

石材加工装备 及工艺

赵民 等编著

54.4

5

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



石材加工装备及工艺

赵 民 等编著



机 械 工 业 出 版 社

本书系统全面地介绍了石材加工装备及工艺,内容包括:毛板加工设备、板材磨削及抛光设备、板材切割设备、石材数控加工设备、石材异型加工设备及其他加工设备的结构、原理、使用及主要技术参数;薄板加工、合成石加工及一些石材加工辅助设备;石材加工工艺。本书介绍的设备大多数为世界上最为先进的石材加工设备,标志着石材加工发展方向。

本书可作为石材行业及其他相关行业工程技术人员的参考书,也可作为相关专业在校师生及研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

石材加工装备及工艺/赵民等编著. —北京:机械工业出版社, 2004.4

ISBN 7-111-14097-4

I. 石... II. 赵... III. ①建筑材料—石料—生产设备②建筑材料—石料—加工工艺 IV. TU521.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 015645 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:陈保华

责任编辑:陈保华 版式设计:张世琴 责任校对:张 媛

封面设计:张 静 责任印制:李 妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·8.125 印张·314 千字

0 001—4 000 册

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

石材加工装备是石材加工中最重要的组成部分。随着科学技术不断发展,石材加工装备得到了迅速发展和提高。石材加工装备已经广泛采用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和光电子技术,这使石材加工设备上了一个新的台阶。

石材是一种装饰艺术材料,其品种繁多,式样和造型变幻无穷,因此相对加工难度较大。石材设备相对其他设备传动系统简单,结构尺寸大,刚度和强度要求也高。石材设备种类繁多,大多数都属于专用设备,有些毛板加工和板材磨抛线设备属于重型设备。为了增加设备功能,石材加工设备正朝着多样化和数控化方向发展。

本书是作者在多年从事石材设备设计和研究的基础上,参考国内外相关设备资料编写而成。全书共分十三章,第一章介绍石材设备发展的概况、设备分类和发展趋势,第二章介绍各种毛板加工设备,第三章介绍各种切机加工原理、结构和主要技术参数,第四章介绍石材磨机加工原理、结构和主要技术参数,第五章介绍各种异型石材加工设备结构和原理,第六章介绍石材数控车床、石材数控铣床和数控加工中心的构成和工作原理,第七章介绍几种石线加工设备原理和结构,第八章介绍墓碑加工设备,第九章介绍高压水加工设备、烧毛、喷砂、剥斧等加工,第十章介绍薄板加工及设备,第十一章介绍合成石加工及设备,第十二章介绍一些石材辅助设备,第十三章介绍石材加工工艺。

本书介绍的设备大多数为世界上最为先进的石材加工设备,标志着石材加工发展方向。希望该书的出版发行能为国内石材加工行业的同行提供具有价值的参考资料,也希望能为中国石材科技进步和发展做出一些贡献。

本书作为一本系统讲述石材加工装备及工艺的专业书,主要适用于石材行业各加工企业人员作为参考书,也可作为相关专业在校师生及研究人员的参考书。

参加本书编写的主要人员有赵民、沈冰、齐凤莲、赵永赞、邵萌、毛亚丽、罗继曼、王志强等。

IV

此外，在本书编写过程中，得到了石材杂志社的谭金华、韩爱丰等的大力支持和帮助，也得到了沈阳建筑工程学院的领导和科研处的大力支持，在此谨表谢意。

限于作者的水平，时间有限，书中难免有错误与不妥之处，恳请读者批评指正。

作 者

2003 年 12 月于沈阳

目 录

前言

第一章 简介	1
第一节 石材加工设备概述	1
第二节 石材加工分类	2
第三节 石材加工发展	3
第二章 板材加工设备	5
第一节 花岗岩框架锯机	5
第二节 大理石平移框架锯机	18
第三节 双向切机	29
第四节 圆盘锯机	39
第五节 多股金钢石串珠绳锯机	46
第三章 切机	51
第一节 全自动桥式切机	51
第二节 手摇式切机	63
第三节 花岗岩横向切机	66
第四节 大理石横向切机	70
第五节 多锯片桥式切机	72
第六节 大理石板条自动分割机	72
第七节 自动垂直横向切机	74
第八节 手动切铣机	76
第九节 水平对剖机	77
第四章 石材磨机	79
第一节 花岗岩连续磨抛机	79
第二节 大理石连续磨抛机	89
第三节 桥式磨机	97
第四节 手扶磨机	102

