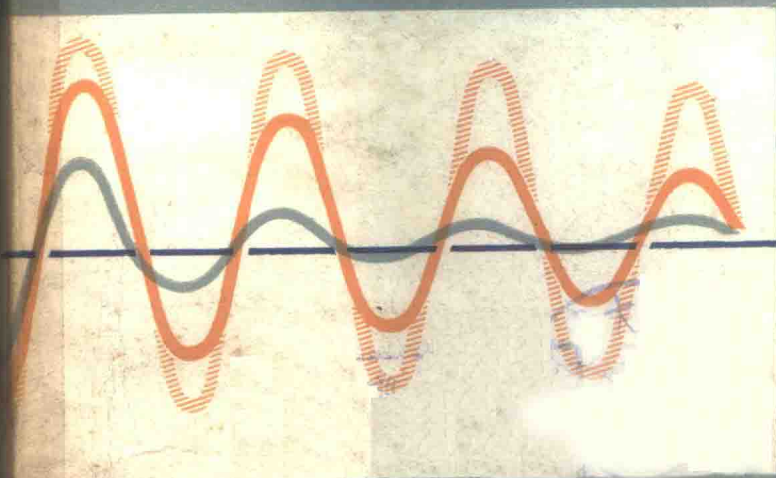


机器 下 基础

[西德] E. 劳施 著 武汉钢铁设计研究院 译



冶金工业出版社

机 器 基 础

下 册

〔西德〕E. 劳施 著

武汉钢铁设计研究院 译

冶金工业出版社

内 容 简 介

本书根据德国柏林工科大学教授、工学博士E. Rausch著的《Maschinenfundamente und andere dynamisch beanspruchte Baukonstruktionen》一书的1959年第三版和1968年补充本译出，并将书名改为《机器基础》。原著系作者根据多年从事机器基础及其他承受动载结构物的设计所积累的资料和经验编写成。本书系统地阐明了各类机器基础的设计和计算原理，并列有大量的设计实例。原著共分十六章，译本分上、下两册出版。上册包括第一至八章；下册包括第九至十六章及参考文献。

下册内容如下：第九章至第十一章叙述了高转速机器（特别是汽轮机）的构架式基础的设计与计算和大量实例；第十二章叙述厂房内机器和设备设置和实例；第十三章说明在采矿破坏区内基础的设计；第十四章列举了机器基础的破坏事例和修复方法；第十五章概述了机器基础振动质量减振的原理和应用实例；第十六章叙述建筑工程中其他类型的动力问题，包括高层建筑、烟囱、钟楼等的动载问题，并附有参考文献。

本书可供从事机器基础设计、施工、科研的土建专业工程技术人员以及机械工业部门的有关技术人员使用，也可供土建类高等学校师生参考。

机 器 基 础

下 册

〔西德〕E. 劳施 著

武汉钢铁设计研究院 译

冶金工业出版社出版

（北京灯市口74号）

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 14 1/8 字数 375 千字

1982年6月第一版 1982年6月第一次印刷

印数 00,001~6,700册

统一书号：15062·3770 定价1.75元

目 录

第九章 高转速机器的构架式基础(特别是汽轮机基础)	559
第一节 导言	559
第二节 西德工业标准DIN4024: 旋转式机器的支承结构	566
第三节 汽轮机基础的设计原则	575
第四节 汽轮机基础的振动计算	591
一、绪言	591
二、单个构件的固有频率	595
三、框架结构的固有频率	599
四、汽轮机基础的振幅	625
五、汽轮机基础振动计算的补充说明	629
第五节 汽轮机基础的静力计算	641
一、荷载情况	641
二、静力计算	645
第六节 汽轮机基础设计的经验数据	650
第十章 汽轮机的钢筋混凝土基础设计实例	659
例一 支承在地基上的、功率1.2兆瓦带有减速装置的(兼有高频比 和低频比)汽轮发电机组的钢筋混凝土基础	659
例二 支承在地基上的、功率6兆瓦的汽轮发电机组的(高频比)双 层式钢筋混凝土基础	662
例三 支承在软木垫层上的、功率16兆瓦汽轮发电机组的(高频比) 钢筋混凝土基础	664
例四 支承在软木垫层和桩基上的、功率24兆瓦汽轮发电机组的(高 频比)钢筋混凝土基础	670
例五 支承在地基上的、功率35兆瓦汽轮发电机组的(低频比)钢筋 混凝土基础	673
例六 支承在桩基上的、功率50兆瓦汽轮发电机组的(高频比)钢筋 混凝土基础	698
例七 支承在地基上的、功率100兆瓦汽轮发电机组的(低频比)钢 筋混凝土基础	719

