第5章

可靠性设计

5.1 可靠性研究历史

可靠性理论最早发展于第二次世界大战时期对武器、飞机和电子设备的精准要求，由德国首先提出。军用雷达长期处于待修状态的惨痛教训使得可靠性问题得到了各国充分的重视。

20 世纪 50 年代，美国国防部成立了可靠性研究的专门机构——电子设备可靠性顾问委员会(AGREE)，并发布《军用电子设备可靠性报告》，报告指出可靠性的建立、分配、验证均有章可循。这为后来的可靠性工程研究奠定了基础。

1950—1957 年，可靠性问题研究的重点是深入调查、摸底，确定可靠性总体工作的内容，随着飞机、火箭、航天器中大量应用电子装置，可靠性技术作为一门新的学科被加以研究。1957—1962 年，可靠性问题研究的重点是统计实验，定量地确定电子元件的可靠性水平和各种使用环境条件下的失效率，初步制定出一套环境实验方法、实验标准和可靠性规范。

同期，苏联、日本也都在航天、武器领域对可靠性进行了研究。

1960—1967 年，可靠性研究工作重点是对已掌握的大量失效模式、失效数据、失效原因进一步从物理本质上分析，提出整机设计中的“失效模式、影响及危害性”，因而对影响可靠性的关键因素和真实原因的认识更加深刻、全面，并据此提出了各种加速实验方法。此后，从人机结合方面来探索系统可靠性，也即在设备操作、仪表观察方面以及在车间工作地点的布置上，根据人的心理和生理状态及操作习惯来设计能提高人工操作可靠性的相应机构和表盘，从而确保整个人机系统的可靠性。

20 世纪 70 年代，电子设备逐渐步入人们的生活。鉴于消费者对电子设备可靠性的迫切需求，可靠性在电子设备上的应用研究也迅速发展起来。

与此同时，科学家也开始将可靠性理论在非电子设备如机械产品上进行探索，并试图将已有的电子设备可靠性理论直接运用于机械设备上，但并未取得显著成效。

我国在 20 世纪 80 年代进入了可靠性研究的蓬勃发展阶段，组织编写了与可靠性相关的多部教材并颁布《电子设备可靠性预计手册》，促进了我国电子设备可靠性的发展。但同时期的软件工程可靠性研究却显得有些落后。

20 世纪 90 年代以来，随着人们对软件可靠性理论的需求不断增加，软件可靠

性技术也得到了发展,出现了可靠性建模技术、可靠性管理技术等,并不断实用化。

可靠性的发展是顺应时代进步的必然产物,虽然现阶段世界各国对可靠性的研究已经比较成熟,体系也相对完善,但仍有广阔的研究空间等待我们去开发。我国自主设计产品在可靠性方面还存在诸多不足,因此对可靠性的研究工作仍需要更多的科研人员来完成。

随着科学技术的发展,可靠性研究不断深入,可靠性实验、环境防护、失效分析的新方法和新技术也在不断发展,可靠性技术已发展成为一个新的综合性学科,涉及设备和系统可靠性预计、系统可靠性管理和可靠性保障等方面。

可靠性问题的研究已发展成可靠性系统工程,因为:从时间上来看,它贯穿系统规划、设计、制造、包装、运输到使用和维护保养整个过程;从空间上来看,它又同系统功能、成本、社会需要、技术发展等各方面密切相关。可靠性工程的目的是要对产品的可靠性进行定量控制。可靠性工程是现代工程师的一门必修课。

5.2 可靠性的定义和指标

可靠性是指产品在规定时间、规定条件下,完成规定功能的能力。规定时间是指对产品的质量和性能有一定的时间要求;规定条件包括温度、湿度、气压、振动、冲击、介质、载荷、维护、操作或使用条件;规定功能是指产品完成预定的工作时不发生故障,同时还要达到产品设计时规定的性能指标。图 5.1 为产品可靠性的三个要素以及包含的内容。

