



沈正芳 王德民 郑青林 译

立井井壁

煤 炭 工 业 出 版 社

TD352

1
3

立井井壁

〔苏〕H.C.布雷切夫 X.И.阿勃拉姆松 著

沈正芳 王德民 郑青林 译

煤炭工业出版社

A754491

内 容 提 要

本书阐述了苏联及其他国家的煤矿、黑色和有色金属矿山、化工矿山、及其他采掘企业在立井井筒支护方面的经验。内容包括：井壁结构及其施工工艺方式分类；现有施工方法的效果；特别着重研究了在正常的和复杂的地质条件下适用的先进井壁类型和井壁结构；列举了井壁破坏的实例，并分析了事故起因；井筒隔水及井颈和连接部的支护方法；合理井壁结构的选择和计算等方面问题。

本书适用于设计和科研部门的工程技术人员，也可作高等矿业院校的师生参考用书。

Н.С.Булычев Х.И.Абрамсон
КРЕПЬ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВΟЛОВ ШАХТ
Москва «Недра» 1978

*

立 井 井 壁

沈正芳 王德民 郑青林 译

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本850×1168¹/₃₂ 印张9¹/₂
字数249千字 印数1—2,020
1981年1月第1版 1981年1月第1次印刷
书号15035·2384 定价1.20元

前 言

在采矿企业的开拓、准备和回采巷道的综合工程系统中，立井井筒是最重要的工程构筑物，并占有特殊的位置。立井井筒是运输、通风和各种管线的主要通道，在矿井建设期间和直至开采结束的全部生产期间，起着联通井上下的重要作用；在个别情况下，矿井开采结束后，井筒还可作为国民经济的其它用途。

井筒施工是一个复杂的矿井建设过程。根据井筒深度、直径和井壁类型的不同，井筒工程占用将近50%的工期和投资。在困难的矿山地质条件下施工井筒时，对于井壁结构和施工工艺都提出一些特殊的要求，所需的工期和投资也就显著增加。

井壁状况是评价井筒的主要生产技术指标。井壁应保证井筒的稳定性和耐久性，并且风流阻力最小。

井筒施工的经济技术指标对于矿建、土建和安装工程的费用和劳动量都具有重大影响。井筒支护费用可占井筒造价的60%。井壁的可靠性和耐久性，在井筒生产使用期间也具有特别重要的意义。

近几十年来，井壁施工方法、井壁材料和井壁结构都有了重大的改变。在苏联最初几个五年计划期间，应用最广泛的井壁材料是整体混凝土，取代了过去的木井壁和砖井壁。混凝土井壁采用木模板和手工浇灌的方法。嗣后，除混凝土井壁外，开始采用混凝土砌块井壁，促进了当时刚刚出现的凿井平行作业方式的推广。

1954年以后，在煤矿立井井筒中开始采用钢筋混凝土弧板井壁，使砌壁过程极大地实现了工业化和机械化，并且推广了新的先进凿井工艺方式——混合作业方式和掩护筒平行作业方式。

1958年，开始成功地应用整浇速凝混凝土作为井壁材料。混凝土用溜灰管输往井下，浇入整体移动式金属模板。这种施工方

法使井筒砌壁过程实现了综合机械化，提高了砌壁速度和工人的劳动生产率，并且大大降低了井筒支护的工程成本。

1969年，П.М. 康德拉丘克掘进队在17~17号新矿西风井，达到了月进 401.3 米，创造了凿井速度的世界纪录。井筒掘进采取掩护筒平行作业方式，使用 ДШП-1 型综合凿井机组，应用高 5 米的无骨架整体机械移动式模板现浇混凝土井壁。1970年，在《布托夫卡-顿涅茨卡亚》矿风井采用同样的施工方式，又达到了钻爆法掘进井筒的最高劳动生产率，平均每工为 7 米³净成井。

1972年，卡拉干达矿区《十月革命五十周年》9号矿的一个井筒采用ПД-2型井筒联合掘进机施工，达到了世界最高的劳动生产率，每名掘进工每班 13.23 米³成井。所以能够达到这一良好指标，在很大程度上是由于采用了先进的整体混凝土井壁施工工艺。

1975年正在建设矿井的井筒砌壁总工程量中，整体混凝土井壁比重：煤矿为94.8%，金属矿为90.8%，化工矿山为69%。

但是，改进井壁结构和井筒支护方法仍然是迫切需要解决的问题。在许多情况下，整体混凝土井壁的厚度都超过了强度条件所要求的范围，造成了材料消耗很不合理，同时也浪费了人工。进一步推广先进的和具有发展前途的新型井壁，如喷射混凝土井壁，是当前最重要的任务之一。这种井壁目前已经具有科学的基础，并且已经通过了工业性试验的鉴定。

在复杂的矿山地质条件下，施工中曾大量采用铸铁弧板混凝土复合井壁。它由铸铁弧板及其壁后充填的混凝土层组成。这种井壁非常昂贵和费工，因此，并非总是合理的。当地下水压力很大，并且能够渗透混凝土层的情况下，静水压力将完全由铸铁弧板承受，使弧板与混凝土脱开，因而可能导致井壁失去稳定。在这种条件下，最好采用钢板混凝土井壁，以及带有各种不透水隔离层的井壁结构。