例八、一台功率为1.85兆瓦涡轮增压机的钢筋混凝土箱形基础	735
例九、为铁路电机车供电的汽轮发电机组的钢筋混凝土基础	738
例十、发电厂锅炉供水泵的构架式钢筋混凝土基础	743
第十一章 汽轮机的钢结构基础	745
例一、支承在钢结构架上的锅炉供水泵的钢结构基础	745
例二、鼓风能力为246000米 ³ /小时（1至3.5绝对大气压）功率11.8 兆瓦的汽轮鼓风机钢结构基础	752
第十二章 厂房内（在楼板和梁上）机器和机床的设置	758
第一节 概述	758
第二节 设计实例	768
例一 小型机床放置在加固的层间楼板上	768
例二 织布机基础	769
例三 放置在楼板结构上的变流机基础	771
例四 放置在楼板结构上的供水泵基础	772
例五 放置在地基上的弯板机基础	774
例六 放置在桩基上的轴磨床基础	779
例七 放置在钢弹簧上的轧辊磨床基础	783
例八 大型机床（工具机）基础	784
第十三章 在采矿破坏区内的机器基础	786
第十四章 机器基础的损坏和其他类型的振动破坏	798
第一节 在地基上的块体基础	798
第二节 在桩上和弹簧隔振器上的块体式基础	824
第三节 汽轮机基础	838
第四节 振动对建筑物的损害	850
第五节 振动和噪声对人的干扰	858
第十五章 机器基础借助振动质量减振	865
第十六章 建筑工程中其他类型的动力问题	871
第一节 概述	871
第二节 各种建筑物的振动问题	880
一、刚性建筑物的振动	880
二、建筑构件的振动	882
三、稍许加固的骨架式建筑物的振动	883
四、机器房的振动	891
五、风力冲击对高层建筑物的影响	897

六、高烟囱的振动	907
七、钟楼的振动	918
八、桥梁的振动	932
九、下落荷载的影响	933
十、水工构筑物的振动	936
十一、大地测量观测塔或天文观测塔的防振	958
十二、建筑施工时的动力作用	958
十三、关于打入桩的承载能力问题	959
十四、爆破对建筑物的影响	967
十五、电视塔	968
参考文献	970

第九章 高转速机器的构架式基础 (特别是汽轮机基础)

第一节 导 言

在前面各章中将机器基础（包括机器）看作是支承在弹性基座上的刚体。当基础各个构件（相互连接在一起的有抗弯能力的板、梁、柱）的固有频率 n_e 远大于由机器动力产生的最高扰力频率 n_m 时，这样理解是合理的。当频比 $n_e/n_m \geq 3$ 时，实际上不再激起这些比较刚性的基础构件振动并且作用在这些构件上的力近似于静力。此外，基础各个构件的固有频率必定足够高于在弹性基座上振动的整个基础的固有频率。在此情况下，求得在弹性基座（地基、桩基、弹性隔振器）上整个基础（看作刚体）的振动就行了。首先对于块体式基础和箱形基础这些条件是能得到满足的，而对于刚性构架式基础，当扰力以较低的频率作用在其上时也能得到满足。

一般不可将汽轮机基础设计为块体式基础或箱形基础，因为汽轮机要求在其下具有一个较大的空间以容纳冷凝器、空气冷却器和管道等。如图9-1至图9-3所示，这种基础由顶板、支柱和底板组成。对于高转速的汽轮机来说，不可能用一般方法把基础结构做得如此刚强，以使基础所有各个相互连接的构件固有频率都足够高于扰力频率。因此，多半不能满足上述关于刚性基础的条件；在此情况下不仅要考虑整个基础在弹性基座上的振动，而且也要考虑在整个基础结构范围内基础各个构件的振动。因此，这类大而重要的汽轮机组基础在各类机器基础中占有特殊地位，并且需要加以特别的讨论。

