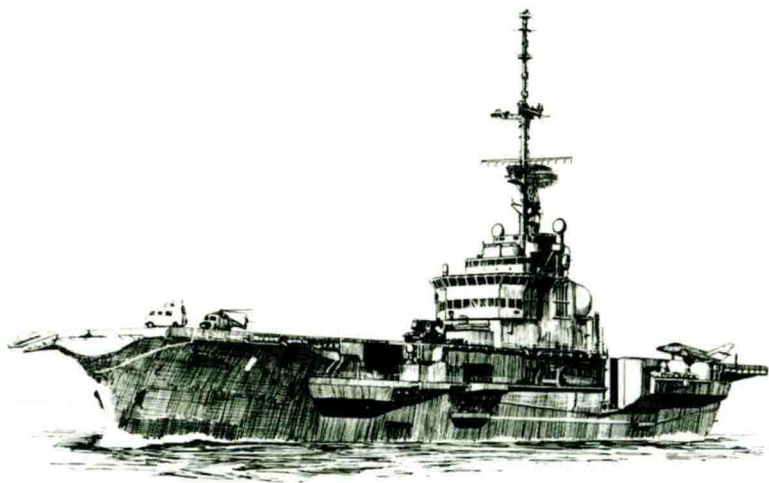


黑龙江省精品图书出版工程项目

舰船低噪声 建造工艺

王学武 刘晓一 主编

JIANCHUAN DIZAOSHENG
JIANZAO GONGYI



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

黑龙江省精品图书出版工程项目

舰船低噪声建造工艺

主编 王学武 刘晓一

 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书结合舰船总装建造减震降噪工作特点,综合考虑建造各工序各环节,按照减震降噪原则工艺,结合工厂建造模式及流程,阐述了从原材料采购到产品交付、覆盖建造全过程的减震降噪工艺流程,分专业编制减震降噪实施细则,全面细化各工序、各专业、各项具体工作减震降噪工艺要求,是编制详细、可操的减震降噪工艺文件的依据。

本书可供部队、院校、厂所等从事舰船建造工作的有关人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

舰船低噪声建造工艺/王学武,刘晓一主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2017.5
ISBN 978-7-5661-1486-0

I. ①舰… II. ①王… ②刘… III. ①舰船噪声-噪
声控制 IV. ①U661.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 075707 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 北京中石油彩色印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 9.25
字 数 138 千字
版 次 2017 年 5 月第 1 版
印 次 2017 年 5 月第 1 次印刷
定 价 31.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

舰船的声隐身性能是衡量舰船作战能力的一项重要指标,舰船总装建造是实现舰船设计噪声指标的重要环节,在舰船减震降噪工作中,总装厂起着重要作用。舰船总装建造通过控制上艇设备、元器件、材料性能指标,以及保证船体、设备、管系安装精度等措施,使设计噪声指标在建造中得以实现。

舰船总装建造减震降噪工作以工艺保证为根本、以管理控制为手段、以创新提高为方向,即通过严密工艺保证方法可行,通过严格管理做到过程受控,通过强化创新达到持续改进,最终实现总装厂低噪声建造能力的提高。

结合舰船总装建造减震降噪工作特点,其建造工艺需重点做好在以下几方面工作:

1. 船体建造

船体建造精度是确保船体的型线光滑以及外部结构型线光滑过渡,是降低水动力噪声的关键。船体建造包括结构放样、结构建造、分段制作、船台大合龙等步骤,每一步都严格控制精度指标,并使用专用工装进行测量记录。

2. 浮筏及隔振装置安装

浮筏及隔振装置是减震降噪的关键设备,其安装精度及各项指标决定其减震降噪性能指标,必须特别重视并予以严格控制。针对每台(套)设备均编制专门安装工艺,在检验验收上严格控制各项指标,并规范记录相关数据。

3. 减震元器件安装

设备减震器、减震接管、管路支吊架是控制设备、管路振动传递的关键部件,编制通用的减震元器件安装工艺要求,并在具体设备安装工艺中对减震元器件安装要求进一步细化。实艇安装时必须确保其安装精度及各项指标,并进行全过程的状态监控。

