

# BQH-21 型核乏燃料球铁储运容器制造技术研究

尚春雷 魏煜 张文强

齐重数控装备股份有限公司 黑龙江 齐齐哈尔 161000

**【摘要】**大型深盲孔加工过程中, 镗杆要悬臂伸至孔底, 因此, 克服镗杆自重、切削过程的切削力、系统的自激振动和受迫振动对切削不稳定的影响, 是加工此大型深盲孔的关键。

**【关键词】**大型深盲孔、核乏燃料球铁储运容器筒体、系统的自激振动和受迫振动

## 1 BQH-21 型核乏燃料球铁储运容器筒体机组成及加工难点

球铁储运容器主体由容器筒体及内衬里组合而成, 其中球铁筒体和不锈钢内衬是 BQH-21 型核乏容器的主体件和关键件 (见图 1)。该筒体 (以下单位为: mm) 总长 2844、外圆直径  $\phi 964 (+1.40, +1.055)$ 、盲孔直径  $\phi 404 (0, +0.4)$ 、盲孔孔深 2594 (0、-2.70)、粗糙度  $1.6 \mu\text{m}$ 、净重 12257.5Kg、材质为球墨铸铁。内衬材质为 06Cr18Ni9。

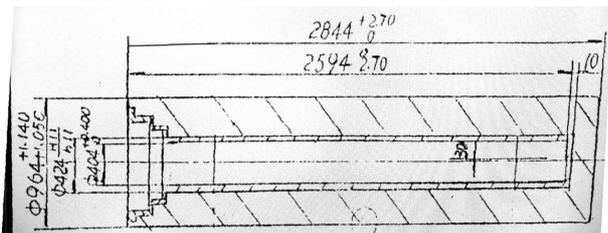


图 1

由于盲孔深度较深, 加工过程中, 镗杆要悬臂伸至孔底, 这样由于镗杆的自重、切削力及系统的振动都会导致切削加工的不稳定, 因此, 克服镗杆自重、切削过程的切削力、系统的自激振动和受迫振动对切削不稳定的影响, 是加工此大型深盲孔的关键。

迄今为止, 我国还没有加工如此大型盲孔的专用机床和特殊设备, 因此在机床上加工, 没有可靠地加工手段是很难进行大型盲孔加工的。

为了消除系统振动、镗杆自重等不利因素的影响, 并且经过反复的分析、论证、实验, 终于形成了一套应用于卧式车床大型深盲孔抗振镗削装置设计方案。

## 2 抗振镗削装置方案实施

在对方案进行可行性分析的基础上, 对方案的具体内容逐项实施, 并做了大量的技术准备工作, 并且在生产过程中进行跟踪服务。

### 2.1 确定切削参数及加工设备, 并对加工设备进行局部改造

由于核容器筒体盲孔加工, 要采用抗振镗削装置和磨削装置这两种大型工装, 并且需安装在机床大刀架上。根据前面可行性分析, 我们估算镗削装置的整体重量为 2000-2200Kg, 按公式 1) 计算, 盲孔加工主切削力

$F_0$  为 768-960Kg, 根据公式 2) 计算, 在承受切削力为 960Kg、抗振装置重量为 2200Kg 的情况下, 机床所具备的进给牵引力为 5284Kg, 具体计算步骤如下:

$$P_z = K_{\text{切}} \times t \times S \quad 1)$$

式中:  $P_z$ - 主切削力

$K_{\text{切}}$ - 切削系数  $160\text{Kg}/\text{mm}^2$

$t$ - 切削深度 (8-10)

$S$ - 进给量 0.6mm

$$Q = R \times P_x + f \times (P_z + G) \quad 2)$$

式中:  $Q$ - 牵引力

$P_x, P_z$ - 切削分力 560Kg

$G$ - 移动部件重量 3090Kg

$R$ - 克服颠覆力矩系数 1.15

$f$ - 当量摩擦系数 1.5

根据核容器筒体、镗削工装结构以及上述约束参数要求, 我们选进给牵引力为 6000Kg 的卧式车床 CW61160 为切削设备。并从工艺系统刚度方面考虑, 对设备进行局部改造, 将横向托板、大刀架以及主导轨加长, 并根据有限元分析计算, 可将大刀架的承载能力与镗削装置支撑座的静刚度提高至 1.3 倍。这样局部改造设备, 不仅提高了工艺系统的整体刚度, 而且, 由于大刀架与支撑座配合的端面上增加了 T 型分度槽, 还可实现锥盲孔的加工。

### 2.2 设计、制造了大型深盲孔抗振镗削装置

由于切削过程中系统振动和镗杆悬臂梁的自重及挠度变化, 对切削产生不利的影 响, 无法平稳切削。我们以增强工装整体刚度、隔振、消振、减弱切削过程中的自激振动和受迫振动为指导思想, 设计制造了盲孔镗削装置。

#### 2.2.1 镗削装置的组成

如图所示, 盲孔镗削装置的结构高强度镗具座 2、高强度抗振镗具后段节 3、抗振前短节 4 和可换镗头 5 组成, 安装在加长大刀架 1 上面。后短节 3、前短节 4 和可换镗头 5 有螺栓及法兰连接成一体, 长 2800, 固定安装在镗具座 2 左端面上。