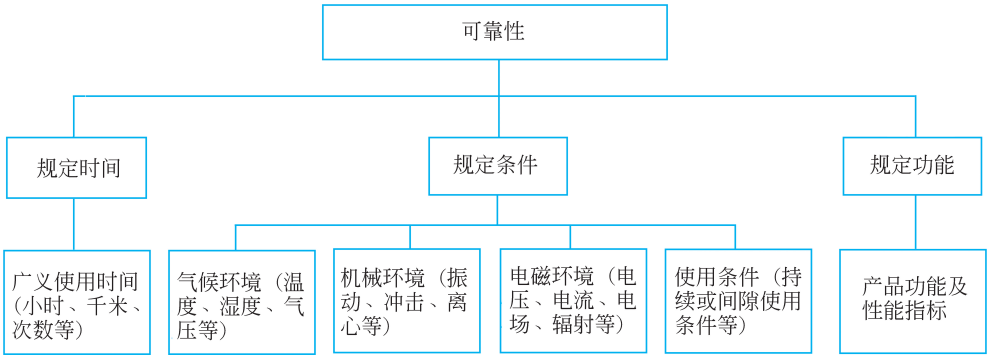

图 5.1 可靠性要素和说明

可靠性反映了产品在规定的运行环境、任务要求和规定时间内,完成规定功能而不出现故障的能力。具体应用时可以把产品的可靠性定义为以下四个要素:①规定的使用环境;②规定的产品任务;③规定的时间;④规定的功能。

可靠性工程可以理解为,为了使产品能够保持无故障完成规定功能的状态,所实施的一系列活动和工作。因此,可靠性工程可描述为,为了确定和达到产品的可靠性要求,必须进行的一系列可靠性活动。可靠性工程的主要内容有可靠性要求论证、可靠性设计分析、可靠性实验评价、生产及使用阶段的可靠性评估与改进、产品的寿命周期管理等。

对于大型电子系统工程和各类中小型电子设备,提高可靠性的关键点是做好可靠性设计。因为从根本上说,设计决定了产品可靠性的极限水平,确定了产品的固有可靠性。制造只是保障这一水平的实现,而使用只能维持这一水平。在实践中,许多元器件的损坏并不是元器件本身的问题,而是由于设计不合理所造成的。美国 20 世纪 70 年代统计数据表明,由

于设计不当所致产品故障占故障总数的 40%左右。

图 5.2 为《装备研制与生产的可靠性通用大纲》中所描述的可靠性工程的主要内容。

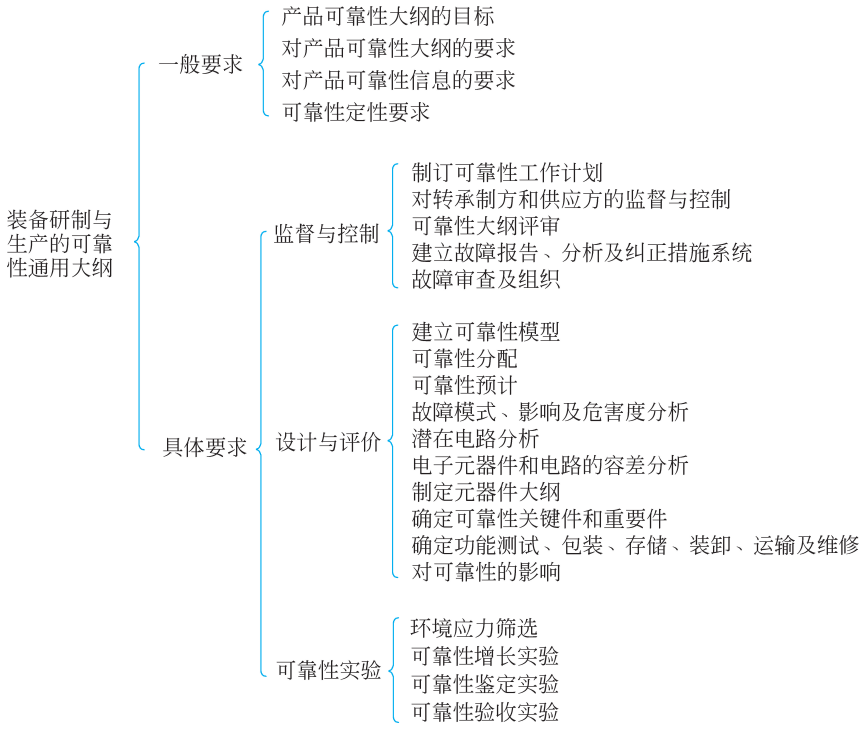

图 5.2　可靠性工程内容

可靠性指标主要来自可靠性设计与评价阶段，反映了产品在各种条件下是否会发生失效的特性。其中，可靠性设计反映了由产品故障引起的对维修等方面的需求，此阶段工作可以建立具体的可靠性模型，进行可靠性分配以及预计等；而可靠性评价则反映了产品在功能使用方面的特性，可以进行定量或定性评估，主要包括产品的故障模式、影响及危害分析、电子元器件失效分析以及潜在电路分析等。