4. 主要噪声源设备安装

汽轮机组及海水、滑油、液压等泵组是艇上主要噪声源设备,对舰船辐射噪

声贡献最大,应予以重点控制。逐台逐型编制安装工艺,细化工艺要求及指标,严格把关验收并做好详细数据记录。

5. 管路安装及间隙控制

核舰船舱室管路密集,设备振动通过管路传递,不但通过减震接管及管支架约束管路振动,也要避免管路之间振动传递及共振。管路走向布置合理,不能与结构相碰,减少弯曲部位,杜绝急弯;各种管路之间按工艺要求保证间距。

6. 轴系设备安装

轴系是舰船尺寸及质量最大的转动部件,其各向振动直接激励艇体产生声辐射;螺旋桨不但直接产生声辐射,其脉动压力还会激励艇体外板产生二次声辐射。因此,轴系设备安装精度对控制辐射噪声意义重大,安装过程中每个步骤、每项指标都必须严格控制。

7. 消声瓦及阻尼敷设

消声瓦、隔声去耦瓦、吸隔声阻尼板、管路阻尼、铺板阻尼及吸声尖劈等吸隔声材料对控制舰船辐射噪声、自噪声及目标强度发挥重要作用,其敷设质量决定性能指标的实现。分类别编制详细敷设工艺指导施工,分步骤严格检验,并加强日常维护。

减震降噪是一项长期的、渐进的工作。这项工作永无止境,只有更好,没有最好,为使这一渐进过程处于可靠控制之中,需要在中间过程控制上采取有效可行的工艺措施,本书总结出版的目的正在于此。

本书由王学武、刘晓一、李启明、刘伟、白光道、李思恒、芦颖、李清、蒋德民、刘兴海、韩彦卓、郎德巍、明少航、裴定坤、李晓江、赵久国、刘晓春、郑悦等同志编写。

本书编写过程中得到了中船重工第719研究所的大力支持,在此表示感谢。由于时间仓促,作者水平有限,文中有诸多不妥之处,恳请读者不吝批评指正。

编 者

2013年6月

目 录

第 1 章 低噪声建造概述	1
第 2 章 船体低噪声建造工艺	3
2.1 结构放样	3
2.2 工艺设计	3
2.3 结构建造	3
2.4 分段制作	5
2.5 立体分段制作阶段	12
2.6 船台大合龙阶段	15
2.7 船台大合龙(设备安装至下水阶段)	16
第 3 章 设备低噪声安装工艺	20
3.1 一般设备安装	20
3.2 轴系安装	25
3.3 双绕组汽发安装	28
3.4 主汽轮机组安装	29
第 4 章 管路敷设低噪声安装工艺	36
4.1 实施对象	36
4.2 实施细则	36
4.3 工艺流程	49
第 5 章 电缆敷设低噪声安装工艺	51
5.1 电气三维生产设计	51
5.2 电缆敷设	51
5.3 电气设备安装	56

5.4 声呐声学材料敷设	62
第6章 舾装件低噪声安装工艺	67
6.1 实施对象	67
6.2 主要控制要求	67
第7章 减震元器件低噪声安装工艺	70
7.1 减震器安装	70
7.2 减震接管安装	77
第8章 声学覆盖层低噪声安装工艺	83
8.1 消声瓦敷设	83
8.2 NDL-1 型隔声去耦瓦	98
8.3 SDR-2 型隔声复合板实施细则	111
8.4 T54/T60 阻尼涂料	119
8.5 稳定翼阻尼材料	122
8.6 通风空调系统阻尼	126
8.7 DFM 型阻尼胶带(管)	129
8.8 XZD 型阻尼胶带(管)	136
附录 A 参考标准	142

第 1 章 低噪声建造概述

舰船低噪声建造的目标就是在舰船总装生产过程中，实现声隐身的各项要求，力求减震降噪的各项措施达到最好效果。低噪声建造控制的内容包括船体建造、设备和管路安装和吸隔声材料安装等，包含独立的专项减震降噪建造施工，也包括结合到其他专业中的建造施工。

船体建造中应确保船体的型线光滑以及外部结构型线光滑过渡；设备基座结构整体和局部的船体焊接及加工质量严格控制；甲板舾装件及活动铺板要加装减震垫进行低噪声安装，避免刚性接触等现象。

机械设备安装要制订合理的工艺步骤；制订舱筏、浮筏及单层减震装置安装、调整和检查的措施；减震元器件，包括气囊减震器、橡胶减震器、金属减震器、限位器等合理选择，布置、调整及正确使用维护等，严格执行机械设备安装声学质量控制要求。