作用在汽轮机基础上的扰力主要是机器旋转部件的离心力。这个垂直于水平轴作用的离心力或扰力的竖向分力和水平分力，

分别使基础结构产生竖向振动和水平振动。主要任务是避免共振，即把汽轮机基础设计成使其竖向的和水平向的固有振动频率都不接近扰力频率（工作转数）。

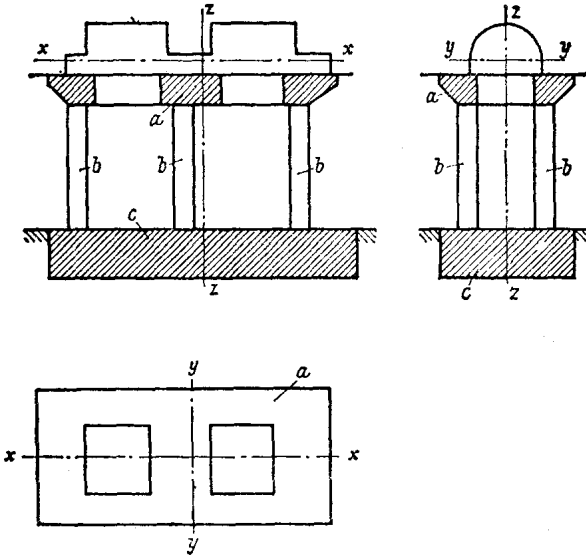


图 9-1 (左下) 一台汽轮机基础平面图

图 9-2 (左上) 纵剖面图

图 9-3 (右上) 横剖面图

(引自：“德国工程师协会会刊”，1955年，1020页)

这种基础的振动计算是一个复杂的课题。此外，由于作用的离心力不能预先给定，在德国经过一段比较长的过程，才使汽轮机基础的计算与设计达到目前的水平。

为了较好地了解汽轮机基础的发展过程，现在简要叙述如下：

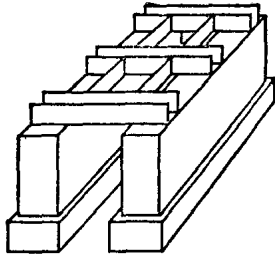


图 9-4 由砖砌的墙和钢梁构成的汽轮机基础

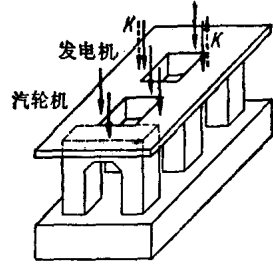


图 9-5 汽轮机钢筋混凝土基础的顶板、支柱和底板

最早的汽轮机基础为墙式基础（见图9-4），它是由两道砖砌的纵墙和搁置其上的型钢横梁组成的。由于钢梁在竖向具有较大的弹性变形，而砖砌纵墙在水平方向具有较大的弹性变形，这种框架结构的竖向与水平向振动固有频率一般都足够低于工作转数，所以不存在共振的危险。但是，这种基础结构的不足之处是基础对机器缺少加固作用和纵墙对可能出现的水平力的抵抗能力很小。此外，由于日益要求在机器下面有较大的空间可资利用，纵墙几乎就成为障碍，故必须考虑设置两列支墩来代替它。为了弥补采用支墩时基础结构减弱，就用钢筋混凝土支墩代替砖砌支墩。

在 A. 舍恩布格首次提出建议之后（当时他是西门子电机公司土建工程主管人），第一个钢筋混凝土汽轮机基础大概是按默尔施教授的设计（1908年为埃尔富特市发电厂设计）由威斯-弗赖伊塔格公司（Fa Wayss & Freytag）建成的〔I.13.5〕。这个基础结构就是已在德国流行的（如图9-5所示）由顶板、支柱和底板组成的钢筋混凝土汽轮机基础型式。顶板的横梁和纵梁与支柱连结成为有抗弯能力的横向和纵向框架，支柱嵌固在基础底板中（以尽可能获得结合成整体的刚性结构）。

