

〔苏〕 H.K. 沙弗拉诺夫
沈正芳 王介峰 译

立井井筒安装工艺

煤炭工业出版社

2.4

TD262.4

2
3

立井井筒安装工艺

〔苏〕H.K. 沙弗拉诺夫

沈正芳 王介峰 译

煤炭工业出版社

B

435829

内 容 提 要

本书分析了国内外新井建设和老矿改建中广泛应用的井筒安装基本方式。研讨了钢丝绳井筒装备的构件、提升容器停止时的定位装置。叙述了钢丝绳井筒装备的计算方法及安装工艺方式。研究了有关井筒装备的检修和修复,进一步完善装备的结构,提高装备的工作可靠性和效果等问题。

本书可供从事矿井设计、施工和生产的工程技术人员参考。

责任编辑: 鲍 仪

Н.К. Шафранов
ТЕХНОЛОГИЯ АРМИРОВАНИЯ
ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТОЛОВ ШАХТ
МОСКВА "НЕДРА" 1984

立井井筒安装工艺

〔苏〕 Н.К. 沙弗拉诺夫

沈正芳 王介峰 译

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21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787×1092¹/₃₂

印张9¹/₈

字数198千字

印数1—1,500

1987年3月第1版

1987年3月第1次印刷

书号15035·2856 定价1.55元

序 言

苏联第十一个五年计划的主要任务是，在国民经济不断发展的基础上，保证进一步提高苏联人民的福利^[1]。在解决这一任务中，具有重大意义的是进一步发展煤炭、冶金矿山和化工矿山这些工业部门，其途径是建设一批新的矿井和露天矿，以及改建现有的矿井和矿山。因此，井筒施工的工程量将大大增加。

在以往的二十年内，立井井筒开凿工艺已发生根本变化。在此期间，研制并应用了崭新的施工设备，使掘进循环过程实现了综合机械化，从而将凿井速度提高了3~4倍。已完成试验的有：CK-1y型井筒联合掘进机组、4ПП-2型重型联合掘进机和CMBY-4M型凿岩钻架，这样就为以钻眼爆破作业为基础的间断循环过程转变为以机械破岩为基础连续作业过程创造了条件，并能保证提高工效2~5倍。

在第十一个五年计划期间，立井井筒的深度和直径及每个矿井的井筒数量均保持增加的趋势，这就提高了井筒在矿井生产总系统和施工工艺总系统中的作用和意义。在施工期间，立井井筒的开凿和安装所耗工期占矿井建设总工期的35~40%。在矿井生产期间，情况也类似，因为井筒的状况和通过能力决定着整个矿井能否顺利地生产。在这些问题中具有头等意义的是井筒的装备，因为其状况好坏实际上决定着整个井筒的状况。

在现代实践中，每年在修复刚性井筒装备上所花费用为

1300~1500万卢布，钢材8000~10000 t。造成这种情况的原因是，井筒深度增大了，在提升容器以最高速度运行的情况下，提升工作制度强化了，井筒装备构件的强度下降了，而且难以拨出必要的时间在井筒全深内或大部分区段内对井筒装备进行检修和修复。

由于诸多原因，刚性井筒装备已不适应矿井建设和生产的现代工艺水平。这种井筒装备在矿井建设期间不能保证要求的劳动生产率，而在生产期间不能提高采煤工艺的效果。因此，为了达到第十一个五年计划及至1990年期间的计划指标，必须在井筒安装方面采用崭新的工艺。

本书分析了目前所用各种井筒安装方式，总结了国内外先进经验，研讨了科学研究的工作成果，并全面阐述了有关钢丝绳井筒装备使用的一系列问题，这种井筒装备是以崭新的工艺为基础，并符合现代技术发展水平。

本书的目的是估计井筒安装方面的现状，推广在实践中和理论上的成就，使得这些成就的实际应用有助于在煤炭和采矿工业部门进一步提高劳动生产率和生产效益。

目 录

序 言

第一章 现代井筒装备方式技术发展水平

及技术经济指标 1

- 第一节 概述 1
- 第二节 各种井筒装备方式的经济指标 7
- 第三节 各种井筒装备方式的技术指标 9
- 第四节 井筒装备构件结构上特点引起的事故 10
- 第五节 使用特性 17
- 第六节 井筒装备发展简史 18
- 第七节 钢丝绳井筒装备扩大使用规模和范围的
趋势 22

