应用较少。

2.3 对西德钻探技术状况的认识

总之通过考察，对西德当前的钻探技术水平和现状有了一定的了解和认识：

(1) 西德是钻探技术水平比较先进的国家之一。其中特别是反循环钻进技术，应用较早、发展较快，使用普遍，效果良好，不少国家的反循环钻进技术是从西德引进的。如日本是1962年从西德引进了PS—150型工程施工钻机后才逐步发展起本国的反循环钻进技术，我国于1980年也从西德引进了以反循环钻进技术为主的B₃A钻机，使用效果良好，目前西德的水井钻探主要是采用气举反循环钻进。

(2) 西德有关公司所设计制造的钻机，一般来说质量较好，品种较多，钻头和钻具的配备合理，工艺性较强，操作方便可靠，能适应多种钻进方法的要求，如螺旋钻进、冲击钻、抓斗钻、潜孔锤、泥浆正循环、气举反循环等等。目前生产的多为动力头车装钻机。

他们在设计制造钻机时，把重点放在钻机总体结构、钻机性能、工艺要求及使用效果上，而对单个部件则采取择优选型组装配套的办法，也就是说，他们在设计制造钻机时，是把钻进工艺要求做为主要依据，这样不仅保证了钻机的性能和工艺方法的配合，而且大大减少了设计和制造的工作量，缩短了制造时间、降低了制造费用。

同时他们非常重视技术储备工作，就拿图纸来说，有的公司为了及时满足用户的需求，图纸的储备量相当于年生产图纸的五倍之多，这样就大大加强了公司出售产品的应变能力，他们不是根据任务确定后再搞调研设计，而是根据任务选图投产。

(8) 在钻进工艺方面，西德有关公司非常重视分层钻进技术的应用。所谓分层钻进技术就是严格根据所钻地层和岩性的特点，做到合理选用最优的钻进方法、冲洗介质种类、循环形式、钻孔结构、钻具规格、钻头类型以及钻进技术参数等一系列技术要素，只有这样才能真正实现因岩性制宜的最优钻进工艺，也只有这样，才能取得各种岩层的最好钻进效果。他们在松散地层开孔钻进时，常采用无循环介质钻进法，即采用抓斗或钻斗进行干钻，这样不仅有效地保护了孔口不受破坏，而且给钻进工作带来很大的

方便，特别是钻进1米以上大口径钻孔时，更为有效。还有小口径用正循环，大口径用反循环等等行之有效的分层钻进技术。

另外他们还非常重视钻杆、取心取样钻具以及钻头 etc 钻探工具的设计生产及合理使用。他们认为只重视钻机性能的选择，不重视钻具和钻头的合理使用，钻机不可能发挥其应有作用的，同时因为所钻地层岩性是多种多样的，用一种或少数几种钻具是不能适应的，当然也就不能取得应有效果。他们为了满足承包各项钻探工程的需要，设计制造了各式各样，多种性能的取心取样钻具和钻头。

(4) 西德不少公司，都非常重视新工艺、新技术、新方法的试验研究工作，不少公司都有自己的实验条件。

(5) 西德在钻探技术方面，也十分重视冲洗介质的使用效果，当前主要采用低固相和无固相冲洗液。在处理剂方面，主要采用安提索 (ANTLSOL) 和迪拿录 (DIA-GUM)。

(6) 在水井钻探工作中，既重视钻进工艺，也重视成井工艺和成井材料的合理使用。西德某些公司，在成井工艺上，严格规定在钻进中每隔1米取一个岩样（在循环槽中取），完孔后进行物探测井和井内照象，以确保滤水器和砾料的合理选择及下入层位的正确。

西德目前能生产多种材质多种规格的井管和滤水管，他们根据井深和口径的不同，合理选用井管和滤水管。一般来说，口径较小深度不大的井，多采用塑料质井管和滤水管，口径较大且深的井则采用钢质井管和滤水管，这里既考虑到经济的合理性，也考虑到技术的可能性。