起初，这种汽轮机基础的计算方法很粗略；计算时除考虑机器恒载和基础自重外，还考虑一个任意竖直向下的“振动附加荷

载”（其大小为机器重量的3倍至5倍）。这种计算方法由于下列原因而完全不符合预期的基础荷载情况：

1. 若旋转式机器产生扰力，则主要为离心力，该力与轴垂直而沿所有各个方向作用，故竖直向下的附加荷载只能代表基础诸荷载中可能出现的一种特殊情况。

2. 基础荷载情况不仅与扰力（离心力）的大小有关，而且与该力在接近共振时是否作用于基础（接近共振时振幅剧增）有关。因此，对所有汽轮机基础采用同样一种“振动附加荷载”，而不再顾及基础的振动特性，这是不正确的。而应按照基础的振动特征对此“振动附加荷载”划分等级，并且应尽量避免基础处于共振状态。

为此，必须研究构架式基础的固有频率。在J.盖格尔博士首先发表基础横向框架固有频率的计算公式之后〔Ⅱ.20.17〕，工学士埃勒斯〔Ⅱ.20.10〕详细地阐明了此类框架固有频率的计算和变惯性矩的杆件固有频率的计算；工学博士普拉格爾在一些论文〔Ⅱ.20.23至47〕中说明了同样的内容，这就导致普遍地讨论杆件系统的振动问题和出版有关这方面内容的书籍〔Ⅰ.14.2〕。作者曾经试图弄清汽轮机基础上所作用的力，以便能够较正确地确定荷载；作者建议将短路力矩看作为突然施加的荷载，并且相应地取其值的二倍进行计算〔Ⅱ.20.48〕；另外，计算中考虑离心力为旋转部件重量（转子重量）的三倍，而其等效静力是乘以（与振动频率有关的）动力系数和疲劳系数（=2）求得〔Ⅱ.16.23〕。关于构架式基础框架固有频率的计算，作者进一步指出：对于粗壮的框架结构来说，象以前那样仅考虑弯曲变形是不够的，而还应考虑支柱的压缩，因为由此使振动频率一般降低约20%至30%〔Ⅱ.20.49〕。

在发表上述第一批文献之后，作者与埃勒斯进行过讨论，结果进一步明确了一些问题。埃勒斯在其著作〔Ⅱ.20.11〕中指出：作者对汽轮机基础所提出的动力系数可能是定得不可靠，因为固有频率的计算存在较大的误差，而且离心力大小的确定也缺乏足

够的依据。他根据已建成的汽轮机基础状况建议在计算中考虑竖向力和水平力为 $20L$ （转子重量的20倍）；对于底板的计算则仅取 $10L$ 。作者在答复〔Ⅱ.20.53〕中详细地论证了他所选定的离心力值的根据并且指出：按这样的计算方法在最不利情况下也求得附加荷载为 $20L$ ，因此作者发现在埃勒斯的建议中有关这方面的内容证实了他的数据。然而作者还指出，在水平方向一般取较小的附加荷载就够了，因为这个方向的动力系数由于水平振动固有频率较低而较小之故。此外，作者指出那时计算固有频率所用的方法存在缺点，并且指出转子与构架基础结构之间和汽轮机基础顶板与底板之间的联合振动作用对固有频率有影响，因此在底板不动的假定条件下算得的振动频率可能有很大的误差。埃勒斯较详细地分析了这种联合振动作用〔Ⅱ.20.9〕，并发表了一些供实际计算汽轮机基础固有频率用的简单公式和图表〔Ⅱ.20.12〕。

那时，在机器工业与建筑工业中仍然应用这种陈旧的、不正确的汽轮机基础设计与计算观点。当时为了改变这种状况和使新的认识产生效果，由于柏林电力股份公司土建工程主管人舍恩布格的建议，埃勒斯与作者共同制订的汽轮机基础规程〔Ⅱ.20.66〕出版了；该规程中为机械工程师和结构工程师列有一系列设计与计算说明。此后不久，工学博士施皮尔克通过进一步对水平固有频率的研究，对汽轮机基础振动频率的计算作了补充〔Ⅱ.20.63及64〕，当时他研究了各横向框架相互间的影响，并且说明了在假定顶板为刚性的条件下应用作者对振动的盘体推导出的计算方法来计算二种水平振动频率。——施泰因巴赫著作〔Ⅱ.20.69〕的发表使振动计算方法进一步完善；其中对顶板与底板分别视为刚体，而顶板和底板与它们两者之间的弹性支柱以及底板下的弹性地基一起构成一个能振动的体系。所选择的体系能与实际情况接近；但是由于仅假定支柱在水平方向是弹性的，故计算竖向振动频率时不能应用该体系。