第五节 石材磨边倒角机	110
第五章 异型加工设备	114
第一节 概述	114
第二节 金刚石串珠绳锯机	116
第三节 圆弧板切机	121
第四节 圆弧磨机	125
第五节 双刀盘圆弧板纵边切机	128
第六节 双刀盘圆弧板端面裁割机	129
第七节 石材圆柱切机	131
第八节 多功能蘑菇石成形机	134
第六章 数控加工设备	137
第一节 数控加工原理	137
第二节 数控加工中心	141
第三节 数控车床	149
第四节 数控抛光机	157
第五节 石材雕刻机	159
第七章 石线加工设备	162
第一节 石线切机	162
第二节 异型磨边机	164
第三节 自动曲线磨边机	167
第四节 数控花边加工机	168
第八章 墓碑加工设备	171
第一节 概述	171
第二节 手拉切机	172
第三节 石材钻孔机	173
第四节 其他加工设备	175
第九章 特种加工设备	177
第一节 高压水切割机	177
第二节 表面烧毛和剥斧加工	186
第三节 其他加工技术	189

第十章 薄板加工设备及工艺	193
第一节 概述	193
第二节 金刚石带锯机	195
第三节 带锯对剖机	196
第四节 薄板强化技术	197
第五节 铝蜂窝复合板	198
第十一章 合成石加工工艺及设备	200
第一节 合成石的发展	200
第二节 树脂合成石材	206
第三节 水泥合成石	219
第十二章 辅助设备	225
第一节 运载机械	225
第二节 板材自动装载机	229
第三节 真空树脂技术	230
第四节 板材树脂全自动处理机	231
第十三章 石材加工工艺	233
第一节 单件石材板材加工工艺	233
第二节 石材大板生产线加工工艺	236
第三节 石材薄板加工工艺	240
第四节 石材标准板材加工工艺	245
第五节 异型石材加工工艺	247
参考文献	251

第一章 简介

第一节 石材加工设备概述

石材加工装备及加工工艺是石材加工的基础和核心。从石材加工发展历史可以看到,随着加工装备的发展和工艺水平的科技进步,石材产品的质量和加工自动化水平也得到不断提高。石材加工从简单的平面加工向立体加工发展,从手工加工向机械化、自动化、数控化方向发展,从单件加工向流水线、柔性系统方向发展。

石材加工历史悠久,从有人类文明历史以来,就有石材加工,但最初都是用手工完成的。直到石材机械发明以后,人们从繁重的石材加工体力劳动中解脱出来。石材毛板加工最初采用摆式砂锯,锯机框架采用绳索吊挂,进给系统靠重力配重完成。锯条张紧机构也是靠楔形块张紧。磨料主要采用河砂,由人工进行上砂和加水完成。锯割的板材尺寸小,厚度不均匀,表面粗糙度很大。尤其是加工浅色大理石板材时,表面容易产生锈蚀现象。磨机主要以手扶磨机为主,每台磨机配有多个磨头,磨块多采用沥青粘接。加工工艺比较简单,产品单一,劳动强度大,质量较差。

随着加工装备和加工工具的发展,框架锯机也得到了很大改进,例如金刚石框架锯机,用来对大理石荒料进行毛板加工,其进给机构和张紧结构采用液压式,锯框采用平移式。花岗岩框架砂锯采用同步丝杠进给结构,加砂系统采用自动混料喷砂及喷水系统,加工效率和加工质量得到了大大提高,同时锯条尺寸和数量也都增加,加工荒料尺寸得到增加。伴随着新的加工设备出现,毛板加工方式也从过去单一的框架锯机向多元化方向发展,相继出现了圆盘锯机、带锯机、多股金刚石串珠绳锯机。圆盘锯机从单锯片向多锯片发展,出现了20组锯片锯机,同时从单方向切割发展到双向切割,由此产生双向切机。石材磨机发展速度也很迅速,从手扶磨机发展到桥式磨机以至到连续磨抛机。石材加工装备随着新技术的发展而得到不断发展,同时其加工工艺也得到了不断提高。石材加工从板材向异型发展,随之出现圆弧板切机、圆弧板磨机、石线切机、数控雕刻机等一系列异型石材加工设备。石材加工装备也是随科学技术的发展而不断完善和更新,石材加工设备也从简单电气控制向PLC控制和数控方向发展。加工方法也从机械加工向高压水加工、激光加工、火燃加工、喷砂加工等方向发展。随之而来的辅助设备也从单一机械装置向数控化和智能化发展。

