 T/CECS XXX—20XX

**中国工程建设标准化协会标准**

**医疗建筑韧性设计导则**

**Standard for design of assembled hospital**

（初稿）

主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年XX月XX日

202x年 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2022]40号）的要求，编制组在广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要内容包括：总则、术语和符号、韧性需求确定、风险识别、设计策略遴选、成本效益评估、与社区及城市协同。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑设计专业委员会归口管理，由中国建筑标准设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请将意见和资料寄送中国建筑标准设计研究院有限公司（地址：北京市海淀区首体南路9号主语国际2号楼，邮政编码：100048）。

本标准主编单位：中国建筑标准设计研究院有限公司

本标准参编单位：

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

**目 次**

[**1 总则 5**](#_Toc154255597)

[**2 术语 6**](#_Toc154255598)

[**3 韧性需求确定** 8](#_Toc154255599)

[**4 风险识别** 9](#_Toc154255600)

[**4.1 一般要求** 9](#_Toc154255601)

[**4.2 气候变化风险识别** 9](#_Toc154255602)

[**4.3 地震风险识别** 10](#_Toc154255603)

[**4.4 突发社会事件风险识别** 11](#_Toc154255604)

[**4.5 设计参数获取** 12](#_Toc154255605)

[**5 设计策略遴选** 14](#_Toc154255606)

[**5.1 一般原则** 14](#_Toc154255607)

[**5.2 安全耐久** 14](#_Toc154255608)

[**5.3 应急冗余** 18](#_Toc154255609)

[**5.4 弹性可变** 22](#_Toc154255610)

[**5.5 品质绿色** 25](#_Toc154255611)

[**6 成本效益评估** 29](#_Toc154255612)

[**6.1 基本原则** 29](#_Toc154255613)

[**6.2 评估方法** 29](#_Toc154255614)

[**6.3 评估流程** 30](#_Toc154255615)

[**6.4 决策** 31](#_Toc154255616)

[**7 与社区及城市协同** 32](#_Toc154255617)

[**本标准用词说明** 33](#_Toc154255618)

[**引用标准名录** 34](#_Toc154255619)

[**条文说明** 35](#_Toc154255620)

**Contents**

[1 General provisions](#_Toc63606628) 5

[2 Terms](#_Toc63606629) 6

[3 Determination of resilience needs](#_Toc63606630) 8

[4 Risk recognition](#_Toc63606634) 9

[4.1 General requirments](#_Toc63606635) 9

[4.2 Climate change risk identification](#_Toc63606636) 9

[4.3 Earthquake risk identification](#_Toc63606637) 10

[4.4 Risk identification of emergencies in social events](#_Toc63606637) 11

[4.5 Design parameter acquisition](#_Toc63606637) 12

[5 Selection of design strategies](#_Toc63606639) 14

[5.1 General requirments](#_Toc63606640) 14

[5.2 Safety and durability](#_Toc63606641) 14

[5.3 Contingency redundancy](#_Toc63606642) 18

[5.4 Flexible and variable](#_Toc63606642) 22

[5.5 Green quality](#_Toc63606642) 25

[6 Cost-benefit assessment](#_Toc63606643) 29

[6.1 General requirments](#_Toc63606644) 29

[6.2 Evaluation methods](#_Toc63606645) 29

[6.3 Assessment process](#_Toc63606646) 30

[6.4 Decision](#_Toc63606647) 31

[7 I Collaborate with communities and cities](#_Toc63606649) 32

[Explanation of wording in this standard](#_Toc63606654) 33

[List of quoted standards](#_Toc63606655) 34

Addition: Explanation of provisions………………………………………………………...35

# 1 总则

**1.0.1** 为促进韧性医院建设，规范韧性医院建筑设计，提高医院建筑的韧性能力，促进医院建设高质量发展，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于有韧性要求的新建、改建和扩建的医院建筑设计。

**1.0.3**  韧性医院建筑设计通过综合考虑气候、地震、突发事件等多种风险因素，采取多层次的设计策略，使医院在面对压力或干扰时，能够保持或恢复基本功能，实现可持续发展。

**1.0.4**根据医疗建筑的不同类别和等级，制定相应的韧性需求，确定其能够承担的最大风险范围，与社区和城市防灾体系紧密协同，共同应对风险和挑战。

**1.0.5** 韧性医院建筑设计除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术语

**2.0.1**韧性Resilience

面对危险时，能够及时有效地抵御、吸收、适应危险影响并从中恢复的能力，包括对其基本结构和功能的保护与恢复。

**2.0.2**应急Emergency

从风险识别到灾害完全恢复的全过程。

**2.0.3**安全功能Security Function

医疗建筑在设定灾害作用下保障人员生命安全的性能。

**2.0.4**基本功能Fundamental Function

满足医疗建筑使用要求、维持其正常运行所必需的建筑性能，包括：建筑空间正常使用，结构安全和设备正常运转。

**2.0.5**综合功能Comprehensive Functions

医疗建筑在设定灾害作用下，维持其基本功能，并保持外观和内部装饰、装修完好。

**2.0.6**扩展功能Extended Function

医疗建筑通过建筑内部的功能更新实现空间扩容，通过外部场地、建筑扩展新的空间实现功能增值。

**2.0.7** 韧性需求Required Resilience

医疗建筑在面对各类风险时所希望具备的韧性水平。

**2.0.8** 突发社会事件Emergency

是指突然发生，造成或者可能造成严重社会危害，需要采取应急处置措施予以应对的自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件。

**2.0.9** 风险识别 Risk identification

发现和描述风险的过程。

**2.0.10**气候变化风险Climate change risk

潜在的负面气候变化影响，反映脆弱性、气候变化暴露和危害之间的相互作用。

**2.0.11** 耐久性Durability

在设计确定的环境作用和维修、使用条件下，结构、装饰、管线等在设计使用年限内保持其适用性和安全性的能力。

**2.0.12**建筑非结构构件architectural non-structural components

建筑中除承重骨架体系以外的固定构件和部件，主要包括非承重墙体，附着于楼屋面结构的构件、装饰构件和部件、固定于楼面的大型储物柜等。

**2.0.13**建筑附属机电设备architectural attached mechanical and electrical equipment

为建筑使用功能服务的附属机械、电气构件、部件和系统，主要包括电梯、照明和应急电源、通信设备，管道系统，采暖和空气调节系统，烟火监测和消防系统，公用天线等。

**2.0.14** 冗余 Redundancy

是指为了提升[系统](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B3%BB%E7%B5%B1)的[可靠度](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%AF%E9%9D%A0%E5%BA%A6)，增加或配置部品部件、荷载、容量等，用来对原本的部分进行备份，以达到增强其安全性的目的。

**2.0.15**软性空间 Soft space

指改变其原有功能即可进行新的利用的空间。

**3 韧性需求确定**

**3.0.1**城市应开展医疗卫生系统韧性规划，综合考虑各层级的功能卫生机构（包括综合医院、专科医院、基层卫生院等）的韧性布局，确定不同医院在韧性城市建设中的功能定位。

**3.0.2**科学分析城市、社区灾害风险影响以及医院在城市韧性系统中的功能定位，确定其能够承担气候、地震、突发事件等多种因素的最大风险范围，合理确定医疗建筑的选址布局、功能设置、防灾防疫标准及弹性预留目标。

**3.0.3**韧性医院应具有较好的安全功能，在紧急情况下基本功能不中断或能快速恢复，并能较快恢复综合功能和实施扩展功能。

**3.0.4**医疗建筑应结合防灾防疫需求及所在医院空间特征，合理制定灾后疫后恢复基本功能及实施扩展功能的措施，并完善应急预案。

**1**建立健全的信息和通信系统，确保医疗建筑能够在紧急情况下与城市运营中心、其他医疗机构等保持有效的通信；

**2**确定医疗建筑在不同类型灾害中的应急响应流程，包括人员调度、资源调配、患者安置等；

**3**确定医疗建筑的能源和供水系统在灾害和紧急情况下的韧性要求，包括备用电源、水源储备等；

**4**确保医疗建筑具备足够的医疗设备和药品储备，以满足应急需求。

**3.0.5**医院应定期进行应急演练，培训医务人员和员工熟悉应急流程和操作，提高应对紧急情况的能力。

**3.0.6**韧性医院应与社区和城市防灾体系紧密协同，共同应对风险和挑战。

**4 风险识别**

**4.1 一般要求**

**4.1.1** 风险识别的目的是明确医疗建筑所面临的事件类型及其可能带来的不利影响，以便采取针对性的策略及措施确保医疗建筑的设施、服务和功能持续运作，从而达到其韧性目标。

**4.1.2** 风险识别应包括以下内容：

1 项目所在地可能发生的风险类型；

2 事件发生的频率和强度；

3 影响分析；

4 潜在的损失。

**4.1.3** 风险识别可从气候变化、地震、突发社会事件三个方面分别进行。

**4.2 气候变化风险识别**

**4.2.1** 气候变化风险类型可分为突发和长期两类，表4.2.1给出了主要的气候风险类型。

**表4.2.1主要气候风险类型**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **气候影响类型** | **突发** | **长期** |
| 温度 | 极端高温、极寒、霜冻 | —— |
| 干湿变化 | 江河洪水、强降雨、山洪、滑坡、山火 | 地下水位变化、干旱 |
| 风 | 强风暴、龙卷风、沙尘暴 | —— |
| 冰雪 | 强降雪和冰暴，冰雹 | 永久冻土 |
| 海岸 | 海岸洪水 | 海岸侵蚀、海平面上升 |
| 其它 | 空气污染 | —— |

