

# 5G 无线网络工程建设质量与安全关键风险点分析与管控研究

刘亚杰<sup>1</sup> 刘小龙<sup>1</sup> 孙婉超<sup>1</sup> (通讯作者) 李志龙<sup>1</sup> (通讯作者) 潘成灿<sup>2</sup>

1 公诚管理咨询有限公司, 广东广州, 510660;

2 广州地铁集团有限公司运营事业总部, 广东广州, 510220;

**摘要:** 第五代移动通信技术 (5G) 作为新一代信息技术的核心支撑和数字经济的重要基础, 具备高速度、低时延、高可靠、大连接等技术特性, 正推动社会生产生活方式的深度变革。我国 5G 建设已取得全球领先成就, 截至 2023 年 5 月底, 累计建成 5G 基站 284.4 万个, 移动物联网终端用户突破 20.5 亿, 实现所有地级市城区和县城城区全覆盖。然而, 5G 工程建设面临技术复杂、高风险环节密集、建设节奏快等多重挑战, 安全质量风险呈显著上升态势。本文通过对比 5G 与 4G 工程建设的场景、内容及配套需求差异, 系统梳理 5G 建设中配套工程和主设备工程的关键风险点, 提出针对性管控策略, 为提升 5G 工程建设质量、防范安全事故提供技术支撑和实践指导。

**关键词:** 5G; 工程建设; 质量管控; 安全风险; 风险防控

**DOI:** 10.64216/3104-9680.25.01.008

## 1 引言

### 1.1 研究背景

随着移动数据流量的爆炸性增长、海量设备连接需求的凸显以及各类新业务应用场景的持续涌现, 5G 技术应运而生并快速落地。5G 网络以全新的网络架构, 提供至少十倍于 4G 的峰值速率、毫秒级的传输时延和千亿级的连接能力, 开启了万物广泛互联、人机深度交互的新时代。我国高度重视 5G 产业发展, 经过标准研发、频段试验、商用许可、试验网建设、首批商用等关键阶段, 目前已进入大规模全面建设时期, 建成全球规模最大、技术最先进的 5G 宽带网络基础设施。

但在 5G 建设高速推进过程中, 安全质量问题日益突出。5G 工程建设呈现组网方式变革大、建设场景多样化、吊装作业多、登高操作频繁、涉电环节密集等特点, 全国每周建设超过 1 万个基站的高节奏建设模式, 使得工程质量、人身安全和网络安全事故风险大幅提升。据统计, 2023 年 1-5 月广东省内 5G 工程发现质量问题 2000 多个, 安全隐患 900 多处, 其中加固类、接地类、防火类问题高发, 严重影响 5G 网络建设质量和运营安全。因此, 系统分析 5G 建设安全质量关键风险点并制定科学管控措施, 具有重要的现实意义和应用价值。

### 1.2 研究目的与意义

(1) 研究目的: 明确 5G 工程建设与 4G 的核心差

异, 识别配套工程和主设备工程中的安全质量关键风险点, 建立科学完善的风险管控体系, 为 5G 工程建设提供标准化、规范化的管控指引。

(2) 研究意义: 理论层面, 丰富 5G 工程建设安全质量管控的理论体系, 为后续相关研究提供参考; 实践层面, 有效降低 5G 建设中的人身伤害、设备损伤和网络中断风险, 保障 5G 网络建设质量和运营稳定性, 推动 5G 产业健康可持续发展。

### 1.3 研究内容与框架

本文首先梳理全国 5G 建设总体情况及发展历程; 其次对比分析 5G 与 4G 工程建设在场景、内容及配套需求方面的差异; 然后系统识别 5G 配套工程和主设备工程的安全质量关键风险点; 最后针对性提出风险管控指引和保障措施, 形成完整的 5G 建设安全质量管控体系。

## 2 全国 5G 建设总体情况

### 2.1 5G 建设发展历程

我国 5G 建设循序渐进, 历经六个关键发展阶段, 逐步实现从技术研发到规模商用的跨越式发展:

2018 年 9 月: 中国 5G 技术研发试验第三阶段测试完成, 采用 3GPP 国际标准, 制定了全部试验规范, 为后续建设奠定技术基础;

2018 年 12 月: 工业和信息化部向中国电信、中国移动、中国联通发放 5G 系统中低频段试验频率使用许

可，开启频段试验工作；

2019 年 6 月：工信部向中国电信、中国移动、中国联通、中国广电四家企业发放 5G 商用牌照，标志着我国 5G 正式进入商用阶段；

2019 年 10 月：北京、上海、广州、深圳等重点城市相继完成 5G 试验网建设，为大规模商用积累实践经验；

2019 年 11-12 月：各运营商陆续宣布首批 50 个 5G 商用城市，截至 2019 年底全国建成 5G 基站超过 13 万个；

2020 年至今：全国 5G 进入大规模建设阶段，受疫情后经济复苏和数字经济发展需求驱动，2022 年起进入建设冲刺期，网络覆盖范围持续扩大，建设质量不断提升。

## 2.2 5G 建设现状

截至 2023 年 5 月底，我国 5G 建设取得显著成效：累计建成 5G 基站 284.4 万个，移动物联网终端用户突破 20.5 亿，实现所有地级市城区和县城城区的全覆盖，网络覆盖广度和深度持续提升。目前我国已建成全球规模最大、技术最先进的 5G 宽带网络基础设施，5G 网络在工业互联网、智慧医疗、智慧交通、智慧城市等领域的应用场景不断丰富。未来 2~3 年，随着新基建政策的持续推进和应用需求的不断增长，我国 5G 网络建设仍将保持持续推进态势，基站数量、覆盖范围和应用深度将进一步提升。

## 2.3 5G 建设安全质量风险总体态势

5G 工程建设的技术复杂性、高风险环节密集性和高节奏建设特性，导致安全质量风险防控压力剧增。与 4G 建设相比，5G 建设在组网架构、设备特性、配套需求等方面发生根本性变化，设备重量加大、电源功耗增加、天馈改造频繁，使得设备吊装、加电操作和高空作业带来的人身伤害、设备损伤风险大幅上升；同时，5G 对传输资源、电源容量等配套资源的需求剧增，资源不匹配问题容易引发网络安全、设备损毁及人身伤亡事故。2023 年上半年全国 5G 工程建设质量和安全隐患突发增长，凸显了当前 5G 建设安全质量管理的紧迫性和重要性，亟需建立针对性的风险管控体

系。

## 3 5G 与 4G 工程建设对比分析

### 3.1 建设场景对比

(1) 4G 建设场景：4G 网络采用 D-RAN 和 C-RAN 两种部署方式。D-RAN 方式中 RRU 与 BBU 同站部署，建设场景主要包括塔站+机房/一体化机柜、楼面站+机房/一体化机柜；C-RAN 方式中 RRU 与 BBU 拉远部署，建设场景除塔站、楼面站外，还包括各类复杂场景的微站，但整体场景相对单一，受室外环境影响较小。

(2) 5G 建设场景：5G 标准对 BBU 功能进行重新定义，拆分为 CU(集中单元)和 DU(分布单元)两个功能实体，因此 5G 除保留传统 D-RAN 和 C-RAN 部署方式外，新增 CU 云化部署方式。5G 部署不仅需要适应 4G 的各类建设场景，还能适配车站、灯杆/杆站、电话亭、挂墙、广告牌、楼顶等更多复杂室外环境。CU 与 DU 分离、云化部署的特性，使得 5G 建设受室外环境影响的不确定风险更高，对传输资源的需求量也大幅增加。C-RAN 方式下的微站安装方式如图 1 所示。

