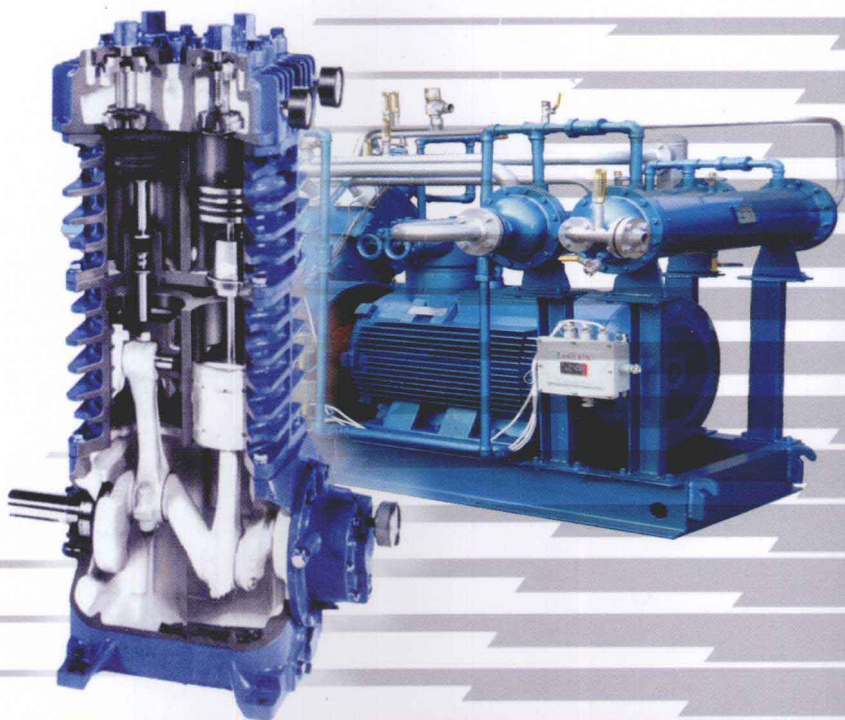


活塞式天然气压缩机 使用与维护

陈可坚 编

HUOSAISHI TIANRANQI YASUOJI SHIYONG YU WEIHU



石油工业出版社

内 容 提 要

本书简要介绍了活塞式天然气压缩机的结构组成,详细阐述了活塞式天然气压缩机的安装调试、操作规程、维护保养、故障诊断及处理。本书作者多年从事压缩机的设计、制造、现场服务等工作,具有丰富的现场工作经验,本书是其处理实际现场问题 and 研究分析的成果、经验积累。本书实用性强,操作者按照书中介绍的方法和步骤就可以做到如何操作、如何发现故障、如何处理故障等。

本书可供天然气压缩机设计人员、操作工人、检修维护人员使用及相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

活塞式天然气压缩机使用与维护 / 陈可坚编.

北京:石油工业出版社,2012.8

ISBN 978-7-5021-9134-4

I.活…

II.陈…

III.①天然气—活塞式压缩机—使用方法②天然气—活塞式压缩机—维修

IV.TE964

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第134265号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523583 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012年8月第1版 2012年8月第1次印刷

880×1230毫米 开本:1/32 印张:5.375

字数:140千字 印数:1—2000册

定价:26.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

天然气压缩机是用于天然气开采、增压和集输的重要装置。随着我国天然气工业的迅猛发展，天然气压缩机应用十分广泛，而活塞式天然气压缩机是应用最多的一种。虽然有许多活塞式压缩机的技术书籍，但是关于活塞式天然气压缩机使用维护方面的书籍却很缺乏，加上天然气对压缩机密封和可靠性的特殊要求，从事天然气压缩机的科技人员、管理人员、操作工人、检修维护人员等特别需要有关天然气压缩机使用和维护方面的专业书籍，本书正是为了适应这种需要而编写的。

本书作者多年从事压缩机的设计、制造、现场服务等工作，具有丰富的现场工作经验，本书是其处理实际现场问题 and 研究分析的成果、经验积累。本书在编写过程非常注重实用性，操作者按照书中介绍的方法和步骤就可以做到如何操作、如何发现故障、如何处理故障。