大约在该规程发表的同时或以后不久，凯泽尔教授和工学博士特罗赫根据能量法发表了计算基础振动频率的新方法，同时根

据所作的试验对动力的确定提出了新的、与以前不同的建议〔Ⅱ.20.27.28和73〕。

这个计算基础振动频率的新方法在有关此类问题的文献中是受读者欢迎的一项；一般来说，特别是在不规则的框架和在复杂的情况下，采用此法可便利地求得竖向基本振动频率。但是关于附加扰力的建议是不符合实际的，与上述《规程》是相矛盾的，并且可能引起混乱。所以，作者对此提出不同的意见〔Ⅱ.20.52〕，趁此机会使读者了解到凯泽尔和特罗赫的振动频率计算方法的推导有一些不清楚之处和说明一种计算竖向与水平向固有振动频率的简明计算程序。作者以后仍继续沿用这一计算程序，并且得到推广采用。以后，为了消除理解方面的矛盾和对汽轮机基础的设计与计算制定公认的规程，当时的德国建筑工程学会振动问题委员会在作者主持下，凯泽尔和特罗赫参加共同研究和讨论了凯泽尔和特罗赫的修改建议，并且在听取了某些机器制造厂的意见后，出版了该《规程》的增补修订版本〔Ⅱ.20.67〕。这个新版本与第一版本在主要条款方面几乎无差异，特别是在初始确定的扰力方面仍保持不变。此后不久，为了便于实际应用，作者发表了解释该《规程》的文章〔Ⅱ.20.55〕。另外，讨论了埃勒斯在建成的汽轮机基础上所作的振动实测结果，对附加荷载为20L再次提出根据，并且建议用试验方法确定钢筋混凝土的阻尼和动态弹性模量 E 〔Ⅱ.20.13〕。以后与此有关的试验由供电财团着手进行，其结果使该《规程》中所取用的动态弹性模量 $E=300000$ 公斤/厘米²得到充分的证实〔Ⅱ.13.2和Ⅱ.20.4〕。

1939~1945年战争以后，工学博士绍尔首先发表文章，他主张通过柔弹性支承来消除低频比汽轮机基础在竖向也受机器扰力的影响，同时考虑到对敷设有管道的地下室不断要求增大其面积，因此将支柱断面尽可能做得小些。据此，他建议建造钢结构的汽轮机基础〔Ⅱ.20.59至61〕。在马格雷博士（曼海姆大型发电站经理）的推动下，从1935年起已由M.A.N公司建成这种结构的汽轮机基础。由于绍尔博士的支持，M.A.N公司方面的大力

宣传，特别是由于工业动力管理联合会和钢结构协会的支持，这种钢结构的汽轮机基础曾获得很大的发展。

采用钢筋混凝土汽轮机基础时同样可以设计断面较细的支柱，从而使基础在竖向也达到低频比。作者在战前早就提出过有关这方面的建议，可是，建造者认为构架式基础采用细长的支柱是太冒风险。那时仅有一位进步的建造者（柏林电力股份公司土建工程主管人舍恩布格）接受了这个方案（参阅第十章例五）。战后，在机器荷重和支柱高度日趋加大的情况下，使汽轮机基础（对大型机组来说）构成高频比多半是不太可能的，因而对钢筋混凝土构架式基础也就愈来愈多地采用细长的支柱。

为了对大型机组能过渡到采用具有细长支柱的低频比汽轮机基础，由于根据新的认识采用钢结构并且为了给行政管理部门提供施工监督的准则，需要重新修订1933年出版的《规程》。这项相当艰难而费时较长的工作是从1949至1955年由德意志联邦共和国标准委员会所属建筑工程技术标准委员会的“建筑工程振动问题”工作委员会在作者的主持下主要是由工学博士迪茨教授、工学士埃勒斯与工学博士马格雷教授等人的合作下完成的。重新修订的《规程》于1955年1月出版，改换标题为《旋转式机器支承结构（主要为汽轮机构架式基础）》，作为西德工业标准DIN4024。该规程不仅适用于钢筋混凝土基础，而且也适用于钢结构基础。在该规程的修订本中作者对此作了一些说明，并且对钢筋混凝土的和钢结构的汽轮机基础作了比较〔II.20.58〕。