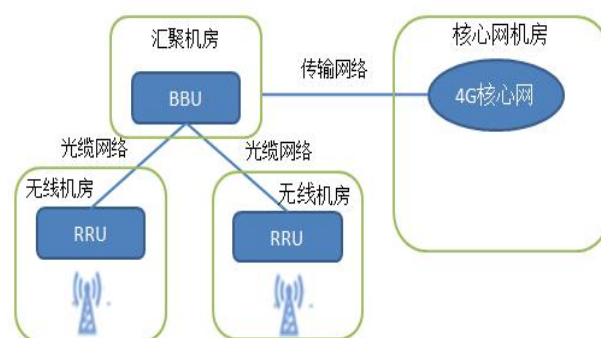


图 1：5G C-RAN 方式下的微站安装方式

### 3.2 建设内容对比

(1) D-RAN 建设方式对比：D-RAN 方式下，5G 与 4G 建设内容存在显著差异（见表 1）。天馈方面，5G 大规模 MIMO 阵列天线已集成到 AAU，不再单独安装天线，且由于天面资源紧张，多数站点需进行天面改造，移动 4G 频与 5G 频段重复的站点还需进行合路改造；设备特性方面，5GAAU 重量和功耗是 4GRRU 的 2-3 倍，BBU 功耗是 4G 的 4-5 倍；电源需求方面，5G 基站需 2 路 100A 的直流输入，远高于 4G 需求；光模块方面，5G 设备采用 25G 和 100G 大容量光模块，传输能力显著提升。

表 1：D-RAN 建设方式下 5G 与 4G 建设内容对比

| 建设内容    | 4G 是否涉及 | 5G 是否涉及 | 5G 主要区别  |
|---------|---------|---------|--|
| 天馈      | √       | —       | 大规模 MIMO 阵列天线集成到 AAU，无需单独安装；天面资源紧张需改造；移动 4GD 频与 5G 频段重复需合路改造 |
| 分布式设备   | √       | √       | AAU 设备重量和功耗是 RRU 的 2-3 倍                                     |
| 基站设备    | √       | √       | BBU 功耗是 4G 的 4-5 倍   |
| 直流电配电设备 | √       | √       | 需 2 路 100A 的直流输入，满足高功耗需求                                     |
| 尾纤      | √       | √       | 使用 25G 和 100G 大容量光模块，传输性能提升                                  |

（2）C-RAN 建设方式对比：C-RAN 方式下，5G 与 4G 建设内容差异进一步扩大（见表 2）。除天馈和分布式设备的差异外，电源方面 5GAAU 需 220V 交流输入，且线径至少 2.5 平方毫米；基站设备方面，单个

BBU 功耗显著增加，且需集中部署 5 到 18 个设备，电源容量需求大幅提升；；无源/有源波分设备同样采用 25G 和 100G 光模块，满足大容量传输需求。

表 2：C-RAN 建设方式下 5G 与 4G 建设内容对比

| 建设内容    | 4G 是否涉及 | 5G 是否涉及 | 5G 主要区别   |
|---------|---------|---------|---|
| 天馈      | √       | —       | 大规模 MIMO 天线集成到 AAU；天面需改造；移动 4GD 频与 5G 频段重复需合路改造 |
| 分布式设备   | √       | √       | AAU 设备重量和功耗是 RRU 的 2-3 倍                        |
| 交流电配电设备 | √       | √       | 需 220V 交流输入，线径至少 2.5 平方毫米                       |
| 基站设备    | √       | √       | 单个 BBU 功耗提升，需集中部署 5-18 个设备，电源容量需求大增             |
| 无源/有源波分 | √       | √       | 使用 25G 和 100G 大容量光模块                            |
| 尾纤      | √       | √       | 无显著差异，适配大容量光模块传输                                |

综合来看，5G 工程建设在天馈部分和电源部分变化最为突出，设备重量加大、电源功耗增加和天馈改造频繁，导致设备吊装、设备加电和长时间高空作业带来的人身伤害、设备损伤和网络中断风险大幅高于 4G 建设。