(7) 重视钻孔的施工设计和现场的技术管理工作、基本做到了没有设计不施工，不规格的钻具不下井，不符合设计要求的方法不采用。

(8) 管理制度严，工人的操作水平高，岗位责任制健全。

3. 气举反循环钻进技术

3.1 气举反循环钻进技术概况

在西德气举反循环钻进方法应用得比较广泛，只要钻孔口径超过350毫米—400毫米就采用气举反循环钻进方法。直径小于这个数值的钻孔就采用正循环钻进方法。因此气举反循环钻进方法在西德是比较成熟的。据威尔特公司介绍，气举反循环钻进方法在西德钻深可达1000米，钻孔口径达4—5米。

气举反循环钻进方法就其本质来讲是属于泥浆循环钻进方法范畴。压缩空气的作用只是起到使泥浆产生循环的作用，即起到泵的作用（称为气举泵）。关于气举泵（马模特泵）原理已众所周知，这里不作介绍。

目前在西德气举反循环钻进方法在很大范围内已取代了泵吸反循环钻进方法，气举反循环钻进方法主要优点是：

①由于空气压缩机的工作介质是空气，其工作可靠性高。与泥浆泵、砂石泵相比事故次数显著减少，尤其是砂石泵最容易损坏。

②气举反循环钻进时，钻杆内部各处的压力都大于1个大气压，所以钻具（水龙头、钻杆）不致因密封不严而不能工作（冲洗液停止循环）。而泵吸反循环钻进时钻杆内是处于负压状态，一旦漏气则冲洗液流立即停止循环，致使不能继续钻进，甚至造成孔内事故。由于气举反循环钻进钻具内各处无负压存在，所以也不存在损坏水力机械的气蚀现象。