全书共分七章。第1章扼要阐述了天然气压缩机的发展概况，天然气压缩机的分类、型号和特点；第2章详细介绍了天然气压缩机的结构；第3章讲述了天然气压缩机从场地选择、地基设计、灌浆到最终的对准检查等安装过程；第4章、第5章详细描述了天然气压缩机的使用、操作和维护；第6章讲述了天然气压缩机电气控制系统的组成和操作；第7章介绍了天然气压缩机常见故障及原因分析、故障处理。另外，附录介绍了天然气压缩机的维修规程。

本书在编写过程中得到了同事、各界同仁和朋友的大力支持与帮助，并参考了有关公开出版的书籍和文章、制造商的相关资料，在此一并表示感谢！

书中错误与纰漏之处在所难免，请各位读者批评指正。

编 者
2012.5

目 录

第1章 概述	1
1.1 天然气压缩机发展概况	1
1.2 天然气压缩机的分类	2
1.3 型号说明	4
1.4 天然气压缩机特点	5
第2章 天然气压缩机结构	7
2.1 压缩机主机	7
2.1.1 机体	8
2.1.2 曲轴	9
2.1.3 主轴承	10
2.1.4 连杆	10
2.1.5 十字头总成	11
2.1.6 气缸	13
2.1.7 可调余隙结构	18
2.1.8 活塞组件	19
2.1.9 压缩机气阀	21
2.2 天然气压缩机冷却系统	22
2.2.1 循环水冷却	22
2.2.2 静态冷却	22
2.2.3 热虹吸冷却	23
2.2.4 水冷却密封填料	23
2.3 润滑系统	23
2.3.1 主油泵	24
2.3.2 调压阀和安全阀	25
2.3.3 预润滑油泵	25
2.3.4 低油压报警保护	26
2.3.5 油冷器	26

2.3.6 呼吸器	27
第3章 天然气压缩机的安装	28
3.1 安装场地的选择	28
3.2 机房的建造	29
3.3 地基设计	29
3.3.1 地基设计的一般原则	30
3.3.2 地基的结构	30
3.4 组合式机组的安装及调整	32
3.5 撬座式机组的安装及调整	34
3.6 驱动器与天然气压缩机对中及检查	34
3.7 灌浆	36
3.7.1 灌浆前地基的准备	36
3.7.2 灌浆时的安全措施	37
3.7.3 组合式机组安装的灌浆	37
3.7.4 撬座式机组安装的灌浆	39
3.8 飞轮的安装与拆卸	40
3.8.1 飞轮的安装	40
3.8.2 飞轮的拆卸	42
3.9 最终的对准检查	42
3.9.1 固紧要求	43
3.9.2 标准力矩	44
3.9.3 主要紧固件力矩表	45
3.10 汽缸的安装与调整	46
3.11 安装气阀	47
3.12 冷却器的安装和调整	49
3.13 油冷器、油滤器及润滑油管的安装	49
3.14 工艺气管路的安装	49
3.15 中间冷却器、后冷却器和储气罐的安装	51
3.15.1 中间冷却器的安装	51
3.15.2 后冷却器的安装	51

3.15.3 储气罐的安装	51
3.16 管道的清洗	51
3.17 管道内部检查	53
3.17.1 管道防锈	53
3.17.2 无油润滑压缩机管道的清洗与防锈	54
3.17.3 管道的最终检查	54
3.17.4 临时管线过滤器的安装	54
3.17.5 安全阀	54
3.18 存放	55
第4章 天然气压缩机的使用和操作	58
4.1 概述	58
4.2 启动前准备	58
4.2.1 润滑系统	59
4.2.2 压缩机气缸	61
4.2.3 总的检查和调整	61
4.3 压缩机加载与卸载	62
4.3.1 使用旁通阀和排气阀加载与卸载	62
4.3.2 使用放空阀加载与卸载	63
4.3.3 使用气缸进气阀加载与卸载	63
4.3.4 使用旁通放空加载与卸载	64
4.4 初次启动	65
4.5 气缸磨合和操作	68
4.6 磨合和操作	69
4.7 常规启动	70
4.8 常规停机	71
4.9 非常规停机	72
4.10 日常操作和维护	72
4.10.1 日保养	73
4.10.2 周保养	74
4.10.3 半年保养	74