仅通过定性的可靠性分析，不能准确地描述产品的可靠性，还需要定量化表征，即用数学特征量来描述和表征可靠性。

1. 可靠度

产品的可靠度 $R(t)$ 是用来表示产品在一定的条件下和一定的时间内，完成所规定功能的概率。T 表示产品的寿命，t 表示时间，显然，产品的寿命 T 大于规定的时间 t 的事件是一个随机事件。因此，产品可靠度的数学表达式为

$$R(t)=P(T>t) \tag{5-1}$$

式(5-1)中，$R(t)$ 描述了产品在 $(0,t]$ 时间段内完好的概率，显然，当 $t=0$ 时，$R(0)=1$；当 $t=\infty$ 时，$R(\infty)=0$。同时，$R(t)$ 又可以表示为

$$R(t)=\frac{N_0-r(t)}{N_0} \tag{5-2}$$

式(5-2)中，N_0 表示 $t=0$ 时，产品正常工作的件数；$r(t)$ 表示产品在 $0\sim t$ 内产生的所有故障数。

2. 累计失效概率

累计失效概率是指通过规定产品的使用条件和使用时间,但是产品还是无法完成具体功能的概率,用 $F(t)$ 表示,其数学表达式为

$$F(t)=P(T\leqslant t) \tag{5-3}$$

累计失效概率也称为不可靠度,因此它与产品可靠度之间有如下关系式:

$$R(t)+F(t)=1 \tag{5-4}$$

3. 失效概率密度函数

若累计失效概率函数 $F(t)$ 是连续可微的,那么将其导数称为产品的失效概率密度函数,用 $f(t)$ 表示,它表征了 t 时刻产品在单位时间内的失效概率。其数学表达式为

$$f(t)=\frac{\mathrm{d}F(t)}{\mathrm{d}t} \tag{5-5}$$

显然,产品的累计失效概率与失效概率密度函数之间的关系如下:

$$F(t)=\int_0^t f(t)\mathrm{d}t \tag{5-6}$$

因此,产品的可靠度又可以表示为

$$R(t)=1-F(t)=1-\int_0^t f(t)\mathrm{d}t=\int_t^\infty f(t)\mathrm{d}t \tag{5-7}$$

4. 瞬时失效率

瞬时失效率表示产品在使用过程中的某一时刻发生的失效,通常也称为产品失效率,其数学表达式为

$$\lambda(t)=\frac{F(t)}{R(t)} \tag{5-8}$$

5. 平均寿命

通常产品的失效分为可修复和不可修复两种类型,对于不可修复的产品,产品发生故障前的正常工作时间的平均值称为产品的平均寿命;而对于可以修复的产品,故障的发生趋于频繁以至产品最终无法使用。这样产品的寿命等于出产到无法使用的时间减去故障时间,称为故障间隔寿命(Mean Time To Failure,MTTF),以符号 t 来表示,其示意图如图 5.3 所示,$t=T_1+T_2+\cdots+T_n$。

图 5.3 MTTF 分析示意图

产品平均寿命的理论值为产品寿命 t 的数学期望,其表达式为

$$E(\mathrm{MTTF})=\int_0^\infty tf(t)\mathrm{d}t \tag{5-9}$$

如果 $f(t)$ 服从指数分布,有 $E(\mathrm{MTTF})=1/\lambda$。

在可靠性工程中,常常涉及产品的寿命分布问题,尤其是在电子元器件及电路的可靠性分析中,寿命是一种非常重要的指标。电子元器件的寿命是随机的,但是也有一定的取值范围。通常,寿命服从一定的统计分布,若从寿命的统计分布规律出发,则更容易对可靠性数据进行处理,可靠性工程中常用概率分布有指数分布、正态分布、二项分布和威布尔分布。

5.3　电子设备可靠性设计方法

5.3.1　简化设计方案

在满足功能的前提下，尽量简化电路对提高可靠性是有益的。对于系统和线性电路很难用统一的数学方法来简化设计，而数字电路则可利用建立在集合论及布尔代数基础上的一套逻辑电路简化法则加以简化。对于系统和电路的简化设计，可以考虑以下原则。