管路是设备振动噪声传递的第二通道，其建造质量的好坏直接影响船体噪声水平，而管路在船上布置安装非常复杂，其声学质量控制主要体现在三维生产设计管系走向布置、管路制作、管卡制造、管路马脚安装、管路阻尼敷设、管路安装、减震接管安装、管路减震元件安装等方面。为最大限度降低管系噪声，必须在建造中对各个环节进行有效的减震降噪控制。

必须防止船上大型电力设备的电缆产生声桥现象。靠近机组附近的电缆采用隔振措施及电缆弯曲预留一定的自由量，是控制电缆传递振动的有效工艺要求。

消声瓦可以吸收对方主动声呐发射的探测声波，而且可以抑制船壳振动，隔离船内噪声向外辐射，大大提高舰船的隐蔽性，改善声呐的作用环境，提高其作用距离。

为提高核舰船的隐身性能及探测能力，在努力提高装船设备、系统自身性能及技术指标的基础上，还必须在施工建造过程中严格按照相关工艺要求，提高设备安装精度，降低噪声等级，切断噪声传播途径，实施核舰船低噪声建造。

第2章 船体低噪声建造工艺

2.1 结构放样

准确地进行船体放样和号料，精确地进行船体构件加工，是保证船体线型光顺的前提条件。对于耐压船体结构，耐压液舱应以控制其外部线型为目标；对于非耐压船体结构、轻外壳和附体，主要以控制自身及结合过渡部位线型光顺，保持流线型为目标。同时，对下料后的检验也应作为保证线型光顺的重要手段。

2.2 工艺设计

为保证耐压分段、龙骨与舷侧分段、上建分段、指挥台围壳分段、大型基座等制作后线型准确、外板线型光顺，上述分段及结构在制作过程中均需采用胎架工装。因此，在胎架设计上应充分考虑各分段焊接变形，采用合理的反变形控制手段，同时采用计算机放样确定胎架模板型值正确性。

胎架制作时严格控制胎架型值尺寸，采用胎架检验样板检验胎架制作正确性。

2.3 结构建造

2.3.1 实施对象

结构加工成型主要包括耐压结构、非耐压结构和内部结构的加工成型。

结构建造流程如图 2.1 所示。

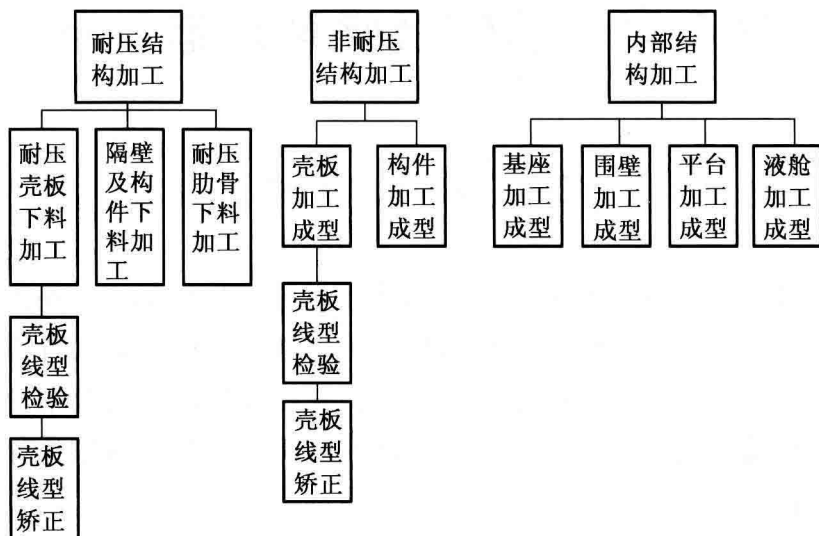


图 2.1 结构建造流程图

2.3.2 实施细则

加工成型阶段应在钢料加工、下料切割、结构弯制、加工成型等各工序中严格控制其加工精度。

耐压船体结构加工包括耐压壳板下料加工、耐压肋骨及耐压壳板下料加工。其中，壳板线型加工是保证船体外板线型光顺的重要工序。壳板加工后需采用样板、样箱、地样线等手段对加工后线型进行检验，对超差部位进行矫正。

