

悬臂式 掘进机

黄日恒 编著



中国矿业大学出版社

TD421.5

H-679

悬臂式掘进机

黄日恒 编著

中国矿业大学出版社

862378

内 容 简 介

本书全面介绍现代悬臂式掘进机的工作原理、结构组成、设计计算、使用维护以及设计新技术。全书共分七章:总论;总体设计;主要部件设计;现代掘进机举例;掘进机选型、配套、作业线;掘进机维护和检修;掘进机设计新技术。

本书可供从事矿山采掘机械研究、设计、制造、使用的工程技术人员和高等工科院校有关教师、研究生、高年级学生阅读参考。

责任编辑 朱守昌

责任校对 周俊平

悬臂式掘进机

黄日恒 编著

中国矿业大学出版社出版

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 6.5 字数 163 千字

1996 年 10 月第一版 1996 年 10 月第一次印刷

印数:1~1000 册

ISBN 7-81040-568-3

TH·20

定价:20.00 元

前 言

随着采煤机械化的迅速发展,日产万吨以上的工作面不断涌现,采区工作面推进速度越来越快。但是,巷道掘进速度滞后,跟不上采煤要求,已经造成采掘失去平衡,严重制约煤炭产量。为了实现巷道快速掘进,唯一有效途径是发展综掘机械化。

悬臂式掘进机是综掘机械化系统中的主力设备。我国从60年代开始研制掘进机,经过30多年的努力,先后研制出20多种型号掘进机。但是,这些自行研制的掘进机与国外现代掘进机产品相比,缺乏竞争力,在性能、效率、可靠性等方面存在较大差距。其主要原因是我国基础研究不够;设计水平不高;缺少创新意识;没有掌握现代掘进机的设计理论与方法。因此,我国的产品不能满足现代掘进机切割硬度高、效率高、可靠性高、自动化程度高的要求。当前,我国掘进机的设计研究工作,面临三项任务:一是深入消化吸收引进产品技术,产品的国产化不仅仅是图纸的转化,制造工艺的工厂化,更重要的是对引进产品在设计思想、设计方法、设计技术的消化;二是加强基础研究工作,主要指岩石可切割性和分类研究,整机和主要关键部件的设计理论与方法研究;三是对现有国产化机型进行设计改进,提高使用可靠性和开机率。这三项工作是掘进机设计工作者的紧迫任务。

应该看到,30多年来,我国煤炭行业中有关厂、矿、设计科研单位及高等院校,在掘进机设计方面,做了大量研究工作并取得许多科研成果,包括作者多年的科研成果和论文。对这些分散的研究成果,有必要进行系统的总结和整理,使我们自己研究的成果系统化,尽快在掘进机设计、生产、使用方面发挥效益,这是作者编写本

书的基本目标。

本书编写过程中,还着重考虑如下问题:

1. 尽量反映国外在掘进机技术领域中的最新理论成果和具有代表性的先进产品;
2. 尽量将掘进机设计、生产、使用、标准化方面的知识系统化,纳入各章各节叙述;
3. 充分反映我国对国外引进产品,进行消化吸收、开发创新方面的科研成果。

本书主要内容:介绍悬臂式掘进机的设计、使用以及当代最新产品结构,使读者对当今掘进机技术现状和发展有一个较清晰的了解。全书分为七章:掘进机设计总论;总体设计;主要部件设计;现代掘进机举例;掘进机选型、配套、作业线;掘进机维护和检修;掘进机设计新技术。