第二章 钢丝绳井筒装备的构件 38

- 第一节 罐道钢丝绳和防撞钢丝绳概述及结构 38
- 第二节 密封钢丝绳 41
- 第三节 合股钢丝绳 46
- 第四节 钢丝绳在井架上的固定装置 49
- 第五节 钢丝绳拉紧装置 57
- 第六节 罐道钢丝绳定位装置 63
- 第七节 导向器 63
- 第八节 上、下装载（卸载）点上提升容器的定位
装置 65
- 第九节 中间水平的定位装置 73
- 第十节 МПТ (ПТК) 型防坠器 82

第三章 钢丝绳井筒装备参数的确定 88

第一节	提升容器沿钢丝绳罐道运行的理论概述	88
第二节	罐道绳和防撞绳的选择	93
第三节	导向器的计算	96
第四节	设计钢丝绳井筒装备时间隙和标准值的 计算	101
第五节	井筒断面的确定及定型设计	106
第六节	国外的间隙标准	113
第四章	井筒安装工艺	115
第一节	井筒安装的准备	115
第二节	矿井建设期间井筒安装工艺	119
第三节	矿井建设期间井筒安装经验	122
第四节	矿井生产期间罐道绳的更换	127
第五章	提升容器运行动力学的科学研究	163
第一节	研究的总任务	163
第二节	用摄影方法研究提升容器在井筒内运行的 动力学	164
第三节	在实际条件下对提升容器运行的综合研究	172
第四节	试验台和模型上进行的研究	183
第五节	波兰和民主德国对钢丝绳井筒装备的理论 研究	186
第六章	凿井期间的稳绳	212
第一节	钢丝绳概述、安全标准及技术特征	212
第二节	吊盘、吊盘悬吊方式及稳绳固定方式	217
第三节	滑架、导向轮及稳绳用的凿井绞车	223
第四节	稳绳拉紧力的计算	227
第五节	平巷和斜巷掘进时侧翼井筒的钢丝绳井筒 装备	238
第七章	井筒中管路敷设工艺	243
第一节	准备工作	243

第二节 《沙赫乔尔斯卡亚-深》矿副井井筒的管路 敷设	244
第三节 《沙赫乔尔斯卡亚-深》矿的管路敷设	251
第八章 钢丝绳井筒装备使用的合理性、日常 检查、安全标准和缺点	260
第一节 在复杂的采矿技术条件下钢丝绳井筒装备 使用的合理性	260
第二节 钢丝绳井筒装备的缺点	267
第三节 钢丝绳井筒装备状态的检测	273
结 语	278
参考文献	281

第一章 现代井筒装备方式技术发展 水平及技术经济指标

第一节 概 述

现代国内外实践中，井筒装备采用三种互不相同的结构方案，并且相应地有三种基本方式（图1）。

这些方式的技术经济指标和使用特性差异很大，然而迄今尚未确定这些方式的合理应用范围，这在很大程度上是由于对这些方式没有充分研究，因而缺乏有科学依据的建议。其另一个原因是，长期以来，定额指标是根据生产矿井的经验和已形成的习惯而指令性地确定的。还有一个原因是，在采矿工业发达的不同国家里，生产矿井中上述几种装备方式所占比例是各不相同的。比如，在民主德国、法国和瑞典的采矿工业中主要采用钢丝绳井筒装备，而在英国煤矿里，其比重仅占50%左右。在波兰和美国煤矿里优先采用钢丝绳井筒装备〔3、4、5〕。

苏联煤炭工业现有700个左右立井井筒在生产。其中大多数，即530个，采用金属刚性井筒装备；另120个井筒采用钢丝绳井筒装备；其余50个用刚性混合装备（金属罐梁与木罐道，木罐梁与金属罐道）。