非耐压船体结构及内部结构加工主要是非耐压外壳板、基座、平台、铺板、液舱等的下料加工。其中，非耐压线型加工是减震降噪工作控制重点。壳板加工后需采用样板、样箱、地样线等手段对加工后线型进行检验，对超差部位进行矫正。

2.4 分段制作

2.4.1 实施对象

船体分段制作阶段主要包括耐压分段制作、非耐压分段制作和内部结构制作。

2.4.2 分专业工艺流程

分专业工艺流程如图 2.2 所示。

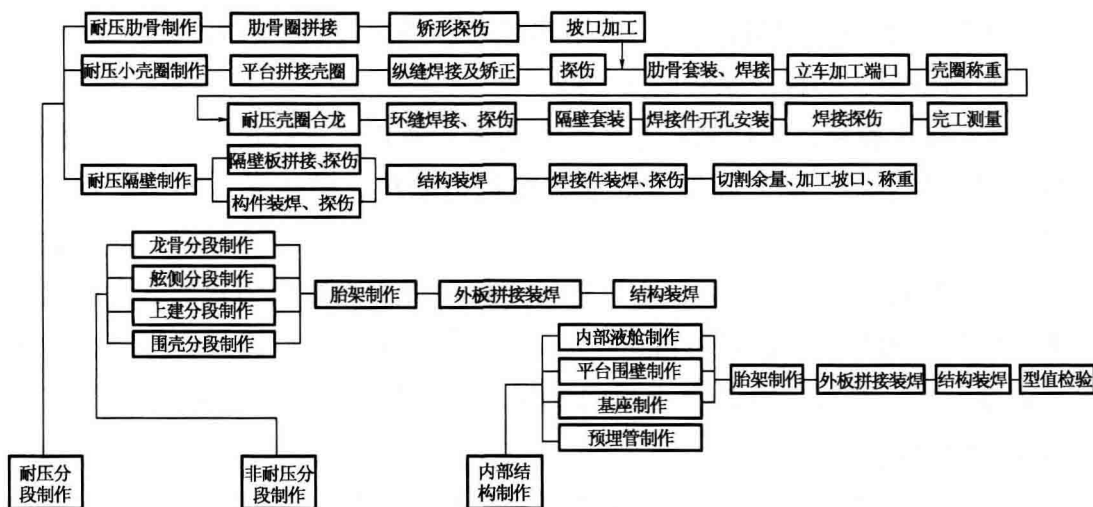


图 2.2 分专业工艺流程图

2.4.3 主要控制及实施细则

分段制作阶段控制建造降噪性能主要控制分段外板线型。对于耐压船体分段，严格控制建造公差，应以提高耐压船体结构的刚度为主要目标；耐压

液舱还应以控制其外部型线为目标。对于非耐压船体分段，严格控制建造公差，轻外壳和附体主要以控制自身型线光顺，保持流线型以及焊缝光顺为主要目标。

1. 耐压液舱（调整水舱）分段制作

(1) 胎架制作后外板上胎前，用样板对胎架型值进行复测（胎架加 10 mm 反变形量），满足线型公差要求。分段制造时，胎架必须与地筋牢固相连。

(2) 按地样线检查肋板线型。

(3) 胎上结构画线时，每挡肋骨间距放大 1 mm，作为焊接收缩量。

(4) 吊中心壳板上胎，对正胎架中心线，调整好板壁差死胎，逐次吊两侧壳板，调整好板壁差死胎（注意壳板装配时因壳板无余量一定要仔细找正）。壳板全部死胎后，分段端部板缝处应安装防变形工艺板。

(5) 进行壳板正面焊接，焊前采用远红外预热，焊后清理好内表面。按放样型值画出壁板、肋板及纵骨的安装线。

(6) 画线交验后，依照画线逐次安装肋板、壁板，进行定位焊。为了防止焊接过程中在半宽方向的收缩，焊前应在每道肋板、壁板无构架面上加装加强梁。

(7) 构架装配交验合格后，方可进行焊接。焊工人数应为双数。在分段大接头，肋板、壁板与壳板焊缝留 300 mm 暂不焊，大合龙时再焊，焊后进行交验。焊接肋板、壁板、纵骨与壳板间的焊缝时采用退焊法。焊接时注意监控壳板变形情况。

