

济南市韧性城市建设专项规划的探索与实践

许建,吕凯,郭明鹏

[济南市市政工程设计研究院(集团)有限责任公司,山东 济南 250002]

摘要:建设韧性城市已上升为国家战略。首先,回顾了韧性城市概念及其规划实践案例,探讨了城市基础设施在减轻灾害风险影响、提升城市应对能力、促进可持续发展等方面的关键作用;然后,以济南市中心城区为例,探究面向基础设施建设的韧性城市建设规划方法,提供了一个可行且实用的“风险识别-韧性目标-提升措施-行动计划”研究框架,从而为城市决策者提供具体的行动指南。

关键词:韧性城市;韧性提升;基础设施;风险评估

中图分类号: TU984

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)09-0014-06

0 引言

随着城市规模与密度日益增大,城市系统面临的不确定性因素和未知风险不断增加,在各类灾害和风险面前表现出极大的脆弱性,由此引发了对提高城市韧性、增强应对风险能力的现实思考和迫切要求。2020年,《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》正式提出“韧性城市”;2022年,党的二十大明确提出“打造宜居、韧性、智慧城市”。

韧性城市是城市规划建设领域的重要概念,起源于对城市脆弱性和不可预测性的关注,以及对日益频发的自然灾害和全球变化的认识。它强调城市系统的弹性、灵活性和适应能力,旨在提高城市应对各种挑战和压力的能力,如自然灾害、气候变化、社会危机等,以保护城市居民的生命安全、提升生活质量、维护经济发展、提高城市可持续性。“韧性”(resilience)概念最早由美国学者霍普金斯大学的荷兰·戴弗利提出,强调复杂系统应对变化和冲击的能力^[1]。此后,该概念逐渐在城市规划和设计领域得到运用,并与可持续发展的理念相结合。2012年,联合国人居署(UN-Habitat)发布了《韧性城市规划指南》(*Planning for Resilience: A Guidebook for Reducing Vulnerability to Disasters*),强调城市规划在提高城市韧性方面的关键作用^[2]。Meerow等^[3]全面回顾了城市韧性的定义和概念,从其在生态学中的起源到

其在城市研究和规划中的应用,讨论了韧性思维的演变。中国城市化进程中面临的挑战和风险使得韧性城市的概念对城市规划设计具有重要意义。中国学者对韧性城市进行了深入研究,并提出了适合中国国情的韧性城市理论和实践框架^[4-7]。

在韧性城市理论的指导下,国内外均开展了丰富的规划实践。如Resilient100项目旨在帮助100个城市应对未来的挑战,提高城市的韧性和适应能力^[8]。日本国土强韧化战略是日本政府提出的一项重要倡议。由于日本经常面临地震、台风和洪水等自然灾害,该战略旨在通过改善基础设施、建设韧性社区和提高应急响应能力等措施,确保城市能够在自然灾害发生后快速恢复并保护居民的安全^[9]。北京、上海、广州等地也在韧性城市规划方面取得了显著进展。

既有理论及实践已经达成共识——基础设施是建设韧性城市的关键因素之一。基础设施的强大和可持续性对城市的韧性、应对未来挑战的能力起着至关重要的作用。首先,基础设施为城市提供了必要的公共服务和基本需求,如能源、水和交通等。强大的基础设施网络是城市经济和社会发展的基石之一,对于提供居民基本需求和支持商业活动至关重要^[10]。缺乏适当的基础设施将导致服务不足、效率低下和社会不稳定,进而削弱城市的韧性。其次,基础设施的规划和建设应考虑到城市所面临的风险和威胁,包括自然灾害和气候变化。Dutta等^[11]指出韧性基础设施的关键是能够承受灾难事件并尽快恢复其功能。这意味着城市基础设施是抵御风险灾害的第一道防线,同时作为城市生命线,也是灾时维持城市基本功能、灾后支撑恢复重建的物质基础。最后,基

收稿日期: 2023-06-01

作者简介: 许建(1984—),女,工学硕士,高级工程师,从事市政交通规划及设计。

基础设施的可持续性建设韧性城市的关键条件之一。Chelleri 等^[12]强调了可持续基础设施的重要性。它们可用以应对气候变化和资源稀缺性的挑战,通过采用可再生能源、绿色建筑和智能交通系统等可持续性技术,帮助城市降低对有限资源的依赖,减少对环境的负面影响。