**4.2.2** 识别医疗建筑的气候变化风险，需根据项目预期服务寿命、所在地区的历史气象数据、历史灾害发生类别、以及未来气候变化趋势预测等多方面因素，综合判定风险类别。

**4.2.3** 各类气候变化风险对医疗建筑的影响可分为直接影响及间接影响，表4.2.3给出了典型气候风险对医疗建筑的影响。

**表4.2.3典型气候风险对医疗建筑的影响**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **风险类型** | **直接影响** | **间接影响** |
| 极端高温/极寒 | 室内环境不能达到医患要求  电力、空调、供水等设施易出现故障影响正常医疗活动  城市电力供应不足或中断影响医疗服务  外部设施老化加速 | 高温或极寒期间患者激增造成医疗资源紧张 |
| 强降雨/山洪/滑坡/海岸洪水 | 被淹导致正常及应急医疗服务中断  手术/重症患者风险  贵重设备及重要信息损失  城市电力供应中断  物资运输通道中断  灾后恢复期长、恢复成本高 | 影响城市应急医疗保障  城市或社区整体医疗服务水平下降  医疗机构停业造成经济损失 |
| 强风/龙卷风 | 外围护结构及设施破坏影响正常医疗服务  城市电力供应中断 | 伤患激增造成医疗资源紧张 |
| 强降雪/冰雹 | 雪荷载过大破坏结构或外部设施  城市电力供应中断  物资运输通道中断 | 伤患激增造成医疗资源紧张 |
| 地下水位变化 | 影响地基基础形成沉降或浮起 | —— |
| 海平面上升/海岸侵蚀 | 侵蚀基础及外围护，影响服务寿命  淹没风险增加直至失去使用价值 | —— |
| 空气污染/沙尘暴 | 室内空气质量影响医患健康  通风空调设施易出现故障影响正常医疗活动 | 呼吸系统疾病患者增加造成医疗资源紧张 |

**4.2.4** 识别气候变化风险对医疗建筑的影响，可基于项目设计场景，结合项目功能定位及韧性需求水平，从建筑安全、使用功能、业务连续性等方面展开，并量化评估潜在的社会经济损失。

**4.3 地震风险识别**

**4.3.1** 医疗建筑的地震风险是指医疗建筑在地震事件中受到破坏或功能受限的可能性和严重程度。

**4.3.2** 地震对医疗建筑的影响可分为直接影响及间接影响，表4.3.2给出了地震风险对医疗建筑的影响。

**表4.3.2地震风险对医疗建筑的影响**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **风险类型** | **直接影响** | **间接影响** |
| 地震 | 建筑结构及设施被破坏影响正常及应急医疗服务  建筑非结构构件和设备被破坏影响正常及应急医疗服务  城市交通/供电/供水中断影响正常及应急医疗服务 | 期间患者激增造成医疗资源紧张 |

**4.3.3** 识别地震风险对医疗建筑的影响，可基于易损性分析或时程分析，结合项目功能定位及韧性需求水平，从人员伤亡评估、直接经济损失评估、修复时间以及使用功能下降等方面展开，并定性或量化评估间接影响。

**4.4 突发社会事件风险识别**

**4.4.1** 突发社会事件是指突然发生的、造成严重社会危害的事件，突发社会事件可分为以下几类：

1 公共卫生事件：指突然发生、造成公众健康严重危害的疫情、传染病等事件。2 事故灾害：指由于各类生产事故、交通运输事故、公共设施设备事故等突然发生、造成严重社会危害的事故或灾害。

3 暴力恐怖事件：指突然发生的、造成社会秩序严重破坏的暴力事件、恐怖袭击等。

**4.4.2** 各类突发社会事件对医疗建筑的影响可分为直接影响及间接影响，表4.4.2给出了典型风险的对医疗建筑的影响。

**表4.4.2典型突发社会事件风险对医疗建筑的影响**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **风险类型** | **直接影响** | **间接影响** |
| 公共卫生事件 | 患者间交叉感染扩大传播面积  医护人员感染造成医疗资源不足  封闭及全面消毒致使医疗服务中断 | 期间患者激增造成医疗资源紧张  癌症及重症患者死亡率升高  患者不敢就医延误病情 |
| 事故灾害/暴力恐怖事件 | 建筑结构及设施被破坏影响正常医疗服务  城市交通/供电/供水中断影响正常医疗服务 | 期间患者激增造成医疗资源紧张 |

**4.5 设计参数获取**

**4.5.1** 韧性设计的设计参数主要包括气候变化设计参数、地震设计参数，以及应对突发事件所需的设计参数。

**4.5.2** 气候变化设计参数指基于气候变化预测，并能够应用于工程设计的设计参数。表4.5.2给出了典型风险类型所对应的气候变化设计参数。

**表4.5.2典型风险类型对应的气候变化设计参数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **气候风险** | **气候变化设计参数** | **涉及的建筑系统** |
| 极端高温 | 夏季空调室外设计干球温度(℃)  夏季空调室外设计湿球温度(℃)  室外设计夏季空调日平均温度(℃)  夏季通风室外设计温度(℃) | 建筑形体  通风空调系统  外围护系统 |
| 极寒 | 冬季供暖室外计算温度(℃)  冬季空调室外计算温度(℃)  冬季通风室外计算温度(℃)  冬季空调室外计算相对湿度(%) | 建筑形体  供暖系统  外围护系统 |
| 强降雨/山洪/滑坡/海岸洪水 | 设计洪水位(m)  降雨强度(mm/h) | 选址及规划  雨水排水系统 |
| 强风/龙卷风 | 风速(km/h)  风压(kPa) | 结构系统  外围护系统  外部设施 |
| 强降雪/冰雹 | 降雪量(mm)  积雪深度(mm) | 结构系统  外围护系统  外部设施 |
| 地下水位变化 | 地下水位(m) | 结构系统  室外管网系统 |
| 海平面上升/海岸侵蚀 | 设计海水位(m) | 选址及规划  结构系统  外围护系统  外部设施 |
| 空气污染/沙尘暴 | 可吸入颗粒物(PM10)(μg/m3)  总悬浮颗粒物(TSP) (μg/m3)  PM2.5室外计算日浓度(μg/m3) | 通风空调系统 |

**4.5.3** 获取气候变化设计参数需考虑以下内容：

**1** 需考虑不同的全球升温场景，并获得项目预期服务寿命期内可能经历的所有升温场景所对应的气候变化设计参数；

**2** 需获得项目所在地点所有气候风险相关的气候变化设计参数。

**4.5.4** 确定医疗建筑地震设计参数需考虑以下内容：

**1**根据《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223-2008确定其抗震设防分类；

**2**根据《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010确定抗震设防烈度、设计基本地震加速度值和所属的设计地震分组；

**3** 医疗建筑正常使用功能指标要求应根据医院实际情况确定，在缺少资料的情况下，可根据RISN-TG046-2023基于保持建筑正常使用功能的抗震技术导则确定。

**4.5.5** 确定医疗建筑应对突发事件的设计参数需考虑突发事件的类型，冲击的程度，以及医疗建筑的韧性需求。

**5 设计策略遴选**

**5.1 一般原则**

**5.1.1**应遵循医疗服务优先的原则，无论在任何紧急情况下，医疗服务的持续性与质量均是韧性医院设计的首要考虑。

**5.1.2**在韧性医院建筑设计中需综合考虑气候、地震、突发事件等多种风险因素，针对所在区域高频灾害类型，适当提高建筑性能，并需考虑建设标准的经济性与有效性的平衡。

**5.1.3** 应根据功能分区采取不同的韧性设计策略，宜将一栋楼或一个区域与其他医疗区域相对独立，设置独立通道及设备，便于分区管理。

**5.1.4** 应结合安全耐久、应急冗余、弹性可变及品质绿色等多种设计策略，实现医院建筑的多维度、多途径、多层次的韧性设计。

**5.2 安全耐久**

**5.2.1**韧性医院的选址与规划布局，应符合当地城镇规划、区域卫生规划、综合防灾减灾规划和环保评估的要求，并应符合下列要求：

**1** 工程地质和水文地质条件较好，远离地震断裂带；应避开对建筑物有潜在威胁或直接危害的地质危险区域；对抗震不利地段应提出避开要求，当无法避开时应采取有效的预防措施；

**2** 宜位于区域地势较高地段，地形宜力求规整，适宜医院功能布局；

**3** 应远离易燃、易爆物品的生产和贮存区、高压线路及其设施，不宜紧邻噪声源、震动源和电磁场等区域，应远离污染源；

**4**应考虑项目基地及周边区域内电力、通讯、给排水等遭受破坏对医院造成影响，并便于外界对医院进行紧急支援。

**5.2.2**场地设计应满足以下要求：

**1**场地设计标高不应低于城市的设计防洪、防涝水位标高；沿江、河、湖、海岸或受洪水、潮水泛滥威胁的地区，除设有可靠防洪堤、坝的城市、街区外，场地设计标高不应低于设计洪水位0.5m，否则应采取相应的防洪措施；有内涝威胁的用地应采取可靠的防、排内涝水措施，否则其场地设计标高不应低于内涝水位0.5m。