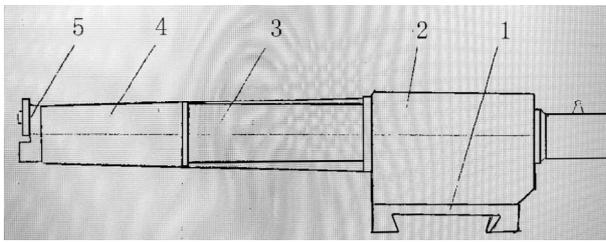


图 2

### 2.2.2 盲孔抗振镗削装置的结构特点和基本原理

由于盲孔镗削装置切削过程中,要产生较大的切削力,镗杆在无支撑悬伸 2800 的情况下,还要承受 780-960 的主切削力,这就要求镗杆和镗具座有足够的抗拉、抗弯强度。盲孔镗削装置体现综合刚度和强度高这一特点,并针对悬臂镗孔的几种振动形式,采取了多种防预措施。

镗具座与大刀架接触面积加大,增加了接触摩擦系数和静刚度;镗具座体内设计米字交叉加强筋,以增加镗具座自身刚度,并且设有直体主支撑筋板,可将镗具座的承载能力、整体刚度和抗弯、抗振强度提高一倍以上。

后短节外圆周设计了由 8 块梯形纵向筋板和 32 块横向往筋板组成网状加强筋。这种结构的加强筋将后短节的刚度大幅度提高。而同时又为后短节减轻了 12% 的重量。(其展开结构如图 3)

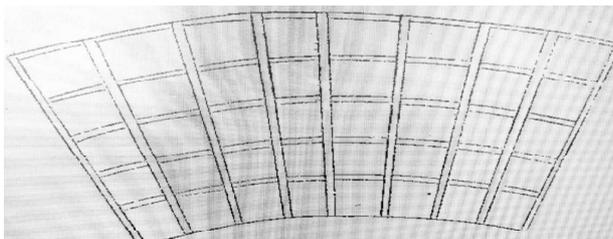


图 3

由网状加强筋展开图所示,后短节的网状加强筋在其圆周体上形成了 40 个不同容积的槽。从原理上分析,这种不同容积的槽,实质上就相当于隔振器,在切削过程中,起着隔振、减振的作用。

当镗头在切削时,受到正压力 $P$ ,而产生的受迫振动,这种振动是水平面振动。镗具后短节隔振槽起到了阻尼的效果,实质上是加长了振源至受迫振动主体的距离;

### 【参考文献】

- [1] 隋秀凛,高安邦主编.实用机床设计手册.北京:机械工业出版社,2010.1
- [2] 唐金松主编.简明机械设计手册.上海:上海科学技术出版社,2009.1
- [3] 《机床设计手册》编写组编.机床设计手册:第二册.北京:机械工业出版社,1980.8
- [4] 机械设计手册编委会编.机械设计手册.新版.1~6卷:北京:机械工业出版社,2004.8

在受迫振动的外力不变的条件下,随着距离的加长,振动振幅逐渐削弱,直至消失。(通过频谱分析仪测量振幅曲线如下图 4)



图 4

镗具后短节内应用了内预紧外拉伸的结构装置,即在空心悬臂镗杆后短节的中心,装配一根与主传动轴相连接轴,在连接轴的两端各装置一个可以径向传动并能承受一定轴向力的支撑轴,右端由一带螺纹的对接法兰支撑在镗具座上。当对接法兰旋转施力预紧时,便压紧了无缝钢管,因此,在压紧无缝钢管同时,就相当于对后短节进行了拉伸。

悬臂抗振镗具前短节结构中,应用了抗震系统阻尼释振原理。即在前短节空腔中分割出 4 个阻尼室,分别在室中冲入消振阻尼介质,在阻尼室中分别放入径向、轴向释振器。在后短节内腔结构中也应用此技术,以抵抗隔离切削过程中系统的自激振动,并减小振幅,起到减振、消振的作用。

### 3 结束语

(1) BOH-21 型核乏燃料球铁储运容器筒体机械加工,特别是 06Cr18Ni9 高奥氏体不锈钢内衬壁厚 10mm 的大型薄壁深盲孔加工,自主研发了抗振镗杆的内予紧、外拉伸结构和轴向、径向释振器及高稠度阻尼介质等关键技术,极大的提高了抗振镗具的综合刚度,保证了大型深盲孔加工的稳定性。

(2) 高刚度抗振镗具装置,解决了直径  $\phi 300$ — $\phi 400$ mm,长度近 3000mm 的大型深盲孔的加工精度及加工表面的粗糙度超差的关键问题,弥补了我国大型深盲孔加工技术的空缺。

(3) 大型深盲孔和薄壁深盲孔的抗振镗削加工技术的突破,不但解决核乏燃料储运容器的加工难点,并跨入了国际当代先进工艺水平,也为今后制造其他类似大型深盲孔容器加工创造了条件,有着不可估量的社会效益。