改进井壁强度和稳定性的计算方法也是一项迫切需要解决的任务。

目 录

第一章 井筒支护技术的现状	1
第一节 井筒施工技术和工艺的改进及现状.....	1
第二节 井壁类型对井筒施工工艺和经济效果的影响.....	9
第三节 国外井筒支护经验	13
第二章 立井井壁的工作条件	18
第四节 井筒施工与维护的矿山地质条件	18
第五节 立井井壁型式及其施工方法的分类	36
第六节 井壁与围岩的共同作用, 合理的井壁及其 计算方法的选择	39
第三章 整体混凝土井壁	56
第七节 概述	56
第八节 整体混凝土井壁的浇灌设备	60
第九节 浇筑整体混凝土井壁时的劳动安全	81
第十节 浇筑混凝土井壁	84
第十一节 冻土带和有侵蚀水环境内的混凝土井壁	89
第十二节 整体混凝土井壁的计算	97
第四章 喷射混凝土井壁	106
第十三节 概述.....	106
第十四节 喷射混凝土的配比.....	109
第十五节 喷射混凝土井壁施工设备.....	117
第十六节 井筒支护经验.....	132
第十七节 井壁计算.....	143
第五章 装配式钢筋混凝土井壁	149
第十八节 概述.....	149
第十九节 钢筋混凝土弧板井壁.....	149
第二十节 条状大块弧板井壁.....	157
第二十一节 钢筋混凝土筒井壁.....	159

第二十二节	井壁计算	162
第六章	铸铁弧板井壁	169
第二十三节	弧板井壁的改进	169
第二十四节	苏联的铸铁弧板结构	173
第二十五节	铸铁弧板井壁施工	183
第二十六节	井壁计算	188
第七章	钢井壁	194
第二十七节	钢井壁的结构	194
第二十八节	井壁计算	197
第八章	复合井壁	202
第二十九节	概述	202
第三十节	铸铁弧板混凝土井壁	203
第三十一节	钢板混凝土井壁	206
第三十二节	钢筋水泥和钢筋混凝土弧板及整体浇筑 混凝土井壁	215
第三十三节	多层和复合井壁的计算	218
第九章	可压缩井壁	228
第三十四节	井壁的特殊工作条件	228
第三十五节	可压缩井壁结构	234
第三十六节	井筒装备的可压缩性	241
第三十七节	可压缩井壁的设计和计算	243
第十章	井颈和连接部的支护	249
第三十八节	井筒的基本结构组成部分——井颈	249
第三十九节	井筒与平巷和硐室连接部	264
第四十节	井颈和连接部的井壁计算	268
第十一章	井筒的隔水	278
第四十一节	井壁透水原因及消除透水的措施	278
第四十二节	井筒隔水方法	282
第四十三节	含水岩层中的井壁计算	284
结 语		287
参考文献		289

第一章 井筒支护技术的现状

第一节 井筒施工技术和工艺的改进及现状

苏联开凿立井井筒的工程量很大(图1)。仅顿涅茨克建井公司在25年内就开凿了240个井筒,总长128公里,至少占煤炭工业凿井总工程量的30%,并超过美国、英国、法国和西德凿井长度的总和。

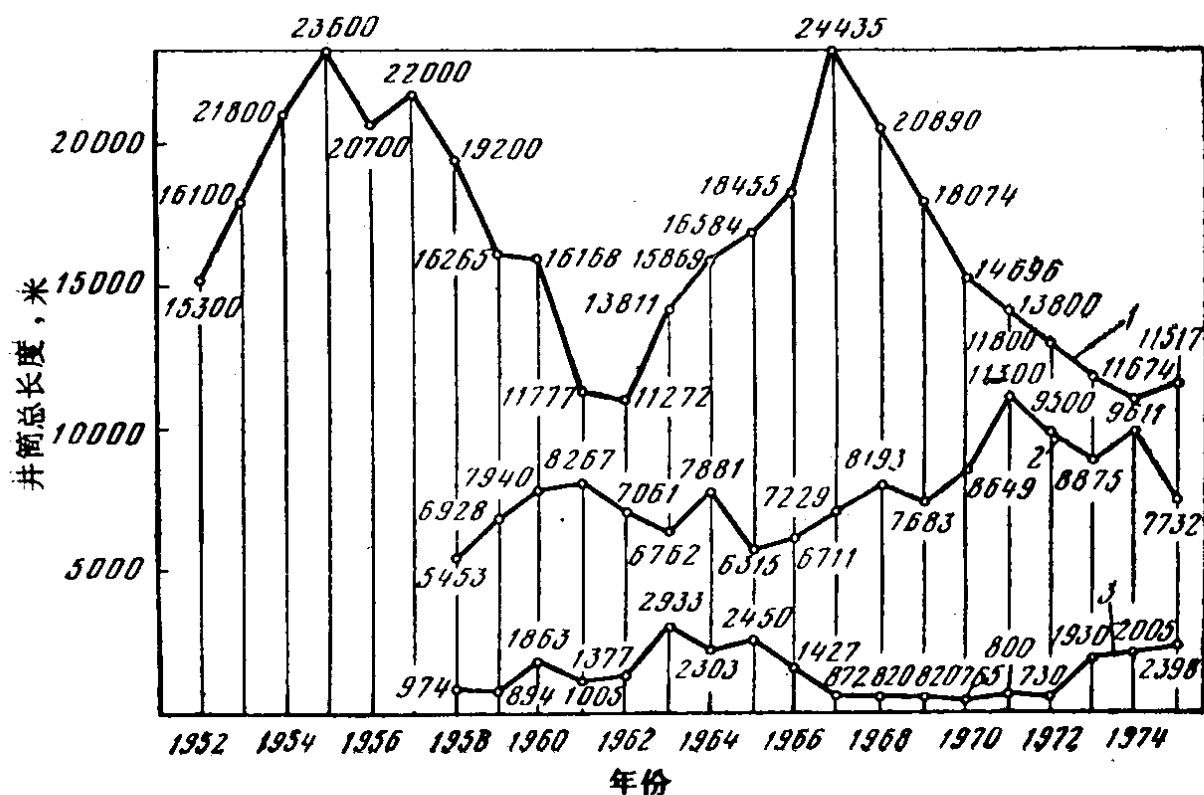


图1 苏联采矿工业的井筒工程量历年变化情况

1—煤炭工业; 2—冶金工业; 3—化学工业

1975年共有174个井筒在进行掘进和延深,多数的净直径为6~6.5米(51个井筒,即占28%)。井筒直径有明显增大的趋向。譬如,煤炭工业在施工的84个井筒中,有27个(占32%)的井径在8米以上,而化工和其他工业部门的多数井筒的净径为