③气举反循环钻进方法可以钻进较深的钻孔，一般可达500—600米。而泵吸反循环钻进方法仅能钻进100米左右深度的钻孔。

④气举反循环钻进方法可以在钻孔内未完全充满水的条件下进行工作，而泵吸反循环钻进方法则难以实现。图3—1是钻孔内未完成充满水时用气举反循环钻进方法简图。

⑤如果钻孔孔壁稳定，气举反循环钻进可以利用地层水进行钻进，故可以不必配置泥浆系统。

⑥气举反循环钻进时泥浆在钻杆内的上返速度达到3—4米/秒，所以岩屑上返速度也较快，因此从水龙头出口处捞到的岩屑能确切鉴别地层的层位和岩性。

⑦上返泥浆速度高，大块岩屑能被携带上来，所以减少了岩屑在孔底重复破碎，增加了钻头寿命，提高了钻进速度。

⑧气举反循环钻进时使用的空压机风量较小，风压也只有在10大气压左右，所以与潜孔锤钻进方法相比，具有功率消耗低的优点。

⑨气举反循环钻进时孔底比较清洁，所以在钻进水井时可以减少洗井工量。

气举反循环钻进方法主要缺点是在0—10米井段内不能进行钻进，原因是一般要求升水高度与气水混合器潜入水下深度比是1:1时才能正常工作。当钻进开始时水龙头

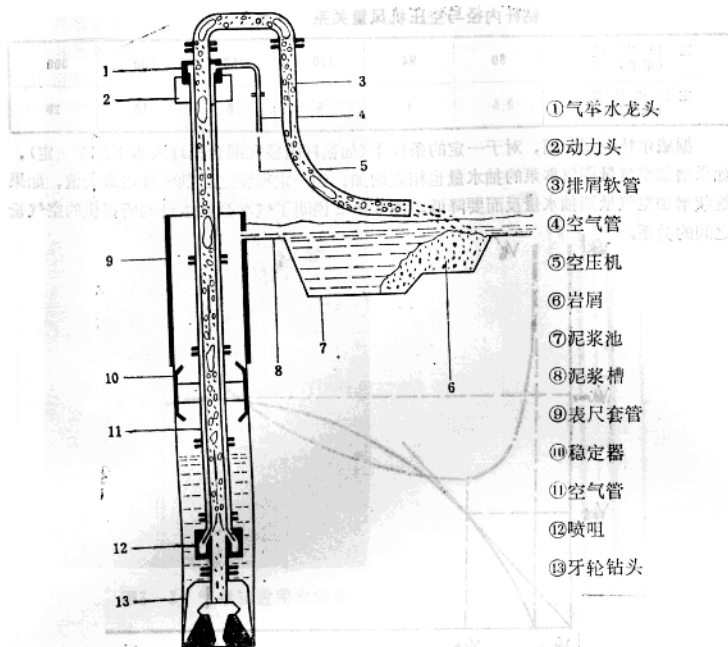


图3—1 低水位时气举反循环钻进

位置距地面约10米左右，因此孔深10米左右才宜于气举反循环钻进。气举反循环钻进在10—50米井段内钻进效率也较低。气举反循环钻进使用的钻具也较复杂。气举抽水功率利用率较低。

3.2 钻孔口径和钻杆内径与空压机风量之间的关系。

一般说来钻孔口径决定了钻杆内径，而钻杆内径又决定所需空压机风量。表3—1列举了威尔特公司用于气举反循环钻进时钻孔直径、钻杆内径之间的常用的匹配关系。

表3—2列举了钻杆内径与空压机风量之间的关系。

钻孔直径与钻杆内径关系 表3—1

钻孔直径 (毫米)	200	400	500	590	760	1100	1500	2300	3200	5000
钻杆内径 (毫米)	80	80 94 120	80 94 120	94 120 150	150 200	150 200 300	150 200 300 315	200 300 315	300 315	315

钻杆内径与空压机风量关系 表 3—2

钻杆内径 (毫米)	80	94	120	150	200	300
空压机风量 (米 ³ /分)	2.5	4	5	6	10	20

据威尔特公司介绍,对于一定的条件下(如钻杆内径和混合器埋入水下深度一定),如果增加空气量则气举泵的抽水量也相应增加,到一定程度之后抽水量达最大值,如果继续增加空气量则抽水量反而要降低。图 3—2 说明了气举泵抽水量与所提供的空气量之间的关系。

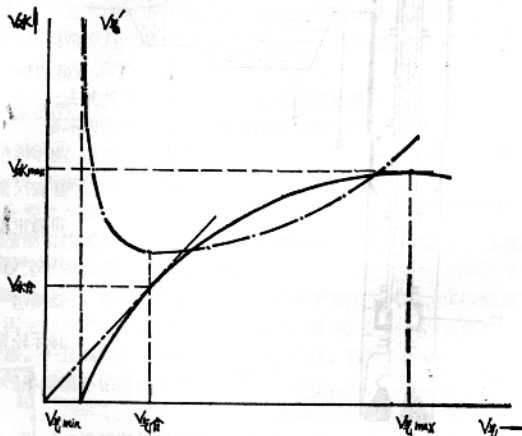


图3—2 抽水量与送气量关系

从图3—2中看出 V_g 等于 $V_{g\max}$ 时抽水量 V_w 等于 $V_{w\max}$ 达到极值。然而对于钻进来讲 $V_{w\max}$ 并不是所寻求的点。 $V_{g\text{合}}$ 应是所寻求的工作量,这时 V_g 达极小值, V_g 处于极小值表明抽出一定体积水量空气量消耗最少,因此空压机风量的选择应以 $V_{g'}$ 处于极小条件为根据,这样才能降低空压机的空气耗量达到较低功率消耗。威尔特公司推荐气与水比例为1.4~1.7:1。

3.3 气举反循环钻进钻具

气举反循环钻进需要使用一套专用钻具,这套钻具包括以下内容:

- ① 水龙头: 此水龙头既能通气又能通水,动力头钻机则应为动力水龙头。
- ② 主动钻杆: 一般为方钻杆,应既能通气又能通水。动力头钻机无主动钻杆。
- ③ 钻杆: 也应能通水和通气。一般为双壁钻杆或风管并列法兰式钻杆。
- ④ 气水混合器。
- ⑤ 变丝接头。
- ⑥ 单壁钻杆。

⑦导正器。

⑧加重钻杆。

⑨钻头。

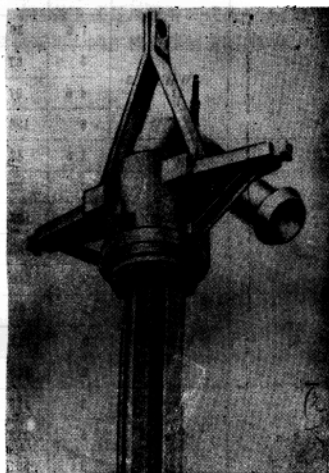


图3—3 气举钻进用水龙头

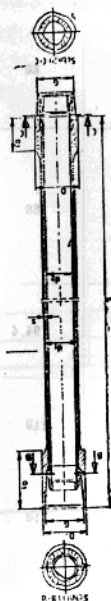


图3—4 DSG系列

双壁钻杆结构

用于气举钻进用水龙头可参看图3—3，下部为方钻杆。

目前在西德用于气举反循环钻进的钻杆有三种类型：

第一种型式是单壁钻杆，空气管是悬吊在单壁钻杆内，并下入到一定深度。可参看设备部分图6—27。这种钻具在转盘式钻机上使用极不方便，主要原因是操作复杂。动力头钻机上使用较多。这种气举反循环钻进钻杆主要优点是结构简单，而且比较轻便。

第二种类型为双壁钻杆，图3—4为威尔特公司DSG系列双壁钻杆结构，内管为上返冲洗液流通道，外管与内管之间的环状空间是压缩空气通道。外管之间用工具接头（锥螺纹）相连。内管之间是插接。连接处有“O”型圈密封。

威尔特公司生产的DSG系列双壁钻杆规格尺寸列于表3—3。

DSG系列双壁钻杆规格尺寸表 表3—3

型 号	内管内径 (毫米)	外管外径 (毫米)	外管壁厚 (毫米)	锁接头螺紋	长度 (米)	重量 (公斤)
DSG 114/80	80	114.3	5	WW114.3	1.5	38
					3	67
					4.5	97
					6	126
DSG 114/80	80	114.3	8	WW114.3	1.5	47
					3	87
					4.5	126
					6	168
DSG 121/94	94.4	121	5	5 $\frac{1}{2}$ FH	9	249
					3	91
					6	161
DSG 152/120	119	152.4	5	6 $\frac{5}{8}$ FH	9	230
					3	118
					6	210
DSG 152/120	119	152.4	5.8	6 $\frac{5}{8}$ FH	9	301
					3	160
					6	294
DSG 178/143	143.4	177.8	6.3	7 $\frac{1}{2}$ "WH-290	9	428
					3	155
					6	285
DSG 178/143	143.4	177.8	7.1	7 $\frac{1}{2}$ "WH-290	9	414
					3	183
					6	303
DSG 219/185	184.7	219.1	7.1	9 $\frac{5}{8}$ "WH-290	9	442
					3	
					6	
DSG 269/210	210	267	8.8	11WH-290	9	328
					3	567
					6	805
DSG 269/210	210	267	14.2	11-WH-290	9	391
					3	729
					6	1065

使用双壁钻杆主要优点在于钻具连接比较方便，可以减少钻杆连接操作过程中的辅助时间。它的主要缺点是钻具重量较大。相同能力的钻机，使用双壁钻杆时因提升能力限制所以钻孔深度就要相应地减少。