本书可供从事采掘机械的设计研究人员,工厂、煤矿综掘机械化的生产、管理人员,高等工科院校有关教师、研究生、高年级学生阅读参考。

感谢煤科总院上海分院、淮南煤矿机械厂提供产品说明书,书中还引用了掘进机标委会部分标准资料,在此深表谢意。

尽管编者作了很大努力,但因学术水平有限,编写时间又紧,书中错误和不妥之处,敬请读者不吝指教。

编 著 者

1996年9月

目 录

第一章 总论	(1)
§ 1-1 煤岩的机械性质和可切割性指标	(1)
§ 1-2 一般技术要求	(6)
§ 1-3 纵轴式和横轴式两类掘进机	(16)
§ 1-4 悬臂式掘进机的现状和未来	(22)
第二章 掘进机总体设计	(28)
§ 2-1 设计方法学的应用	(28)
§ 2-2 总体设计原则、任务、内容	(35)
§ 2-3 总体布置设计	(38)
§ 2-4 总体参数确定	(40)
第三章 掘进机主要部件设计	(44)
§ 3-1 切割头设计	(44)
§ 3-2 工作机构运动和受力研究	(75)
§ 3-3 回转台设计分析	(80)
§ 3-4 装载机构	(91)
§ 3-5 行走机构	(98)
第四章 现代悬臂式掘进机举例	(106)
§ 4-1 EBH—132 型悬臂式掘进机	(106)
§ 4-2 EBJ—160HN 型悬臂式掘进机	(110)

§ 4-3	ABM20 型掘锚联合机组·····	(122)
第五章	掘进机选型、配套和作业线 ·····	(137)
§ 5-1	掘进机选型·····	(137)
§ 5-2	掘进机配套·····	(141)
§ 5-3	综掘机械化作业线·····	(157)
第六章	掘进机维护和检修 ·····	(164)
§ 6-1	整机维护使用·····	(164)
§ 6-2	机械部分维护使用·····	(169)
第七章	掘进机设计新技术 ·····	(177)
§ 7-1	反求工程技术·····	(177)
§ 7-2	机电一体化技术·····	(184)
§ 7-3	可靠性设计·····	(189)
参考文献	·····	(200)

第一章 总 论

§ 1-1 煤岩的机械性质和可切割性指标

悬臂式掘进机的工作对象是煤和岩石,为了合理地设计、制造、使用新型悬臂式掘进机,以及探求高效低能耗破碎煤和岩石,必须研究煤、岩的物理、机械性质。

煤和岩石的物理性质——密度、孔隙度、含水量、导电性、传热性等;

煤和岩石的机械性质——弹性、塑性、强度、硬度、坚固性、磨蚀性等。

当然对掘进机械结构影响最大的是煤、岩石的机械性质。

煤、岩的可切割性是指煤、岩抵抗刀齿截割破碎的特性。我国悬臂式掘进机型式与参数标准 MT138—93 规定了三项可切割性指标——单向抗压强度(σ_y);坚固性系数(f);研磨系数(a)。

单向抗压强度——在无约束力条件下试样遭整体破坏时的应力,即 $\sigma_y = p/S$ (MPa), S ——初始断面积、 p ——最大破坏压力。所用设备为材料试验机,其承载板应平滑。

按 MT44—87 规定,试样为 $\phi 50 \times 50$ mm 的圆柱体,或 $50 \times 50 \times 100$ mm 方柱体,经锯、磨等加工工序制成,要求上下端平面互为平行,相邻面保持垂直。

试样的规格和表面质量对试验结果有很大影响。试样规格越小,由于“尺寸因素”影响,其强度越高,对圆柱体试样,高度越高,

强度越低。表面粗糙会产生应力集中,降低强度。

试验时,应以 $0.5 \sim 1 \text{ MPa/s}$ 速度加载直至破坏。遇到软岩时,加载速度应适当放慢。

煤、岩呈各向异性,为非均质的脆性材料,大量试验数据表明,其强度具有方向性和随机性。例如,煤的单向抗压强度,垂直层理方向为平行层理方向的 $1.2 \sim 2$ 倍。

在煤和岩石的压缩极限强度(σ_y)、剪切极限强度(σ_r)和拉伸极限强度(σ_L)之间存在下列比例关系: $\sigma_r = (0.1 \sim 0.4) \sigma_y$, $\sigma_L = (0.03 \sim 0.1) \sigma_y$ 。