**2**场地设计标高宜比周边城市市政道路的最低路段标高高0.2m以上；当市政道路标高高于基地标高时，应有防止客水进入基地的措施。

**3** 地下室、半地下室的出入口（坡道）、窗井、风井，下沉庭院（下沉式广场）、地下管道（沟）、地下坑井等应采取必要的截水、挡水及排水等防止涌水、倒灌的措施，并应满足内涝防治要求；

**4** 建筑物周围宜选择具有低可燃性的植物。

**5.2.3**根据韧性医院需求定义，可适当提升建筑耐久性年限，并符合以下规定：

**1**可适当提高主体结构的耐久性年限，提倡通过少量投入而获得耐久性的有效提高；

**2** 在正确使用和正常维护的条件下，外保温工程的使用年限不应少于25年；

**3** 工程防水设计年限宜提高，与结构、外保温使用年限相协调；

**4**应结合建筑定位、项目造价等因素进行综合评估，设备选型时适当提高设备的使用年限，设备、管件接口的位置应便于安装、检修与维护等。

**5.2.4**建筑的形体应满足以下要求：

**1** 建筑布局应根据地域气候特征，防止和抵御寒冷、暑热、疾风、暴雨、积雪和沙尘等灾害侵袭，并应利用自然气流组织好通风，防止不良小气候产生。

**2** 应根据地域气候特征，对可能出现极端高温和低温天气的地区，宜进一步优化建筑形体；

**3**应优先采用规则的、利于抗震的规则形体；不规则的结构应按规定采取加强措施；特别不规则的结构应进行专业研究和论证，采取特别的加强措施；不应采用严重不规则的建筑方案；

**4**在风荷载较大的地区，建筑的形体应考虑其不利影响。强风多发或抗震设防烈度为7度及以上地区的瓦屋面，应采取防止瓦材滑落、风揭的措施；

**5.2.5**宜将重要的机电设备、贵重医疗设备或不可受灾害影响的重要医疗功能布置在建筑较高位置，应确保其在洪水或风暴潮等灾害来临时仍能保持正常运行，安全可靠，并应符合以下要求：

**1**手术部不宜设在首层；

**2** 在结构荷载满足的前提下贵重医疗设备宜设置在首层及以上，不宜设置在最底层；

**3** 设置储水或增压设施的水箱间、给水泵房、医院污水处理设施可设置在建筑物的地下层，不宜设置在最底层，并应考虑防淹没、防倒灌的措施；城镇易内涝区域在市政供水压力允许的条件下，应将供水设施设置在不被水淹的地上高处；

**4** 变配电机房、氧气站房等重要保障系统应合理选址布局，避免暴雨、洪水、台风等灾害的不利影响；变电所可设置在建筑物的地下层，但不宜设置在最底层，变电所设置在建筑物地下层时，应根据环境要求降低湿度及增设机械通风等；当地下只有一层时，尚应采取预防洪水、消防水或积水从其他渠道浸泡变电所的措施；备用发电机和燃料应放置在未来洪水建设水平以上。

**5** 信息机房宜设置在首层及以上各层，并宜考虑设置灾备机房；

**6** 设置在屋面的排风机组应选用室外型机组，机组的电机防护等级、机组和控制柜均要满足室外防雨的相关要求；

**7** 冬季无冷凝水期间应采取措施防止污染物通过冷凝水管交叉感染。

**5.2.6** 根据韧性医院需求定义，结构设计应符合以下规定：

**1**地基基础形式宜综合比选后确定，地基基础变形应满足建筑结构安全和正常使用；

**2**结构选型应根据建筑条件、场地情况，选用安全、经济、合理的结构体系；

**3**韧性医院宜采用基于性能的抗震设计方法，并合理提高建筑的抗震性能；

**4**结构的设计雪荷载应计入高低相邻建筑、建筑形状对屋面积雪分布的影响。当外形复杂无法采用相关标准确定雪荷载时，应进行专门研究；

**5** 对风荷载比较敏感的结构，应适当提高风荷载取值；

**6** 建筑物应进行抗浮稳定性验算，抗浮稳定安全系数宜不低于1.1。

**5.2.7**建筑非结构构件和建筑附属机电设备满足以下要求：

**1**建筑非结构构件和建筑附属机电设备，自身及其与结构主体的连接，应满足抗震要求；

**2** 非结构构件应能适应主体结构的变形，在地震发生时减少破坏；

**3** 非结构构件宜选用轻质材料，降低自重，减小地震作用，提高建筑的抗震性能；

**4** 易受台风影响的地区，设计围护结构及其相关构件宜适当提高风荷载取值；

**5** 设于屋面、外墙、室外的设备与管线应安装牢固，并考虑强风时的安全性；

**6** 建筑附属机电设备不应设置在可能致使其功能障碍等二次灾害的部位；设防地震下需要连续工作的附属设备，应设置在建筑结构地震反应较小的部位；

**7** 管道、电缆、通风管和设备的洞口设置，应减少对主要承重结构构件的削弱；洞口边缘应有补强措施。管道和设备与建筑结构的连接，应具有足够的变形能力，以满足相对位移的需要；

**8** 建筑附属机电设备的基座或支架，以及相关连接件和锚固件应具有足够的刚度和强度，应能将设备承受的地震作用全部传递到建筑结构上。建筑结构中，用以固定建筑附属机电设备预埋件、锚固件的部位，应采取加强措施，以承受附属机电设备传给主体结构的地震作用；

**9** 穿越隔震层的给水排水、供暖、空气调节管道应采用柔性连接或其他方式，并应在隔震层两侧设置抗震支架。

**5.2.8**可采取以下措施提高建筑结构和材料的耐久性：

**1**对于混凝土构件，提高钢筋保护层厚度或采用高耐久混凝土；屋面楼板宜采用抗渗混凝土；在沿海腐蚀性强的地区，可优选钢筋混凝土结构或型钢混凝土结构；对于钢结构，采用耐候钢或耐候型防腐涂料；

**2**采用耐久性好的外围护构件、室外饰面材料、防水和密封材料；

**3**室内装修不应影响建筑物结构的安全性，应优先选用质量稳定、耐久性强的工业化部品，满足隔声、防火、防潮等性能要求，减少维护和修复成本；地面、墙面、吊顶以及室内标识等室内材料应采用不燃材料；

**5.2.9**应采取以下构造措施，提高建筑安全和耐久性：

**1**建筑防水工程应满足《建筑与市政工程防水通用规范》GB55030的规定；可采用倒置式保温屋面，将保温层设置在防水层上方，提高防水的使用寿命；（防水）

**2**建筑物屋面、外墙饰面层、装饰构件、门窗等材料及构造应安全可靠，在设计工作年限内应满足功能和性能要求，使用期间应定期维护，防止坠落；

**3**可采取以下措施控制结构裂缝，提高耐久性：合理划分结构单体，减小平面尺寸超长带来的不利影响；增加建筑保温隔热措施；当平面超长、伸缩缝间距比规范限值增大较多时，应考虑温度作用和混凝土收缩对结构的影响，采取有效的构造和施工措施；

**4**手术室或手术部、产房、重症监护室、贵重精密医疗装备用房、储藏间、实验室、胶片室等应采用防火门、防火窗、耐火极限不低于2.00h的防火隔墙和耐火极限不低于1.00h的楼板与其他区域分隔；

**5**各类管线不宜埋设在主体结构内，以便检查、更换和增加新设备时不会伤及结构主体，提高耐久性。

**5.2.10**机电系统采用耐腐蚀、耐久性好、适配性好、易检修、易更换的管材、阀门、附件及设备。

**5.2.11** 为保证建筑的基本韧性，适度延长机电设备的使用寿命，暖通设计应满足以下要求：

**1** 冷水机组应选用环保冷媒，冷水机组的冷凝器建议设置在线清洗装置；

**2** 供暖空调水系统应结合当地水质的情况，合理配置相对完善的水处理措施；

**3** 冷热源、水泵等运行中产生振动的设备，宜采取隔振器或采取其他隔振措施，以延长振动设备的寿命，降低振动对建筑的危害。

**5.2.12**为保证建筑的基本韧性，电气设计应满足以下要求：

**1**尽量减少电力的中断，并确保设施在停电期间能够继续运行，确保设施人员的安全。应通过措施限制对关键电力设施系统和服务的破坏；

**2**供电设计要有保护有效性及选择性设计；

**3**适当位置设置SPD雷电电涌保护器，以保证电气设备免受电涌影响；

**4**采用防水外壳保护电气设备。

**5.3 应急冗余**

**5.3.1**结合医院韧性需求和风险识别情况，为适应气候变化、地震、突发社会事件等风险对医院建筑的变化需求，医院的功能布局、结构体系及机电设备宜采用适当“模块化+分布式”的原则，当部分系统发生故障时不会造成整体系统故障，便于紧急情况与平时状态下的动态调整。应采用适当“冗余扩展” 的原则，应考虑备用电源、通信系统和供水设备，以确保紧急情况下医院能够迅速重新启动，机电系统的冗余量应结合建筑定位、项目造价等因素综合评估后确定。