第三种型式是风管并列式法兰连接钻杆，这种钻杆在动力头钻机上与转盘式钻机上均常被采用。威尔特公司制造的NW系列法兰钻杆如图3—5所示。

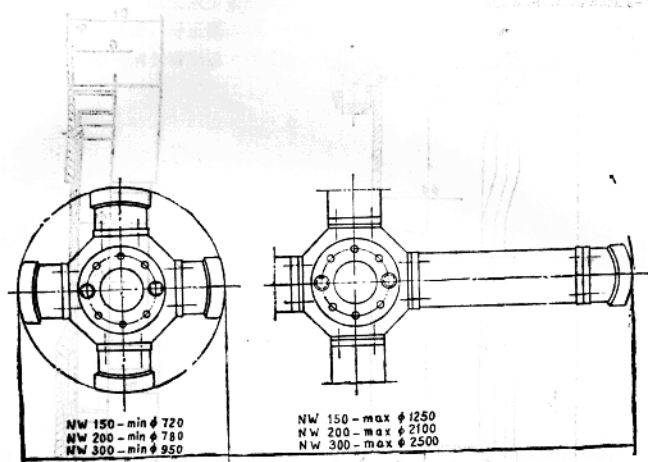


图3—5 风管并列式法兰连接钻杆

NW系列法兰连接钻杆规格尺寸表 表3—4

型 号	NW 90				NW 120				NW 150				NW 200				NW 300				
钻杆外径 (毫米)	90				120				150				200				300				
法兰外径 (毫米)	195				238				265				370				530				
长 度 (米)	1.5	3	6	9	1.5	3	6	9	1.5	3	6	9	1.5	3	6	9	1.5	3	6	9	
重 量 (公斤)	39	63			165	62	95	161	223	88	145	259	373	161	275	503	831	260	410	688	968

将因有空气通入而开始工作，压缩空气经此混合器单向伐进入钻杆内部，而下面一个混合器则因无空气供给而自动失去作用。因此混合器等于由下面被提到了上面。在实际钻进时我们如每30米高又加一个混合器，则空压机将保持在3—6巴工作压力下工作。

对于图3—6所示双壁钻杆用气水混合器来讲，就必须用提钻的办法来改变其潜入水中深度，给操作上带来一些不方便。因此，在选定空压机工作压力时都适当地提高了它的额定工作压力，以便减少更换混合器位置的次数。

对于大口径钻进，导正器也是一个重要的工具。图3—8是威尔特公司制造的导正器结构，从图中可清楚看出这种导正器的导正部分是不转动的，导正器的导正尺寸也是

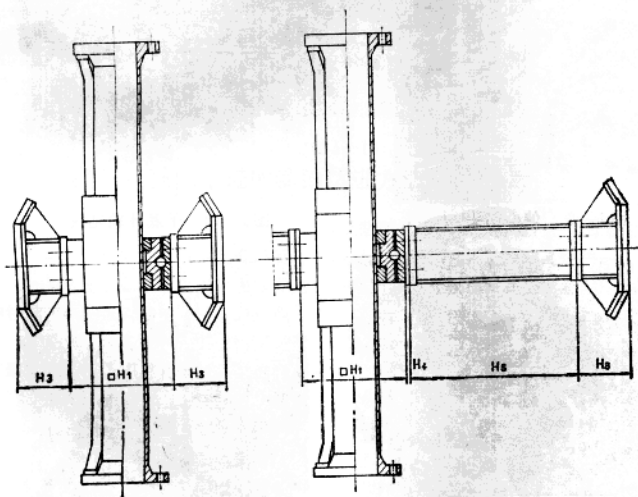


图3—8 导正器结构

可以改变的，更换H₅尺寸就可以改变导正器的导正口径。

气举反循环钻进用牙轮钻头和刮刀钻头，各制造商和钻井承包公司都能自己制造，品种规格很多。图3—9为偏心单牙轮钻头，图3—10为大口径组装式牙轮钻头，图3—11为硬岩用阶梯牙轮钻头，图3—12为四翼刮刀钻头。