坚硬度——煤、岩抵抗外力破碎作用的能力,说明煤岩在外力作用下破碎的难易程度。它综合反映煤岩的强度、硬度、韧性、弹性、矿物成分和煤岩结构、节理、裂隙度等因素。这一概念是由前苏联 M. M. 普罗托吉雅可诺夫教授提出,用坚固性系数 f 表示。

前苏联科学院矿业研究所提出捣碎法测量煤岩坚固性系数。煤岩样品是从工作面采落,选 $9 \sim 10 \text{ cm}$ 煤岩样品 10 块,用锤子打碎,所得尺寸不小于 10 mm ,分成 5 份,每份约 $40 \sim 80 \text{ g}$,每份装入捣碎筒内(图 1-1),该筒内径 $\phi 76 \text{ mm}$ 、高 750 mm ,用质量为 2.4 kg 的重锤,从高 0.6 m 处自由落下 n 次,用 $0.5 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm}$ 筛子筛分破碎煤岩,将五份筛下物混合在一起,用量筒(内径 $\phi 23 \text{ mm}$ 、高 175 mm)测量煤粉出高度 l ,后按下式算出坚固性系数

$$f = \frac{20n}{l} \quad (1-1)$$

捣碎法用于岩石时,计算公式为

$$f = \frac{20n}{l} + b \quad (1-2)$$

式中 b ——考虑岩石塑性影响常数,对塑性岩石, $b = -1$; 脆性岩石 $b = 2$; 脆塑性岩石 $b = 0$ 。

捣碎法的实质是测量破碎比功,捣击次数 n 正比于破碎消耗

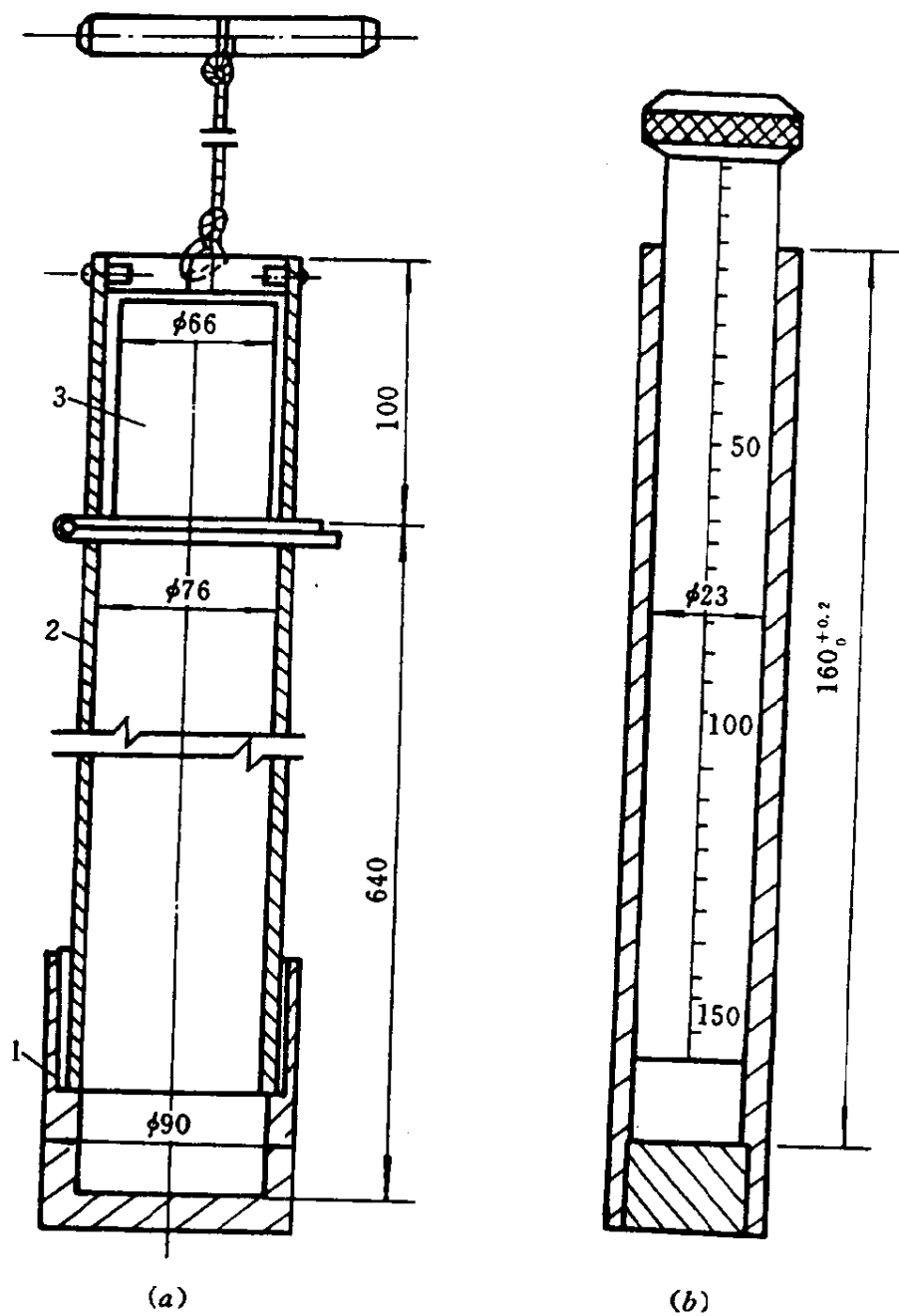


图 1-1 坚固性系数测量装置

1——杯；2——导筒；3——捣捶

能量，粉柱高度 l 正比于表面积增量。我国标准 MT49—87 规定了捣碎法测量方法和步骤。

大量实验数据表明，煤岩的坚硬度与单向抗压强度有如下近

似关系

$$f = \frac{c_r}{10} \quad (1-3)$$

根据掘进机的使用范围,将煤、岩作如下分类:

$f < 4$ 为煤, $f = 4 \sim 8$ 为中等坚固岩石, $f \geq 8$ 为坚固岩石。

由于坚固性系数最多仅仅反映冲压载荷而造成的岩石破坏,实际上岩石的破坏常常利用拉力和剪力,所以必须提出多个指标来评价煤岩的截割性能。

磨蚀性——煤岩对刀具摩擦磨损的能力。表征煤岩对金属、硬质合金和其它硬物体的磨损性能,其值用研磨系数 a 表示。

研磨系数是煤、岩的一项力学特性,研磨系数越大,截割阻力越大,对刀具的磨损越严重。在我国 MT138—93 标准中,采用前苏联 Л. И 巴洛恩和 А. В 库兹涅夫提出的定义和测量方法:用直径 8 mm 标准钢棒,以 150 N 的力压在未经加工的岩石试样表面,试棒以 6.7 s^{-1} 定速转动,试棒两端分别磨擦时间为 600 s,以试棒质量的减少量作为矿岩的研磨系数,由下式计算

$$a = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n q_i \quad (1-4)$$

式中 a ——研磨系数,mg;

q_i ——每一对试验中,被磨试棒减少质量,mg;

n ——试验次数。

前苏联按磨蚀性将岩石分为八级,最低的 $a < 5 \text{ mg}$,如石灰石、大理石、磷灰石、岩盐等,磨蚀性最高的 $a > 90 \text{ mg}$ 如刚玉。

岩石的研磨系数是由岩石的抗拉强度、石英的含量、石英颗粒的大小以及岩石的韧性等因素确定。按 Л. И 巴隆方法测定的某些岩石磨蚀性如表 1-1 所示。

西欧国家(德国矿山研究院),用 $j \cdot$ 舍马策克(Schimazek)磨损系数 F 鉴定岩石可切割性, F 系数是岩石抗拉强度 σ_r 、磨砺性物

表 1-1

部分岩石磨蚀性

岩石名称	磨蚀性(mg)	岩石名称	磨蚀性(mg)
石灰岩、大理岩	1~5	正 长 岩	65~90
泥岩、软页岩	5~10	花 岗 岩	80~90
砂岩、辉绿岩	18~30	花岗闪长岩	55~75
闪长岩、辉岩	45~65	玢 岩	40~60
		拉 长 岩	30~70