7~7.5米（在施工的16个井筒中有7个，即占44%）。

1975年，煤炭、冶金和化工部门的建井承包单位，以及各煤炭生产联合企业的煤炭建设公司施工的井筒总工程量为21.65公里，其中煤炭工业11.52公里，冶金工业7.73公里。

用特殊方法（包括钻井法）施工的井筒长度，1975年为1.89公里（占井筒本身的11.3%，不包括井颈）。特殊凿井法中，主要是注浆法，占井筒长度的54.7%。在化工系统，实际上全部井筒都用冻结法施工。在冶金系统，采用注浆法和冻结法凿井的工程量的实际上大体相等。钻井法凿井只占特殊法凿井总工程量的8%，这样小的比重是不合理的，因为钻井法是最有发展前途的一种先进的凿井方法。

近三十年来，为了从根本上改进和发展井筒施工技术和工艺，已做了大量工作，极大地提高了井筒掘进速度和工人的劳动生产率（图2）。在此期间，掘进速度由12米/月（煤炭工业）和8米/月（冶金工业）提高到60米/月，而劳动生产率由0.5米³/工净成井提高到2.9米³/工。顿涅茨克建井公司的平均掘进速度由1952年的19.8米/月，提高到1976年的70.9米/月，最高掘进速度由62.1米/月提高到401.3米/月（表1）〔87〕。

表 1

年 份	最高掘进速度，米/月	矿 名
1952	62.1	穆什卡托夫斯卡亚-立井
1953	100.7	恰依基诺-深井1号
1954	150.0	布琼诺夫斯卡亚-东矿
1955	202.1	加里宁5~6号
1957	241.1	布托夫斯卡亚-深井
1959	264.6	新布托大斯卡亚
1963	290.5	鲁特钦柯夫矿务局29号矿
1964	390.1	无产者-深井
1969	401.3	鲁特钦柯夫矿务局17~17号新矿

为了将井筒施工技术水平与其它类型矿建工程进行对比，在

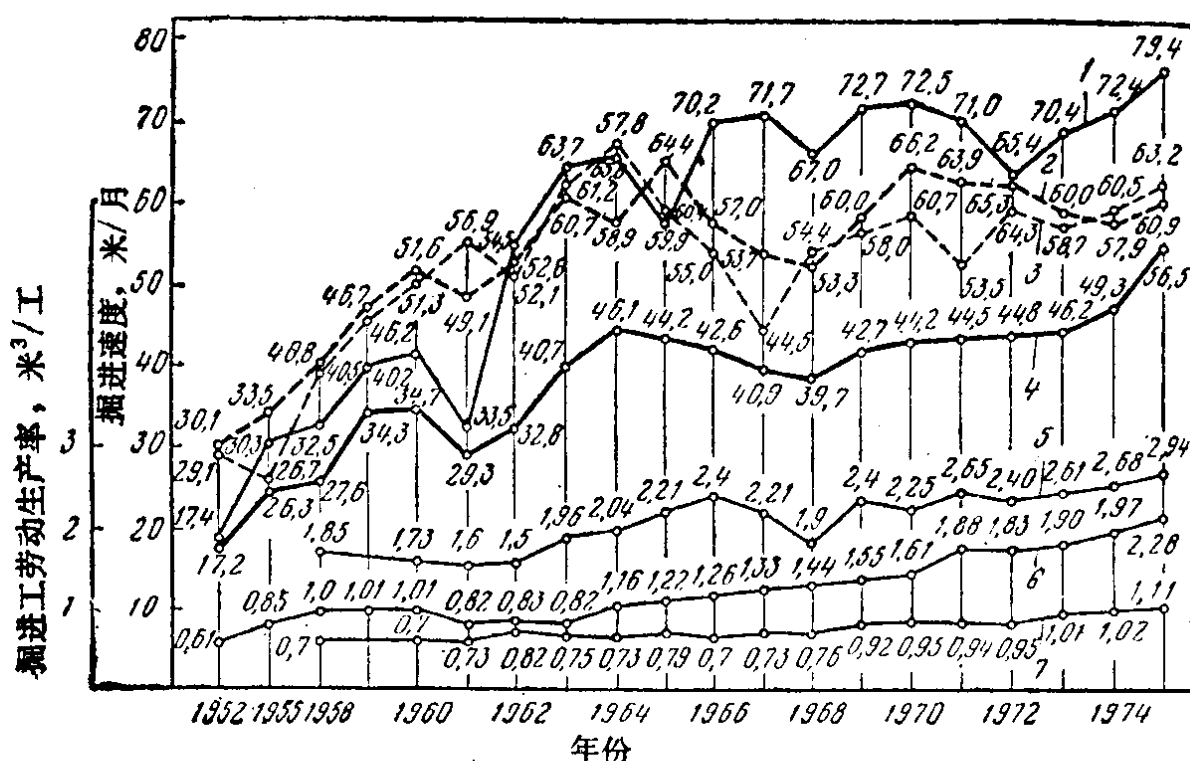


图 2 在建煤矿井筒掘进平均月进度和
劳动生产率的变化情况

1—顿涅茨克建井联合公司的井筒施工进度；2—平均凿井速度；3—顿涅茨克建井联合公司新建矿井中平巷掘进速度；4—岩石平巷的平均掘进速度；5—采用 KC-2 Y 型综合凿井机组的井筒掘进工平均劳动生产率；6—井筒掘进工平均劳动生产率；7—岩石平巷掘进工平均劳动生产率