**5.3.2**为适应突发社会事件等风险对医院建筑的变化需求，场地设计应满足以下要求：

**1** 应充分利用地形地貌，合理组织院区建筑空间，预留应急救治场地，并预留给排水、电力、电信等接口条件；

**2** 应保证急救车出车的顺畅和便捷，并应设有充足的回车场地；

**3**基地内急救车出入口不应少于两处，并应设有环通的双车道。出入口应直接与城市道路连接。

**5.3.3**医疗功能应布局合理，在突发社会事件时，可以紧急情况下进行高效运作：

**1**急诊部自成一区，应单独设置出入口；急诊入口应通畅，宜设置门斗，设有无障碍通道，方便轮椅、平车出入，并设有救护车通道和专用停靠处；

**2**急诊部应能快速便捷到达，方便接收紧急病例；急诊大厅入口部应设预检分诊区，应分区管理，满足急诊患者病情轻重分级要求，便于急诊分级分类管理和疫情防控需要，进行区别救治；

**3**手术室、重症监护室及病房应能顺畅到达，确保医疗服务的快速响应；

**4**急诊科与手术室、重症医学科、DSA等相连接的院内紧急救治绿色通道标识应清楚明显；

**5** 平面布局应设计多条紧急逃生通道，在疏散通道设立明显标识与紧急出口指示牌，以便在火灾或其他紧急情况下人员能够快速疏散。

**5.3.4**在应对气候变化、地震等风险时，建筑应尽量自然通风、采光，避免因设备系统中断而影响基本生存需要，减少对人工照明和通风系统的依赖，实现建筑的自循环。

**1** 宜尽量设计南北朝向、减少东西向的布局；

**2** 最大限度地利用自然采光和通风；

**3** 适当控制体型系数、降低窗墙⽐；

**4** 选择更高效的外围护系统，适当提⾼外墙、屋面、外窗等热工性能；

**5** 选择可手动开启的高性能玻璃，加强自然通风能力，增加外遮阳；

**6**应选择可再生能源、节能设备和技术，降低能耗，减少对传统能源的依赖。

**5.3.5**在地震、突发社会事件等情况下，结构设计可采取以下措施：

1 抗震设计时宜具有多道防线；

2 优选采用减隔震技术提升建筑抗震性能；

3 可为室外场地上规划的应急功能空间预留基础条件。

**5.3.6**在地震、突发社会事件等情况下，医院设计应考虑给水、热水、排水等应急措施：

**1**根据医院的韧性需求来确定备用水源及供水设施的容量，并配备水质监测设施，以确保在市政断水时可以在一定时间内维持医院正常运作；

2 生活热水系统的热源为市政热力时，应考虑在地震、突发社会事件等情况下使用备用热源；

3 污水提升设施及污水处理设施应考虑一定的冗余量，并能在各种突发情况时保证运行。

**5.3.7**在应对气候变化和突发社会事件方面，暖通空调系统应有以下相关措施：

**1** 冷热源机房、通风和空调等设备机房布置时应满足极端天气或者突发事件时设备安装、检修的空间要求；

**2** 根据项目的总体定位，相应采取符合平疫转换要求的通风空调措施；

**3** 结合项目的总体预算，冷热源机组的装机容量建议适当放大，以便应对极端天气的变化；

**4** 通风空调系统应当平疫结合统筹设计，避免平、疫两套系统并存；

**5** “平疫结合”区应设置机械通风系统。机械送风（新风）、排风系统宜按清洁区、半污染区、污染区分区设置独立系统；

**6** 通风、空调风管如兼顾气候变化和突发社会事件时应按照最不利场景的风量来设计布置；

**7** 突发社会事件时，清洁区的新风至少应当经过粗效、中效两级过滤，过滤器的设置应符合现行国家标准《综合医院建筑设计规范》GB 51039的相关规定。半污染区、污染区的送风至少应经过粗效、中效、亚高效三级过滤，排风应经过高效过滤；

**8** 半污染区、污染区空调的冷凝水应分区集中收集，并采用间接排水的方式排入污废水系统统一处理；

**9** 平疫结合的空调通风系统，建议设置备用风机，当一台风机故障时，其余风机能满足系统的风量和风压要求。

**5.3.8**电气设计应考虑应对气候变化、地震等突发状况的措施：

**1** 评估医院的能源需求，包括医疗设备、照明、通风、供暖等。根据需求来确定备用电源的容量，以确保在断电时可以维持医院正常运作；

**2** 配备防止电网中断设置可靠的备用电源，备用电源包括柴油发电机组、光伏发电系统，以确保在电力中断时，医院仍能提供基本功能，如照明、通信和关键设备的运行。若设置柴油发电机组作为备用电源，应考虑储备充足的燃料；

**3**考虑医院在断电情况下需要运行多长时间，根据应急需求确定发电机和蓄电池系统的运行时间；

**4**增加太阳能、风能等现场可再生能源比例，减轻对传统能源的依赖；

**5** 配备便携式应急照明设施。

**5.3.9**应考虑通信系统设计，以确保在气候变化、地震等紧急情况下医院能够迅速重新启动：

**1** 信息接入机房同时一个考虑多个运营商平等接入的条件，红线内室外弱电外线应考虑环形结构，保证多个方向可以联通；

**2** 应设置多种应急通信设备，如卫星电话、无线电设备或对讲机（带有备用电池），当发生地震等灾难时移动、固定通讯中断，可通过以上通信设备与外界联系；

**3** 为通信设备提供充足的备用电源，包括干电池、UPS电池、柴油发电机组等，以确保紧急情况下与外界的联系；

**4** 信息机房宜考虑设置灾备机房，避免破坏造成信息系统数据损失、医疗业务中断。

**5.4 弹性可变**

**5.4.1**医院建筑应结合风险识别情况进行整体规划设计，统筹院内场地空间，实现医疗建筑空间的弹性可变，并应满足下列要求：

**1**宜集中布置建筑功能、集约利用土地资源，为医院功能弹性扩展提供用地条件，利用广场、绿地、下沉庭院等场地空间规划为预留应急功能空间，应对激增的医疗需求；

**2**应急医疗功能用地应设置独立出入口，出入口附近应设置救护车辆及人员洗消场地；空旷平整，宜少高大树木、景观水体，并预留给排水、电力、电信等接口条件，适宜在气候变化带来的自然灾害、地震以及突发社会事件等情况下进行快速搭建应急医疗设施，如设置移动式车载医院、移动式方舱医院、集装箱式应急医院等设施；

**3**规划宜采用“医疗街”等空间组织模式，预留建筑的生长端，为扩展、衔接应急医疗功能预留条件，为医疗建筑可持续发展提供可能；

**4**医疗建筑结合院内用地、基础设施，制定配置相应的应急保障预案，储备应急保障设备及物资。

**5.4.2**医院建筑空间应满足建筑全寿命期的功能灵活性和空间适应性，注重空间的集约与开放，为今后发展、临时性改造和灵活分隔创造条件，并应满足下列要求：

**1** 医院柱网宜标准化，平面布置宜规则，功能分区明确，主要通道简洁清晰；

**2**建筑可适应未来使用用途的改变，并采取预留措施；室内空间及其尺度可适应未来需求的改变，宜采用通用大空间和灵活可变的布局方式；

**3** 设备用房及管井区宜相对集中布置，并宜与楼电梯等相对固定的公用空间结合布置。

**5.4.3**结构体系选型和结构布置为建筑空间的弹性可变创造条件，并应满足下列要求：

**1**在满足抗震抗风要求的基础上，剪力墙和立面支撑优先布置在交通核和建筑功能模块的外围；

**2**结构设计荷载同时满足建筑空间变化前后的活荷载要求；

**3**结构可采用能更换耗能易损构件的技术，提高灾后快速恢复的能力。

**5.4.4**结合医院韧性需求和风险识别情况，适应气候变化、地震、突发社会事件等风险对医院建筑的变化需求，宜选择开放建筑体系，满足弹性可变和维护更新的要求，并应满足下列要求：

**1** 宜采用支撑体（主体结构）和填充体（设备与管线系统、内装系统）相分离的布置方式，结构系统长寿耐久，内装系统及设备管线系统灵活易维护；

**2** 耐久性低的部品应设置于易更换、易维修的位置，维修更换时应避免破坏耐久性高的部品部件产生破坏；

**3** 宜采用装配式新技术、新材料和新设备，并应满足功能更新、便捷维护的需要。

**5.4.5**医院建筑设计应在模数协调的基础上，进行功能空间、部品部件及接口的标准化设计，实现建筑整体可变性及可扩展性，并应满足下列规定：

**1** 宜采用标准化、系列化尺寸，实现部件部品的通用性及互换性；

**2** 病房、诊室、功能检查室等相同属性的医疗空间尺寸与功能布局应进行标准化、模块化设计；模块应相对独立、完整，可进行模块组合和模块替换；门诊科室宜采用模块化设计，不同诊疗单元之间不宜穿越；

**3** 功能空间应具有通用性和灵活性，宜采用集成手术室、集成卫生间、集成医疗家具等模块化部品；

**4** 设备与管线系统应与标准化、模块化的医疗功能单元相协调，模块中的设备配置宜为独立系统；水泵、水箱、空调机组、配电柜、智能化设备等机电部品应优先选用标准化产品，满足通用性及互换性要求；并应考虑应急功能空间的弹性变化要求，预留设备管线安装接口和备用回路；