因此,打造强韧、冗余、灵活、可持续的基础设施体系,对于促进城市经济社会稳定、促进可持续发展、适应未来挑战都是极为必要的,符合新时代城市高质量发展的现实需要。本文以济南市中心城区为例,探究面向基础设施建设的韧性城市建设规划方法,同时探索新形势下韧性城市建设规划的工作路径,具有独特的标本意义和示范价值。期望研究结果可为中国同类城市的韧性城市建设提供规划样板。

1 研究概况

2022 年,济南市第十二次党代会报告科学谋划了未来五年“六个现代化强省会”的宏伟奋斗目标。当前,济南市面临洪涝、资源型缺水等安全隐患及发展压力,建设韧性城市,打造城市发展的安全基石,符合自身快速发展的诉求。同时,由于经济社会处于快速发展阶段,各类风险挑战的预测难度增加,各类基础设施需求的预测不确定性增加,因此打造韧性城市也是重要的创新举措。

本建设规划的编制目的在于指导和部署全市韧性城市建设工作,为近期济南市韧性城市相关规划建设管理工作、城市韧性提升建设计划的编制以及政策制定提供参考。

2 风险识别

本建设规划的首要任务是科学合理地确定未来中心城区面临的灾害、风险及其发展演变趋势。风险划分为突发灾害和影响城市可持续发展的慢性压力。结合部门资料法与专家打分法共同识别风险^[13],提高规划编制的科学性和针对性。

2.1 突发灾害

城市面临的突发灾害类型集中在自然灾害领域。通过分析济南市气象局、应急局、地震局、自然资源和规划局、消防支队等部门资料,并结合济南市城市发展史与现状,列出了暴雨、暴雪、寒潮、大风(沙尘暴)、低温、高温、干旱等 16 个济南市面临的主要灾害种类以及生命威胁、财产损失、影响区域、延续性、易损性、可能性等 6 个评价因子。采用专家打

法,筛选出城市最可能面临的主要灾种。

2.2 慢性压力

相对于突发灾害而言,慢性压力是城市长期存在的、影响可持续发展的问题。济南市城市发展可能面临的慢性压力包括能源供给不足、水资源供给不足、空气污染、经济发展动力不足等 8 项压力。参考《城市可持续发展 城市服务和生活品质的指标》(GB/T 36749—2018)提出的经济发展、居民生活品质、城市竞争力、解决问题难易程度、迫切程度等 5 个维度,采用专家打分法筛选出城市最应迫切应对的发展压力。

风险识别结论是:近期中心城区突发灾害主要为洪涝、火灾,慢性压力为水资源短缺、交通便捷度不高、能源绿色转型不足。

3 面向突发灾害的韧性提升规划

3.1 面向内涝风险的韧性提升措施

基于地形、河道和雨水管网绘制内涝风险分布图,并划分低、中、高 3 个内涝风险区(见表 1)。

表 1 内涝风险区分布表

等级	面积 /km ²	分区区域
低风险区	399.0	经十路以南山区及丘陵地带
中风险区	545.0	经十路至小清河以南区域
高风险区	79.0	小清河北侧低洼区域、铁路等低洼区域

针对内涝风险等级提出对应规划目标:达到济南市内涝设防标准(50 a 一遇),应保证不出现内涝灾害,依靠排水系统抵御灾害;超内涝设防标准(100 a 一遇),应确保城市功能基本正常,在依托排水系统的基础上,完善应急系统的应对;极端内涝灾害,应确保社会稳定,不造成重大经济损失和人员伤亡。此时排水系统发挥作用非常有限,主要由应急系统予以支持。

3.1.1 排水系统建设

(1)打造集“节水、绿色、韧性”于一体的生态海绵城市。

结合城市更新行动,在建筑小区、市政道路、公园绿地和城市水系构建低影响开发源头减排系统,就地源头消纳雨水径流,增强水系韧性。

(2)打造“蓄排并重、高水高排、低水低排、自排为主、泵排为辅”雨水排放系统。

老城区继续开展雨污分流改造、低标管道提标改造及老旧管道清淤等工作;新城区高标准加快雨水管网系统建设,提高雨水排放系统排水能力。开展

城市源头拦蓄、河道防洪排涝能力提升工作,优先实施雨水源头减排、排涝通道提升建设,对于下游自排不畅和抽排能力达不到标准的地区,改造或增设泵站,提升城市综合排水能力。