(8) 焊后对肋板、壁板、龙骨立板、纵壁板与壳板焊缝进行探伤。

(9) 分段下胎翻身，将分段垫平、垫牢，然后对壳板外表面焊缝气刨清根打磨并交验。交验后施焊。

(10) 对壳板焊缝进行 100% 射线、100% 超声波、100% 磁粉探伤，满足相关标准要求。

(11) 完工交验，调整分段水平度，重点对分段半宽、壳板凹凸度、外板线型进行测量。

2. 耐压分段制作

耐压分段制作应重点控制耐压分段圆度,控制点如下:

(1)在立式装配平台上画出外圆轮廓线、十字中心线。

(2)将壳圈吊放于立式装配平台上,调整中心、垂直度以及基准边水平度。

(3)依次吊装上部壳圈,调整壳圈四心位置、壳圈垂直度、壳圈对接处板壁差及壳圈对接缝间隙,注意壳圈对接处肋骨间距和基准边水平度,检测并调整两壳圈同心度。

(4)测量壳圈垂直度、圆度及基准边水平度,测量合格后进行对接缝的焊接。

(5)全部壳圈吊装完毕后,对分段进行全面测量,交检验收。

(6)焊后打磨焊缝焊趾,要求表面光洁且与基体板圆滑过渡,但不损及基体板。

(7)分段环缝探伤。采用100%超声波、100%射线、100%磁粉检测。

3. 非耐压分段制作控制点

非耐压分段主要包括龙骨分段及舷侧分段制作、围壳分段制作、上建分段制作,施工中应重点控制外板线型光滑。

(1) 龙骨分段及舷侧分段制作

①分段建造所需胎架为交验合格后的胎架。分段制作上胎前用样板对胎架型值进行复测(按图纸要求增设胎架反变形量),满足线型公差要求。分段制造时,胎架必须与地筋牢固相连。

②按地样线或样板检查结构线型。来料尺寸及各构件的焊接坡口形式应符合设计要求,若有不符合设计要求的构件,施工单位要进行处理(自行处理或返回处理,不做处理的不能装配)。

③构件装配。依据计算机放样提供的胎上装配型值对结构进行画线、定位和安装。

④肋骨上的托板、支骨一般为径向构件。应在专用平台上按放样型值画

出位置线，将托板与支骨等构件预先装焊在肋骨上，制成组合件，检验合格后供上胎装配用。

⑤分段整体施焊时应采用合理的施焊顺序，先立焊后平焊，从中间部位向四周扩散，双数焊工对称施焊，分段合龙区域纵横结构留 200 mm 不焊。焊后打磨焊缝焊趾，要求表面光洁且与基体板圆滑过渡，但不损及基体板。

⑥松开死胎板后，外板局部线型离开原型值和结构变形离开理论线的部位，要在胎上进行矫正后下胎。矫正方法：钢板板厚 $\delta \leq 16$ mm 的，可用水火矫正，加热温度不得超过 800 ℃；板厚 $\delta > 17$ mm 的，不准采用水火矫正，可采取其他的工艺手段进行矫正。

⑦分段测量交验应在松开分段死胎板后进行，并在胎上交检测量。

(2) 上建分段制作

上建分段外板及结构均采用 5 ~ 8 mm 薄板，而薄板焊接变形具有复杂性、多元性，如果施工处理不当将无法满足船体线型光顺的原则，严重影响船体外观和焊接质量，甚至会造成整个分段报废。

薄板船体焊接变形主要表现为：一根根肋骨构架及船体外板的“瘦马现象”；在纵向呈较大面积高低不平的“波浪变形”；在板格范围内局部高低不平的“凹凸变形”；由火工矫正和敲打造成的“橘子皮效应”等。因此，控制薄板焊接变形，保证外板线型光顺是上建分段制作控制要点。

①分段建造所需胎架为交验合格后的胎架。分段制作上胎前用样板对胎架型值进行复测（按图纸要求增设胎架反变形量），满足线型公差要求。分段制造时胎架必须与地筋牢固相连。

②上建框架构件包括单球钢、T 型铁、板件、板条、折边肘板、角钢、半圆钢、钢管等。构件线型较大的 T 型材等在专用模板上预制，平直 T 型材可在平台上预制，然后上胎组装，并按地样线或样板检查结构线型。对不符合线型要求的构件，必须返回重新加工。来料尺寸及各构件的焊接坡口形式应检查是否符合设计要求。