3.3 配套需求对比

5G 工程建设对杆塔、天面、电源、光纤、传输等配套资源的需求较 4G 呈爆发式增长（见表 3），配套资源的匹配程度直接影响工程建设安全质量。

表 3：5G 与 4G 建设配套需求对比

| 配套内容 | 4G 是否涉及 | 5G 是否涉及 | 5G 主要区别   |
|------|---------|---------|---|
| 杆塔   | √       | √       | 无需 D 频改造站点：新增 5GAAU 需增加平台并核实承重；涉及 D 频站点：拆除 D 频设备后新增 AAU，承重变化不大  |
| 天面   | √       | √       | 楼面抱杆：独立天面直接替换或新建/利旧抱杆；天面空间不足时通过多端口天线收编存量天线；美化外罩需错位安装、加大尺寸并强化散热  |
| 电源   | √       | √       | D-RAN 方式：功耗 3-4KW，需 2 路 100A 输入，电池扩容保障备电 2 小时以上；C-RAN 方式：AAU 需 220V 交流输入，BBU 单个需 42A 输入，电池扩容保障备电 3 小时以上 |
| 光纤   | √       | √       | C-RAN 方式下基站密度更高，光纤资源需扩容   |
| 传输   | √       | √       | 接入环需升级至 50/100G 的 PTN 环   |

配套资源需求的剧增使得资源不匹配问题成为 5G 建设的突出风险点，容易引发网络安全事故和人身伤亡事故，对配套资源的规划、建设和管控提出了更高要求。

4 5G 工程建设安全质量关键风险点分析

4.1 配套工程安全质量关键风险点

5G 配套工程涵盖杆塔、天面、电源等关键部位，各部位存在多个安全质量风险点，直接影响工程建设安全和网络运行稳定性（见表 4）。

表 4：5G 配套工程安全质量关键风险点

| 风险部位 | 风险点    | 风险描述                   |
|------|--------|------------------------|
| 杆塔   | 承重     | 承重不合格引发倒塔事故            |
|      | 平台焊接固定 | 平台焊接固定不合格造成人员坠落和物体打击事故 |

| 风险部位 | 风险点       | 风险描述                     |
|------|-----------|--------------------------|
| 天面   | 防雷接地      | 防雷接地不合格造成设备雷击损坏          |
|      | 抱杆紧固      | 抱杆紧固不合格引发倒杆事故            |
|      | 美化外罩固定与散热 | 固定不合格引发倒塌事故；未做散热处理引发设备损伤 |
|      | 防雷接地      | 防雷接地不合格引发雷击事故            |
| 电源   | 外电引入      | 外电引入容量或线径不合理引发电源火灾       |
|      | 直流电源      | 直流电源模块容量不合理引发电源火灾或设备过载   |
|      | 开关熔丝      | 开关熔丝容量不合理引发设备过载或电源火灾     |
|      | 电池安装      | 电池安装不规范引发燃爆或无法满足断电保障     |
|      | 保护接地      | 保护接地不合格引发触电事故            |

4.2 主设备工程安全质量关键风险点

5G 信号传输的核心环节，其安全质量直接影响网络覆盖和传输性能，主要风险点见表 5。

(1) 天馈系统安全质量关键风险点：天馈系统是

表 5：5G 天馈系统改造安全质量关键风险点

| 风险点  | 风险描述                   |
|------|------------------------|
| 天线改造 | 天面整合操作时间过长引发断站超时       |
| 馈线防水 | 未做好防水引起驻波比超过规定标准       |
| 高空作业 | 未做好安全防护措施引发高空坠落事故      |
| 天线吊装 | 吊装操作不规范引发物体坠落伤人事故和天线损伤 |

(2) 设备安装安全质量关键风险点：设备安装环节涉及 AAU 和 BBU 等核心设备，操作不当易造成设备

损毁和人员伤亡，主要风险点见表 6。

表 6：5G 设备安装安全质量关键风险点

| 风险部位   | 风险点  | 风险描述                   |
|--------|------|------------------------|
| AAU 安装 | 设备吊装 | 吊装操作不规范引发物体坠落伤人事故和设备损伤 |
|        | 设备固定 | 设备固定不牢固引发物体坠落伤人事故      |
|        | 电源线径 | 线径不足引发火灾或者断站事故         |
|        | 防雷接地 | 防雷接地不合格引发雷击事故          |
|        | 高处作业 | 未做好安全防护措施引发高空坠落事故      |
|        | 设备加电 | 加电作业不规范引发触电、设备损毁和人员伤亡  |
|        | 有限空间 | 微站复杂狭小环境下引发触电和人员伤亡     |
| BBU 安装 | 设备固定 | 设备固定不合格引发设备损毁          |
|        | 保护接地 | 保护接地不合格引发触电事故          |
|        | 电源线径 | 线径不足引发火灾或者断站事故         |
|        | 设备加电 | 加电作业不规范引发触电、设备损毁和人员伤亡  |
|        | 设备调测 | 调测安排不合理导致时间过长引发断站超时    |