（1）将软件功能和硬件功能综合利用，充分发挥软件功能。

（2）对高性能和高指标要综合考虑。

（3）采用新技术要充分注意继承性。

（4）采用新电路要注意标准化。

（5）尽可能用数字电路取代线性电路。

（6）尽可能用集成电路取代离散、分立元件电路。

（7）对逻辑电路要进行简化设计。

5.3.2　元器件的选用

1. 选用元器件的一般原则

（1）根据电路性能参数的要求选用元器件。

（2）对使用的元器件品种、规格、型号和生产厂家进行比较，得出优选元器件清单。

（3）采用标准化元件，尽可能压缩品种、规格，提高元器件的复用率。

（4）除特殊情况外，所有元器件均应经过“可靠性”筛选方可使用。

2. 元器件的可靠性筛选

可靠性筛选是从一批元器件中挑选出高可靠的元器件，淘汰掉有潜在缺陷的元器件。老练筛选是可靠性筛选的主要手段，即在规定的时间内对产品施加各种应力条件后进行测试挑选。

3. 电阻器的选用

固定电阻器的主要技术指标有标称阻值、允许偏差、额定功率。通用电阻器可以满足一般要求，其额定功率为 0.05～2W，少数为 5～10W，标称阻值为 1Ω～22MΩ，允许偏差为±5%、±10%、±20%三个等级。精密电阻器械具有较高的精度和稳定性，额定功率不超过 2W，标称阻值为 0.01Ω～ 20MΩ，允许偏差范围为±2%～±0.001%。

4. 电位器的选用

电位器是一种阻值连续可调的元件，在选用时应特别注意其标称阻值、功率、电位器的行程、输出函数特性等。常用电位器的额定功率为 0.025～100W。

标称阻值：碳膜式为 470Ω～4.7MΩ，线绕式为 4.7Ω～20kΩ。

精度：碳膜式为±20%、±10%、±5%；线绕式为±10%、±5%、±2%、±1%。

环境温度为－55～125℃。

电位器用于电阻和电位调节，在实际选用时应注意各类电位器的特点。

5. 电容器的选用

电容器在电子设备中广泛用于隔直流、耦合、旁路、滤波、谐振回路调谐、能量转换、控制

电路中的时延环节等方面。在选用时必须注意电容器的容量、绝缘电阻、损耗、击穿电压、固有电感、比率特性、使用温度等因素。

6. 半导体器件的选用

半导体器件是电路中的核心器件,它对电路的性能指标影响最大。在半导体器件选型时,一般原则是:在满足整机总技术指标的前提下,尽量选用硅半导体器件,不选用锗半导体器件;在满足单元电路性能的的条件下,尽量选用集成电路,不选用分立元器件;在满足电路功能的条件下,尽量选用数字电路(优先选取大规模、中规模,再选小规模),不选用模拟电路,以利于促进整机向着体积小、重量轻、集成化、数字化、高稳定、高可靠方向发展。

7. 集成电路的选用

同选用半导体器件一样,选集成电路时也要了解集成电路的最大值范围,实际使用时不得超过所规定的范围。

5.3.3 降额设计

降额就是使元器件在低于其额定值的应力条件下工作。合理的降额可以大幅度地降低元器件的失效率。降额设计已成为电子设备可靠性保障设计的最有效方法之一。

降额设计可分为 1,2,3 级。1 级考虑元器件在低于其额定值的应力条件 50%下工作,2 级考虑元器件在低于其额定值的应力条件 70%下工作,3 级考虑元器件在低于其额定值的应力条件 90%下工作。

5.3.4 机械防振设计

电子设备在生产过程中要被移动或搬动,出厂时要用车、船等运输工具进行运输,有的电子设备就安装在运动的物体或车、船、飞机上。这样,每一个电子设备,无论在生产、运输还是在使用过程中都不可避免地会遇到各种不同频率范围、不同强度的振动。有时强烈的振动不一定会造成设备的损坏,而不太强烈的振动反倒会使设备中元件断脱、参数漂移,产生这种现象的原因是设备中出现了机械共振。解决机械共振问题除机械设计师考虑之外,电路设计师及设备整机设计师也必须考虑电路中元件的布局、安装方式等问题。

防振设计包含防冲击和防正弦振动两方面。从本质上讲,前者是从时间域分析振动问题,后者是从频率域分析振动问题。从时间域观察到的振动通过傅里叶分析就可分解成无数个正弦振动,因此,两种设计在本质上是一样的。