**5** 部品部件宜便捷更换，部品部件连接应采用标准化接口。

**5.4.6**在有弹性扩展需求或可能增加规模的科室周围区域，进行了“软性空间”规划，并应满足下列规定：

**1** 宜在医疗用房附近设置库房、普通办公室等房间，布局方正、装修简洁，为将来可能的医疗功能预留空间；

**2** 预留部分公共空间作为医疗功能的水平扩建空间；

**3** 宜利用架空层、下沉庭院、屋顶等设置为可迅速转换的应急功能空间，宜具有多灾兼顾的特点；

**4**宜在不同净化等级或感染风险等级的区域预留卫生通过区，供人员及物资进行卫生处置；

**5** 相关科室宜为大型医技设备预留空间及楼面荷载，预留设备运输路径，运输路径楼板宜预留设备运输荷载；

**6** 预留软性空间的接口条件，包括预留结构和机电接口。

**5.4.7**机电设备系统需要考虑潜在的应急变化带来的功能调整要求，应有冗余预留、功能适应性和系统可扩展性，并应满足下列规定：

**1** 给排水系统设计时应考虑未来可能的功能扩展或改变场景，保证在出现这些变化时能够迅速改装到位并满足功能要求。

**2**暖通空调系统冷热源的装机容量按照平时、应急时两种工况进行计算，并取其较大值进行冷热源系统设计，或预留应急时快速扩容冷热源装机容量的可行性；

**3** 空调水系统应按照各功能分区分别设置环路，其中应急使用的功能区域的水系统宜设置独立的环路，并应按平时和应急状态的最大负荷确定水管的管径，保证两种运行工况下均能满足使用要求；

**4** 疫情时需要转换为负压隔离病房和重症监护病房的房间，其新风支路处设电动定风量阀与再冷（热）盘管串联的方式，平时不运行再冷（热）盘管，疫情时运行，满足全新风直流运行时室内舒适度的要求；

**5** 平疫结合区域排风机与送风机应连锁。清洁区应先启动送风机，再启动排风机；半污染区、污染区应先启动排风机，再启动送风机；各区之间风机启动先后顺序应为清洁区、半污染区、污染区；

**6** 在急诊公共区域等应急状态下需要扩容使用的区域，宜预留医用气体等设施；

**7** 电气系统应便于安装检修、更换扩容。设计时应考虑未来可能的功能扩展或改变场景；备用电源可选移动式发电机，选用两种及以上的燃料形式，或采用混合动力系统，即不完全依赖燃料或太阳能；设电动车充电基础设施，在需要的时候能够使用设备与电动车电池共用电池储存的能源，实现能源共享。

