

超大型矿用磨机起吊和运输方案研究

葛萌 顾维毅 王君

(北方重工集团有限公司 辽宁 沈阳 110141)

摘要:超大型磨机在性能和安全方面都表现出极大的优势,能够让矿山生产朝着高产量、高效率和高质量的方向发展,是推动国内外现代化矿山建设和改造的重要组成部分。对于我国的矿山生产而言,将大型磨机应用其中,不仅可以让劳动密集型的矿山生产转向技术密集型生产的方向,还能在很大程度上实现劳动效率的提升,在改善工作环境方面也具有重要作用,同时也可促进社会效益的快速发展。基于此,本文主要从起吊和运输这两个方面对大型磨机的应用进行分析,旨在提升其应用效果。

关键词:超大型; 矿用磨机; 起吊; 运输

0 引言

在全球矿山持续开采的影响下,各国的矿产资源都面临着短缺的问题,使得矿石的质量也受到一定的影响。在此种背景下,想要对矿产开采的效率和质量进行提升,并降低开采成本,需要对矿用磨机的应用与发展进行关注,国产大型矿用磨机的大型化趋势也已经成为必然。对于矿用磨机设备而言,大型化是实现生产规模扩大的重要方式,不仅可以让设备零部件的可靠性得到提升,同时也能最大程度上减少停机的时间,是提升作业率与回收率的最大推动力。但是,在矿用设备大型化的过程当中,也会产生很多问题,如起吊、运输和安装等方面都会面临较多的困难。

1 矿用磨机大型化趋势

在国内外矿业市场需求的影响下,各国的重型装备制造得到了极为迅速的发展。基于此种背景,国内的矿业领域也得到了极大的发展,设计和研发的水平正朝着先进化方向迈进。由国内相关资料内容可知,6m以上的自磨机/半自磨机和4m以上的球磨机称为大型矿用磨机。在能源资源不断短缺的影响下,矿山开采的费用会变得越来越,如何降低建设投资与生产的费用,已经成为世界各国共同面对的重大问题。大型矿用设备已经是当下矿场生产中的主流,环形电动机的出现也进一步的降低了磨机规格所带来的不利限制。

现阶段,“绿色经济”已经成为全世界范围中的发展共识。针对矿山行业的发展而言,低碳、绿色也是其在未来发展中需要重点遵循的原则。基于此,北方重工集团将重点放在绿色技术和创新理念的发展上,并

将其融合在大型矿用磨机的生产与应用当中,利用此种方式来推进矿山行业的进一步发展。以攀钢集团的白马选矿厂和密地选矿厂两个提质升级项目为例,他们将北方重工集团选为重点合作对象,明显是与绿色矿山行业发展要求相符合的重要项目,充分体现出了我国矿用磨机绿色发展的趋势。

2 超大型矿用磨机的起吊方案

2.1 中空轴起吊

在矿用磨机直径持续增大的背景下,分段、分瓣的结构设计已经成为主要的内容。但在具体的设计当中,无法对中空轴实施分瓣处理,这就使得该部件成为重量相对集中的部件,有时甚至属于整个筒体中最重的部件。针对中空轴的起吊方案设计而言,需要从多方面做好细节的分析,要对运输吊耳和装配吊耳进行严格的区分。一般来说,运输吊耳的数量为3个,并且会以 120° 的方式均匀的分布在外圆的位置上,因此在开展起吊工作时,需要将吊环保持在与吊缆方向一致的水平,实现水平吊运。装配吊耳的安装一般处于端盖连接部位的法兰非接合面处,并且与其中的一个运输吊耳会保持轴向平齐的方向,与运输吊耳进行组合之后即可起吊。起吊过程需要注意,缆绳夹角不宜超过 60° 。

2.2 端盖起吊

超大型矿用磨机的起吊一般会受到体积和质量影响,其端盖中空轴一般为分体式结构,并且端盖自身也经常处于几瓣的结构。针对端盖部件而言,是否为分瓣设计都需要配有运输吊耳和装配吊耳,只有这样才能实现起吊工作。一般来说,运输吊耳采用的设计方