图 2 表示了主要平巷掘进的施工进度和劳动生产率。由此图表可见，在上述期间内，井筒掘进指标的增长速度比平巷掘进高 1 倍多。这是由于推广应用了凿井综合机械化设备和许多有效的井筒施工方式，实现了最先进的劳动组织。同时，井壁结构的选择及其砌筑机械化问题的解决也起了重要作用。

已研制出并在实际中应用的井筒施工设备与多种机械设备和各种装置、机具相配套，组成系统或组成专用的综合凿井机组^[83]。图 3 所示为顿涅茨克建井公司设计的 ДШП-1 型综合凿井机组，可用于掩护筒平行作业方式开凿井筒。该综合机组装备了高 10 米的比较短的工作面掩护筒、整体机械移动式模板、带有最新多片抓斗的高效抓岩机组。使用这种综合机组曾经创造月进 401.3 米的立井井筒掘进世界纪录。

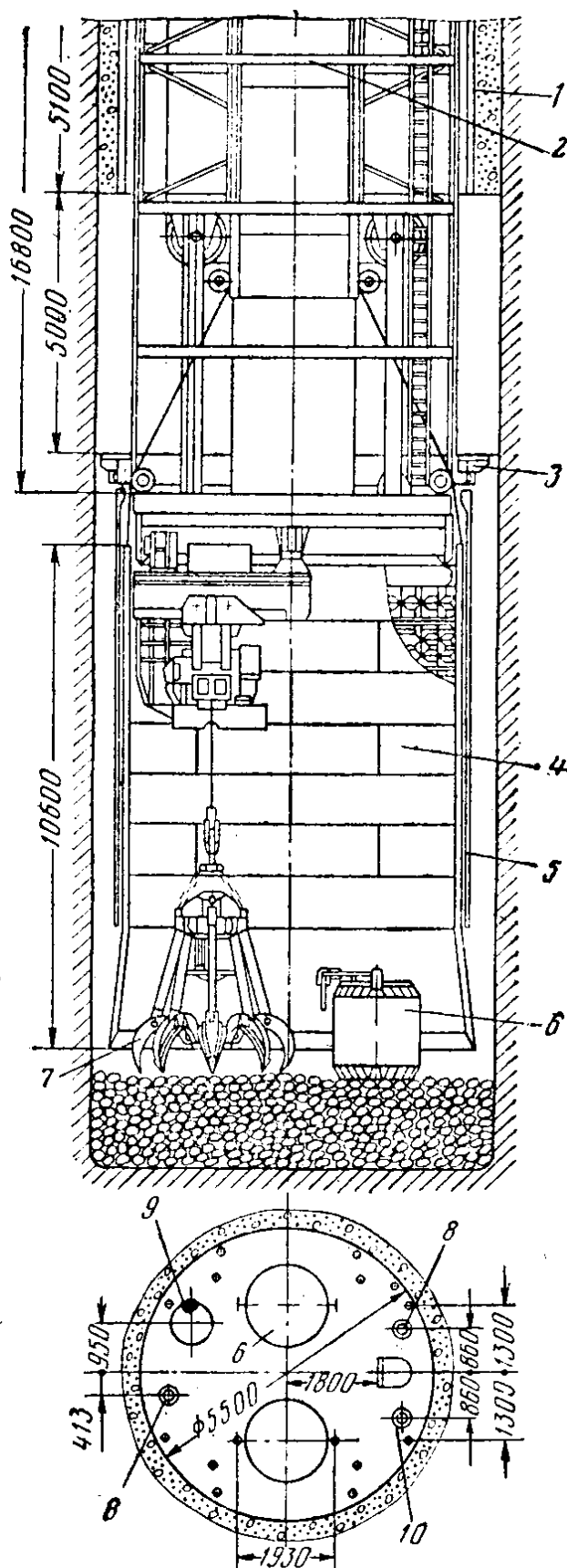


图 3 ДШП-1型综合凿井机组

1—机械化模板；2—六层吊盘及悬吊的抓岩机组；
3—砌壁托盘；4—工作面掩护筒；5—保护筒；
6—容积4.5米³的BПC型吊桶；7—容积1.2米³
的抓斗；8—混凝土输送管；9—风筒；10—压风管

目前，井筒施工应用混合作业方式占绝大多数（图4），这种作业方式最初要求采用钢筋混凝土弧板井壁，经过改进后，可用于整浇混凝土井壁，用整体机械移动式模板和溜灰管浇灌速凝混凝土（图5）。

联合掘进机施工法是稳定岩层中井筒施工技术最有发展前途的一种方法，它可使全部凿井过程实现综合机械化和自动化。这种方法在苏联正以ПД型井筒联合掘进机为基础得到发展（图6）。直至目前，用ПД型掘进机施工的井筒已有5个，同时创造了掘进工劳动生产率为12.7和13.23米³/工净成井的世界纪录。