第二节 石材加工分类

石材加工本身具有多样性和复杂性，因此，对其加工的分类也没有统一的标准。从石材产品的本身发展来看，其传统加工主要是板材加工。但随着近年来装饰技术水平的不断提高，所用的石材品种、规格、形状越来越多，其加工的形状也越来越复杂，从平面加工发展到立体加工。从石材的形状来看，加工主要还是分成两大类，一是板材加工，二是立体加工。目前把除标准平面板材加工以外的加工都确定为异型加工，但从异型加工角度来看，其加工范围又非常广泛。如石线加工，从加工范围和工艺都属于板材加工的范围，因此，准确地对石材加工的分类具有一定的局限性。此外，按石材品种分类可分成大理石加工、花岗岩加工和合成石加工，但按品种分类，有的设备又具有共性，既可以加工大理石又可以加工花岗岩。从工艺上对石材进行分类比较接近于实际生产，同时对设备的使用又具有目的性，因此按加工工艺上分类比较合适。

此外石材按去处切屑的方式又可分为机械加工和特殊加工，而机械加工又分为一般加工和数控加工，特殊加工又分为高压磨料水加工、火燃加工、喷砂加工和激光加工。石材加工分类如图 1-1 所示。

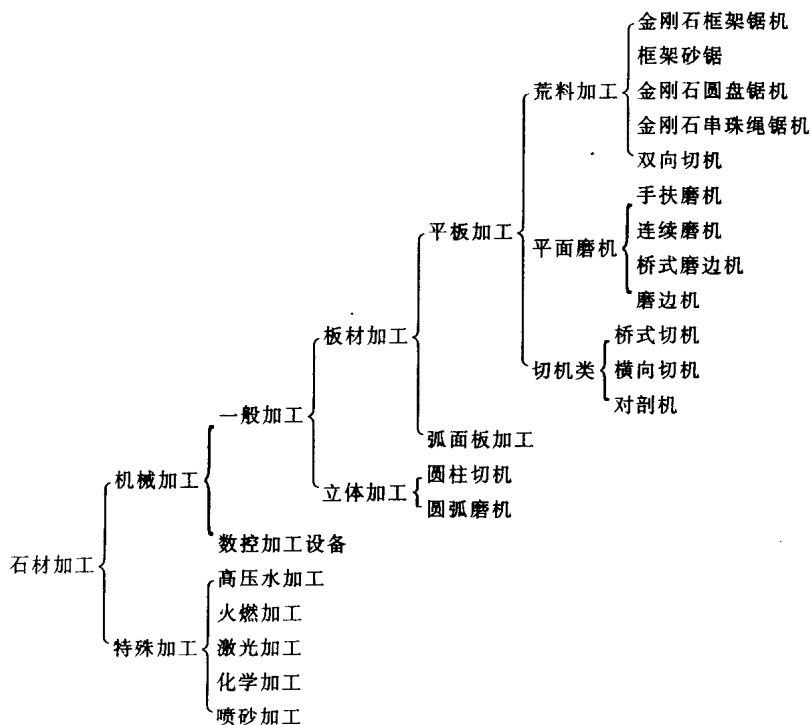


图 1-1 石材加工分类

第三节 石材加工发展

随着计算机软硬件的快速发展,近年来石材加工设备发展很快。

新设备不断涌现,如花岗岩排锯,由原来的 $3\text{m} \times 3.5\text{m}$ 发展到现在的 $4.5\text{m} \times 6.9\text{m}$,花岗岩连续磨机的性能也有进一步提高,桥式切机向数控、多功能、激光测距、自动化方向发展。另一点值得石材加工企业注意的是,由于投入及生产效率的不同,同类的设备在售价上也有很大的差别,有的甚至相差30%以上。因此,选购石材加工设备必须从先进性、功能性和价格等多方面考虑。