质含量 Q 、石英颗粒平均直径 D 之积, $F=Q \cdot D \cdot \sigma_z/100$ 。长期分析掘进机硬质合金截齿的磨损情况得出如下结论: 磨损系数 F 为 0.3 时是掘进机经济切割界限值, 如图 1-2 所示。如果超出经济使用界限, 当 $F>0.5$ 时, 刀具磨损加剧, 费用增加, 有时甚至达到界限刀齿费用 10~20 倍。

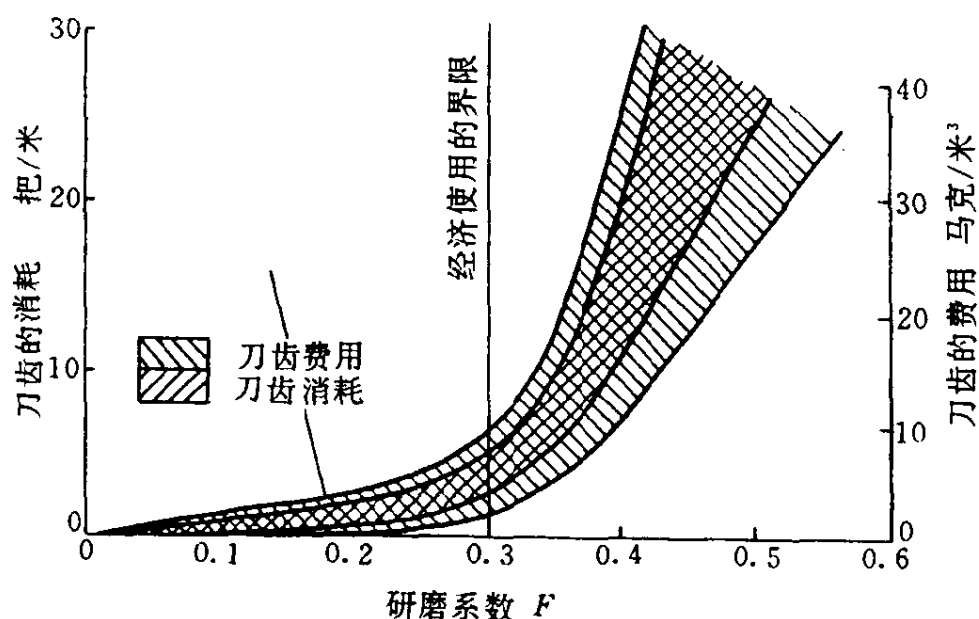


图 1-2 截齿消耗、截齿费用与岩石性质关系

由于被切割岩层是多种岩石构成,根据现有实验研究认为,单向抗压强度不再是唯一衡量岩石可切割性的指标,德国除采用磨损系数外,还介入了劈裂强度指标 $[B_t]$,表示岩石的连接强度,当 $B_t > 8\text{N/mm}^2$ 时,岩石难于切割或者破岩效率很低。

上述各种试验是建立在岩石力学基础上,针对性、专业性、实用性很强,对悬臂式掘进机技术发展,特别是切割技术、刀具技术的发展起着积极促进和导向作用,同时对用户提供选型依据,很有实用价值。