《萨姆松诺夫斯卡亚—西》矿应用井筒联合掘进机施工（1970~1974年），曾达到井筒月进177.5米。

国立卡拉干达医学院的卫生学教研室曾对井筒用不同方法施工时的工人

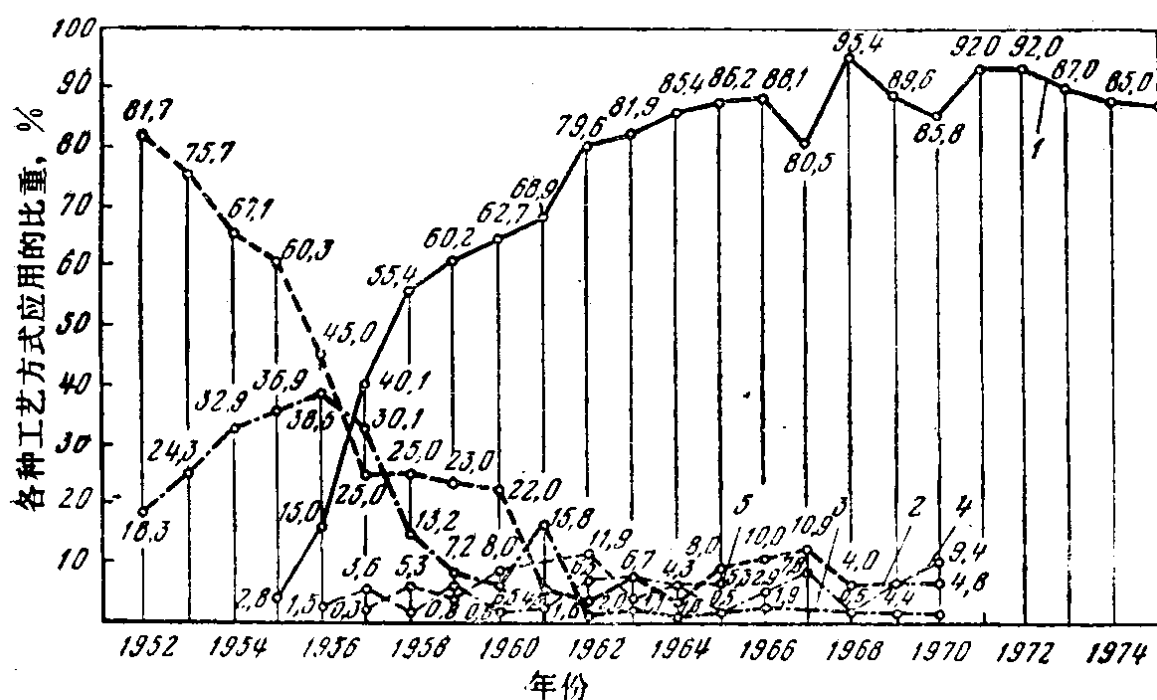


图 4 煤矿立井井筒施工各种作业方式的应用

1—混合作业方式；2—单行作业方式；3—平行作业方式；4—掩护筒平行作业方式；5—掘、砌、安装混合作业方式

劳动条件和繁重程度进行了研究。结果表明，当采用钻爆法和机械操纵的风动抓岩机时，中等繁重的劳动使工人高度紧张和疲劳，其单位能量消耗达到每 1米^3 成井210~240大卡。使用ПД-2型联合掘进机时，工人的劳动比较轻松，只有中等紧张和疲劳，其单位能量消耗为每 1米^3 成井59~63大卡。

苏联采矿企业的立井井筒，根据其用途及内部生产设备布置的不同，已有几种标准断面。所有井筒断面均为圆形*，装有金属罐梁。井筒净直径从5至8.5米，以0.5米为间隔。

苏联和经互会国家都优先应用整体混凝土井壁，井筒标准断面也是按照这种井壁设计的。

煤矿和金属矿井筒的典型断面如图7所示。图7中a表示A·A·斯柯钦斯基矿（顿巴斯）风井的断面。井筒装备有容载БД-2.5型矿车的双罐笼和容载БД-5.6型矿车带平衡锤的单罐笼。罐梁的层间距为4米。井壁为厚400毫米的整浇混凝土。

