

射频设计中 DXF 框图的应用与结构反馈流程研究

谭代兵

北京杰迈科技股份有限公司，北京 100110

摘要：射频工程领域之中的射频设计与结构设计紧密相连，其两者的协同工作对于整个射频系统的性能、可靠性以及可制造性起着至关重要的作用。为达到给射频工程领域的设计工作提供全面且系统指导的目的，以及提高设计效率与质量与确保射频系统的整体性能与可靠性。本文详细阐述了射频设计与结构设计之间的协作关系，当中包括从结构提供 DXF 框图给射频设计人员开始，到射频设计完成后反馈给结构设计，以及后续在长、宽、高确定、孔位设计与调整、各部件设计与装配等多方面的协同工作要点与流程。

关键词：射频设计；DXF 框图；结构设计；反馈流程

Research on the Application and Structural Feedback Process of DXF Block Diagram in RF Design

Tan Daibing

Beijing Jiemai Technology Co., Ltd. Beijing 100110

Abstract : The RF design and structural design in the field of RF engineering are closely connected, and their collaborative work plays a crucial role in the performance, reliability, and manufacturability of the entire RF system. To provide comprehensive and systematic guidance for design work in the field of RF engineering, as well as to improve design efficiency and quality while ensuring the overall performance and reliability of RF systems. This article elaborates on the collaborative relationship between RF design and structural design, including the provision of DXF block diagrams to RF designers, feedback to structural designers after RF design is completed, and the key points and processes of collaborative work in various aspects such as length, width, height determination, hole design and adjustment, and component design and assembly.

Keywords : RF design; DXF block diagram; structural design; feedback process

引言

DXF 框图作为一种重要的设计信息载体，它在射频设计与结构设计的交互过程中扮演着关键角色。因此深入研究 DXF 框图的应用与结构反馈流程，将在实践中有助于优化射频系统设计流程，助力设计人员减少设计错误、提高设计效率以及降低成本，最终促进射频工程技术的发展与进步。

一、DXF 框图在射频设计中的应用

频元器件的散热需求。

(一) 初始设计依据

结构设计人员首先需要向射频设计人员提供 DXF 框图，该框图能够为射频设计提供基础的几何形状与尺寸信息。接着射频设计人员再依据此框图，结合射频电路的性能要求开始进行射频电路的布局与设计。

(二) 孔位设计基础

射频设计人员在设计过程中，必须考虑到结构孔位与射频元器件布局的协调性。对于一些需要接地或与外部结构连接的射频部件，其安装孔位需与 DXF 框图中的相应孔位对应，如此一来才能保证良好的电气连接和机械稳定性。同时射频设计中的散热孔位等也需在 DXF 框图的基础上进行合理规划，确保其能够满足射

二、射频设计完成后的结构反馈流程

(一) DXF 反馈与尺寸确定

射频设计完成后，设计人员应将包含射频设计成果的 DXF 文件反馈给结构设计人员。因为产品的长、宽、高尺寸等相关尺寸不仅会影响射频性能，其还与结构的整体布局、装配方式以及后续的制造工艺密切相关。所以借此文件双方需共同确认上述尺寸。

(二) 孔位反馈与调整

由于射频人员反馈的孔位信息在结构设计中具有较高优先级。因而结构设计人员应避免随意修改，在工作过程中尽量遵循射频人员提供的孔位来进行设计。然而当结构孔位与其他部件发

生干涉时，其就必须与射频人员进行沟通。并且在沟通协作过程中，双方需综合考虑射频性能、结构强度、装配工艺等多方面因素，从而寻找出最优的孔位调整方案。

三、各部件设计中的协同要点

(一) 电源板层设计

电源板层与基板的连接方式需相关人员在射频与结构设计协同下确定。一般电源板层与基板贴在一起时，就需要采用螺钉进行固定，但在条件苛刻时相关人员还可采用激光封焊。而在设计过程中，设计人员需考虑螺钉的位置、数量以及激光封焊的工艺要求，进而确保电源板层的固定牢固且电气连接可靠。

另外电源层的 bot 面与腔体底面的接触设计也是至关重要的。其中设计人员要确保其完全接触以获得良好的导电性，并且还需要对电源层上的测试点位进行合理避让。其中的避让尺寸需设计人员根据具体情况确定，一般是在原有圆孔上拉伸 1.5mm 深度与底面相切，圆单边扩大 0.3 – 0.5mm，且需咨询硬件工程师以保障测试功能的实现与不影响电源层的正常工作。