式为沿端盖圆周方向呈 120° 均匀分布,此种设计方式利于开展平吊工作。装配吊耳的吊环设计一般是将其方向设计为顺绳子方向,且装配吊耳之间的夹角不宜超过 60° ,此种设计方式利于吊耳的受力。此外,在其最下方还会保留一个运输吊耳,通过此种方式来对垂直的角度进行一定的调整,避免出现倾斜问题。对于分瓣端盖而言,当几瓣端盖把合后实施起吊工作时,需将2~4个主吊耳联合在一起进行使用,但需要对二者的钢丝绳夹角多加注意,不得出现 $>30^\circ$ 的情况。

2.3 筒体起吊

针对规格相对较小的磨机而言,其设计、加工、吊装与运输均不容易受到较大的限制与影响,其筒体可沿着轴向进行分段处理,但其圆周可不实施分瓣处理即可整段进行发货,吊装也可实施整体吊装的方式。在对筒体实施运输时,需要将其保持在卧式,不需要翻转即可实施相应的吊装工作,因此,只需要就外吊耳就可以实现相关的操作。

在吊装的过程中,需将外吊耳的吊环方向作为重点,必须要符合沿筒体圆周方向布置的要求,此种方式有利于保障吊耳的受力需求;针对规格相对较大的磨机而言,很容易受到加工、运输条件的限制性影响,因此需要对筒体的分段吊装操作多加注意,一般是筒体沿着长度方向分段,圆周采用分瓣处理,在整体的运输过程中要使用立式或扣式运输,并且需要在吊装过程中实施翻转处理。

在具体的吊装中,要对运输吊耳和装配吊耳进行严格的区分,并对筒体的内外吊耳进行设计,其中,内吊耳主要均匀分布在筒体内壁,其作用为运输或翻转,而外吊耳主要分布在轴线方向,呈现出对称分布的方式,其主要应用场景为吊装和现场安装,但需对吊环方向与吊缆方向的一致性进行关注。

此外,筒体支撑是筒体起吊与运输过程中的重要支撑,是减少筒体变形的关键性部件,需要将磨机完全安装完毕之后才可实施拆除工作。大型磨机的筒体支撑多采用螺栓连接式结构进行处理,不仅起到防止焊接变形的作用,同时也是开展现场粘接工作的重要内容。

2.4 吊耳的强度计算

吊耳的强度计算是超大型矿用磨机的重要内容,其尺寸、强度和方向等都需要经过较为详细的分析与计算。

本次研究将筒体吊耳作为主要的例子,对筒体运输起吊和安装起吊的情况进行有限元分析。在开展建模工作的过程中,要将吊耳的特征和筒体的布置特征进

行重点分析,其他非关注特征可实施一定的简化处理。除了可以采用FEA有限元分析这种计算方式,还可对吊耳结构和连接螺栓进行校核计算,此种计算方式具有一定的简单性特征。

在对吊耳结构进行校核的过程中,一般是将关注重点放在吊耳的材料应用和焊缝强度计算上。吊耳基板的计算与其所吊物体相关,将眼板的强度和剪切面积的特性作为依据,通过此种方式将剪切强度与极限承载能力计算清楚之后,可将焊缝的抗剪和抗拉强度作为依据,计算焊缝的极限承载能力,让焊缝的尺寸和坡口的角度得以优化;在对起吊螺栓规格、性能等级和数量进行校核的过程中,可依据相关的手册内容对螺栓的主要参数进行校核和计算,同时还要对吊耳的几何形状和数量给予足够的关注,通过对吊耳实际载荷进行分摊的方式,获得螺栓的真实受力。

3 超大型矿用磨机的运输方案

3.1 国内运输

随着我国社会经济的不断发展,交通条件也越来越便利,在对各类机械产品进行设计的过程中,可以不必像从前那样考虑较多的运输条件,因而受到的限制越来越少。但是对于我国的矿用磨机运输而言,我国地域辽阔,不同地区的条件具有较大差异,部分地区的运输依旧存有一定的困难需要克服。

一是受到国内国土面积的影响,运输距离存在较远的问题,同时易受到多种复杂地形和交通条件的影响。以北方重工集团于2014年为昆明钢铁公司大红山铁矿扩产工程研制的 $\phi 8.8\text{m} \times 4.8\text{m}$ 的半自磨机和 $\phi 6.0\text{m} \times 9.5\text{m}$ 的球磨机为例,此次项目是对先进的外国技术进行引进和吸收,创新研制出功率达到6500kW的大型矿用磨机设备,无论在制造工艺还是性能水平上,在当时都占据着国际领先的位置。此次项目的大型磨机的运输需横跨半个中国(多省份、多地形),北方重工集团的运输团队经过多次的试验设计,圆满完成了相应的运输任务。