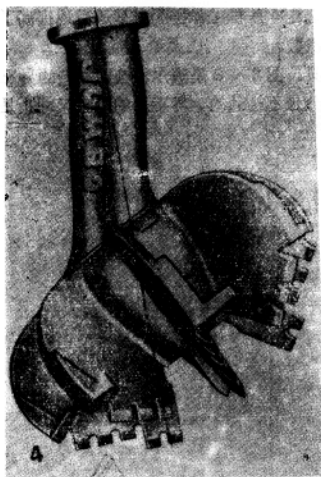


图3—9 偏心钻头

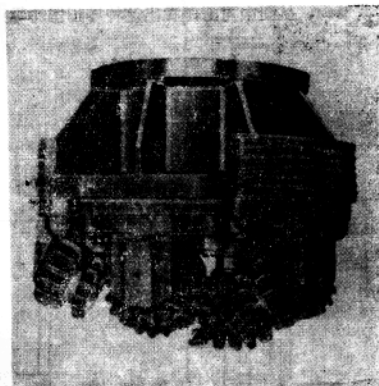


图3—10 平底牙轮钻头



图3—11 硬岩用阶梯牙轮钻头



图3—12 四翼刮刀钻头

ol FL--30000是阴离子型聚合物纤维素, Tylose—VHR是Na—CMC。它们与水相混配制成泥浆在井壁上可以形成一层薄泥皮,保护井壁。图3—14是两个相邻钻孔的剖面图,

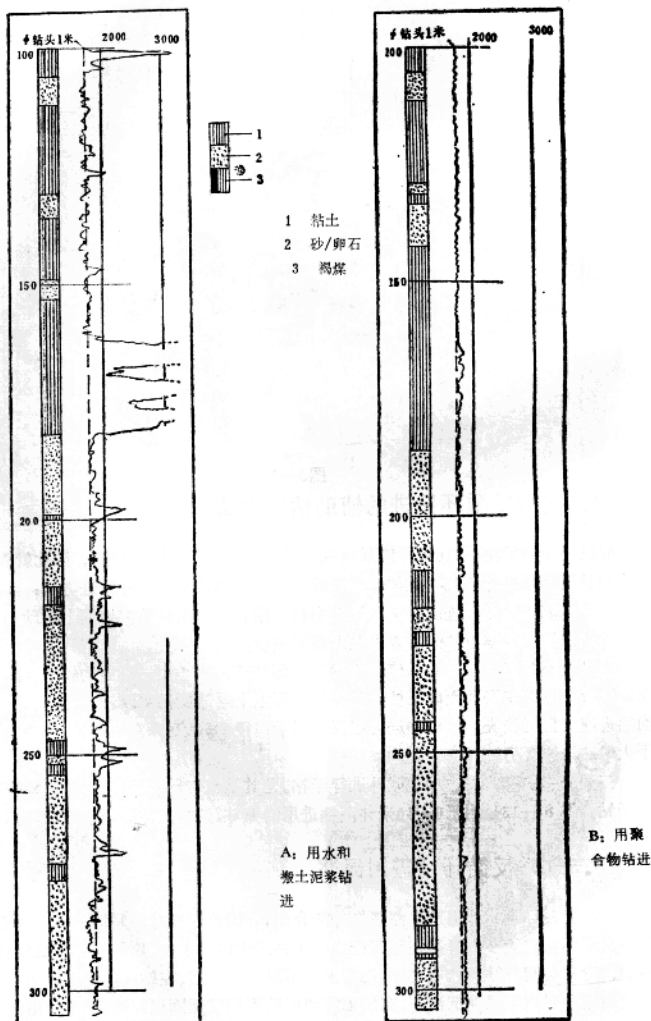


图3—14 用不同冲洗液钻孔孔径变化对比