5.3.5 气候环境三防设计

三防设计是防潮、防盐雾、防霉菌设计。在我国南方和沿海地区使用的,尤其是在户外工作的电子设备必须有三防设计才能保证设备的正常工作。

1. 防潮设计

防潮设计的基本方法是对材料表面进行防潮处理,涂敷各种防护涂料(如防潮漆等),对元器件乃至整机进行密封,内放干燥剂、灌封,高分子填充封堵剂等。

2. 防盐雾设计

防盐雾设计的基本方法是采用密封结构,选用耐盐雾材料(用不锈钢或塑料代替金属),元件部件采取相应的防护措施,涂敷有机涂层,不同金属间接触要防接触腐蚀。

3. 防霉菌设计

克服霉菌危害的主要措施有：

(1) 将设备严格密封，并使其内部空气保持干燥(相对湿度低于 65%)、清洁。

(2) 设备表面涂防霉剂或防护漆。

(3) 利用紫外线照射防霉并消灭已生长的霉菌。

(4) 在密封设备中充以高浓度臭氧消灭霉菌。

(5) 选用耐霉性好的材料。

5.3.6　电磁兼容设计

凡是有电位差的地方就会存在电场，凡是有电流的地方就会产生磁场，当此电位差和电流交变时，就会产生交变的电磁场。因此，任何一个电子设备都将在其周围产生一定的电磁辐射。自然界一些现象，如雷电、地磁变化、宇宙射线等也都会形成电磁波干扰，任何一个电子设备都处于电磁干扰环境中，同时它本身又扮演着一个干扰源的角色。

电磁兼容性有两方面含义：一是指电子系统与周围其他电子系统之间相互兼容的能力，二是指电子系统在自然界的电磁环境中按照设计要求正常工作的能力。要求一个电子设备能不受其他电磁干扰的影响而正常工作，它本身也要避免产生有害的电磁辐射去干扰其他电子设备。

1. 屏蔽设计

屏蔽设计就是要克服经过“场”耦合引入的干扰，包括静电屏蔽(高、低频段均用)、磁屏蔽(主要用于低频段)、电磁屏蔽(主要用于高频段)。

2. 接地设计

电子设备的接地包括设备与大地的连接，设备之间及设备内部参考零电位的连接。电子设备接地可以防止设备上电荷积累而危害人身安全或引起火花放电；可以提供信号零参考电位：可以构成信号通路；可以为屏蔽导体提供低阻通路，抑制干扰。

接地设计的一般原则是：尽可能使接地电路各自形成回路，减小电路与地线网之间的电流耦合：恰当布置地线，使地电流局限在尽可能小的范围；根据地线电流的大小和信号频率的高低，选择相应地线和接地方式。

3. 干扰源的抑制

消除干扰最有效的措施莫过于在干扰的发源地将其抑制掉。抑制的基本方法就是在干扰的发源处将其滤波、旁路、屏蔽和隔离。

5.3.7　电气互连设计

电子设备中的各种元器件、各类零部件经过组装、电气互连才能构成具有特定功能的整机，电气互连的质量好坏，直接影响产品的可靠性。

电子系统中电气组装互连可分为两类：固定式互连和活动式互连。固定式互连常见的有钎焊(手工锡焊、波峰焊)、熔焊、浸焊、红外再流焊、绕接、压接和胶粘以及超声波、激光、电子等特种焊接。活动式互连主要是利用各类接插件来实现。

1. 锡焊互连

锡焊是将几个工件进行加热，同时使焊料充分熔化润湿，生成合金层，将工件连接在一

起,待冷却凝固后成为一体,保证电气上的良好结合。

2. 导线互连

一台整机常由成百上千个电子元件构成。这些元件并不是分散地装入机体,而是先装成若干大的组件(如变压器组件、小电子组件等),然后分别焊上线把,再将若干带线把的组件装入机体,进行最后连焊,再装上机体外壳,这样就完成了一台整机。

3. 接插件互连

接插件式连接器主要有三类:印制电路板连接器、电缆连接器和特种连接器。

4. 绕接互连

绕接是于 20 世纪 60 年代开始研究的、国际上广为应用的一种新的技术,它不用锡焊,直接用绕枪将导线绕在接线柱上。绕接的失效率比锡焊连接低 1～2 个数量级。由于内部应力作用,时间越长,结合越紧密,可靠性越高,一般寿命在 40 年以上。