(3)依托蓝绿空间结构,完善防洪、排涝沟系,提高河道防洪、排涝标准,合理布局调蓄空间和行泄通道,构建水系、行泄通道、调蓄空间一体化的“蓄排并重”城市排涝系统。

实施山体截洪沟建设,截流高区雨洪水,就近排河。对于超标涝水,通过设置蓄滞洪区,划定滞洪区滞蓄雨洪水,以减小受淹范围。实施河道拓挖改造工程,建设集生态与除涝相结合的“韧性之河”。

(4)打造“上蓄、中疏、下泄、适当分洪和滞洪”防洪总体布局。

建设有冗余能力的洪水防御设施,抵御洪水灾害,保障居民生命财产安全。规划分别从“上蓄、中疏、下泄、适当分洪和滞洪”分类施策,规划开展城市防洪灾害设施建设,实施中小型病险水库除险加固、防洪河道综合治理等工程,提高防洪除涝和蓄滞能力,提高城市应对洪涝灾害的能力。

(5)非工程措施并举。

从建设智能感知设施、健全信息传输网络和提升洪水预警预报智能化等方面建设智慧排水系统。不定期开展防汛应急预案修订工作,并组织开展防汛演练,提升部门协同能力、应急资源调配能力、应急队伍专业水平和居民防灾素质等,增强城市应对洪涝灾害韧性。加强城市排涝设施监督、管理与维护,开展城市排水管网普查和管道清淤检测。

3.1.2 应急系统建设

(1)应急避难方面

结合风险地图和人口分布,以公共建筑为主,在内涝高风险地区选取避难据点 71 个,中风险地区选取避难据点 175 个,覆盖范围达到 60%以上。其余区域结合居民楼实现社区紧急避难,外出访客结合办公楼实现紧急避难。

(2)应急通道方面

加强与机场、铁路枢纽、高速公路出入口等对外交通节点的联系,确保灾时城市对外救援疏散和物资保障的可达性。针对 100 a 一遇情景:首先,识别失效道路,通过道路改建、新建,防涝设施建设等多种方式,完善北部高风险地区路网体系,确保急救、消防、应急避难等应急防灾设施的可达性符合救援要求;其次,改善跨铁路截面通道的积水问题,并预留

控制性规划通道的上跨建设形式空间,强化灾时防御能力。针对极端情景,基于南高北低地势特征,以南向疏散为主,优先加强南北通道功能,制定极端天气下城市北部地区的人行、车行逃生通道应急预案。

(3)应急供水方面

对于内涝高风险区内的水厂、泵站,配备各类防汛抢险物资和队伍,遇险情时及时采取措施抵御洪水。同时,新建厂站要适当提高防洪标准或内涝防治标准。

(4)应急供电方面

开展中高风险区电力隐患排查,加快紧急供电设备防涝改造。加强对医院、消防、交通枢纽等重点单位的供电安全保障。提高设施防涝建设标准,新建小区供电设施原则上设置于地上,现状小区对地下开关站、配电房进行防涝迁移改造或防涝加固。加强市区变电站排水设施更新,提高风险预判和处理能力,强化风险分析,提前做好重载区域负荷转供、重要输变电设备故障预案。加强应急值守,开展线路设备特巡,重要变电站加装防汛智能监测装置。

(5)应急通信方面

推进通信应急设备的按需配置,应配尽配。开展重点区域、重点部位的管理防护和风险隐患排查。对于高、中风险内涝区域,新建的通信机房、设备间应建于地上,现状建于地下的建议迁移或做好防涝措施;对于低风险内涝区域,做好巡查和监控。加强应急通信保障指挥调度体系建设,强化日常应急通信保障演练。