③构件装配。依据计算机放样提供的胎上装配型值对结构进行画线、定

位和安装。非平行体分段肋位由手放提供肋位展开长度数据。

④结构装配时应严格控制装配间隙，自然状态下结构与外板间隙 $\leq 2\text{ mm}$ 时，严禁强行装配。

⑤结构施焊时应采用合理的施焊顺序，先立后平，从中间部位向四周扩散，双数焊工对称施焊，分段合龙区域纵向结构留 200 mm 不焊。焊接时注意控制焊接速度和电流，选取焊接参数下限。焊后对壳体外表面焊缝焊趾进行清理、打磨，要求表面光洁且与基体板圆滑过渡，且无损及基体板。

⑥上建上焊接件及船体突出物开孔按图开孔位置安装（按给定标准安装定位），定位后交检，合格后施焊。

⑦分段测量交检应在松开分段死胎板后进行，并在胎上交检测量。

⑧分段翻身后检查外板凹凸变形，对变形超差部位（ $> 2\text{ mm}$ ）进行矫正，分段合龙口部位待分段上船台后根据分段合龙后状态再进行矫正。分段矫正时应尽量减少火攻矫正，多采用机械方式矫正。

(3) 指挥台围壳分段制作

指挥台围壳根据设计图纸，共分4个分段，每个分段又分2~4个部分制作，然后以各自规定结构合龙成一个分段。分段在建造及合龙过程中应按薄板施工工艺进行施工，施工中注意控制薄板焊接变形。4个分段制作交验后，再在专业合龙胎架上进行整体合龙，形成整个围壳分段。对围壳分段进行整体打包修正，对外板焊缝打磨光滑。

①分段建造所需胎架为交验合格后的胎架。分段制作上胎前用样板对胎架型值进行复测（按图纸要求增设胎架反变形量），满足线型公差要求。分段制造时胎架必须与地筋牢固相连。

②按地样线或样板检查结构线型。对有不符线型要求的构件，必须返回重新加工。来料尺寸及各构件的焊接坡口形式应检查是否符合设计要求。

③结构装配时应严格控制装配间隙，自然状态下结构与外板间隙 $\leq 2\text{ mm}$ 时，严禁强行装配。

④结构施焊时应采用合理的施焊顺序，焊接时注意控制焊接速度和电流。

⑤围壳制作后必须保证线型光顺,整体交验时重点对外板线型进行检查,如有超差部位需进行矫正,达到公差要求。

4. 内部结构制作

船体内部结构制作主要包括基座制作、内部液舱制作、平台围壁制作等。在船体制作过程中要严格控制建造公差,以控制其刚度和主要外形尺寸为目标。

(1) 基座制作

目前我国设备基座结构低噪声建造,主要是提高基座的结构刚度和阻抗值。因此,为了达到提高基座阻抗值,现阶段工艺控制主要从以下几个方面开展:

①基座制作应在平台胎架上进行,推进电机、高低压缸、主减速器、蒸发器等大型基座应在专用胎架上制作。制作前检验胎架整体水平度($\leq 2\text{mm}$)并确保胎架牢固。基座制作时以基座面板为基准采用反造方式。

②严格按基座图纸进行基座制作、焊接,公差应全部控制在船体规范所要求的公差内,尤其是基座面板的外形尺寸和筋板的定位尺寸。

③基座焊接过程中避免虚焊漏焊,基座制作后对重要结构进行探伤检查。

④基座焊接完毕后,对大型基座采取各种有效方式消除基座热应力,防止在后续加工和设备安装完成后基座产生变形。

⑤严格控制基座的开孔数量和尺寸。

⑥机加工过程中,严格控制基座的平面度、垂直度、平行度等形位公差以及减震器安装面粗糙度。

⑦基座面板的加工,应尽量使面板切削量减少,即面板尽量厚一些,允许超过图纸要求的厚度。对重要基座,加工后的基座面板厚度严禁小于图纸要求的最小厚度。

⑧基座装焊过程中严格控制焊接变形,确保基座面板的外形和厚度尺寸,以及面板上垫块和面板下筋板的定位尺寸。