4.10.4	年保养	74
4.10.5	不定期保养	75
4.10.6	注意事项	75
4.11	长时间停机	75
第5章	天然气压缩机的维护	76
5.1	概述	76
5.2	安全措施	77
5.3	主机的维护	78
5.3.1	机体	78
5.3.2	曲轴	78
5.3.3	曲轴油封	78
5.3.4	主轴承	78
5.3.5	连杆	83
5.3.6	十字头	86
5.4	活塞总成的装配与拆卸	91
5.5	活塞环和支撑环	94
5.5.1	操作指示	95
5.5.2	建立活塞环磨损曲线	95
5.5.3	更换活塞环	96
5.5.4	安装活塞环	96
5.5.5	磨合活塞环	98
5.6	填料组件	98
5.6.1	填料环	98
5.6.2	密封垫圈	101
5.6.3	填料盒	101
5.7	刮油器组件	104
5.8	平衡气缸	106
5.9	气阀维护建议	106
5.10	从气缸内拆卸气阀	108
5.11	气阀的拆卸检查	110

5.12 余隙调整	111
5.13 润滑系统	111
5.13.1 调压阀和安全阀	111
5.13.2 呼吸器	112
5.13.3 润滑油	112
5.14 冷却系统	113
第6章 电气控制系统	115
6.1 控制系统的组成	115
6.1.1 控制系统的特点	115
6.1.2 硬件结构	116
6.1.3 检测元件	117
6.1.4 触摸屏操作画面的组成	119
6.2 控制系统的操作	119
6.2.1 PLC柜面板	119
6.2.2 PLC柜操作顺序	122
6.3 画面操作	122
6.3.1 主菜单画面	122
6.3.2 运行参数显示画面	123
6.3.3 启动参数画面	124
6.3.4 报警及停机参数设置画面	124
6.3.5 系统管理画面	125
6.3.6 部件测试画面	125
6.3.7 事件记录画面	126
6.3.8 加载调节画面	126
6.3.9 仪表量程设置画面	127
6.3.10 仪表断线检测画面	127
第7章 故障诊断与处理	128
7.1 常见故障及其原因和措施	128
7.1.1 排气量不足	128

7.1.2	排气温度不正常	129
7.1.3	压力不正常以及排气压力降低	130
7.1.4	不正常的响声	130
7.1.5	过热处理	130
7.1.6	十字头销的处理	131
7.1.7	曲轴瓦的偏磨	131
7.1.8	曲轴颈的损坏	132
7.1.9	活塞及活塞杆的损坏	132
7.1.10	活塞杆跳动的异常处理	133
7.1.11	填料泄漏	133
7.2	天然气压缩机事故	133
7.2.1	断裂事故	133
7.2.2	燃烧和爆炸事故	135
7.3	天然气压缩机故障处理表	135
7.4	电气控制系统故障及维护	138
附录A	天然气压缩机组维修规程	140
附录B	天然气压缩机相关技术参数	157
参考文献		162

第1章 概 述

1.1 天然气压缩机发展概况

用于天然气集输和增压的压缩机叫天然气压缩机，目前常用的主要有离心式天然气压缩机和活塞式天然气压缩机。本书介绍活塞式天然气压缩机（以下简称天然气压缩机）的结构、特点、使用与维护等。

天然气压缩机的生产与应用是伴随着石油天然气行业发展壮大而逐步发展起来的。天然气在开采过程中不可避免地会出现压力的递减，因此，处于天然气开采中、晚期的气田，必须借助天然气压缩机来进行增压开采，并通过天然气压缩机的增压，使天然气进入天然气的主管道；同时，主管道天然气的输送也需压缩机。因此，天然气压缩机是用于天然气开采和增压集输的重要装置。

国外天然气压缩机的生产厂家主要集中在美国，以库伯（COOPER）公司、艾瑞尔（ARIEL）公司和德莱塞兰（DRESSER-RAND）公司等为代表。

国内天然气压缩机的生产始于 20 世纪 80 年代初。四川省简阳空压机厂以四川石油管理局引进的整体式压缩机 DPC-230 机组为样机，进行了测绘、设计并投入生产，因生产技术落后，机组质量远不如进口机组。1989 年，四川石油管理局资中机械厂（现成都压缩机厂）在测绘机组的基础上进行了一系列技术改进，机组质量明显提高。江汉石油管理局第三机械厂（简称江汉三机厂）于 1988 年在中国石油天然气总公司的支持下，通过技贸结合的方式从美国