(3) 电源安装安全质量关键风险点：电源安装是 5G 建设的高风险环节，涉及直流和交流配电单元，风

险点见表 7。

表 7：5G 电源安装安全质量关键风险点

| 风险部位   | 风险点  | 风险描述                  |
|--------|------|-----------------------|
| 直流配电单元 | 设备固定 | 设备固定不合格引发设备损毁         |
|        | 保护接地 | 保护接地不合格引发触电事故         |
|        | 电源线径 | 线径不足引发火灾或者断站事故        |
|        | 设备加电 | 加电作业不规范引发触电、设备损毁和人员伤亡 |
| 交流配电单元 | 设备固定 | 设备固定不合格引发设备损毁         |
|        | 保护接地 | 保护接地不合格引发触电事故         |
|        | 电源线径 | 线径不足引发火灾或者断站事故        |
|        | 设备加电 | 加电作业不规范引发触电、设备损毁和人员伤亡 |

5 5G 工程建设安全质量关键风险点管控指引

针对电源配套的五大关键风险点，制定明确的标准要求和管控措施，确保电源系统安全稳定运行（见表 8）。

5.1 电源配套安全质量关键风险点管控

表 8：电源配套安全质量关键风险点管控指引

| 风险点                      | 标准要求  | 管控措施                             |
|--------------------------|---|----------------------------------|
| 外电引入（容量或线径不合理引发电源火灾）     | 外电引入电缆线径不小于 25mm <sup>2</sup> ；外电电压范围 210V-230V               | 施工单位现场核查外电电缆线径，使用钳表测试外电电压        |
| 直流电源（容量不合理引发电源火灾或设备过载）   | 新增同型号的整流模块，整站容量至少预留 4KW 的直流容量                                 | 施工单位施工前检查整流模块容量是否满足要求，指示灯是否正常    |
| 开关熔丝（容量不合理引发设备过载或电源火灾）   | 机房电源系统应提供 2 路 100A 的空开或熔丝                                     | 施工单位施工前检查机房是否提供 2 路 100A 空开或熔丝   |
| 电池安装（不规范引发燃爆或无法满足断电保障要求） | 各节电池之间的连接条要正确牢固，电源线采用 95mm <sup>2</sup> 电缆；新增电源容量需满足 2 小时备电要求 | 施工单位施工前检查电池安装是否正确牢固，电源容量是否满足备电要求 |
| 保护接地（不合格引发触电事故）          | 各类电源设备外壳采用不小于 35mm <sup>2</sup> 地线连接到保护地排                     | 施工单位施工前检查机房电源设备地线线径以及地线安装是否牢固    |