至于悬臂式井筒装备，近几年来主要在联邦德国应用，但尚未推广。在苏联，这种井筒装备的应用量甚小。

悬臂式井筒装备，尤其是罐梁金属结构由工厂加工的单

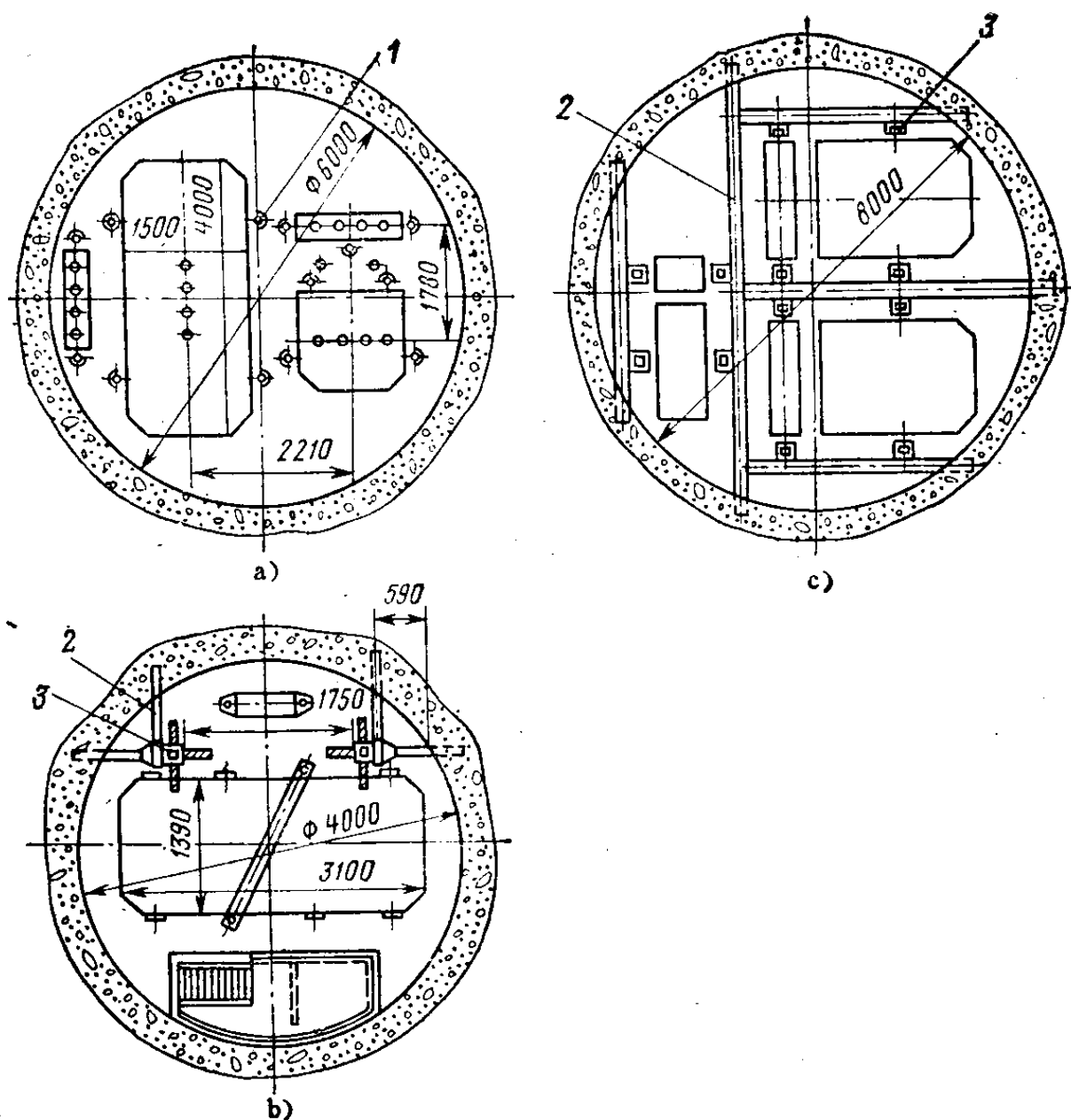


图 1 井筒装备方式

a—钢丝绳井筒装备；b—金属刚性井筒装备；c—悬臂式井筒装备；
1—罐道钢丝绳；2—罐梁；3—罐道

元构件，比传统的刚性井筒装备具有一系列优点，因此是井筒安装的先进发展方向。悬臂式井筒装备是于1967年首次应用在《北库兹巴斯》煤炭生产联合公司《尤日纳亚》矿的新罐笼井筒内。该井筒直径5m，深300m，配备一套单罐笼提升装置，包括一个容纳一辆3 t 矿车的罐笼和平衡锤。此外，

井筒内还布置一个梯子间。

罐笼和平衡锤的罐道均采用钢轨。罐道都是安置在罐笼和平衡锤的正面。罐梁层间距为4168mm。井筒装备的罐梁呈悬臂形，埋入井壁的混凝土中：罐笼的罐梁悬臂埋入深度350mm，而平衡锤悬臂的埋入深度450mm。井筒安装中节省钢材总量为37 t，这相当于刚性井筒装备的23%用量。