异型加工设备,也预示着未来石材加工产品将出现繁花似锦的可能性,这些异型加工设备包括:直边异型加工机、曲线异型加工机、曲面异型加工机、金刚石绳锯、程控雕刻设备、新型数控加工中心等。这些设备都代表着当今国际石材加工的先进水平,也标志着产品形状向多元化方向发展,可以激发建筑装饰设计人员的设计灵感,使石材产品在装饰上得到广泛应用。同时,建筑装饰技术的发展也促进了石材设备更新换代。

石材加工装备目前已广泛地采用了先进的计算机技术,无论是传统的手扶磨机还是桥式切机都采用了计算机控制系统,大部分都采用了 PLC 可编程序控制机,使操作更加方便和灵活。同时采用 CNC 数控技术、激光扫描技术、红外线技术、液压仿形技术,使石材加工装备向自动化和数控化方向发展。随着石材数控加工中心的出现,目前已研制出来了车削加工中心、铣削加工中心。石材加工设备从单一功能向多功能发展,圆柱加工设备集切、磨、抛光为一体,尤其是加工中心,集铣、车、磨、雕刻、凿、钻等为一体。并且具有刀库和机器人,使得加工更具有智能化。设备的发展也从单件加工向生产线和柔性加工技术发展。如多头磨抛生产线是可以直接从荒料到成品板的加工及包装自动生产线为一体化的柔性加工系统。由于在各生产工序之间实现装料、卸料的机械化、自动化,使得从荒料加工到成品板材的输出成为可能,如各加工单元组成一个完整的 CNC 系统,使石材加工装备向 FMS 方向和 CIMS 方向发展。

石材加工辅助装置的发展也是非常快,目前已经有自动装卸板材机、自动翻板机、机器人等。这些辅助设备的自动化,对石材加工向 FMS 发展成为可能,同时大大减轻了劳动强度,提高了劳动生产率。

石材加工设备向高精度方向发展。目前各石材设备加工厂都装备了各种数控加工装备,使得石材加工设备中各个零件的加工精度得以提高,总体装配精度也得到提高。

石材加工设备采用激光扫描系统，可以对被加工的板材或实体进行廓形扫描，并把相应的尺寸输入到 CAD 中。采用 CAD 软件对石材板进行排版，并转换到 CAM 系统中，可以直接对板材进行优化下料切割，同时根据所要加工的廓形进行切割，对于有的廓形可以形成三维立体图形，对石材进行雕刻。

第二章 板材加工设备

将花岗岩和大理石荒料加工成板材的首道工序是锯切加工，不论是光面石材板材制品加工，亚光面石材板材制品加工，还是粗糙面石材板材制品加工乃至石线的加工，锯切加工工序都是必不可少的。根据生产规模的不同，所选用的锯切设备可以分成使用多个刀具的大批量锯切设备（多锯条框架锯机和多绳金刚石串珠锯、多锯片双向切机、多锯片圆盘锯机等）和使用单个刀具的特殊规格板材加工或整形加工用锯机（金刚石串珠整形机、链臂摆动式龙门锯机和大直径圆盘锯机）。本章将讨论国内外各种花岗岩及大理石板材加工设备原理及相应结构。

第一节 花岗岩框架锯机

一、框架锯机分类

框架锯机是加工花岗岩和大理石大板的主要加工设备。按加工对象可分为花岗岩锯机和大理石锯机两大类。大理石锯机按加工方式又可以分成水平式和垂直式。而水平式又可以根据料车的运动方式分成固定式和顶升式。

目前花岗岩大板锯切加工的主要设备仍是使用以钢砂为磨料，依靠一组带钢锯条作为锯切刀具的框架锯机。为了适应大批量生产和自动化控制的需要，国外砂锯的结构和控制系统已日臻完善，并逐步朝着高效率、大型化、自动化方向发展。目前砂锯的最大加工宽度可达 5.3m，可以安装 150 ~ 180 根锯条，安放荒料的最大总体积可达 40m³。