设计低频比的汽轮机基础（采用细长的支柱）使振动计算增加很多困难。在此情况下只验证水平向和竖向振动基本频率足够低于工作转数是不够的，还必须计算高阶振动频率，才能确定基础是否不接近共振。通过一些新文献的发表使振动计算得到进一步发展和完善。工学博士富尔克建议将复杂的多质点振动体系通过质量换算加以简化〔II.20.14〕；工学博士施密特和内西特卡提出在考虑地基弹性条件下求解水平振动课题的新方法〔II.20.65. II.20.39〕；盖格尔博士提出了框架结构挠曲振动的精确解法

〔Ⅱ.20.19〕，并且研究了汽轮机基础固有频率与机器轴的临界转数一致时振幅有剧增的危险〔Ⅱ.20.20〕；迪茨教授也对后面所提及的课题和钢结构汽轮机基础的性能发表了论文〔Ⅱ.20.7〕。

除理论方面的研究工作外，特别是由于克勒博士还在已建成的钢结构和钢筋混凝土结构汽轮机基础上进行了大量的振动测定工作所以对汽轮机基础的振动特征也就更加清楚〔Ⅱ.20.30和31〕。

对于所述的这种低频比汽轮机基础（包括机器）的复杂空间振动体系来说，虽然进行了有价值的研究工作，但是到目前为止还没有成功地掌握所有各种可能的振动，或许将来也不可能办到。因此，重要的是要对这种汽轮机基础采取一些以后在必要时能改变固有频率以消除共振的措施。这可以通过改变振动的质量（附加重量）或改变刚度（加强或减弱结构构件）来实现。钢结构基础和钢筋混凝土结构基础都有可能采用这样的措施。

在叙述完构架式基础的发展过程之后，现在就可以编写汽轮机基础设计和计算的通用规定和原则。首先转载1955年出版的标准DIN4024（旋转式机器支承结构）的全文。然后对该标准作些解释，并且根据作者在做大量的设计修改、审查和鉴定时所获得的经验对钢筋混凝土或钢结构汽轮机基础的设计和计算作些说明。在此以后，列出机器重量、转子重量、所需建筑空间和建筑材料用量等经验数据。最后列举钢筋混凝土结构的和钢结构的汽轮机基础设计实例。

第二节 西德工业标准DIN4024

旋转式机器的支承结构（主要为汽轮机构架式基础）

绪 言

本规程适用于支承涡轮发电机、涡轮空气压缩机及其他高转速（约 ≥ 1000 转/分）机器的钢结构、钢筋混凝土结构和其他类似结构型式的构架式基础以及其他支承结构。

在设计这类支承结构时，机械工程师和土建工程师应密切合作。机械工程师要给出结构的基本轮廓图和按机器要求提出主要尺寸。土建工程师对该设计方案按工程振动学条件和静力学条件进行验算，并且提出避免共振和保证稳定性必要的修改意见。双方至迟应在管道设计时取得一致意见，以便还可考虑更改。

对高转速机器的支承结构来说，由于它所承载的机器设备重要和价值昂贵，即使其尺寸不大也应将其看成为重要的工程结构。因此，应重视有关的西德工业标准中关于选择承造者、建筑材料质量等方面的特别规定。正因为如此，仅能委托具有必要专业知识^①的工程师承担设计工作。

A. 计算、构造和施工原则

1. 对机械工程师提出的原则

1.1 机械工程师应对各个承重构件给出足够的尺寸，以使其能承受静力和动力作用，并且从工程振动学观点来看也能将其结构设计得令人满意。在支柱和梁中应避免有缺口或凹槽，最好以四面封闭的孔洞代之。

1.2 一般采用的结构型式为“构架式基础”，其顶板支承在独立的支柱上。因此顶板的承重结构是由纵梁和横梁组成。支柱中心应尽可能位于梁中心线下，以便形成一个显而易见的示力图。狭长的支承板，较大面积的板片等可能容易单独地处于振动中，故应避免采用或者将它们设计成能消除可能出现的共振状态。