(二) 激光封焊盖板设计

激光封焊盖板材料通常选用 4047 铝材，其与外部槽的边缘间距控制在 0.04 – 0.06 之间。实践中这一间距要求在设计时需严格遵守，如此才能够确保封焊质量与结构稳定性。如果激光封焊面积较大时，设计人员就需要在中间位置做凸台以增强盖板强度，并且凸台的设计尺寸与形状也需要经过结构强度计算与工艺可行性评估^[3]。

除此检验激光封焊盖板的标准为与腔体装配后不掉落。这就要求设计人员在进行设计时做到精确控制盖板与腔体的配合精度，即包含了尺寸公差、形状公差以及表面粗糙度等参数，进而保证装配的紧密性与可靠性。

(三) 软基片空间间隙设计

设计要点一：软基片 top 面与屏蔽面高度一般设定为 2.5mm，但是因为其可能受到多种因素影响，如射频性能要求、腔体内部空间布局等，所以具体的高度还是需咨询硬件工程师。在特殊情况下，比如腔体壁太薄就可适当降低高度，但此时需要确保软基片与吸波材料的总高度满足设计要求，从而避免对射频信号产生不良影响^[2]。

设计要点二：为了确保能够正常焊接金丝，设计人员设计的软基片高度与激光封焊面板间距不能高于 15mm。若高度超过此限制，则需在侧面开槽并采用激光封焊，而开槽的位置、尺寸与形状需设计人员综合考虑焊接工艺、结构强度以及电磁屏蔽等因素。

设计要点三：若软基片上部需贴屏蔽材料，设计人员就需考虑到屏蔽平面与封焊面的距离，此点其可参考类似结构如 tr – a 结构进行设计。同时软基片 BOT 面与腔体结合处的表面处理方式，如电镀金或电镀银，设计人员就需根据波段要求确定，其中镀金厚度一般有 1um、0.3 – 0.5um、0.5 – 0.8um 等。

(四) 通道间的绝缘子设计

在射频微带线设计中，当需要进行射频隔离时，采用在微带线通道间设置块状结构并烧结绝缘子的方式。块状结构与墙体接触位置通过镀金烧结保证结构的整体密闭性，在要求不高时可采用锁螺钉形式将块状体固定在腔体上。在设计过程中，需考虑块状结构的材料选择、尺寸设计、与微带线和墙体的配合精度以及绝缘子的型

号选择等因素，确保射频隔离效果良好且结构稳定可靠。

(五) 压条设计

压条设计一般需要依据射频工程师给定的框图进行，在设计完成后将其向内部缩减 0.2mm 便于安装。在设计过程中，设计人员需检查相关腔体与压条连接部位的结构，特别是要检查转折面 R 脚，若 R 小于 1mm 就需在保证结构正确性的条件下进行修改，从而避免应力集中并提高结构的可靠性与使用寿命^[3]。

(六) 加热板设计

设计人员在设计过程中需咨询微装厂家是否需要加热板，若其需要则应对其进行加热板设计。而射频部件的防干扰隔条制作需嵌入周边框体内部，并且隔条内部还需进行过线处理，过线高度的话一般为 1.5mm 左右，宽度则由硬件工程师给定。在设计过程中，设计人员还需综合考虑加热板的功率、温度分布、与其他部件的热兼容性以及防干扰隔条的电磁屏蔽效果等因素，进而确保加热板的功能正常且不影响射频系统的性能^[4]。

对于加热板的数量也需在设计中确认清楚，其可分为微带线 top 层加热和 bot 层加热，具体加热面则需咨询硬件工程师。进行加热块设计时设计人员不仅要避让绝缘子孔，而且还要避让 SMP 和其他装配干涉的孔位，从而保证加热板的安装位置准确且与其他部件无干涉，如此就能确保整个射频系统的正常运行与性能稳定。

(七) J30J 设计

J30J 设计时面板向外扩展 0.5mm 就可以满足相关要求，但其中需注意的是 TJL 和 ZKL 公头和母头如何区分。同时硬件工程师必须给出 PCB 板厚并且在 DXF 里面标注好螺钉孔的尺寸，因为这些信息对于 J30J 的准确安装与可靠连接至关重要，其将直接影响到射频系统的电气性能与机械稳定性。