二是受到国内不同地区的天气差异性影响,使得运输过程易遭遇不同的天气影响,特别是在寒冷的冬季,相关的运输人员易受到低温天气的侵袭,以2020年3月方大集团北方重工设计、制造、安装的4台MLL1200螺旋立式磨机和1台 $\phi 6.4\text{m} \times 12\text{m}$ 溢流型球磨机为例,该产品的装机功率为1200kW,在场地利用率方面表现出极大的优势,但在运输的过程中需要重点关注其自身的特点与外界的环境因素。此次运输项

目正处于寒冬腊月，夜间气温甚至可以低至 -20°C ，需要相关的工作人员忍受寒冷天气实施相应的运输工作。

3.2 国外运输

相较于国内运输，国外运输的情况更具有复杂性和多变性，这主要与国家的发展情况和交通运输情况具有密切关系。针对交通较为发达的国家，一般对运输过程中的机械产品尺寸的限制问题就会比较少，此种情况下就可以利用港口进行预组装，组装完成后可通过海上运输的方式进行发货处理，此种运输方式能够让运输和安装的成本得到最大限度的降低。针对交通条件处于较为落后状态的国家，对于运输过程中的机械产品尺寸就会较为严格的要求，因此需要将大型磨机分为多瓣设计，只有这样才能对相应的运输条件进行满足，但是此种过程会在很大程度上加大设计、安装和运输方面的成本。

3.2.1 港口运输

向交通较为发达的国家进行大型矿用磨机的运输时，需要在港口就将尽量多的零部件组装在一起，此种方式能够减少车辆运输的数量，降低成本，同时，预组装也可以让到达之后的现场安装时间得到最大程度的缩短，能有效缩短工期。但在开展港口预组装的过程中，企业一定不能过于关注组装的数量而忽视了码头的承载能力，同时也要对运输国家的安装能力和运输条件作出全面的考量。以北方重工集团于2018年2月开展的俄罗斯诺伊金矿项目二期工程项目为例可看出，该项目为北方重工集团的球磨机第一次进军俄罗斯市场。俄罗斯作为世界大国，其交通运输条件整体较为

便利，可通过港口运输的方式减少造价和组装方面的问题。以南非 Bakubung 铂金矿项目为例（如图所示），该项目作为北方重工开辟南非市场的重要项目，在设备和产品的供给方面都表现出较高的质量，因此在对球磨机的制造和运输工作中，需重点关注到运输的质量与效率。南非地区的交通运输条件较为发达，可通过港口运输的方式将所需的预组装构件得到稳妥运输，保障磨机的质量。

在开展港口预组装和海上运输工作的过程中，需要提前考虑到多种因素，包括预组装的场地位置、运输的道路和出港的路线等，上述因素均需重点考虑设备运输的空间与强度，只有选择出最为合适的港口，才可顺利完成预组装。一般来说，在对磨机实施预组装工作时，还要对预组装平台的强度、刚度和平整度多加关注，要依据实际情况进行反复的测量与计算之后，所得出的结果才可满足项目磨机的预组装要求。

为了让预组装的磨机顺利登船，可以采用轴线车滚装技术，利用涨潮时所产生的动力来开展滚装作业。当海水进行涨潮阶段，需要将驳船甲板与码头保持在平齐位置，由运输车组实施具体的滚装上船的作业。为了有效避免在滚装过程中所出现的船体首尾受力不平衡现象，需要利用船载水泵，将前后压水舱的水量维持在稳定状态中，使用此种方式实现对船体前后水平稳定性的保证，让大型磨机顺利登船。当磨机顺利登船之后，相关的工程技术人员还要注意到运输过程中的磨机受力问题，避免受到海上复杂情况的不利影响，影响到后续的安装与操作。