## 5.2 主设备工程安全质量关键风险点管控

控需严格遵循操作标准，确保施工质量和作业安全（见表 9）。

## (1) 天馈系统安全质量管控：天馈系统风险点管

表 9：天馈系统安全质量关键风险点管控指引

| 风险点                    | 标准要求  | 管控措施                                |
|------------------------|---|-------------------------------------|
| 天线改造（操作时间过长引发断站超时）     | 优先安装 F 频天线，再拆除 FAD 天线，按逐个小区闭站拆装原则操作                             | 施工单位制定详细施工计划，监理单位全程监督施工时长           |
| 馈线防水（未做好防水引起驻波比超标）     | 馈线头处必须做“1+1+1”防水处理  | 施工单位按规范实施防水操作，完工后进行驻波比测试            |
| 高空作业（未做好防护引发高空坠落）      | 作业人员必须具备高空特种作业证；作业前穿戴好安全帽、安全带、防滑鞋；现场在塔高 1.05 倍范围内实施围蔽；作业安全带高挂低用 | 施工单位施工队长作业前进行安全交底，人员持证上岗；监理单位现场检查监督 |
| 天线吊装（操作不规范引发物体坠落和设备损伤） | 吊装天线时用绳索绑扎牢固，绳索无老化、磨损   | 施工单位选用合格吊装绳索，规范绑扎操作；监理单位现场核查        |
| GPS 防水（未做好防水引起时延过高）    | 内部馈线头处做“1+1+1”防水，N 型接头拧紧到 GPS 天线                                | 施工单位按规范做好防水并拍照记录；监理单位检查复核           |
| GPS 防雷（未做好防雷引起设备损坏）    | 设备按要求安装防雷模块   | 施工单位按安装要求部署防雷模块；监理单位检查复核            |

## (2) AAU 安装安全质量管控：AAU 作为 5G 核心设备，安装环节需严格把控各风险点（见表 10）。

表 10：AAU 安装安全质量关键风险点管控指引

| 风险点                    | 标准要求  | 管控措施                         |
|------------------------|---|------------------------------|
| 设备吊装（操作不规范引发物体坠落和设备损伤） | 使用定滑轮、吊装绳、牵引绳等专用工具；塔高 1.05 倍范围内实施安全围蔽；至少 4 人参与作业（3 人拉吊装绳，1 人控制牵引绳）  | 施工单位配备专用工具并规范作业流程；监理单位现场监督   |
| 设备固定（不牢固引发物体坠落伤人）      | 严格按厂家安装手册操作，采用不小于 M10 的螺母固定   | 施工单位按标准固定设备；监理单位检查固定强度       |
| 电源线径（不足引发火灾或断站事故）      | 华为设备：70m 内用 6mm <sup>2</sup> 电源线，70-100m 用 10mm <sup>2</sup> ；中兴设备：60m 内用 10mm <sup>2</sup> 电源线，60-100m 用 16mm <sup>2</sup> | 施工单位按设备型号和距离选用电源线；监理单位核查线径规格 |
| 防雷接地（不合格引发雷击事故）        | 使用 16mm <sup>2</sup> 地线就近接到室外地排，布线长度不超过 1.5m  | 施工单位按规范部署地线；监理单位检查地线线径和布线长度  |
| 设备加电（操作不规范引发触电和设备损毁）   | 逐级加电（先直流配电单元，后 AAU）；加电前测量空开电压（-36V 至 -57V）；加电工具做好绝缘保护   | 施工单位按流程操作，做好电压测量记录；监理单位现场监督  |
| 有限空间（复杂狭小环境引发触电和人员伤害）  | 长期密闭环境通风不少于 30 分钟并进行毒气检测；不明线缆或金属物体用试电笔确认不带电后作业  | 施工单位做好环境检测和安全确认；监理单位核查检测记录   |

## (3) BBU 安装安全质量管控：BBU 安装需重点关注设备固定、接地、电源和加电操作（见表 11）。

表 11：BBU 安装安全质量关键风险点管控指引

| 风险点                  | 标准要求   | 管控措施                        |
|----------------------|--|-----------------------------|
| 设备固定（不合格引发设备损毁）      | 严格按厂家安装手册进行安装固定  | 施工单位规范安装操作；监理单位检查固定情况       |
| 保护接地（不合格引发触电事故）      | 使用不小于 16mm <sup>2</sup> 地线连接机柜接地汇流条或室内地排，液压钳制作铜鼻子并套热缩管   | 施工单位按规范部署地线；监理单位检查地线规格和安装质量 |
| 电源线径（不足引发火灾或断站事故）    | 华为设备使用 6mm <sup>2</sup> 电源线；中兴设备使用 10mm <sup>2</sup> 电源线 | 施工单位按设备型号选用电源线；监理单位核查线径     |
| 设备加电（操作不规范引发触电和设备损毁） | 逐级加电（先直流配电单元，后 BBU）；加电前测量空开电压（-36V 至 -57V）；加电工具做好绝缘保护    | 施工单位按流程操作并记录电压数据；监理单位现场监督   |