(八) 绝缘子开孔设计

因为绝缘子开孔大小对信号有影响，所以若无相关资料就需设计人员去咨询硬件工程师。微带线内部芯片需做 0.1mm 凸台，滤波器（小滤波器）加载板与微带线高度要一致且厚度为 0.5mm。而绝缘烧结部分单边孔间距预留 0.025mm，一般针的空间为针直径的 2.3 倍。射频绝缘子在微带线部分的厚度中心空气腔厚度直接影响绝缘子的阻抗，因此射频工程师需选择合适的绝缘子型号，而结构设计人员需及时告知其空气腔厚度，以便于射频工程师判定结构设计合理性^[5]。据此在选用绝缘子时设计人员需标注厂家和型号，并在工程图上标注尺寸，从而避免因绝缘子问题导致出错。如果出现特殊情况可选择非标定制绝缘子，但此时其需充分考虑其与其他部件的兼容性与可靠性。

(九) 微装空气层盖板设计

就微装空气层盖板相关设计而言，设计人员需依据压条尺寸开槽，其中开槽位置可粘贴吸波材料，而开槽尺寸则需要依据微带线尺寸执行，一般深度可按 0.02mm 设计。盖板与腔体的间隙需要设计人员控制在 0.1mm 或稍大，并且保证盖板上的螺钉孔尽量密，以次防止电磁泄露，而盖板设计的整体结构形式，如是否做一个整体还是分体，则需详细咨询硬件工程师，然后再根据射频系统的性能要求与装配工艺确定^[6]。

(十) 芯片部位结构设计

对于芯片部位的结构设计来说，设计人员应依据硬件工程师给定的框图执行，其中芯片需凸起 0.1mm 结构，而周边墙体部位

需避让大于直径 0.6mm 的间距，以便于工作人员进行加工和过线。并且在设计过程中，其还需要考虑到芯片的散热需求、与其他部件的电气连接以及结构的整体稳定性，进而确保芯片能够在良好的工作环境下运行，以及保障射频系统的性能。

(十一) 铜铜结构设计

铜铜结构设计需要相关人员依据芯片尺寸进行，其中腔体开孔为铜铜尺寸外扩 0.02mm，铜铜与墙体配合时需再往下走 0.05mm 以补偿锡膏高度，并且与左右腔体接触部分增大 0.1mm 以便于烧结时移动。同时铜铜设计高度与封片凸起高度应保持一致，即与腔体底面高度为 0.1mm，伸出底面 0.1mm，总共厚度为 0.2mm，并且在设计完成后需对其做镀金处理。另外在设计过程中，设计人员需精确计算铜铜的尺寸、形状以及与其他部件的配合精度，借此确保铜铜在射频系统中起到良好的散热与电气连接作用。

(十二) 钢丝螺套设计和螺钉开孔

钢丝螺套的螺纹孔一般需设计人员预留出一定的位置，此做法的目的在于方便其余工作人员进行开孔和加工，因此在设计过程中其需考虑加工工艺的可行性与精度要求。螺钉开孔有时在压条面剖视中不易被工作人员察觉，此时就需打开 bot 面来一一对应打螺钉孔，以此为根据确保螺钉开孔的准确性与完整性^[7]。

(十三) 微装控制板 DXF

转换微装控制板和与数字板相对应且互联的板卡时，相关人员需将板卡做成整数，且保证各个板卡尽量外形一致，当不一致的情况出现时其需找到参考位置对应。将微装控制板螺钉孔拉伸双面 20mm，主要是用于检查是否与微带线和其他板子孔位发生干涉，或螺钉孔孔位尺寸不够的现象，其中在设计过程中相关人员需充分考虑各板卡之间的连接可靠性、信号传输完整性以及空间布局合理性。

(十四) 数字板与微装板接触检查

设计过程中转出数字板 DXF 的 top 面给硬件工程师需做 4 个图，其中前三个视图表达 top 和 bot 面限高，而最后一个视图中需要将 bot 面镜像后与 top 面重合。并且在硬件工程师完成图后，还需要将三维图与 CAD 需相互对应以检查图纸面是否正确，从而确保数字板与微装板在装配过程中的准确性与兼容性，且避免因设计错误导致装配失败或系统性能下降^[8]。

四、检查环节的重要性与实施

(一) 干涉检查

干涉检查是保障射频系统结构合理性与可靠性的重要环节，设计人员通过全面细致的干涉检查，能够提前发现设计中的潜在问题，进而避免在装配或使用过程中出现部件冲突、信号干扰等不良现象的出现，以此提高射频系统的整体质量与性能^[9]。