悬臂支撑式井筒装备的主要参数列于表 1。

表 1

井 筒	罐道结构, mm	罐道固定方式	罐笼外形尺寸, mm
斯列帕亚矿 8号井筒	№22B 工字钢	罐道两端埋入井壁	3100 × 1370
雅科夫列夫斯克矿 3 号井筒	焊成200 × 125 × 15箱形	用YIII C锚杆	4500 × 1500
捷尔任斯基矿 4号井筒	焊成200 × 125 × 8 箱形	用YIII C锚杆	3100 × 1300

斯列帕亚矿 8 号井筒、雅科夫列夫斯克矿 3 号井筒和捷尔任斯基矿 4 号井筒悬臂支撑式装备的主要参数如下：

罐道结构	焊成箱形 (160 × 160 × 12)
平衡锤外形尺寸	800 × 400mm
平衡锤的导向	直径38mm钢丝绳
罐梁层间距	4000mm
梯子间结构	成组金属梯段
罐道相对于罐笼的位置	一侧

由于上述井筒中的悬臂支撑式装备是在苏联首次实际应用，故在施工期间的许多工作是具有试验性质的。所有三个

通风井筒的采矿技术条件是相同的,这就为进行综合性试验创造了良好条件〔6〕。

在进行试验工作过程中,特别注意了井筒装备工作的安全和可靠性问题。施工期间完成的试验工作保证了下列问题的顺利解决。

1) 研制滚轮导向装置的液压缓冲器,这种缓冲器在提升容器行速为 $12\sim 14\text{m/s}$ 时,可将最大荷载由相当于提升容器重量的 $3\sim 4\%$ 减至 $0.4\sim 0.7\%$ 。

2) 试验YIII C胀壳式锚杆,及罐梁在井壁上固定的可调结点。一根YIII C锚杆的承载能力为 $10\sim 15\text{t}$ 。与在井壁梁窝内手工埋放罐梁相比,使用锚杆可将所耗劳动力减少 40% 。YIII C锚杆是成批制作的。计算和试验结果表明,用YIII C锚杆固定罐梁产生的刚度比在梁窝内埋设罐梁时高 40% ,并保证罐梁能可靠地固定在混凝土内,以及不同硬度的岩石中。

3) 用预制的金属梯段建成梯子间。梯段用锚杆固定在井壁上。梯段金属结构的长度为 8m 。

4) 对罐道和罐梁中产生的动荷载进行研究的结果表明,荷载的特性是不连续的,而其平均值为 $0.98\sim 5.88\text{kN}$ 。最大的荷载值达 10.29kN ,它发生在罐道间距变化偏移处(罐道与垂直线的偏差)。如果把井筒装备的容许计算荷载($44.3\sim 54.9\text{kN}$)与实际荷载(10.3kN)相比,则取定的井筒装备结构便具有 $4\sim 5$ 倍的安全系数。

在研究静荷载时查明了,悬臂支撑式井筒装备能够经受的垂直荷载为 107.91kN ,而水平荷载超过 49.05kN 。同时,罐梁的挠度不大,仅有2次(荷载值为 29.1kN 时)超过 1mm 。

在所有情况下,钢梁都保持弹性变形。未曾发现井帮有

变形迹象。

5) 由于在井筒中间部分设有罐梁而减少了安装工程量, 因而把安装速度由每月200m提高到500m。

6) 空气动力阻力比金属刚性井筒装备减少一半。

7) 编制悬臂支撑式井筒装备的计算细则, 其依据的条件是, 在矿井整个生产期间, 保证提升装置按照规定的参数可靠地运转。

在悬臂支撑式井筒装备的设计、施工和使用期间积累的经验证明, 这种井筒装备具有高水平的技术经济指标。不过这一经验是在直径4~5m、深750m以内的几个立井井筒中在相同的采矿技术条件下获得的。鉴于有关悬臂支撑式井筒装备的耐久性、可靠性和经济性的理论和实践数据都有限, 因此, 目前来规定这种井筒装备的使用范围和规模, 就嫌为时过早。然而, 悬臂支撑式井筒装备比金属刚性井筒装备具有一系列重大优点, 并且是井筒装备方式今后发展和改进的先进方向。