(4) 光纤敷设安全质量管控：光纤敷设质量直接影响传输性能，需重点管控弯曲半径和高处作业安全（见表 12）。

表 12：光纤敷设安全质量关键风险点管控指引

| 风险点                   | 标准要求   | 管控措施                       |
|-----------------------|--|----------------------------|
| 线缆敷设（弯曲半径不合格导致光纤损耗过大） | 不允许折成直角，室外光缆最小拐弯半径 90mm，室内光纤 30mm；光缆进入机房采用滴水湾      | 施工单位按标准施工；监理单位检查弯曲半径和滴水湾设置 |
| 高处作业（未做好防护引发高空坠落）     | 作业人员具备高空特种作业证；穿戴安全帽、安全带、防滑鞋；塔高 1.05 倍范围内围蔽；安全带高挂低用 | 施工单位安全交底，人员持证上岗；监理单位现场监督   |

6 结论与展望

6.1 研究结论

本文通过对比 5G 与 4G 工程建设的场景、内容及配套需求差异，系统识别了 5G 建设中配套工程和主设备工程的安全质量关键风险点，并制定了针对性管控指引。研究表明：5G 工程建设在技术架构、设备特性和配套需求方面与 4G 存在本质区别，导致安全质量风险呈现多元化、复杂化特点，其中杆塔承重、天面改造、电源容量、设备吊装、高空作业等是核心风险点；通过明确标准要求、规范施工流程、强化监理监督等管控措施，可有效降低各类风险，保障 5G 工程建设质量和安全。

6.2 未来展望

随着 5G 技术的持续演进和应用场景的不断拓展，5G 网络建设将向更高速率、更宽带宽、更智能管控方向发展，建设规模和技术复杂度将进一步提升，安全质量风险防控面临新的挑战。未来可从三个方面深化研究：

一是结合人工智能、大数据等技术，建立 5G 建设安全质量风险智能预警系统，实现风险的提前识别和主动防控；

二是针对 5G-Advanced 等新一代技术特性，优化风险管控标准和流程，适应技术升级需求；

三是加强跨行业、跨区域的经验交流与合作，推广先进的风险管控实践，推动 5G 建设安全质量管控体系持续完善，为数字经济高质量发展提供坚实支撑。

参考文献

[1] 工业和信息化部. 5G 发展白皮书（2023 年）[R]. 2023.  
[2] 中国通信标准化协会. 5G 工程建设安全技术规范（YD/T5294-2022）[S]. 2022.  
[3] 工业和信息化部信息通信发展司. 2023 年 1-5 月通信业经济运行情况[R]. 2023.

作者简介：刘亚杰（1991-），女，河南周口人，本科，工程师任项目总监、高级专家，从事通信建设、机电工程及电力信息化相关工作 11 年；主要研究方向为宽带技术、无线技术、信息化开发及工程建设全过程管理等。

刘小龙（1987-），男，汉，广东深圳人，本科，工程师，任项目总监、技术专家；从事通信建设及电力信息化相关工作 16 年；主要研究方向为机电设备工程、通信工程建设及电力信息化。

潘成灿（1981-），男，广东广州人，本科学历，工程硕士，工程师，从事通信工程、地铁通信系统建设与维护等相关工作 22 年；主要研究方向为城市轨道交通通信工程建设及无线通信、视频监控、传输通信、调度通信、乘客信息服务等。

通讯作者：孙婉超（1985-），女，汉，黑龙江牡丹江人，研究生，高级工程师，任项目总监、咨询师、专家等。从事通信、信息化建设相关工作 20 年，主要研究方向为为系统开发研究、系统集成、信息化建设全过程管理等。

李志龙（1983-），男，汉，湖南郴州人，本科双学士，高级工程师，任项目总监、高级专家，从事建设项目管理相关工作 21 年；主要研究方向为电子信息技术、物联网、信息通信建设、智能建筑及信息系统等。