二、框架锯机工作原理

框架锯机是大批量生产石材大板的锯切加工设备，使用钢带和钢砂磨料砂浆作为切割花岗岩板材的框架锯机（以下简称砂锯），是目前大批量生产花岗岩的主要锯切设备。

框架锯机如图 2-1 所示。摆式框架锯机利用钢带与荒料之间的磨料对花岗岩进行切割。花岗岩框架砂锯切割机钢带作前后往复锯割运动，同时又向下作进给运动，对钢带施加垂直向下力和水平切割力，使磨料对石材产生切割。锯条运动由主电动机带动飞轮旋转，飞轮同轴装有一个偏心轮起曲柄作用，该偏心轮带动连杆运动，连杆带动锯框前后往复运动，实现锯条的水平锯割。锯条的上下运动由电动机带动减速器，减速器的输出轴连接垂直丝杠，垂直丝杠与锯

条框架螺纹联接,使锯条对钢砂施加一个正压力。钢砂与石灰按一定比例在料浆池中进行搅拌,然后将砂浆抽到撒料车上,撒料车从锯机上部对荒料进行撒料。

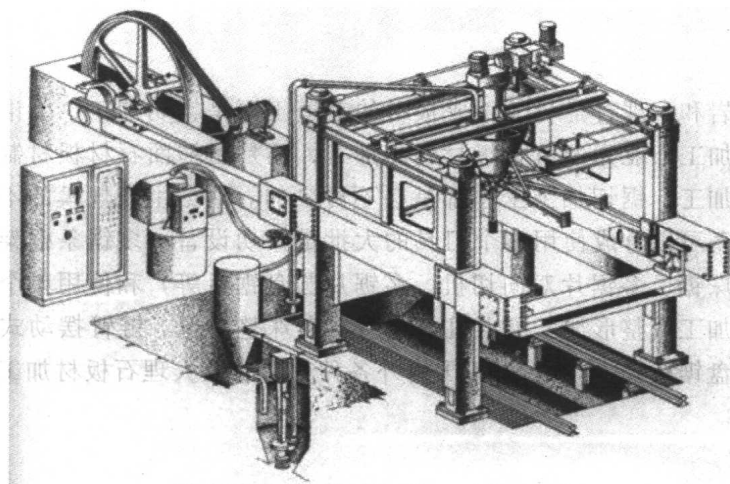


图 2-1 框架锯机

三、锯机的构成

花岗岩框架锯机主要由锯框、连杆、立柱、框架、动力、升降、荒料车、供砂系统、砂浆喷淋、锯条张紧、电控和基础等机构和部件组成。该设备有两个主运动即锯条的前后往复运动和锯条框架的上下进给运动,结构简图如图 2-2 所示。

1. 立柱框架部件

立柱由铸铁制造,并设有迷宫式密封系统,避免框架升降系统的螺母和丝杠受外界杂质的侵入,保障升降系统具有很长的寿命,同时,螺母由特殊的青铜制造,可以与钢丝杠更好地配合。由于连杆的尺寸较大并承受很大的冲击力,因此连杆由特殊铸铁制造,可以保障锯条有最佳的切割轨迹。锯条框架完全由高强度钢制造,保障锯条在较大的张力条件下产生小的变形。上下连接处也是采用迷宫式密封的,保证工作轴承处在润滑脂中,提高使用寿命。因此,不需要系统的维护。设备上所有的轴承都是标准件,很容易进行替换。飞轮按一半制造,每一半都按重量相互平衡。由于飞轮直径和重量都大,在制造过程中,要保证具有精确的尺寸和质量,保证主电动机具有最佳的工作状态。飞轮支承座由铸铁制造,并采用大尺寸方形地脚螺栓固定在混凝土基础上。飞轮支承座采用滚子轴承,并保证长期润滑脂润滑。带有偏心飞轮轴采用整体制造方法,所用材料采用高强度的锻钢。双门电控开关柜可以避免灰尘和潮气的侵入。