德莱塞兰公司引进了 RDS 系列天然气压缩机设计和制造技术, 1991 年该厂完成第一台机组制造, 并通过了美国德莱塞兰公司专家检验和国内专家评定, 中国石油天然气总公司颁发了生产许可证, 1994 年被评为国家级新产品。成都天然气压缩机厂生产的整体式系列天然气压缩机, 以及江汉石油管理局第三机械厂生产的分体式系列天然气压缩机, 具有较强的技术优势并占有较大的市场份额, 但与国外相比, 无论在开发设计、品种规格, 还是天然气压缩机的整体质量方面, 都存在一定的差距, 许多零部件还依赖进口, 但服务及时, 整机价格相比进口机组已大幅降低。

1988 年四川石油管理局从新西兰引进充气装置和天然气汽车的改装件, 并在四川省南充市建立了 CNG (压缩天然气) 加气站, 成为全国使用 CNG 的第一家。1998 年后, 中国使用天然气的汽车在部分地区已进入快速发展阶段。根据国际天然气汽车协会统计, 2000—2009 年, 全球天然气汽车由 129 万辆快速增长到 1136 万辆, 年均增长速度达 27.3%。截至 2009 年底, 全球天然气加气站总数达到 16513 座。截至 2009 年底, 中国天然气汽车保有量已经发展到 45 万辆, 截至 2010 年 11 月, 中国天然气加气站已超过 1000 座。天然气汽车的飞速发展需要大量的 CNG 加气站, 从而推动 CNG 加气用天然气压缩机的发展。目前中国 CNG 天然气压缩机以自主研发为主, 由于机组较小生产厂家众多, 主要有四川金星压缩机制造有限公司、自贡山川气体压缩机有限公司、重庆压缩机厂、安瑞科蚌埠压缩机有限公司以及江汉三机厂等。

1.2 天然气压缩机的分类

天然气压缩机按主机结构可分为整体式 (图 1.1 所示) 和分体式 (图 1.2、图 1.3、图 1.4 所示)。整体式压缩机其发动机与天然气压缩机共用一根曲轴和一个机体, 一般由一个制造商制造, 结构紧

凑简单，但功率较小，目前机组已经从最早的单列发展到双列、三列和四列，最大功率可达 700kW 左右。分体式，顾名思义驱动机与天然气压缩机是两个分开的机器，通常用联轴器连接，安装在同一个橇座上，由于发动机和天然气压缩机由不同的专业厂家生产，整机性能更易保证，天然气压缩机系列拓展更方便，适应范围更广，功率从 60kW 到 7500kW，转速从 750r/min 到 1800r/min，最大工作压力达到 53.8MPa 以上。