§ 1-2 一般技术要求

悬臂式掘进机在我国发展较晚,为了普及基本知识,从概念和名词术语入手介绍基本结构、一般技术要求和测量、试验内容及方法。

一、基本概念

悬臂式掘进机——装有悬臂和切割头的掘进机,又称部分断面掘进机。

横轴式掘进机——切割头旋转轴线垂直于悬臂轴线的悬臂式掘进机。

纵轴式掘进机——切割头旋转轴线与悬臂轴线重合的悬臂式掘进机。

切割机构——由切割头、齿轮箱、电动机、回转台等组成,具有破碎煤岩功能的机构。

切割头——装有截齿,用于破碎煤岩的部件。

回转台——实现切割机构水平摆动的支承装置。

装运机构——装载和中间输送机的总称。

托梁装置——托起支护顶梁的装置。

龙门高——中间输送机中槽板上表面与机架之间的最小垂直距离。

地隙——机架最低部位距巷道底板的距离。

卧底深度——切割头可切割出低于履带接地平面的最大深度。

最小通过转弯半径——掘进机在适应最大宽度巷道中转弯时,可通过巷道中心线最小半径。

截齿损耗率——切割每立方米实体煤岩,截齿损耗的数量,单位为个/ m^3 (实体)。

二、基本结构和技术要求

悬臂式掘进机由切割机构、装运机构、行走机构、液压系统、电气系统、除尘喷雾系统等组成。其基本结构形式为:切割机构分为纵轴式和横轴式;行走机构为履带式;装运机构为耙爪式接中间刮板输送机。掘进机应设有支护用的托梁装置,行走机构和装运机构均能正、反向转动,液压系统和除尘系统的管件、阀类等布置合理,安装可靠,整机各部件应符合解体拆装下井运输要求。

设计、试验要求:切割机构、装运机构、行走机构齿轮箱的传动零件,其强度安全系数不小于 2.5。刮板链的静强度安全系数的选择不小于 4.0,圆环链的拉伸强度指标为 C 级。齿轮箱的耐久性试验,在额定载荷和转速下连续运转,切割和装运齿轮箱不少于 1000 h,行走齿轮箱正、反向运转不得少于 400 h。受动载荷大的联接螺栓,应有可靠的防松装置。履带接地长度和中心距之比,一般不大于 1.6,履带公称接地比压不大于 0.14 MPa,对软底板要有适应性,履带上每个支重轮应能承受 50 % 的整机重量。内喷雾系统额定压力不低于 3 MPa,外喷雾系统额定压力不低于 1.5 MPa。要求掘进机实测重心与设计重心在纵、横两方向上的误差不大于 25 mm。实测重量误差不大于设计重量的 5 %。

在安全保护方面要求:掘进机电气设备的设计、制造和使用,

应符合含有瓦斯、煤尘或其他爆炸性混合气体中作业要求,符合《煤矿安全规程》以及《煤矿井下 1140 V 电气设备安全技术和运行的暂行规定》。所有电气设备均应取得防爆检验合格证,掘进机设有启动报警装置,启动前必须发出警报,掘进机必须装有前后照明灯。掘进机行走机构中应设有制动系统和必要的防滑保护装置,切割机构和装运机构传动系统中应设有过载保护装置,还应有切割臂与铲板的防干涉装置。油泵和切割机构之间、转载机和装运机构之间的开、停顺序,在电控系统中应设有闭锁装置。液压系统应设有过滤装置,还应设压力、油温、油位显示或保护装置。电控系统应设紧急切断和闭锁装置,在司机座另一侧,还应装有紧急停止按钮。内外喷雾系统中要装设过滤保护装置。

使用性能要求:掘进机各部件运转平稳,悬臂摆动灵活,在规定煤岩特性条件下进行切割时,截齿损耗率正常,切割头上截齿排列合理、更换方便,同一类截齿应具有互换性。装运机构及履带机构的传动部件、齿轮箱必须有可靠性高、寿命长的防水密封。履带的牵引力应能满足设计坡度上工作和转向要求,中间刮板输送机链条应具有可伸缩调整装置,刮板链与链轮正常啮合,不得出现跳链、掉链、卡链现象。装运机构耙爪下平面与铲板之间有间隙,不得接触摩擦。各操作手柄、按钮、旋钮、动作灵活、可靠、方便。齿轮箱在运转中各密封端盖、出轴密封、箱体结合面等处均不得有渗漏现象。齿轮箱、液压系统和轴承等,必须按设计要求注入规定牌号的润滑油和油脂,不得渗合使用。掘进机作业时,各齿轮箱最高温度不得超过 95℃,液压油箱中的油温不应超过 70℃,掘进机作业时,司机座位处空气中粉尘浓度应 $<10\text{ mg/m}^3$,司机处综合噪声值不大于 90 dB(A)。掘进机除手柄、按钮、滑道等表面外,均应采取防锈措施。