**5.4.8**室内空间应有利于功能转换和更新，并应满足下列规定：

**1**在弹性可变区域的内隔墙应选用装配式隔墙，应选用易修复、可更换的墙体及饰面板部件，宜选用集成饰面层的轻质墙体；

**2** 室内装修工程应优先采用装配式内装技术，采用干式工法施工，可方便的维修、更换，减少对正常医疗活动的干扰。

**3**宜选用标准化的家具、使用便捷式设备，以便移动或适应建筑物的不同区域；当利用固定家具作为空间分割的隔断时，固定家具应进行模块化设计，优先采用工厂生产的标准化部品；

**4** 应选用易安装、易更换、可循环使用的部品，易损坏的部位应采用可拆换的部品。

**5** 针对医疗建筑现有空间，应进行应急改造预案设计。

**5.4.9**在应急状态结束后，医院建筑空间应具备还原能力，恢复到平时状态。

**5.5 品质绿色**

**5.5.1**韧性医院应考虑全周期运维管理，确保医院在气候变化、地震、突发社会事件等情况下的长期稳定运行：

**1**为降低地震风险对医院建筑的影响，宜设置地震反应观测系统。重要的医院建筑可建立结构健康监测系统，实时监测结构行为，在突发事件和使用异常时发出预警；

**2** 宜设置室外空气质量、温度、湿度、风级及气象灾害预警的信息监测系统。

**5.5.2**总体布局应符合下列要求：

**1**合理进行功能布局，洁污、医患、人车等流线组织清晰，并应避免在发生突发社会事件时，造成院内感染风险；

**2**建筑基地内的道路系统应顺畅、便捷，保障车辆、行人交通安全，在突发社会事件发生时，应满足消防救援及无障碍通行要求；建筑基地内设置的绿地、停车场（位）或其他构筑物，不应对人员集散造成障碍。院内有清晰的导向系统和指示牌；

**3**为适应气候变化，应减少深色屋面和场地，地面停车场设置遮阳，减少场地热辐射；场地内适当增加种植面积，采用渗透性表面，设置开放式格栅排水，采用透水路面，尽量减少不渗透区域；景观设计选用本地植物和植被，防止水土流失。

**5.5.3**医疗功能应布局合理，便于在地震、突发社会事件等情况下进行高效运作，主要医疗用房的平面布置应满足以下要求：

**1**方便患者、医务人员和访客的流动，减少拥堵和混乱；

**2** 门诊部应设在靠近医院交通入口处，应与医技用房邻近，并应处理好门诊内各部门的相互关系，流线应合理，并避免院内感染；

**3**住院部应自成一区，设置单独或共用出入口，并应设在医院环境安静、交通方便处，与医技部、手术部和急诊部应有便捷的联系。设传染病房时，应单独设置，并应自成一区；

**4**手术部应自成一区，宜与相关的急诊、介入治疗科、重症监护科(ICU)、病理科、中心(消毒)供应室、血库等路径便捷；手术室、重症监护室及病房应能顺畅到达，确保医疗服务的快速响应；

**5**消化道、呼吸道等感染疾病门诊均应自成一区，宜邻近急诊，与普通门诊、急诊设置严密隔离设施。应单独设置出入口及醒目标识。

**5.5.4**为适应突发社会事件对医院建筑的变化需求，室内装修材料与内装部品的选型应符合下列规定：

**1**手术室、检验科、病理科及重症监护病房等卫生要求较高的医疗用房，室内装修材料与部品选型应满足易清洁、抗菌、耐腐蚀等要求；

**2**宜采用吸音材料、隔音设计等措施，减少噪音对患者和医务人员的干扰，提供安静的就诊环境；

**5.5.5**韧性医院的机电设备应符合下列规定：

**1**减轻能源成本，实现长期可持续运营；

**2** 机电设备应易维护，确保设备的正常运行与及时维修。

**5.5.6**给排水设计应符合下列规定，以提升医院建筑环境品质：

**1** 宜采取措施保证给水系统的水温不高于25℃，生活热水的运行温度不低于50℃，以减少军团菌污染的风险；

**2** 生活饮用水、管道直饮水、各类医疗工艺用水、生活集中热水、污废水、空调循环冷却水等应按主管部门要求定期检测水质，其水质应符合相水质标准；

**3** 生活饮用水需设置在线水质监测系统，实时在线监测水质余氯、pH值、浑浊度等指标，及时对水质变化做出迅速反应，确保水质安全；

4 需综合考虑供水可靠性与水龄的因素，储水容积合理，避免管道内流速过低，避免出现死水段，尽量减少连接单个用水器具的给水支管的长度；

5 医院牙科供水、胃肠镜、支气管镜等用水终端，宜在用水终端设置水过滤器。

**6**二次供水水箱（池）出水，应设置消毒设备。紫外线消毒器应具备紫外线照射强度在线检测功能，并宜有自动清洗功能；水箱自洁消毒器宜外置；

7 二次供水系统中的存储及加压设备、管道、阀门及附件，需考虑材料内表面的光滑程度及耐腐蚀性以及材料的微生物营养环境；

**8** 加强排水立管及排水横支管通气设计，控制管道内压力波动，降低水封破坏的风险；

**9** 排水通气管、负压吸引装置排气管出口应远离人员活动区域高空排放，如有必要可设置高效过滤器紫外线消毒器进行消毒处理；

**10** 医院污水处理池应密闭，尾气应统一收集消毒处理后排放。

**5.5.7**暖通设计宜采取以下节能措施：

**1** 选用高效设备、其能效建议在符合现行国家和行业节能标准的基础上适当提升，在设计阶段应对空调制冷机房进行系统性的节能设计，空调制冷机房的能效比应满足现行高效制冷机房的最低要求；

**2** 结合当地气候条件，合理选用可再生能源及空气源热泵，适当增加可再生能源的利用比例；

**3** 新风机组应设置热回收装置，考虑平疫结合区域的新风热回收，必须选用新排风不接触，无交叉的显热回收方式；

**4** 应选用高效、低阻和使用寿命较长的过滤器。

**5.5.8** 在韧性医院设计中，电气设计主要遵从节能，经济，智能化三大原则，以提升医院建筑环境品质：

**1**在充分利用自然光线的基础上确定照明系统设计方案, 应选择节能环保灯具, 以降低运行过程中照明设备的能耗；

**2** 应选择适合的电缆材质，合理控制线路长度，规范选择导线截面，保证带能传输效率，避免不必要的电能损耗；

**3** 根据电气系统的主要负荷确定合理设置配电室位置, 以降低电能输送途中的损失量, 提升配电系统质量；

**4** 选择适合的节能型的变压器，降低其空载情况下的电能损耗；

**5** 充分利用可再生能源发电和电池储存，减少对电网的依赖。可再生能源包括太阳能、风能和生物质能等；

**6** 引入智能化技术和物流技术，如数字化医疗、远程诊断等，提高医院应急响应能力。

**6 成本效益评估**

**6.1 基本原则**

**6.6.1** 成本效益评估需涵盖医疗建筑的全寿命期。

**6.6.2** 成本效益评估应以实现目标为基本导向，即在实现项目韧性需求目标的最低成本范围内探索可能的技术策略。

**6.6.3** 成本效益评估可采用定性和定量两种评估方法，以便更准确地评估成本和效益之间的关系。

**6.6.4** 在进行成本效益评估时，需设置基线设计场景。

**6.6.5** 在进行成本效益评估时，效益应包括直接效益和间接效益。

**6.2 评估方法**

**6.2.1** 当采用定性评估时，应该评估备选的技术策略的可靠性、有效性、效益和成本影响。对于每个技术策略，可以使用评分、权重、排名或其他类型的定性评估框架，以制定的评估标准进行评估。表6.2.1给出了定性评估的主要影响因素。

表6.2.1定性评估影响因素.

|  |  |
| --- | --- |
| **影响因素** | **具体描述** |
| 初期投资 | 在常规项目成本基础上采用备选的韧性设计策略所需的增量成本 |
| 可实施性 | 施工技术和现场条件，这些条件决定了每个备选策略方案所需的施工能力水平 |
| 环境影响 | 每个备选方案对建筑环境和自然环境的影响，如噪音和危险废物等 |
| 运行维护 | 相对于常规运维需求，备选方案的额外人力和运维成本的增加程度 |
| 可靠性和耐久性 | 不需要人为干预，或不需要设施在灾害期间暴露度的能力 |
| 社会效益 | 对社区的助益，或在紧急情况下为社区服务，以及相关的其他益处 |

**6.2.2** 当采用定量评估时，项目的效益成本率应大于1，可按下式计算效益成本率。

BCR=B/C

式中：BCR-效益成本率

B-相比于常规设计的额外效益

C-相比于常规设计的额外建设和运营成本

**6.2.3** 项目的效益及成本均应以表示为净现值，可通过现值系数进行折算。可按下式计算现值系数

PVC=[1 – (1 + DR) -(PUL)] /DR

式中：PVC-现值系数

PUL-项目使用年限

DR-贴现率

**6.3 评估流程**

**6.3.1** 成本效益评估可根据以下流程进行：

**1** 预估项目基线韧性能力水平；

**2** 识别及评估项目可能面对的风险及其影响；

**3** 筛选并列出所有可行的韧性策略方案；

**4** 分别进行成本及效益核算，并计算效益成本率；

**5** 根据效益成本率及环境、社会方面因素进行综合评估。

**6.3.2** 项目的基线韧性水平可根据项目所在地的平均设计标准预估。

**6.3.3** 进行风险识别及影响评估时应根据以下步骤：

**1** 确定评估范围；

**2** 识别和评估信息；

**3** 描述、表征及量化影响。

**6.3.4** 进行韧性策略方案筛选时应根据以下步骤：

**1** 识别潜在合适的策略；

**2** 确定优势和局限性；

**3**评估可行性、适用性。

**6.4 决策**

**6.4.1** 在确定韧性技术策略方案时应优先考虑技术可靠性、成本效益、本地化解决方案和环境友好性等。

**6.4.2** 在确定韧性技术策略方案时需要考虑基于不同设计目标的策略之间的协调。

**6.4.3** 在确定韧性技术策略方案时分析各策略的效益及成本，选择最具成本效益，并产生最大的韧性价值的策略。

**6.4.4** 在确定韧性技术策略方案时需考虑一些关键的未来变量，包括气候预测、技术的发展、社区背景和基础设施等。

**7 与社区及城市协同**

**7.0.1**医院应与社区及城市防灾体系紧密协同，共同应对风险和挑战。鼓励医院预留向城市开放的措施，应急状态下可迅速融入城市应急管理系统。

**7.0.2**医院周边社区结合公园、绿地、体育场馆等，预留快速恢复、扩展医疗功能所需的场地及建筑空间。

**7.0.3**设立区域物资调配中心，统一储备分发医疗设备药品、机电设备、食品、饮用水等储备物资保障医院应急需求。

**7.0.4**城市提升交通、市政等基础设施对医疗建筑的支撑能力，确保医疗建筑基本功能快速恢复。

**7.0.5**应急避难场所应优先利用临近医疗建筑协同建立应急医疗点，并完善配套设施建设及物资储备。

**7.0.6**完善城市灾害应急、疫病预防能力，健全医疗分级诊疗制度，提升市民防灾防疫能力，从源头降低灾时疫时对医疗资源的挤兑。

**7.0.7**定期进行人员培训和应急演练，培训医务人员和员工熟悉应急流程和操作，提高应对紧急情况的能力。

**本标准用词说明**

**1** 为了便于执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，

反面词采用“严禁”；

2 ） 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用 “应”，

反面词采用“不应” 或“不得”；

3 ） 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用 “宜”，

反面词采用“不宜”；

4 ） 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词：

正面词采用“可”，

反面词采用 “不可”。

**2** 条文中指定应按其他有关标准执行的，写法为“应符 合……的规定”或“应按……执行”。非必须按所指定的标准执行的，写法为“可参照……”。

**引用标准名录**

**1** 《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010

**2** 《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223—2008

**3** 《民用建筑设计统一标准》GB 50352-2019

**4** 《综合医院建筑设计规范》GB51039-2014

**5** 《建筑与市政工程抗震通用规范》[GB 55002-2021](http://www.jianbiaoku.com/webarbs/book/159296.shtml)

**6** 《建筑与市政工程防水通用规范》GB55030-2022

**7** 《民用建筑通用规范》GB 55031-2022

**8** ISO/TR 22845：2020《建筑和土木工程韧性》

**中国工程建设标准化协会标准**

**医疗建筑韧性设计导则**

**Standard for design of assembled hospital**

T/CECS ××××:2022

**条文说明**

**目 次**

[1 总则 36](#_Toc154255621)

[2 术语 37](#_Toc154255622)

[**3 韧性需求确定** 38](#_Toc154255623)

[**4 风险识别** 39](#_Toc154255624)

[**4.1 一般要求** 39](#_Toc154255625)

[**4.2 气候变化风险识别** 39](#_Toc154255626)

[**4.5 设计参数获取** 40](#_Toc154255627)

[**5 设计策略遴选** 43](#_Toc154255628)

[**5.4 弹性可变** 43](#_Toc154255629)

[**5.5 品质绿色** 46](#_Toc154255630)

[**6 成本效益评估** 48](#_Toc154255631)

[**6.1 基本原则** 48](#_Toc154255632)

[**6.2 评估方法** 48](#_Toc154255633)

[**6.4 决策** 48](#_Toc154255634)

[**7 与社区及城市协同** 49](#_Toc154255635)

# 1 总则

**1.0.1**医院的韧性度可确保在重大灾害疫情时，提供宝贵的黄金缓冲期，提升有效抵御疫情冲击的能力，为城市疫情保卫战提供强有力的支撑。

冗余度的大小取决于多个因素，包括医院的规模、地理位置、应急需求、预期的灾害类型等。

**1.0.3**  韧性医院设计的总则是通过综合考虑多种风险因素，采取多层次的设计策略，确保医疗建筑在灾害和紧急情况下能够保持安全运作，提供持续的医疗服务并保障患者和医务人员的安全。

**1.0.4**确定韧性需求是韧性医疗建筑设计的关键步骤，它涉及到不同类别和等级的医疗建筑在城市运营和防灾系统中的角色、职责，以及对安全和业务连续性的总体要求。同时，这些韧性需求需要具体映射到医疗建筑各级流程和功能上。

通过将韧性需求具体映射到医疗建筑各级流程和功能上，可以确保医疗建筑在灾害和紧急情况下能够按照预定计划进行运作，保障患者和医务人员的安全以及业务的连续性。这些需求应该在设计阶段充分考虑，并在后续的规划和建设过程中得到有效落实。