在盖板设计过程中，设计人员需检查滤波器高度是否会影响盖板安装，其中如果存在阻挡情况就需进行开槽处理，以此避免滤波器压住盖板导致信号失真。同时设计人员还应依据设计检查压条与绝缘子孔是否干涉，以及绝缘子孔开孔大小是否合适。而在装配设计过程中，设计人员要考虑防呆设计，就是通过增加安装丝印来减少装配出错的可能性。

(二) 零部件数量统计

一方面是加热块的设计方式（微带线 top 面设计导热块还是

bot 面设计导热块）设计人员需咨询硬件工程师确定。其中因为不同的加工方式可能影响零部件的生产数量与效率，所以设计人员在统计数量时需注意加工厂的加工方式。另外一方面是对于零件数量的统计，设计人员可采用三维软件构建属性，即依据软件统一数量，此时在转零部件数量时其需对每一个零件做零件属性详细查看，从而确保零部件数量统计的准确性，并避免因数量错误导致生产延误或成本增加问题出现^[10]。

(三) 丝印及接口位置

丝印信息的准确设计能够使得用户识别接口功能与操作说明变得更加方便，因此其可提升产品的用户体验，并且有助于提高射频设备的可操作性与可维护性。实践中在项目完成后，设计人员需咨询硬件工程师每个接口的丝印问题。若硬件工程师明确规定不需要做，则设计人员可预留接口；若需要做的话就需获取纸质版输入文件，并咨询所需字体。

(四) 螺钉孔检查

设计人员在实践之中可以采用指定导航指引，其是指定相关螺钉并显示标红，然后对应标注螺钉孔的方式，以此可减少螺钉标注出错。而在工程图中检查螺钉孔时，设计人员将螺钉放在零件图上进行检查可减小误差，从而确保螺钉孔的位置准确无误，达到保障结构装配精度与稳定性的目的。

五、结论

总的来看，射频设计中 DXF 框图的应用与结构反馈流程涉及到了射频设计与结构设计的多个环节与众多部件的协同工作，所以其是一个复杂而系统的工程。在实际射频工程设计工作中，射频设计人员与结构设计人员应密切沟通协作，以此不断优化设计流程，从而适应不断发展的射频技术需求，最终推动射频工程领域的技术进步与创新发展。

参考文献

- [1]打通5G技术应用的“任督二脉”，ADI射频与微波技术走向系统与生态化 [J]. 世界电子元器件, 2018,(05):6-7.
- [2]李霁晨. 新型缺陷地结构与微波射频电路应用研究 [D]. 北京市: 中国科学院大学, 2020.
- [3]胡振忠. 射频与微波磁场的量子精密测量 [D]. 江苏省: 南京邮电大学, 2019. DOI:10.27251/d.cnki.gnjdc.2019.000398.
- [4]黄玉兰. ADS射频电路设计基础与典型应用 [M]. 人民邮电出版社: 201510.506.
- [5]彭赟, 邓志良. 基于2.4G射频技术的远距离考勤读卡器的设计 [J]. 电子设计工程, 2014, 22(03):164-167.
- [6]许爱国, 张年, 汤正波. 基于5G通信的宽带微波接收机射频前端设计方法 [J]. 通信电源技术, 2024, 41(18):7-9.DOI:10.19399/j.cnki.tpt.2024.18.003.
- [7]刘奎, 王程, 黄宇轩, 等. 1.3 GHz连续波超导射频腔的数字低电平射频系统和腔模拟器设计及测试 [J]. 强激光与粒子束, 2024, 36(08):107-116.DOI:10.11884/HPLPB202436.230325.
- [8]赵智超, 吴铁峰. 射频设计软件 ADS 支持下的 CMOS 放大器电路设计 [J]. 中国管理信息化, 2017, 20(09):156-157.DOI:10.3969/j.issn.1673-0194.2017.09.070.
- [9]李德信. 车联网移动终端射频设计与仿真实验研究 [D]. 辽宁省: 大连理工大学, 2018.
- [10]刘民, 唐晓斌. 机载任务系统通道化宽带可重构综合射频设计方法研究 [J]. 中国电子科学研究院学报, 2017, 12(01):1-6.DOI:10.3969/j.issn.1673-5692.2017.01.001.