尽管悬臂式井筒装备在本质上是刚性井筒装备, 并且也具有刚性井筒装备的许多缺点, 包括可能产生共振现象, 但是在具有3~4个提升容器的复杂井筒布置方式中(直径6~9m井筒)应用时, 其优点特别明显。

如要判断悬臂式井筒装备在现代矿井条件下的经济性、使用范围及可靠程度, 则必须在各种不同的采矿技术条件下进行研究。

在这方面具有特殊意义的是井筒装备在主、副井筒中的工作指标, 因为在这些井筒中, 提升装置是在紧张的工作制度下运转, 而井筒断面内罐梁布置方式非常复杂。为解决这一问题, 最近已计划为2个井筒编制悬臂支撑式井筒装备的

设计，一个井筒在诺利里斯克，另一个在索里戈尔斯克，均属《白俄罗斯钾盐生产联合公司》的一个矿井。

随着经验的积累和技术经济指标的确定，将会解决悬臂支撑式井筒装备的使用范围和规模问题，这种井筒装备目前被认为是具有发展前途的。

在装有刚性井筒装备的井筒总数中，有65个井筒的装备是在特别复杂的条件下工作的（由于在深部开采急倾斜煤层，煤层上部或下部采空了，保护煤柱破坏了）。实际上顿巴斯矿区中部开采急倾斜煤层矿井的所有立井井筒均属这类井筒。

井筒一般是沿着垂直中心线变斜的，而延续的变形使井筒装备的状况连续恶化（图2）。在这种条件下要使井筒装备保持工作状态，就需不断地进行大量工作来检修和修复井筒装备。

每年通过改建和新建矿井，有10~15个新井筒投入生产。此外，近几年来，往往有个别井筒以大直径钻井来取代。在投产的井筒数

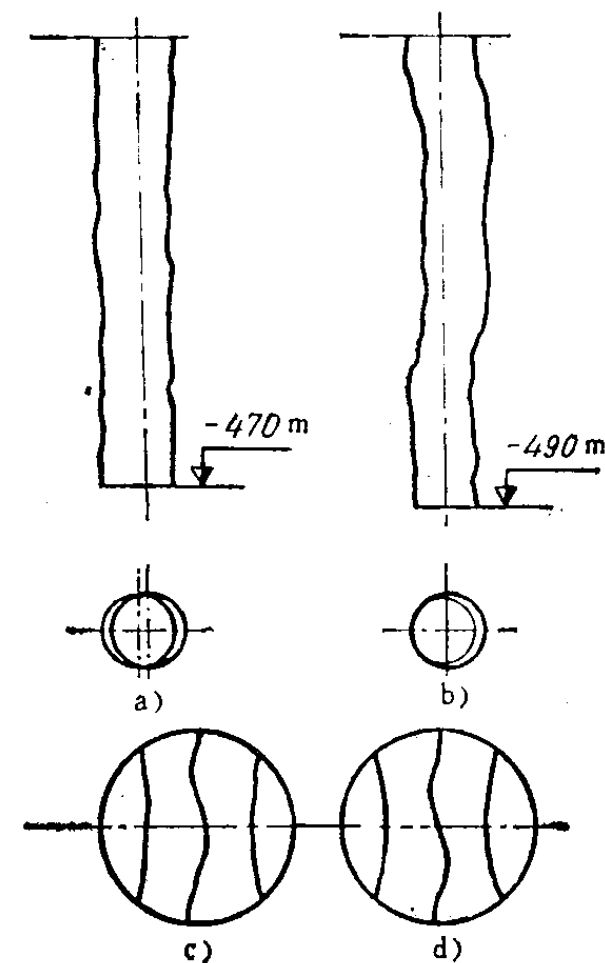


图2 井筒装备和井壁的变形
a和b—分别为《科切加尔卡》矿6号井筒和《鲁米扬采夫》矿3号井筒的井壁剖面；c和d—分别为《加耶伏依》矿8A号和9号井筒断面内罐梁的变形