3.2 面向火灾风险的韧性提升措施

将城市用地布局、历年火灾发生情况、重大危险源、高层建筑分布、易燃易爆危险化学品物品设施布局状况、消防力量等因子进行叠加分析,绘制城市消防风险分布图(见图 1)。

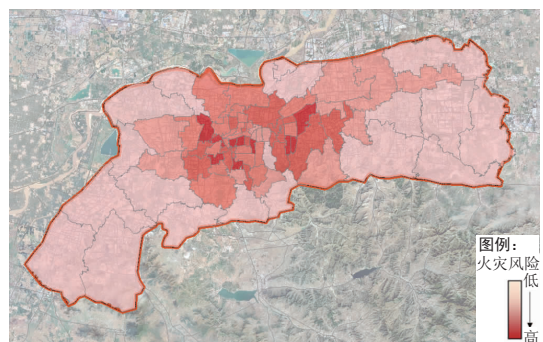


图 1 济南市中心城区消防风险分布图

城市火灾风险的韧性提升目标:构建现代化城市消防安全体系,增强抵御重特大火灾的能力,提

高抵御高层建筑、地下空间、大型商场火灾及化工火灾的能力。

根据《城市消防站建设标准》(建标 152—2017),在现有 30 座消防站的基础上,新增 28 座消防站,责任区基本覆盖中心城区建设用地(见图 2),5 min 可达范围覆盖所有高风险区域。对于新建普通消防站有困难的建成区和用地紧张区域,可采取改建、配建、租赁等方式以及模块化、移动式消防站等形式,加密消防站点。

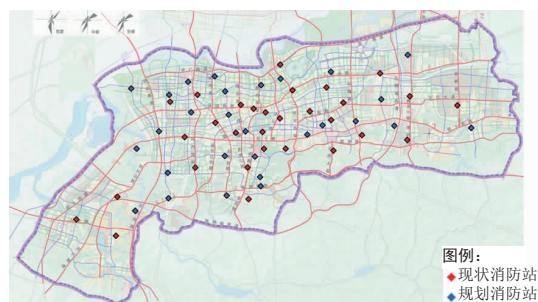


图2 济南市中心城区消防站规划分布图

此外,提出加强消防通信全域化保障以满足不同条件下的消防通讯需求,推进消防水源建设以提高消防救援供水保障能力,建立消防应急救援联动机制以提升应急救援快速反应处置能力等实施建议。

3.3 面向其他风险的韧性提升措施

韧性城市不仅是防范可预知风险和历史上的常发风险,也包括其他风险,如地震、暴雪、寒潮、大风(沙尘暴)、高温等。主要韧性提升措施包括:

(1)推进多灾种避难场所建设

遵循“以人为本、统筹规划、分类应对、平灾结合、因地制宜、一所多用”的原则,保留现状 235 处应急避难场所,依据学校、公园、广场、绿地、体育设施等用地空间,规划 I-III 类应急避难场所共 77 处,人均避难场所面积为 $1.60 \text{ m}^2/\text{人}$,中心城区内应急避难场所服务范围可覆盖 90% 区域(见图 3)。梳理应急避难场所的等级和应对灾种,提出配套设施及市政基础设施的支撑要求。

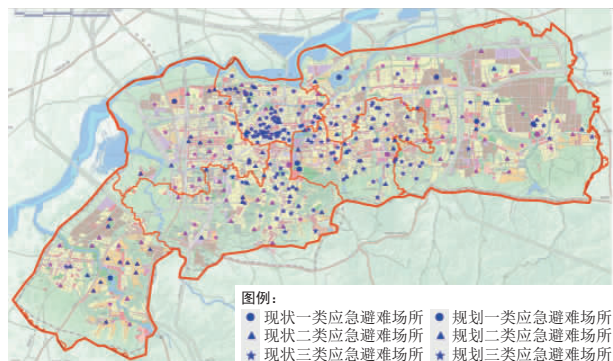


图3 济南市中心城区避难场所规划分布图

(2)打造立体化交通救援体系

建立高效快捷的集疏运体系,打造多层次、高韧性的物资转运网络,确保灾中应急救援和物资配送顺畅,实现“30 分钟畅达中心城、60 分钟辐射市域、90 分钟省会经济圈、120 分钟畅达山东省的大交通圈”目标。