**1.0.5**  综合考虑自然灾害、公共卫生事件、技术故障、社会动荡等多种风险因素，确保医疗建筑能够应对各种紧急情况。进行多维度风险考虑。

# 2 术语

**2.0.8**选自《中华人民共和国突发事件应对法 》（2007年8月30日第十届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过）：

“突发事件是指突然发生，造成或者可能造成严重社会危害，需要采取应急处置措施予以应对的自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件。

1 自然灾害：主要包括水旱灾害，山体崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害，暴雨 (雪)、雷电、冰雹、大雾等气象灾害，地震灾害，森林火灾和生物灾害等。

2 事故灾难：主要包括工矿商贸等企业的各类生产安全事故，公路、水路等交通运输事故，公共设施设备事故，环境污染和生态破坏事件等。

3 公共卫生事件：主要包括传染病疫情、群体性不明原因疾病、食品药品安全和职业危害、动物疫情以及其他严重影响公众健康和生命安全的事件。

4 社会安全事件：主要包括恐怖袭击事件、重大刑事案件群体性事件、大规模水电油气供应中断突发公共事件、金融突发公共事件、涉外突发公共事件、民族宗教事件、网络与信息安全事件、舆情突发公共事件等。”

**2.0.12**冗余有两层含义，第一层含义是指多余的不需要的部分，第二层含义是指人为增加地重复部分，其目的是用来对原本的单一部分进行备份，以达到增强其安全性的目的。冗余可以分为被动冗余及[主动冗余](https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E4%B8%BB%E5%8B%95%E5%86%97%E9%A4%98&action=edit&redlink=1)。两种冗余都是利用额外的零件，在没有人为介入的情形下，避免性能低于所需的规则以外。被动冗余是用多余的数量或能力来减少零件损坏的影响。主动冗余是用监控个别设备的方式来消除性能降低。配电系统就是主动冗余的例子。有许多高压电缆链接发电设备及用户。每一组高压电缆都会监测负载，也会有断路器。高压电缆的组合可以提供的电力超过总用电量。若高压电缆侦测到负载重载，会切断断路器。会由其他的高压电缆提供用户所需的电力。[建筑结构](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BB%BA%E7%AF%89%E7%B5%90%E6%A7%8B)在进行设计时，一般也会设计冗余的模块，在只有一个零件损坏的情形下，不会破坏整个结构。

**3 韧性需求确定**

**3.0.2**确定每个医疗建筑的类别和等级，其在城市运营中的角色，如主要医疗救援中心、后备医疗设施、临时隔离区等。

**4 风险识别**

**4.1 一般要求**

**4.1.1**每个地区的情况都会有所不同，但应考虑建筑物的位置、形式和设计如何有助于预测、准备、防止、应对和恢复，不论其来源和影响到的业务的哪个部分。 工程人员需要同气象科学、地震科学以及社会科学等学科合作开展研究，以获得对未来极端事件的规模和后果的充分、概率性的理解。

根据《中华人民共和国突发事件应对法 》（2007年8月30日第十届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过）：突发社会事件包括：

(1)事故灾难：主要包括工矿商贸等企业的各类生产安全事故，公路、水路等交通运输事故，公共设施设备事故，环境污染和生态破坏事件等。

(2)公共卫生事件：主要包括传染病疫情、群体性不明原因疾病、食品药品安全和职业危害、动物疫情以及其他严重影响公众健康和生命安全的事件。

(3)社会安全事件：主要包括恐怖袭击事件、重大刑事案件群体性事件、大规模水电油气供应中断突发公共事件、金融突发公共事件、涉外突发公共事件、民族宗教事件、网络与信息安全事件、舆情突发公共事件等。

**4.1.2**由于项目所在地的不同，其可能面临的风险也不相同，因此需要首先确认可能的风险事件，及其发生的频次和强度等，并明确风险事件会在哪些方面对医疗建筑产生影响，包括直接的和间接的，同时评估潜在的损失。

**4.1.3** 根据ISO/TR 22845《建筑和土木工程韧性》，风险事件可分为气候变化、地震及突发社会事件三个类别，因此风险识别也可以从这三个方面展开。

**4.2 气候变化风险识别**

**4.2.1**极端高温和极寒一般指在最少天数内超过地理特定温度阈值的事件。

**4.2.2**一座新建筑在其60年的设计寿命期内可能会遇到越来越频繁和密度越来越大的强降雨和热浪，以及以前没有考虑到的海平面上升问题。

**4.5 设计参数获取**

**4.5.1** 气候变化设计参数与常规气象参数的区别在于前者是基于未来的升温场景的模型数据，而非通过历史气象记录所获得的经验数据。目前美国的一些城市已建立了本地的气象参数数据集并开展应用，而我国还未开展相关工作，但可根据项目需求通过专业机构获得项目所在地的相关数据。

**4.5.3**在不同的全球变暖水平下，气候风险的变化幅度不同。全球变暖水平代表了在共享社会经济路径(如SSP1-1.9、SSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP3-7.0、SSP5-8.5)或代表性浓度路径(如RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5)的不同输入预估下未来不同时间点的气候变化结果。有研究表明，在1.5°C、3.0°C和4.0°C的条件下，中国的历史参考百年一遇洪水发生频率将会增加，分别为71年和42年事件。加拿大启动了一项为期五年(2016年至2021年)的倡议，名为“气候适应型建筑和核心公共基础设施倡议”，该倡议对加拿大不同地区在不同全球暖化温度(1°C、2°C、3°C)下的温度、降水、风等进行预测，作为更新建筑和基础设施规范和标准的基础。鉴于气候变化的不确定性，工程师和气象学家应该合作采取创新措施来减轻不确定性的影响。

**4.5.4** 第1款根据《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223-2008，有地震应急功能的医疗建筑的抗震设防类别应划为重点设防类，按按与本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施，包括二、三级医院的门诊、医技、住院用房，具有外科手术室或急诊科的乡镇卫生院的医疗用房等防灾救灾建筑。

第3款《建筑抗震管理条例》提出位于高烈度设防地区、地震重点监视防御区的新建学校、幼儿园、医院、养老机构、儿童福利机构、应急指挥中心、应急避难场所、广播电视等建筑应当按照国家有关规定采用隔震减震等技术，保证发生本区域设防地震时能够满足正常使用要求。本导则为该类建筑提供了设计及维护方法。

**5 设计策略遴选**

**5.2.2** 第 1、2、3款引自《民用建筑设计统一标准》GB 50352-2019和《民用建筑通用规范》GB 55031-2022。

**5.2.3**第1款 一般的建筑主体结构耐久性年限是50年，提高耐久性年限是延长建筑使用时间实现碳减排的重要措施，有需要的建筑可按100年进行耐久性设计。

**5.2.7**第6、7、8 款摘自《建筑与市政工程抗震通用规范》[GB55002-2021](http://www.jianbiaoku.com/webarbs/book/159296.shtml)。

**5.2.10** 在遇到突发状况时机电管线及设备可能会处于非正常的物理环境下，如极端高温或低温、酸碱环境、水淹等，这会影响到管线及设备的服务寿命，因此需要管线及设备一方面提高抵御能力，另一方面能够快捷修复更换受损部件，使系统整体功能得以迅速恢复。

**5.4 弹性可变**

**5.4.1**建立弹性设计思维，从规划、空间、技术三个维度实现使医院建筑项目具备可扩展、可变化、可更新的能力，适应气候变化、地震以及突发社会事件等风险情况下医院建筑的弹性可变的需求。

毗邻急救中心和感染科空旷用地，预留水电条件。在灾害发生或突发社会公共事件时，可转化作为应急医疗场地，缓建患者激增造成医疗资源紧张，避免医疗资源挤兑。

贯彻了“枝状生长式”的弹性规划设计理念，通过医疗主街将不同类型的模块单元串联组织，形成“可生长、可更新”的医院建筑形式，实现规划布局可生长扩展。

应急保障预案使得医院建筑可以按计划应对风险，降低风险带来的影响。

**5.4.2**医院建筑需要通过空间灵活弹性来实现空间功能的转换更新。规整清晰的建筑平面更有利于实现空间弹性。

集中布置刚性区域，弹性空间（也就是医疗功能空间）也相应更为集中更完整，而完整最大化的弹性区域也就具有了多样性的可能，从而实现弹性化空间设计，满足不同医疗功能空间需求。

**5.4.3**医院建筑的结构系统设计需要考虑为建筑的适变空间要求。主体结构的开放度越大,所容纳的空间功能适应性也就越强。医疗建筑采用大空间的结构体系，最大限度地减少结构主体所占用的空间，将使用空间得以充分释放；结合空间尺度、层高、荷载等因素综合优先采用标准大跨度柱网，提升空间通用性；适度预留活荷载，设置大降板区，为功能与设备的更新提供条件。

**5.4.4**采用隔墙体系和家具部品体系、管线与主体结构分离的SI体系等设计手段，可以实现室内空间的自由分割，，满足弹性可变的空间需求，使得医院建筑适应气候变化、地震、突发社会事件等风险。

支撑体（主体结构）和填充体（设备与管线系统、内装系统）相分离的SI体系，可以实现医院建筑全生命期内的功能可变和便利的设备管线检修更换。设备与管线宜与主体结构相分离，并应方便维修更换，维修更换时不应影响主体结构安全。结构系统要求长寿耐久，内装系统及设备管线系统要求灵活、易维护。