3.2.2 模块化运输

模块化运输是针对交通运输条件一般的国家而实施的技术类型，可将大型磨机拆解为模块实施运输，避免受到运输条件的较大限制。此种运输方式可以让大型矿用磨机的适应性得到强化，同时也能让整个运输的过程变得更加便利和有效。以北方重工集团于2014年1月开展的老挝 KSO 金矿项目为例，该项目所生产的 $\phi 9.15\text{m} \times 5\text{m}$ 半自磨机和 $\phi 6.4\text{m} \times 10\text{m}$ 球磨机，产量可达到 750t/h ，让企业得到了进一步的发展。该项目的矿用磨机运输主



图 南非 Bakubung 铂金矿项目

（下转第88页）

于微米级微坑的尺寸较大,可以明显看出微米级微坑的轮廓,以及二级沉积层表面纳米结构和微米结构共存的形貌。

综合以上结果可知,采用滴涂法可以在平面模具表面制作均匀的一级胶体晶体掩膜,在一级胶体晶体掩膜的辅助下进行电沉积,可在模具表面得到表面带有微米级微坑的一级沉积层。在一级沉积层表面继续采用滴涂法可制作出二级胶体晶体掩膜,以二级胶体晶体为掩膜进行电沉积可在模具表面得到带有微纳米结构的沉积层。

4 结语

由于本文中所加工的微纳米结构的尺寸较小为微米级和纳米级,对于模具表面的宏观表面没有太大影响。当对模具表面质量要求较高的时候,则可通过调节电沉时间、电流密度和所采用的胶体晶体掩膜的粒子尺寸来调节微纳米结构的尺寸,从而调节模具表面的粗糙度,以满足实际加工生产中对表面质量和加工精度要求较高的模具

加工。

参考文献:

- [1] 陈志明,张海鸥,王桂兰.我国模具工业的现状与发展[J].锻压技术,2004,29(5):1-4.
- [2] 张海鸥.快速模具制造技术的现状及其发展趋势[J].模具技术,2000(6):84-89.
- [3] 阮雪榆,李志刚,武兵书,等.中国模具工业和技术的发展[J].模具技术,2001,1(2):72-74.
- [4] 单宏宇.仿生非光滑耦合模具表面粘附性能研究[D].长春:吉林大学,2009.
- [5] 秦歌,周奎,明平美,等.粒子掩膜电沉积制备微坑阵列研究[C]//特种加工技术智能化与精密化——第17届全国特种加工学术会议论文集,2017.

作者简介:李兴瑞(1982.04-),男,汉族,河南林州人,硕士研究生,讲师,研究方向:精密超精密加工技术与装备。

(上接第83页)

要是采用陆路模块化运输的方式,将磨机拆分成相应的模块,将其精准地运输到矿山项目的现场,然后依据预先准备好的设计图纸实施相关的安装工作,让整个项目的运输和安装周期都可以得到一定的缩短。

4 结语

近年来,世界范围的机械产业转移和中国企业到国外发展矿业,为矿用磨机提供了最好的发展时机。但在矿用磨机规格不断增大的影响下,磨机的起吊、运输和安装方面的问题也日益凸显,成为相关人员必须要重点关注的内容。本文主要针对大型磨机的实际情况,对其起吊和运输的方案进行了简要的分析,希望可以同同类工程应用提供参考。

参考文献:

- [1] 周威,赵伟刚,赵汉青.中高压变频器的同步投切系统在矿用磨机上的应用[J].矿山机

械,2022,50(03):16-20.

- [2] 王静婕,刘秀,程波,等.工业设计在矿用磨机上的研究及应用[J].矿山机械,2021,49(06):62-66.
- [3] 贾冠飞,田磊,梁敏,等.矿用磨机大型铸钢齿轮制造技术[J].铸造,2020,69(09):986-990.
- [4] 何康康,裴岩,聂壮壮.矿用磨机减速器三维参数化应用研究[J].矿山机械,2019,47(07):55-57.
- [5] 陈松战,赵魏,魏贵,等.矿用磨机双驱方案的选择及特点分析[J].矿山机械,2019,47(09):45-48.
- [6] 宋亚虎,陈彬,毛宽亮,等.矿用磨机铸钢大齿轮断齿原因分析[J].矿山机械,2019,47(09):48-52.
- [7] 王焕,张振华,孙富强,等.特大型矿用磨机履轴轴承润滑系统解析[J].矿山机械,2018,46(07):35-39.

作者简介:葛萌(1993.11-),男,汉族,辽宁沈阳人,本科,研究方向:重型设备制造工艺流程。