(3)搭建多灾害场景、多功能应急通道

根据道路建设形式以及两侧建筑高度及后退距离,构建适应地震等灾害的“六横十一纵”救援干道体系(见图 4)。

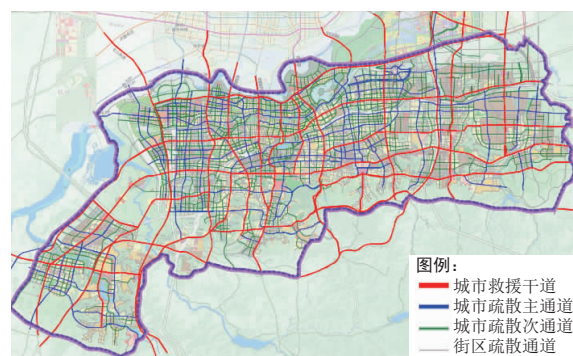


图4 济南市中心城区应急通道分布图

(4)筑牢多源互保、路径冗余的生命线工程

提升供水、供电、通信等系统自身对灾害的抵御能力,并强化其对重点防灾设施(如消防、医院、避难场所等)的应急保障能力,适当强化网络冗余度,提高服务可靠性。打造生命线安全运行监测平台,“一张图”呈现城市生命线工程安全运行实况和风险态势,形成多主体、大联动的应急管理协同处置机制,提升城市安全综合风险治理水平。

(5)构建多情景适应的韧性单元

以 15 min 生活圈为城市基本韧性单元。

一是结合《济南市 15 分钟生活圈规划导则》,根据后疫情时代和居民当前生活特点,在保障基本生活需求的同时,强化培育高品质公共配套设施,保证其在应急状态下与基本公共设施共同形成应急空间储备,实现平时生活圈与灾时应急圈的功能快速转换。

二是推进韧性单元的风险自查,划定应急避难圈,与多灾种应急避难场所相结合,完善韧性单元基本应急设施,增强韧性单元的灾害抵御能力。

(6)探索应急医疗设施共建共享模式

秉承“预防为主、平急结合、整体谋划、分步实施”的原则,结合院前医疗急救网络建设现状和紧急医学救援体系的构建需求,依托二级及以上综合医

疗机构和具有急救服务能力的其他医疗机构建设急救站,在落实省级公共卫生事件应急救援区域中心及紧急医学救援基地的基础上,实现市级紧急医学救援基地的初步搭建,并探索“平急结合”的应急医疗设施建设运行模式。

4 面向慢性压力的韧性提升规划

4.1 面向水资源供给提升的韧性提升措施

济南市人均水资源承载力为 $0.014\sim 0.038\text{ hm}^2/\text{人}$,远小于我国平均水平($1.2\text{ hm}^2/\text{人}$),总量呈波动下降趋势。部分城区老旧管网运行年限长,漏损率较高。水资源短缺对城市发展造成了较大约束。

一是要加强水源工程建设,提升水源供给能力。重点推进大桥、临空、济钢、党家、锦绣川等水厂的建设工作,进一步完善供水管网系统,联通各供水厂站等。

二是充分利用再生水、雨洪水等非常规水资源。

三是聚力建设节水典范城市,大力推进工业节水改造和城镇节水降损等。

四是建立智慧供水系统,实现对供水设施的全面、动态化管理,实现供水系统的管理精细化、调度智能化。

4.2 面向能源绿色转型的韧性提升措施

根据《济南市“十四五”能源发展规划》、《济南市新能源及可再生能源发展“十四五”规划》,到2025年,非化石能源占能源消费总量的7%,新能源和可再生能源发电量占比达到30%,新能源和可再生能源供暖面积达1000万 m^2 以上。

一是发展绿色能源,提高太阳能、地热能等可再生能源的规模化开发利用。建设模块化能源系统,绿色能源就地就近供能、分散供能,能源微网互联互通,模块间互为备用,增加系统安全性能。

二是多源统筹,多级协同,保障能源供应安全。外来能源与本地能源相互补充,城市级、区域级、用户级能源供应网络相互协同。

4.3 面向交通便捷度不足的韧性提升措施

济南市交通便捷度不足体现在:中心城区道路网密度低($6.3\text{ km}/\text{km}^2$);平均通勤距离长(8.3 km);高峰小时机动车行驶速度慢($19.5\text{ km}/\text{h}$);轨道交通建设滞后,覆盖通勤比例低。