5.3.8 可维修性、可使用性和安全性设计

可维修性、可使用性和安全性设计也称“三性”设计。三性设计应当从研制工作的早期就开始进行,这样可以使设计的可靠度和维修度明显增加而不会使研制成本增加。良好的三性设计还可以减少运转操作成本。不论产品的质量有多高,都必须考虑其维修性,否则就不可能维持高的有效度。设计时必须考虑到容易维修,要把可靠性和维修性当作一个整体来加以考虑。

5.3.9 冗余设计

冗余设计即并联备份设计,当提高可靠性的其他方法已经用尽,或当元件及系统改进的成本高于使用储备设计战术的成本时,才采用冗余技术。

可靠性设计的过程是可靠性增长的过程。可靠性增长是指随着产品的设计、试制、生产各阶段的进展,产品可靠性水平逐步提高的过程。因此,在不同阶段要对产品的可靠性反复预测,发现问题及时进行修改,直到达到要求为止。

可靠性设计要从整体出发,全面权衡,始终贯彻系统工程的观点。

5.4 通信设备硬件可靠性设计要点

电子通信产品的硬件可靠性设计涉及很多方面,要全面开展起来有一定困难。但是,如果在设计阶段不采取必要的措施,开发出的产品可靠性合格的概率是很低的,这就是所谓的“预则立,不预则废”。所以,产品的项目负责人及所有研发人员从工作一开始就应该强化可靠性意识,力所能及贯彻可靠性设计的思想和方法,尽可能提高产品的可靠性。

5.4.1 产品的可靠性需求分析

产品的可靠性需求分析分为定量和定性两方面。单板及系统的平均故障间隔时间(或平均致命故障间隔时间)、可用度、环境条件、温升控制、电磁兼容指标等可以定量地给予明确规定。保障性、维修性、可生产性、不允许发生事件等方面要定量规定有些困难,但是也应该做一些定性的规划。对各种潜在的约束条件可能导致产品发生的故障进行约束。实践中

经常发生这样的情况：测试规程、测试用例的设计不能覆盖产品的方方面面，待产品量产或投入市场运行后故障百出却悔恨当初规划或测试不到位。

5.4.2　降额设计

就是要使元器件在设备中实际使用时可能承受的应力小于其额定应力。不同的元器件所要考虑的应力因素是不一样的，可能是电压、电流、温度、频率、振动等。对电容的耐压及频率特性，电阻的功率，电感的电流及频率特性，二极管、三极管、可控硅、运放、驱动器、门电路等器件的结电流、结温或扇出系数，电源的开关和主供电源线缆的耐电压/电流和耐温性能，信号线缆的频率特性还有散热器、接插件、模块电源等器件的使用要求进行降额设计。5.3.3 节已提到，根据降额幅度的大小可分为一级降额(＜50％)、二级降额(＜70％)、三级降额(＜90％)。三级降额的成本最低。

5.4.3　热设计

确定产品的运行环境温度指标，确定设备内部及关键元器件的温升限值。一般来说，元器件工作时的温度上升与环境温度没有关系，而民用级别的元器件的允许工作温度大多为 70～85℃，为了保证在极限最高环境温度(50℃左右)下元器件的工作温度还在其允许温度范围内并有相当的冗余度，设备内部及元器件的温升设计指标定在 15℃左右比较合适。在硬件单板设计时，首先应该明确区分易发热器件和温度敏感器件(即随着温度的变化器件容易发生特性漂移、变形、流液、老化等)，布 PCB 板时要对易发热器件采取散热措施，温度敏感器件要与易发热器件和散热器隔开合适的距离，必要时要从系统的角度考虑采取补偿措施。系统或子系统通过自然散热(通风、对流等)措施不能保证设备内部及关键元器件温升限值指标得到保证时，需要采取强迫制冷措施。注意，对整机系统，强迫制冷措施要尽可能在高发热部位附近实施，要尽量避免使用把热空气送到本来发热不大的部位的散热路线。

整机散热的热通风孔、通风槽，要使用一些易散热材料，这会与电磁屏蔽设计存在一些矛盾，所以，在进行整机散热设计时一定要处理好与电磁兼容设计之间的关系。也就是说，什么位置开通风孔/通风槽，如何确定孔的面积/数量、槽的材料，如何处理缝隙等都需要仔细推敲。目前在电信中心使用的通信设备在电磁兼容方面的要求等同于通用标准 CISPR22 中规定的 CLASS A 的要求，现在的大多数 PCB 板都采用多层布线方式，在 PCB 一级电磁辐射水平大大降低而抗辐射能力又大大提高，从而使整机的电磁屏蔽设计的难度降低。