图1.1 整体式天然气压缩机

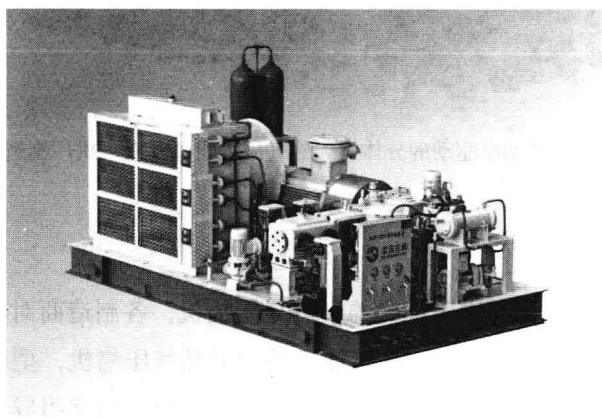


图1.2 汽车加气站用天然气压缩机（江汉三机厂制造）

分体式天然气压缩机按驱动方式可分为发动机驱动和电动机驱动两种，按冷却方式可分为水冷、风冷和混合冷却，按润滑方式可

分为无油润滑和有油润滑。库伯公司以生产橇装整体式摩托天然气压缩机为主，而艾瑞尔公司、德莱塞兰公司和江汉三机厂则以生产分体式天然气压缩机为主。

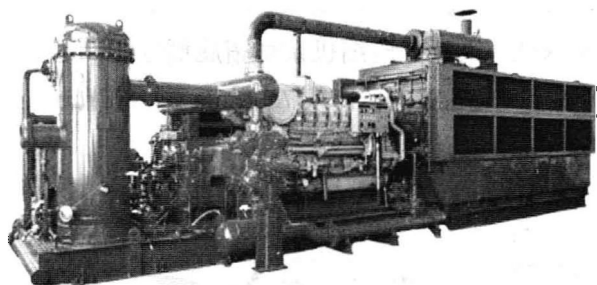


图1.3 天然气发动机驱动的分体式天然气压缩机（江汉三机厂制造）

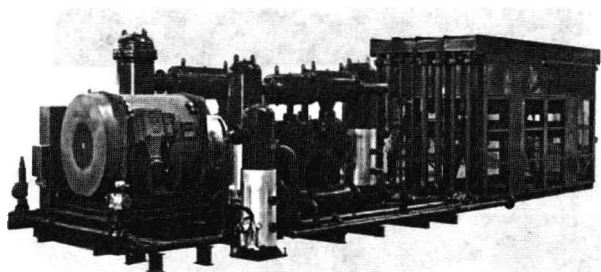
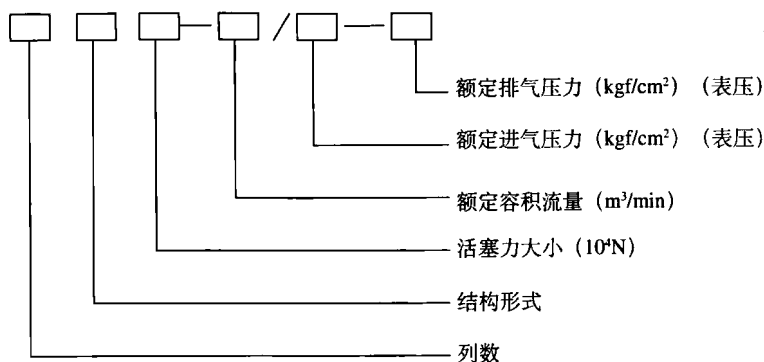


图1.4 电动机驱动的分体式天然气压缩机（江汉三机厂制造）

1.3 型号说明

目前用于管道增压集输的天然气压缩机，各制造商对其型号表示方法差别很大，用于汽车加气站的天然气压缩机，型号表示方法基本相同，一般由大写汉语拼音字母和阿拉伯数字组成，表示方法如下：

例如，2D8—3.6/6—250 表示两列、对称式结构、活塞力 80000N、额定流量 $3.6\text{m}^3/\text{min}$ 、进气压力 $6\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、排气压力 $250\text{kgf}/\text{cm}^2$ 。