中，有一半是采用钢丝绳井筒装备的。

第二节 各种井筒装备方式的经济指标

金属刚性井筒装备在建设期间的初次基本建设费用及生产期间的修复工作费用都大大超过钢丝绳井筒装备。

深度1000m、直径7.5m新井筒的装备费用列于表2。

刚性井筒装备的罐梁使用年限约为25年，而钢轨罐道的使用年限为9年〔7, 8, 9, 10〕。

表 2

井筒装备方式	井筒装备费用, 千卢布	
	不用防腐涂料	用防腐涂料
钢 丝 绳	170	—
金属刚性	670	840
悬 臂 式	503	670

注: 1. 防腐涂料 (或镀层) 费用 (镀锌是可靠的防蚀层) 为井筒装备材料费用的50~100%。

2. 悬臂式井筒装备的费用是从理论上计算的。

箱形罐道的使用年限假定等于罐梁的使用年限, 即25年。

生产矿井的罐道和罐梁在专门规定的日期进行更换。通常每周一天。在此情况下, 一个井筒更换罐道和罐梁的总时间为2~2.5年。越来越多的矿井开始根据井筒装备检修性质的不同, 实行每年停产一个月进行这项工作。

在生产期间井筒重新进行安装的费用比新井建设期间的井筒安装高30~40%, 因为施工条件困难, 并且准备和收尾工作的时间很长。至于钢丝绳井筒装备, 则在矿井生产期间只有个别的罐道钢丝绳由于磨损, 或者到了规定的使用期限

而进行更换。因此，不需要同时更换所有罐道钢丝绳，即完全不需要进行井筒的重新安装。

当采用刚性井筒装备时，在矿井生产期间（60~70年）需要2次更换全部罐梁，7次更换钢轨罐道；假如采用箱形罐道，则需2次更换井筒的整个装备（罐梁和罐道）。这样，在井筒使用期间，刚性井筒装备的构件需更换3次，而在采用钢轨罐道情况下，需要更换5次。使用钢丝绳井筒装备时，个别的密封钢丝绳在15年后更换，主要原因是钢丝绳质量差；而提升装置在紧张的工作制度下运转时（主、副井筒），钢丝绳平均10年更换一次（在个别情况下更换期短些）。在出风井筒和入风井筒中，钢丝绳每15年更换一次。

深1000m、直径7.5m井筒在矿井生产期内重复装备（但不用防腐涂料）所花费用列于表3。

表 3

井筒装备方式	井筒装备费用，千卢布			
	首 次	下一次	在矿井生产期内	在整个使用期间
刚性，带箱形罐道	670	871	1742	2412
刚性，带钢轨罐道	590	767	2300	2890
钢 丝 绳	170	176	1020	1190
悬 臂 式	503	654	1310	1813

注：1. 采用钢丝绳井筒装备时，钢丝绳更换6次。

2. 悬臂式井筒装备的费用是从理论上计算的。

从表中数据可见，按矿井建设期间的井筒装备首次费用（井筒装备费用约为井筒掘进和砌壁预算费用的30%）来判断井筒装备的优劣是会发生偏差的，因为，井筒装备以后几次的检修费用比首次费用高1~2倍，而井筒是为矿井整个生产期服务的，以后，井壁便不需更新或大翻修（发生变形的

井筒除外, 这种井筒占井筒总数的8%), 在整个生产期内, 井筒费用不再增加。

国外实际中推广的一种费用计算方法是, 基本投资和生产费用必须是指针对矿井整个服务期而计划的[3]。

将来, 如果应用优质钢材作为罐梁, 并采用稳定的防腐涂料, 则井筒装备的经济状况会发生重大变化。但是, 目前进行的计算只是对现状进行客观的评价。

第三节 各种井筒装备方式的技术指标

1. 金属材料消耗量

根据顿涅茨克矿井施工组织设计科学研究所的资料, 直径7.5m、深1000m的井筒采用刚性井筒装备时, 每米井筒消耗钢材1.15~1.54 t, 采用钢丝绳井筒装备时, 每米井筒耗用钢丝绳0.2 t。

在一个井筒的整个使用期内, 采用刚性井筒装备时的钢材消耗量为3450~4620 t, 而采用钢丝绳井筒装备时的钢丝绳消耗量为1200 t。

2. 井筒安装的劳动量

直径7.5m、深1000m井筒的安装, 在采用刚性井筒装备时需4500工-日, 而采用钢丝绳井筒装备时仅需200工-日。一个井筒的整个使用期内, 如果要2次更换刚性井筒装备, 就需耗用16500工-日, 而采取钢丝绳井筒装备, 仅需1200工-日。

3. 井筒安装延续时间和速度

根据顿涅茨克矿工施工组织设计科学研究所的资料, 具有上述技术特征的井筒, 其安装延续时间, 刚性井筒装备为6~7个月, 而钢丝绳井筒装备为1~2个月。