有的框架锯机采用数控系统。所有的电子元件采用标准元件,保证即使没

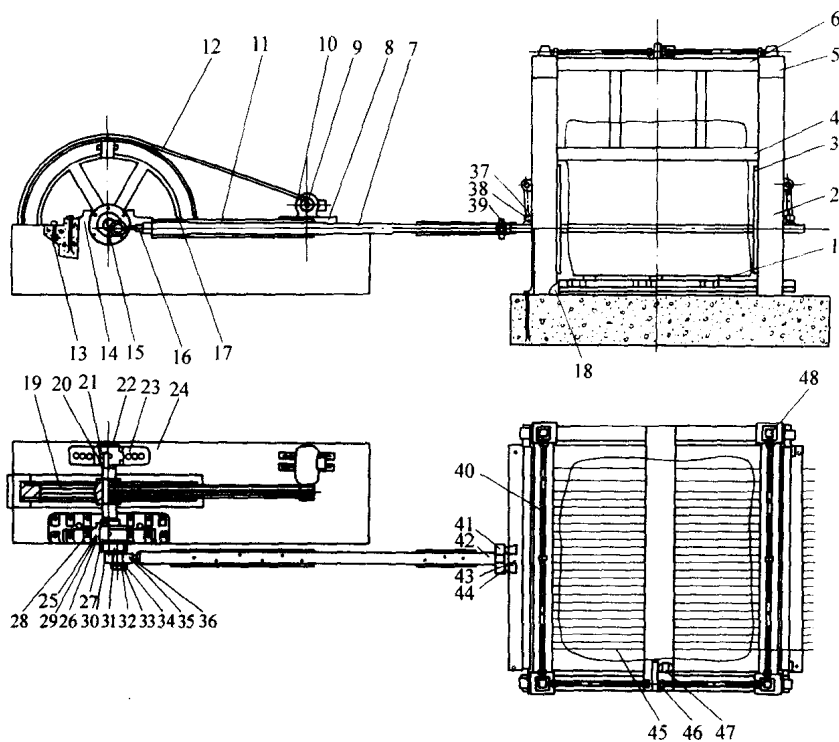


图 2-2 花岗岩框架砂锯机结构简图

- 1—料车枕木 2—立柱 3—加筋板 4—纵向框架 5—横梁 6—纵梁
 7—连杆 8—V 带张紧器 9—带轮 10—主电动机 11—连杆外壳 12—
 V 带 13—地脚螺栓 14—飞轮轴固定座 15—飞轮主轴 16—锁紧螺母
 17—飞轮配重 18—料车挡块 19—飞轮 20—小支承端盖 21—密封圈
 22—外端盖 23—小端支承 24—混凝土地基 25—调心轴承 26—密封
 圈 27—O 形圈 28—半轴承盖 29—主支承外垫片 30—大端盖 31—
 偏心轮 32—大端内部端盖 33—锥环 34—大端内部端盖 35—密封圈
 36—连杆大端 37—摆臂 38—销 39—小端固定板 40—进给光杠
 41—小端销 42—连杆小端 43—锯条框架 44—销端盖 45—锯条
 46—联轴器 47—升降电动机 48—换向减速箱

有操作员也可以正确地进行工作。采用计算机程序进行控制落锯的速度，同时根据需要对磨料与石灰的配比进行自动控制和分析以保证最佳锯割质量。

2. 锯条框架部件

作为锯条的支承框架，在锯框上最多可能要安装 150~180 根锯条，如果对每根锯条平均施加 $7 \times 10^4 \text{ N}$ (7tf) 的张紧力，锯框所承受的弯曲载荷将达到 $(1 \sim 1.3) \times 10^7 \text{ N}$ (1000~1300tf)，每个端面要承受 $(5 \sim 6.5) \times 10^6 \text{ N}$ (500~650tf) 的载荷。所以在现代砂锯上，锯框支承锯条的端部部位，都采用厚度 80mm 的钢板焊接而成，并与直径 $\phi 300 \sim \phi 350 \text{ mm}$ 厚壁钢管或边长 300mm 正方形厚壁钢板