1.4 天然气压缩机特点

与作为动力用的空压机相比，活塞式天然气压缩机具有以下特点：

(1) 压缩介质是易燃易爆的天然气，不允许有泄漏现象，而且压力高，所以对密封要求更严格，安全要求更高。

(2) 用于管道增压时，一般工作环境在野外，这样，有部分地方没有电网可供电，一般用燃气发动机驱动；为了缩小基建面积，要求占地面积小，所以希望天然气压缩机体积小。

(3) 较长时间甚至长期连续工作，要求运行可靠，对机组运行的状况（如压力、温度、振动等）进行监控，工作状态不正常时自动报警，甚至自动停机。

(4) 为了对机组的温度、压力和振动等进行监控，在主轴瓦和气缸进出口位置设置有温度、压力及振动传感器，将温度、压力和振动信号发送到控制系统进行监控。

(5) 由于压力高，压缩比大，级间温度高，级间需要进行冷却，所以增加了冷却用的空冷器。

(6) 长期运行，重负荷，采用滑动轴承，需对回转副进行润滑，设置了润滑系统。

(7) 由于压缩比大，级间温度高，需对气缸进行冷却，设置了冷却系统。如果是发动机驱动，冷却系统也对发动机的缸套水进行冷却。

(8) 为保证进入气缸的气体清洁、干燥，避免气缸被异物刮伤，以及出现积水现象，设置洗涤罐，进入气缸的气体需要经过洗涤罐进行过滤和除水。

(9) 由于活塞式天然气压缩机工作时向管道内间歇地吸、排气体，使管道内的气体压力和速度呈周期性变化，为避免产生气流脉动，在气缸的进、出口设置了缓冲罐。

第2章 天然气压缩机结构

天然气压缩机通常指由驱动机、压缩机主机及控制系统等组成的压缩机组，驱动机为发动机时天然气压缩结构最复杂。在没有电网供电的荒山野岭，一般用天然气发动机作为驱动机，这时天然气压缩机主要包括驱动机、压缩机主机、底座、工艺气系统、冷却系统、主机润滑系统、气缸润滑系统、发动机润滑系统、启动系统及燃气系统等组成（图 2.1），实物见图 2.2。当驱动机为电动机时不包括发动机润滑系统和燃气系统等。

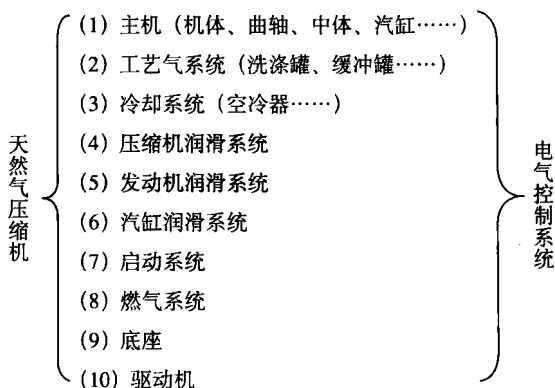


图2.1 天然气压缩机组成

2.1 压缩机主机

天然气压缩机主机主要由机体、曲轴、中体、气缸、十字头、活塞、活塞杆和气阀等组成，如图 2.3 所示。图 2.4 为四列天然气压缩机主机实物照片。

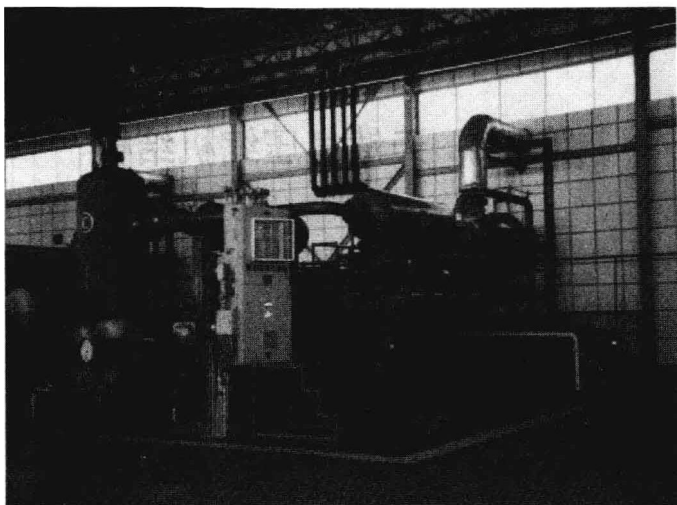


图2.2 天然气压缩机

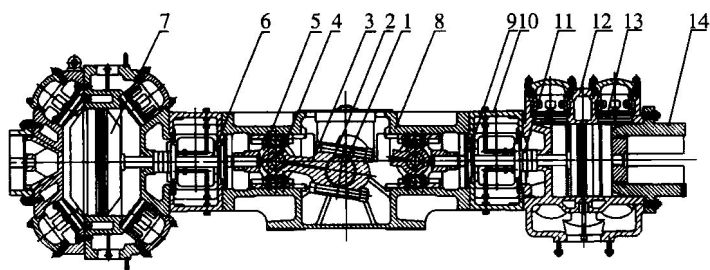


图2.3 典型的主机总成

- 1—曲轴；2—连杆瓦；3—连杆；4—衬套；5—十字头；6—活塞杆；
7—活塞；8—机体；9—刮油环；10—中体；11—填料；12—气缸；
13—气阀；14—余隙调节装置

2.1.1 机体

天然气压缩机机体由高强度铸铁制成，用于安装曲轴和主油泵，并为十字头提供滑道。为了装配维修方便，机体设计成槽型结构，上部开口。为了增加机体的强度和刚度，滑道上下方布置有加强筋，各主轴承上部开口需安装横撑。