三、掘进机整机试验项目、内容、方法及要求

掘进机整机试验项目、内容、方法及要求见表 1-2。

表 1-2

掘进机试验项目、内容、方法和要求

序号	试 验 项 目	内容和方法	要 求
1	掘进机外形尺寸	按图要求的尺寸进行测量	符合图中偏差的要求
2	掘进机重量	整机称重或分部件称重累计	误差不大于 5 %
3	掘进机重心	测量重心方法按附图 1、2、3 及计算公式进行,设计重心由掘进机技术文件给出	纵向和横向误差 不大于 25 mm
4	掘进机调整尺寸 a. 悬臂左右摆动行程 b. 耙爪臂和铲板间隙 c. 中间刮板输送机链条 d. 履带链悬垂度	将悬臂置于掘进机纵轴线重合位置,分别向左和向右摆动至极限位置,测量左右摆动行程 测调耙爪臂下平面与铲板表面的间隙 使用机尾调整装置调节刮板链条的张紧度 将掘进机架起,转动链轮,张紧上链,测调下链的悬垂度	左、右侧摆动行程差不大于 30 mm 两者间隙应为 2.0~5.5 mm 且不允许有局部摩擦 应保证铲板摆动时,链轮仍能正确啮合和平稳运转 一般为 50~70 mm
5	掘进机装配质量 a. 检测悬臂滑道配合情况 b. 检查截齿和齿座的配合 c. 检查管道电缆的敷设质量 d. 检查重要螺栓扭矩 e. 检查标志、标牌	用塞尺检测滑道配合间隙,目测接合面接触情况 用任意三个截齿在任意三个齿座中装拆,检查配合松紧度和互换性 目查油管、水管、电缆敷设质量 用扭力扳手检测受动载或振动较大的重要紧固螺栓扭矩值 目检标志、标牌的制造、安装质量	应符合设计要求 松紧适度,有互换性,拆装方便 应符合设计要求 应符合设计要求 指示明确、清晰、正确、质量符合设计要求

续表

序号	试验项目	内容和方法	要求
	f. 检查油漆质量	目检漆表面的均匀性、皱皮、污浊度、擦伤等状况	漆表面应均匀、无明显的皱皮、擦伤、露底、污浊等现象
6	空载试验前检查		
	a. 检查油位	观察油标或用探尺检查各齿轮箱和液压系统油箱的油位	应符合设计要求
	b. 检查操纵手柄及按钮	各电气、机械、液压操纵手柄及按钮动作是否灵活可靠,所在位置是否正确	应符合设计要求 各手柄居于中位或启动前应居于的位置
	c. 调定液压系统溢流阀	启动油泵,操纵液压系统和各回路操纵阀,使回路中某油缸至极限位置(液压马达应使其制动)观察系统和各回路的溢流阀开启时的压力值	应符合设计要求,并做记录
	d. 调定除尘喷雾系统压力	启动除尘喷雾泵,分别关闭内、外喷雾系统的出水管阀门,观察各安全阀开启时的压力值	应符合设计要求,并做记录
7	切割机构空载试验		
	a. 空运转试验	开动切割机构的电动机,将悬臂置于水平位置,上、下极限位置,各运转不少于 30 min;如可变速,各档均按此方法试验,在水平位置再反向运转 10 min	测录各个位置功率变化情况,最大空载功率不大于额定功率的 15%,电动机、齿轮箱等运转平稳,无异常声响及过热现象
	b. 悬臂摆动时间试验	将悬臂分别置于水平位置,上和下极限位置,从一侧极端到另一侧极端摆动全行程分别不少于 3 次	测录各行程所需时间,计算平均值,应符合设计要求,误差 ± 1 s
8	装运机构空载试验		