* 目前正在研究椭圆形井筒断面的合理性问题。

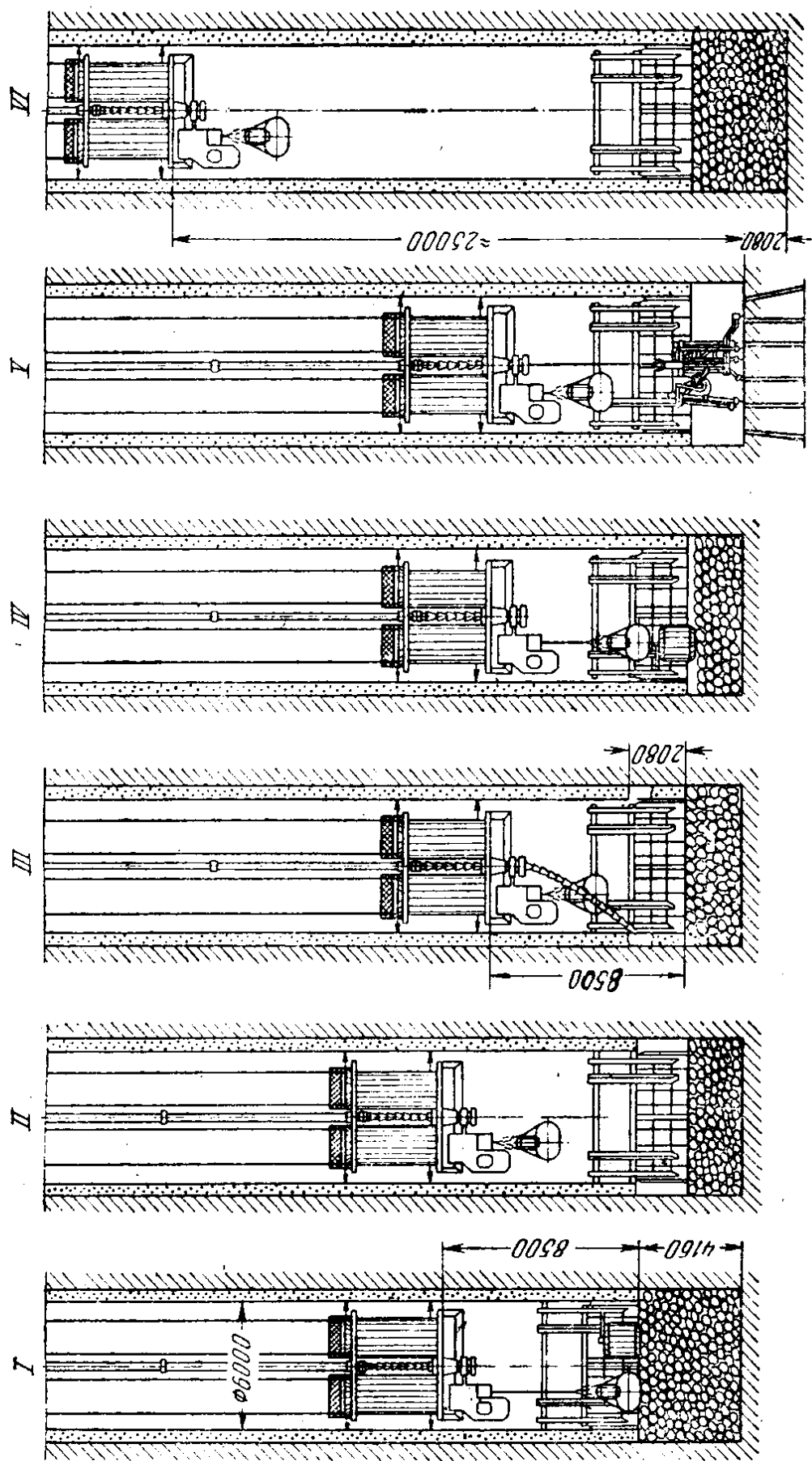


图 5 采用井筒施工混合作业方式和整浇混凝土井壁时的各工序顺序（井筒施工第一至第六阶段）

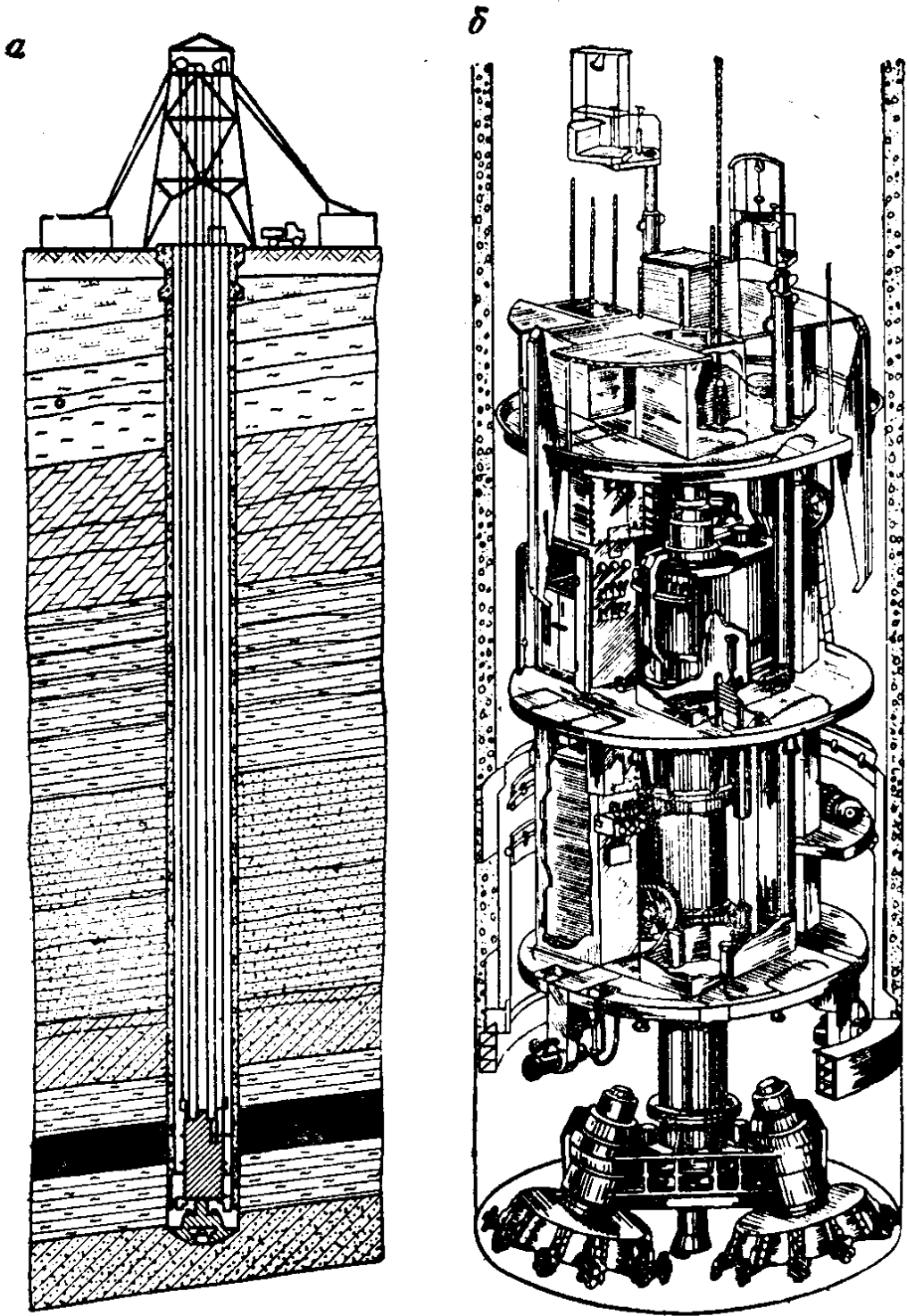


图 6 井筒联合掘进机

а—用ПД-2型联合掘进机掘凿井筒示意图；б—ПД-2型联合掘进机

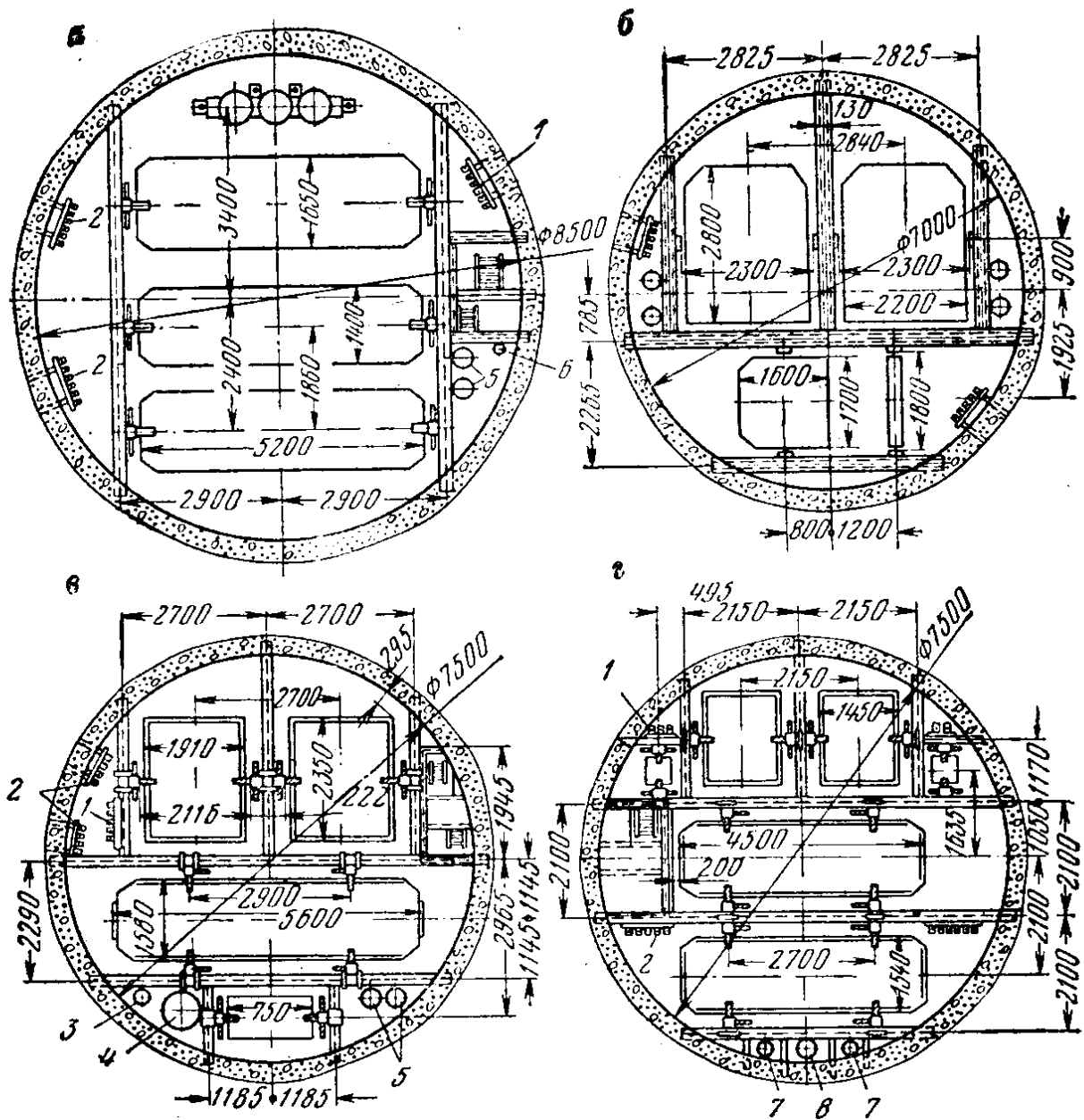


图 7 苏联煤矿和金属矿井筒的典型断面

1—信号电缆；2—动力电缆；3—直径150毫米供水管；4—直径600毫米风筒；
5—直径250毫米排水管；6—直径100毫米洒水管；7—直径300毫米排水管；
8—直径400毫米压风管

图 7, б 所示为装备箕斗提升装置的井筒断面。提煤采用容积25或30米³的箕斗，提矸则用容积11米³的箕斗。罐道、罐梁均为双面型。罐梁采用250×100×10毫米箱形梁；罐道为200×190×16毫米和160×160×12毫米。罐梁层间距为4米。

图 7, в 所示为《吉干特-深井》矿（克里夫巴斯）的井筒断面。井筒内装有两个容积各为20米³的箕斗和一个带平衡锤的罐

笼。井筒装备：罐梁为 36 号工字梁；罐道为 212×212 毫米箱形组合梁。罐梁层间距为 4 米。井壁为 300 毫米厚的整浇混凝土。

图 7, e 所示为《阿尔捷姆》矿（克里夫巴斯）1 号井筒的断面。井筒内装有两个容积各 10 米^3 的箕斗和两个容载 5 吨矿车的双层罐笼。井筒装备：罐梁为 36 号工字钢，罐道为 $160 \times 160 \times 12$ 毫米箱形梁。罐梁层间距为 4 米。井壁为 300 毫米厚的整浇混凝土。