制成的侧面框架焊接成为一个坚实的整体结构件，以承受锯切时，作用在锯条上巨大的张紧力和切割力。有些锯框的重量达到 10t 以上。锯框的宽度与安装锯条的数量与加工荒料的宽度有关，砂锯常用的有效加工宽度 3 ~ 3.5m，可以安装 100 ~ 130 根锯条（加工 20mm 厚度板材），目前使用单根连杆的锯条，最大有效加工宽度可达 4.8m。对于有效加工宽度达到 5.3m，可以使用安装 150 根锯条的超大型砂锯。当采用双连杆结构时，保证了锯框受力均匀，运动平稳。所使用锯条多为高锰钢，其性能由表 2-1 所示。锯条尺寸及相应数据参见图 2-3 和表 2-2。

表 2-1 锯条性能

性能参数		锯条牌号	F800	F900
抗拉强度/MPa			800	800
硬度 (HRC)			≥ 25	≥ 28
化学成分 (质量分数, %)	C		0.64 ~ 0.80	0.65 ~ 0.82
	Mn		0.75 ~ 1.05	1.05 ~ 1.50
	Si		0.5 ~ 0.9	0.15 ~ 0.35
	P		≤ 0.04	≤ 0.04
	S		≤ 0.04	≤ 0.04

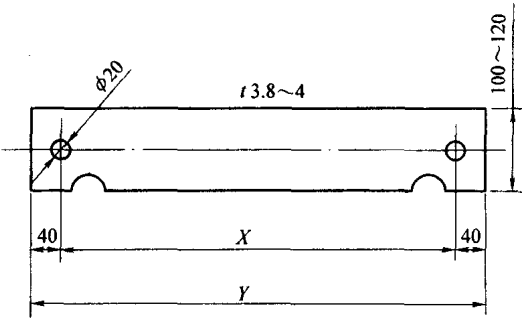


图 2-3 锯条结构

表 2-2 锯条尺寸

锯割长度/cm	尺寸/mm	
	X	Y
220	2790	2870
250	3090	3170
260	3190	3270
270	3290	3370

(续)

锯割长度/cm	尺寸/mm	
	X	Y
280	3390	3470
300	3590	3670
320	3790	3870
330	3890	3970
350	4090	4170
370	4290	4370
400	4590	4670

绝大多数砂锯只使用一个锯框,有些砂锯可以更换锯框的结构,为每台或几台配备1~2个备用锯框,当锯条磨损需要更换时,可以用装有新锯条的锯框快速替换出需要更换锯条的锯框,框架锯机随时处于待锯切状态,而将占用锯机有效工作时间的更换锯条工序安排在另外一个场地进行,因此提高了锯机的利用率。

3. 锯框悬吊机构和锯条运动轨迹

砂锯锯条全部为水平运动方式,锯框的悬吊机构支承着往复运动的锯框,并决定着锯框的往复运动轨迹。摆式锯和复摆式锯的吊臂多采用铸铁制成的整体结构,也有使用焊接结构件的。

目前框架和锯条的往复运动轨迹仍是摆式、复摆式并存,以摆式为主,而平移式已很少采用。摆式锯的锯条运动轨迹为圆弧曲线,复摆式锯的锯条运动轨迹为两段圆弧曲线与中间直线的结合,平移锯的锯条轨迹是一条直线。表2-3是相同加工规格、三种不同运动方式的砂锯,电动机功率、加工功率和锯条厚度等参数的比较。

表 2-3 不同运动轨迹砂锯性能比较

砂锯锯条 运动轨迹	加工荒料尺寸/m			锯条 数量	主电动机 功率/kW	落锯速度/(cm/h)			锯条厚度 /mm
	长	宽	高			软花 岗岩	中硬花 岗岩	硬花 岗岩	
摆式	3.5	3.5	2.2	130	36~75	5~7	3~5	2~2.5	4.2~4.8
复摆式	3.5	3.5	2.2	130	55~75	6~7	4~4.5	2~3.5	4.2~4.8
平移式	3.5	3	2	110	75~90	6~8	5~6	3~4	6

由于摆式锯的结构简单,机件磨损小,使用寿命长,故障率低,维修成本小,所以到目前为止,大量的砂锯一直还是以摆式运动作为锯条的往复运动轨