散热设计究竟怎样才算合适？

可以通过一些仿真工具进行初步设计(美国 Ansys 公司的热分析仿真软件和 FLOTHERM 软件得到了普遍使用)，先提出一个方案，然后，通过“设计—仿真—修改设计—再仿真—测试验证—设计修正—再测试”的工程方法来实现。不同设备，其运行的环境温度极限值指标也不尽相同。对于大多数用于电信中心的通信设备来说，可以参照交换机的总技术规范书。为了充分保证产品整机系统的可靠性，一般来说，要求系统在规定的运行高温条件下至少连续 72h 运行功能正常实现且性能指标没有任何程度的下降，在规定的运行低温条件下至少连续 72h 运行不会引起性能指标的下降。

5.4.4 电磁兼容性设计

电磁兼容性(Electro Magnetic Compatibility,EMC)是指设备内部组件之间以及设备与设备之间有相互连接关系的信号的电气特性,如信号的电平阈值误差、信号脉冲的宽度、信号脉冲的上升沿和下降沿的陡度及过冲与下冲、信号的延时和抖动、模拟信号的失真度、光收发器件的发送功率和接收灵敏度及误码率、无线发射信号的功率及无线接收设备的接收灵敏度等,在一定的误差范围内能够"互相容忍",保证功能的正常实现。建议在以下几方面给予关注。

(1) 各功能单板对电源的电压波动范围、纹波、噪声、负载调整率等方面的要求予以明确,二次电源经传输到达功能单板时要满足上述要求。

(2) 选用专用器件时要检查其电气性能指标是否符合相关标准的要求。

(3) 高速、高频电路,信号之间的串扰问题。

(4) 在研发阶段的调试、电源拉偏实验、高低温实验中,要注意检查信号经传输后到达"对方"该信号的接收端时是否符合"对方"设备对输入信号的各方面电气指标要求,即信号经过传输后电气性能发生的变化是否在"对方"设备接收信号的容差范围内,以排除影响电气性能长期稳定性的不良因素。

(5) 有条件时进行时钟位偏、抖动注入等实验,验证设备的容差能力。

在过去,由于对可靠性的重视度不够,调试中常会忽略上述要点,只观察功能而不去检查信号的质量,对信号已经发生偏差甚至到了"边缘"状态并不清楚,所以也不可能采取相应的纠偏措施。等设备投入量产、运行后,经常碰到不明原因的故障,只能通过反复换板来解决,而换板以后时间一长老毛病就又犯了,不能从根本上解决问题。因此对可靠性设计必须从行政、技术、管理、监督方方面面加以重视。

对电工、电子产品来说,电磁兼容包括整机系统与外部环境之间的兼容和设备内部部件与部件、分系统与分系统之间的兼容。电磁兼容的问题要在开发工作的前期就给予高度重视,这是因为电磁兼容问题首先是质量问题。国外早就发现,进入数字化时代之后,很多电子设备经常发生让人摸不着头脑的质量问题,就是因为数字化电子设备更容易受各种电磁干扰(尤其是静电放电、电脉冲群、雷电感应等各种脉冲干扰)的影响。

经验表明,设备的故障率及单板返修率居高不下的主要原因是产品电磁兼容性设计不充分。电工电子产品、信息技术设备的电磁兼容(及电安全性)都有具体的标准或通用标准,在国内市场(尤其军用设备)已经对这一问题越来越重视,工业和信息化部早在 1997 年就计划对电信产品(包括已经在网上运行的设备)实施电磁兼容强检强测制度,只是由于测试条件一直不成熟而未能执行。2001 年工业和信息化部通信计量中心的电磁兼容质量监督检验中心建成并投入使用,国标《电信网络设备的电磁兼容性要求》已经由通信计量中心、中兴、华为三家起草完成。

在国际贸易中,电磁兼容几乎已成为发达国家对其他技术相对落后的国家设立的技术壁垒。随着欧盟的 89/336 EEC 指令于 1996 年 1 月 1 日生效,美国、日本、澳大利亚等国家和地区的政府都颁布了相应的指令,严禁电磁兼容性不符合它们标准的产品进入这些国家和地区的市场或在其范围内生产,所以说,电磁兼容性(及安全性)合格标志是出口产品的"护照"。