第二节 井壁类型对井筒施工工艺和经济效果的影响

井筒施工技术和工艺的发展与所用井壁类型有着直接关系。井壁类型及其砌筑方法在很大程度上决定着井筒施工总的工艺方式。图 8 所列数据是 1952~1975 年期间所用各种类型井壁的变化情况。

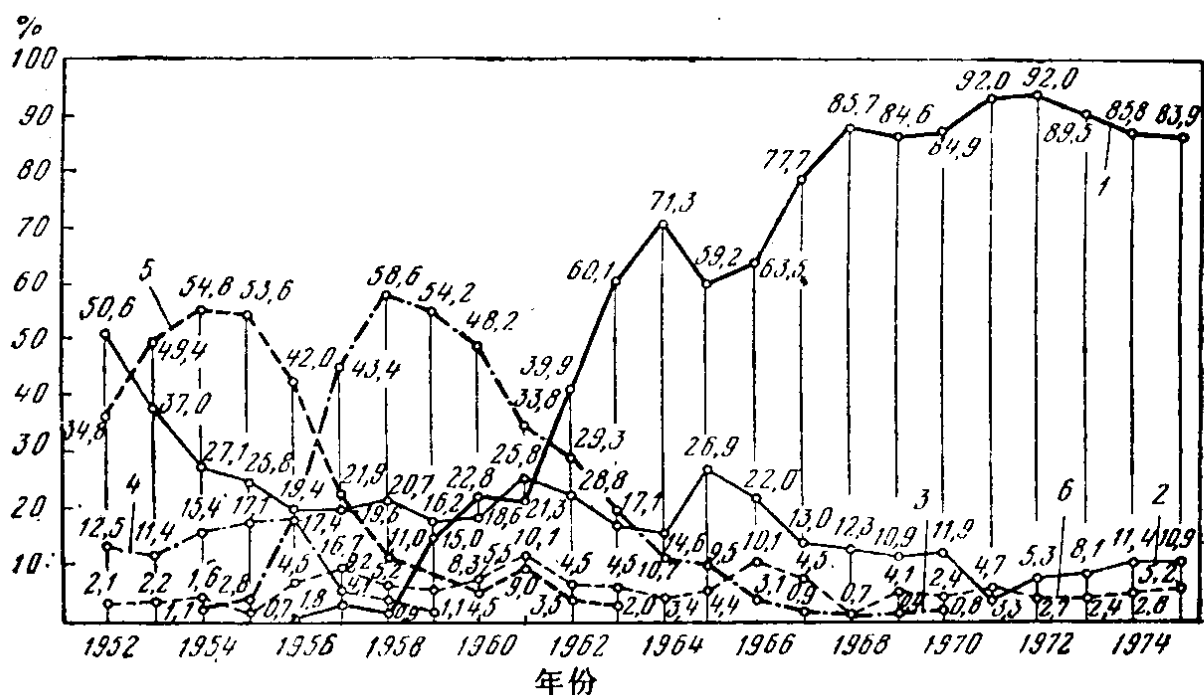


图 8 煤矿井筒各种类型井壁的逐年应用量

1—移动式金属模板整浇混凝土；2—木模板整浇混凝土；3—钢筋混凝土弧板；4—砖、混凝土砌块；5—铸铁弧板；6—其它类型井壁

在上述期间应用的井壁类型基本上有四种：砖、混凝土块、钢筋混凝土弧板和整浇混凝土。后者有用木模板手工浇灌混凝土

的和采用装配式金属模板，利用管子从地面输送混凝土的两种。改变井壁类型时，井筒施工工艺方式也要相应地改变（见图4）。应用砖井壁和混凝土块井壁以及用木模板整浇混凝土井壁时，采用单行作业方式。此时，井筒先用临时井壁支护，下掘20~40米，然后在此区段内砌筑永久井壁。

应用钢筋混凝土弧板或装配式工作面金属模板整浇混凝土井壁就需要改用混合作业方式。

为了提高劳动生产率和井筒掘进速度，采用了掩护筒平行作业方式。这种工艺曾用于以钢筋混凝土弧板支护的井筒，以后又用于以整体移动式金属模板整体浇筑混凝土井壁的井筒施工。应用掩护筒平行作业方式曾多次创造凿井纪录。

目前，苏联施工的井筒基本上都采用整体浇筑的混凝土井壁，即按照混合作业方式，采用整体移动式金属模板，将速凝混凝土从地面顺溜灰管浇注到模板内（见图5）。1976年，煤炭和冶金工业新建矿井的井筒施工总工程量中，采用移动式金属模板整体浇筑混凝土井壁的占85%左右。目前，这已成为所有采矿工业和地下工程施工部门在稳定岩层中用钻爆法进行井筒施工时的标准砌壁工艺。

应用联合掘进机组掘凿井筒的初期（1959~1960年，苏联《五十周年》矿），所用井壁为CTK型钢筋混凝土弧板，后来又成功地使用了移动式金属模板整体浇筑混凝土井壁。应用整浇混凝土井壁和上述砌壁工艺可使全部作业过程完全实现机械化。在这些情况下，井壁类型及其砌筑方法对井筒施工的技术经济指标有决定性的影响。

在复杂的矿山地质条件下用特殊方法施工井筒时，井壁只起从属作用。虽然井壁类型对凿井的技术经济指标有重大影响，但它在很大程度上取决于井筒施工的条件和方法。井筒采用冻结法施工时，井壁结构最为复杂、费工和昂贵。

井壁类型和施工工艺方式对工人的劳动安全也有着重大影响，这首先取决于裸露的岩帮在砌筑永久井壁前是否稳定。