为适应变化的调整需求，选择适宜的装配式技术体系，可系统解决医疗建筑需求。

**5.4.5** 2门诊单元、护理单元、办公单元等医疗空间和楼电梯、公共卫生间、病房卫生间、公共管井等非医疗空间应采用模块及模块组合的设计方法，其他空间宜采用模块及模块组合的设计方法；

4设备与管线空间应进行标准化设计，设备机房、管道井、竖向及水平管道空间应与模块化功能单元的空间尺寸相协调；

5内装设计应考虑部品选型，按照模块化与通用化、少规格多组合的原则，应选择标准化部品，实现内装多样化设计；按照模数协调原则，统筹建筑设计与部品生产安装之间的尺寸协调。

除了空间位置的预留，还预留了技术接口。在设计初期就考虑了技术接口的预留设计，统一接口的位置、大小、排列方式，为管线改扩建提供所需的操作空间，便于管线的连接，实现功能可植入。

接口应具备调整公差、容错的功能；接口设计应确定适宜的制作公差和安装公差；结构系统、内装系统的部品部件与设备管线之间的连接应满足安全耐久的性能要求和便于维护的要求；不同部品之间衔接时，先安装部品应为后安装部品预留接口；接口的选型应考虑通用性，接口用材应高强耐久；

**5.4.6** 在建筑全寿命期内，不仅科室或者房间的功能会更新，规模也有可能扩张。如何在建筑结构主体不变的情况下发掘临床空间横向扩展能力，那么就需要可生长的空间。我们通过“软性空间”和“空间接口”来实现科室空间的生长性。这些用房布局方正、装修简洁，为将来可能的医疗功能预留空间。

在建筑结构主体不变的情况下，需要通过“软性空间”发掘临床空间横向扩展能力。软性空间指改变其原有功能即可进行新的利用的空间。比如医疗用房附近设置的库房或者普通办公室，很容易被重新改为医疗功能用房。而具有大量的设备和专用设计的医技用房则不易进行改造。

“LEED的材料与资源得分项8：资源利用-灵活设计（仅适用于医疗中心项目）”中，提出医院建筑需要“提供相当于部门总面积 (DGA) 至少 5% 的软空间，例如行政区或存储区。将软空间定位于靠近预计将会扩建的临床部门。确定将来软空间搬迁后的安置策略。 提供相当于至少 5% DGA 的壳体空间。将壳体空间定位于无需搬迁即可入驻使用的位置。 确定项目的水平扩建能力，可扩建面积至少相当于既有建筑（不包括住院部门，且在无需拆除——除非位于连接点——已入驻空间的前提下）的诊断和治疗或其他临床空间面积的 30%。允许改造用可拆卸隔墙建造的其他既有已使用空间。 设计将来在至少 75% 的屋面进行的垂直扩建，确保扩建期间既有运营和服务系统仍可达到或接近原有能力。”

**5.4.7 1** 在未来可能功能改变的部位预留给排水管道及设备，并预留相应的安装条件；

**2** 冷源热设备的配置和系统设计应充分考虑平时夜间负荷、应急时不同相应机制下空调冷热负荷的变化和适应情况。对“平”“急”两种运行工况分析，合理选用平疫两种运行工况下的风机台数和变频方式。

**7**在未来可能的功能扩展或改变场景，需要采取电量冗余、房间照度提高至标准内最上限、多个插座的预留等措施。

**5.4.8**装配式建造可以使医院建筑具有整体性和可持续性，装配式建筑利用集成化、工业化的优势，可以选用易于更换维修的通用部品部件。采用了轻质隔墙系统、吊顶系统、机电系统等装配式内装技术可实现便捷拆改，为医疗空间的功能适应性提供高品质保障。

内隔墙的选型应符合下列规定：

1 内隔墙应选用装配式隔墙系统，可选用龙骨隔墙、轻质条板隔墙或其他干式工法施工的隔墙系统；

2墙体及饰面板应选用耐腐蚀、耐碰撞、易清洁、易修复、可局部更换或单模块更换的材料，宜优先选用集成饰面层的轻质墙体；

吊顶应进行标准化设计，宜选用模块化集成吊顶；

楼地面设计应符合下列规定：1医疗功能区的地面面层应选用耐腐蚀、耐酸碱、易清洗、弹性防滑的材料；3 医疗功能区不宜采用架空地板。

宜选用标准化、易更换的门窗部品；

鼓励医疗建筑结合建筑的平时功能、现状条件，对应急条件下宿住、出入口、安全疏散通道、医务室、集中供水处、食品供应处、更衣间、垃圾收集处和管理服务站等设施的位置与规模进行设计。

“LEED的材料与资源得分项8：资源利用-灵活设计（仅适用于医疗中心项目）”中，提出“预留空间用于将来建造相当于原有地面停车容量 50% 的地上停车结构，并建有直通医院主门厅或通道的入口。直接通向医院主门厅或通道的垂直运输路径也可以满足要求。 在 50% 的适用区域使用可拆卸隔墙。至少 50% 的橱柜和定制木制品使用可移动或模块式橱柜。根据成本估价师或承包商确定的橱柜和木工综合成本进行计算。”

**5.4.9**医院建筑空间适应气候变化、地震、突发社会事件等风险的弹性可变的特征应该是可持续性的。除了应急状态可变，还需要强调可恢复性，使得医院建筑可以恢复到日常状态，保持医院建筑高效率运行。

**5.5 品质绿色**

**5.5.6** 5采用用水终端（POU）过滤器进行过滤也是种十分有效的净化措施。研究表明，滤膜孔径0.2μm的POU水过滤器可以彻底消除军团菌，并且异养菌总去除率可达到90%[8]。美国健康建筑评价标准WELL建议安装能够去除直径小于1.5μm的水过滤器以获得高品质的饮用水。因此在水质安全性要求较高的场所，宜设POU水过滤器。

6建筑二次供水系统中缺乏持久的消毒剂余量可能会增加军团菌繁殖的风险。因此需要采取消毒及净化措施，主要包括物理及化学两类方法。国家标准《建筑给水排水设计标准》GB50015要求生活饮用水水池（箱）应设置消毒装置，并提出根据物业管理水平选择水箱消毒方式，首选物理方式，如紫外线消毒器。研究表明，在0-80 mJ／cm2的剂量范围内, 紫外线剂量与其灭活率呈较好的线性关系，而低紫外线剂量对氯衰减影响较小，而在紫外线剂量大于40 mJ／cm2后会明显加快氯的衰减速度，可能需要添加补充消毒剂，以便在管道末梢保留不小于0.05mg/L的余氯。透光率是影响紫外线消毒的最重要的因素之一,紫外线消毒效果受透光率的影响很大,在相同流量的情况下,透光率95%和80%的紫外线剂量相差20-40 mJ／cm2。

7光滑的内表面不容易附着生物被膜或杂质；在采用金属材料时，宜选择稳定性较好的材料，如低碳高镍的奥氏体不锈钢或铜，同时还应考虑水中氯离子腐蚀的可能性。

部分金属材料如铜具有抑制微生物生长的功能，是较为理想的供水系统材料。部分塑料管由于含有增塑剂，能够提供有利于微生物生长的营养物质。需通过对项目环境、市政给水水质情况，用水工况等因素综合评估，选择适合的管道及设备材料。

**6 成本效益评估**

**6.1 基本原则**

**6.6.2**选择各种韧性设计策略时，成本效益评估将有助于做出决策。

**6.6.3**对于投资规模较小的医疗建筑，可以进行定性的效益评估。对于投资规模较大或重要性高、功能复杂的医疗建筑，则需要进行深入的定量效益计算，以确定最佳技术策略。

**6.6.5**在经济分析中，避免的成本被认为是一种收益。直接效益包括减少或避免对建筑主体及设施的实际损害，间接效益指减少或避免了医疗建筑服务中断造成的价值损失，这些收益都可以作为收益被量化。

**6.2 评估方法**

**6.2.3** 估算项目的效益成本率必须以净现值为基础，即将收益的现值与成本的现值进行比较。大多数项目成本是根据当前成本估算、投标或成本指导按现值计算的。然而，项目收益，以及项目的运营和维护成本，随着时间的推移而增加，并以年为基础计算。为了解决这个问题，可使用现值系数将这些年度项目收益和运维成本纳入现值。

**6.4 决策**

**6.4.3**策略的协调和组合即协调所有潜在影响的选定策略，如解决策略之间可能的矛盾或重复，并确定为设计主题所采用的策略集。利用效益及成本分析结果确定最佳干预措施，从而提供一种设计解决方案，平衡弹性效益与现有项目预算。

**7 与社区及城市协同**

**7.0.3**储备物资包括医疗物资、口罩防护服隔离服、医用设备呼吸机、手术包、药品、疫苗、化验试剂、消毒液、衣单被服、担架、帐篷、组合板房、食品、饮用水、文具纸张等。