一是加速骨架道路成网,形成“七横四纵一环”快速路网;建设跨黄通道及疏解干道,加强黄河两岸交通联系。

二是优化关键节点及匝道出入口交通组织,治理燕山立交、全福立交等交通拥堵节点。

三是推进轨道交通建设,建立“七横八纵、闭环成网”的轨道交通网。

四是推动智慧交通建设,促进动静交通融合发展。

五是推进交通基础设施适老化改造,应对人口老龄化发展趋势。

5 近期十大韧性城市建设行动

坚持“问题导向、政策导向、轻重缓急、专规衔接”的原则,制定了近期十大韧性城市建设行动实施计划,明确重点任务、责任主体及时间安排,并已转化成政府各部门的日常工作和实际项目。

以十大行动之一的“现代化城市消防体系完善行动”为例,其目标任务是到2025年消防救援站责任区基本覆盖中心城区建设用地,5 min可达范围覆盖所有高风险区域。工作重点包括增建消防救援站、提升城市消防通信设施水平、完善城市消防供水体系、建立消防救援联动机制等。

6 结 语

韧性城市建设是一项庞大的系统工程,应坚持长远理念、系统思维,将韧性理念贯穿到城市规划、建设、管理各环节,构建一体规划、协同保障、多元治理的城市韧性体系,提前分析识别可能遇到的各类风险挑战,统筹谋划对策措施、建立应急预案,着力提高城市的风险应对能力,为城市高质量发展创造长期稳定安全的环境。

本文的研究结果和经验可为韧性城市建设专项规划的编制提供思路和规划方法,并实现规划的落地与实施。未来如何在规划中整合不同领域的知识和专业技术,更好地推进韧性城市建设,充分利用智能化、数字化和大数据分析等手段,提高对风险的预测能力和城市应对风险的决策能力,是亟待进一步解决的问题。

参考文献:

- [1] HOLLING C S. Resilience and Stability of Ecological Systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973(4): 1-23.
- [2] UN-Habitat. Planning for Resilience: A Guidebook for Reducing Vulnerability to Disasters[EB/OL]. (2012-01-25)[2023-06-30]. <https://unhabitat.org/books/planning-for-resilience-a-guide-book-for-reducing-vulnerability-to-disasters/>.

- [3] MEEROW S, NEWELL J P, STULTS M. Defining urban resilience: A review[J]. Landscape and Urban Planning, 2016(147): 38–49.
- [4] 王乃昂, 姚尧. 中国城市韧性规划研究现状与思考[J]. 城市规划学刊, 2018(4): 82–89.
- [5] 朱婷婷, 李永红. 韧性城市与城市规划[J]. 城市规划, 2018, 42(10): 31–36.
- [6] 王贺, 杨露, 叶婧. 韧性城市理论在中国的发展及其对策建议[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(1): 90–98.
- [7] 叶梓萱, 杨忠岳, 陈兴泽. 韧性城市发展中的社区参与机制及路径研究——基于国内外案例的视角[J]. 地理科学进展, 2020, 39(5): 786–796.
- [8] Rockefeller Foundation. Resilient100: Building Urban Resilience in 100 Cities[EB/OL]. (2019-01-01)[2022-03-15]. <https://www.rockefellerfoundation.org/our-work/topics/urban-resilience/resilient-cities/>.
- [9] YAMAMOTO L. Urban Resilience in Japan: Case Studies on Disaster Response and Recovery[J]. Journal of Disaster Research, 2016, 11(5): 808–817.
- [10] SINGH R. Urban Infrastructure in Smart Cities [J]. National Journal of Multidisciplinary Research and Development, 2017, 2(5): 190–194.
- [11] DUTTA S, BHATTACHARYA R, SHINDE V. Disaster resilient infrastructure in Indian cities: A case study of Chennai floods[J]. Journal of Cleaner Production, 2018(202): 466–476.
- [12] CHELLERI L, WATERS J J, OLAZABAL M. Health and Green Infrastructure in Urban Planning: A Review[J]. Environmental Health Perspectives, 2015, 123(11): 1146–1155.
- [13] 戴慎志. 城市综合防灾规划[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com