1.3 顶板应以空隙与周围隔开；盖缝板应能在水平方向和竖向移动。基础底板与周围建筑构件（特别是与混凝土地坪）也应用缝隙隔开。相邻的楼板应尽量不放置在支承结构上。若不能避免这样做，最好按实际情况设计成适宜的支承形式。

1.4 应从机器制造厂为土建工程师收集下列资料：

1.41 详细的荷载图，其中要分别列出未乘附加系数的短路

① 该标准在此处提到作者这本书。

力矩和真空吸力。应按照机器实际的质量分布情况和为传递荷载所采取的特殊措施仔细地校核该荷载图。该图上不仅要列出荷载值，而且要列出承受这些荷载的面积。对单相发电机来说，还要注明作用发电机一侧的周期性扰力矩及其频率。在荷载图上还要注明可能产生的水平向或斜向附加荷载，例如在支承结构上的蒸气管道固定点处所传递的荷载。此外，还要说明冷凝器与汽轮机的排气接合管是用法兰盘连接的还是通过弹性补偿器或填料盒来连接的。

1.42 转子重量的资料；对带减速齿轮的汽轮机来说还要提出传动装置旋转部件的重量资料。

1.43 机器功率的资料。

1.44 汽轮机的工作转数（必要时还要提出起动时的转数）。

1.45 在连接处和有支承时（如同在运转时存在的那样）轴的临界转数。

1.5 为了可以考虑结构中的受热作用，应给出结构构件附近出现的温度数据（还应给出安装或试运转时的较高温度数据，例如当烘干发电机时的温度），作为考虑受热作用的根据。所有的发热构件，特别是管道应在试运转前做好隔热措施。采取适当的措施防止结构储热（例如：设置散热孔，表面盖以隔热板）。

2. 对土建工程师提出的原则

2.1 为了达到以下目的要进行振动计算。

a. 防止机器与支承结构组成的振动体系（必要时考虑地基的弹性）与工作转数发生共振。

b. 为了结构的静力计算应计算出动力的等效静力。等效静力系由动力值乘以一个与建筑材料有关的疲劳系数和一个根据频比得出的动力系数求得。

2.11 频比。

2.111 概念的说明

当结构的基本振动固有频率大于机器工作转数时为高频比；

而当其基本固有频率小于工作转数时为低频比，这样，工作转数就处于基本振动固有频率与某一高阶振动固有频率之间。

2.112 按照下面第3.1条至第3.5条所求得的固有频率应和最接近的工作转数至少相差 $\pm 20\%$ ，必要时可在设计过程中改变结构尺寸来达到这一差值。只有对此有特殊困难时，才能例外地缩小这个差值，而且其前提是：按2.44条规定预先考虑以后能消除共振的措施。

2.2 按以下荷载进行静力计算：

2.21 关于静荷载(结构自重、包括转子重量在内的机器设备重量、真空吸力等)。这些荷载都取实际值，不附加系数。不承受机器荷载的结构构件应按安装时荷载计算。

2.22 关于短路力矩取为在两个转向上由机器传递的一个竖向力偶并且将机器制造厂提交的未考虑附加系数的数值增加100%。

2.23 关于离心力的动力作用：离心力是垂直于轴的中心线并沿所有各个方向作用。为此，在下面说明等效静力的概念。等效静力是按比例地分配在各个机器荷载所作用的同一位置上的，也就是说，在每一机器荷载处水平地或垂直地作用一个与该荷载成比例的等效静力分量。同时仅考虑作用于框架结构本身的机器荷载。这些等效静力分量视有关振型的不同而可能同向或反向作用。为简化计算，容许将水平等效静力作用在框架横梁轴线上。

2.24 为了考虑不承载的构件参加振动，应取其自重的50%作为水平或竖向等效静力来进行计算，这只有当按2.21条的安装荷载未产生不利的应力时才能如此。

2.25 当为钢筋混凝土结构时，对框架结构要考虑温度和收缩的影响如下：

2.251 与底板相比，温度降低 10°C 顶板产生收缩；如果底板竣工后两个多月才开始建造上部结构，则温度降低 15°C 顶板产生收缩。

2.252 与底板相对比的顶板均匀受热。若按1.5条预先考虑