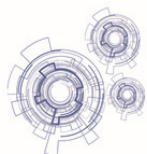


前言

本书立足新时代我国工程建设与管理实践的深刻变革，系统呈现土木、水利与建筑工程领域在工程管理理论、重大工程实践及交叉新技术融合方面的系统性思考与阶段性创新成果。当前，工程建设正从以规模扩张和效率提升为主，转向更加注重安全韧性、绿色低碳、数智赋能与系统协同的发展阶段。工程对象日益呈现多目标、多主体、多尺度深度耦合的复杂系统特征，传统以单一项目或单一阶段为中心的管理范式已难以有效应对新时代工程建设与运行所面临的不确定性与综合性挑战。在此背景下，构建面向复杂工程系统的现代工程管理理论与方法体系，具有重要的理论价值与现实意义。

围绕上述时代命题，全书内容组织遵循“理论构建—实践验证—技术支撑”的总体思路，力求在管理理念、工程实践与关键技术之间建立清晰而紧密的内在联系，形成一个从宏观治理理念到微观工程实施、从典型问题剖析到未来发展路径的完整知识框架。

第一篇“工程管理理论进展”，集中探讨面向复杂工程系统的工程管理新理念、新框架与新方法，为全书奠定方法论基础。该篇从不同侧面回应新时代工程管理所面临的核心问题：工程建设活动如何与科技创新形成协同机制，数智技术如何重塑工程全生命周期管理模式，城市与工程系统安全如何在复杂风险环境下进行系统性认知与治理，以及建筑工程如何通过“前策划后评估”的闭环机制实现持续优化。该篇从融合管理、数智赋能、安全韧性与全过程闭环等多个关键维度，构建起一个相互补充、彼此支撑的工程管理理论体系，共同指向面向复杂性、智能化与可持续发展的工程管理新范式。



第二篇“重大工程管理实例”，通过一系列具有代表性的重大工程案例，对相关理论方法进行实践层面的检验与展示。该篇案例覆盖工程运行安全、复杂功能需求、流域级生态治理及跨国工程协同等不同层次的复杂工程场景，系统呈现工程管理在不同尺度、不同情境下的应对策略与组织能力。这些案例围绕“问题识别—组织协同—技术支撑—治理成效”展开方法论实践，总结出具有可迁移价值的管理理念与实施路径。通过由单体结构到区域系统、由国内工程到国际工程的多样化实践，该篇整体勾勒出工程管理在应对复杂系统、跨界协同与不确定性风险方面的能力图谱。

第三篇“交叉新技术的发展和应用”，着眼于支撑工程管理目标实现的关键技术体系，重点展示绿色低碳、数智安全、智慧建造与新能源工程等领域的前沿进展。该篇强调技术发展与工程管理需求之间的双向互动关系，这些新技术在工程管理目标牵引下形成问题导向型技术体系。工程“双碳”技术为行业绿色转型提供了基础性约束与实现路径，城市工程安全数智技术为复杂系统风险感知与韧性提升提供了工具支撑，北京冬奥会智慧场馆与海上风电工程则集中体现了相关技术在重大工程与新型基础设施中的系统集成与规模化应用。该篇内容从理念目标、技术手段到工程实践，进一步夯实了前两篇关于工程管理理论与实践的技术基础。

本书三篇内容相互呼应、协同展开，形成了一个“以理论为引领、以实践为检验、以技术为支撑”的有机整体。我们期望通过对这一体系的系统阐述，为工程管理领域的学者、研究生、工程技术人员及相关决策者提供一份兼具理论深度、实践广度与未来视野的综合性参考。书中难免存在疏漏与不足之处，诚恳期待各位读者批评指正。

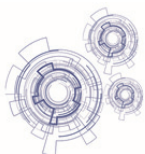
编 者

2026年1月

目 录

第一篇 工程管理理论进展

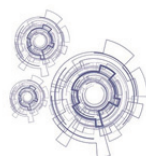
第 1 章 工程建设与科技创新融合管理方法	003
1.1 概述	003
1.2 工程建设与科技创新融合管理机理	007
1.3 工程科技创新价值共创机制与实现路径	014
1.4 工程建设与科技创新融合管理策略	023
本章小结	027
参考文献	028
第 2 章 数智时代的工程管理	029
2.1 概述	029
2.2 工程管理数智化转型	030
2.3 工程智能规划与设计	033
2.4 数智化生产与施工管理	039
2.5 数智化运行与维护管理	045
本章小结	048
参考文献	049



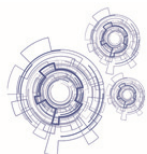
第3章 城市安全“风险源-承灾体-减灾力”理论	051
3.1 概述	051
3.2 城市安全新特征与理论新需求	052
3.3 城市安全“风险源-承灾体-减灾力”理论内涵	058
3.4 城市安全“风险源-承灾体-减灾力”理论外延	067
本章小结	077
参考文献	077
第4章 建筑工程“前策划后评估”理论	079
4.1 概述	079
4.2 建筑工程“前策划后评估”的技术方法	082
4.3 不同项目管理模式下的“前策划后评估”	090
4.4 “前策划后评估”的应用	095
本章小结	105
参考文献	105

第二篇 重大工程管理实例

第5章 赛格广场5·18异常振动事件调查	109
5.1 概述	109
5.2 异常振动事件调查详细历程	114
5.3 异常振动事件调查分析内容	119
5.4 项目技术与管理重大创新	131
本章小结	135
参考文献	137
第6章 某训练基地工程管理与技术创新	139
6.1 概述	139
6.2 工程管理	142
6.3 建筑理论发展与工程实践创新	147
6.4 工程应用成效	162
本章小结	163
参考文献	164
第7章 黄河泥沙工程管理、技术创新与实践	165
7.1 概述	165



7.2 黄河泥沙工程管理创新	166
7.3 黄河泥沙工程技术创新	172
7.4 水库工程泥沙控制管理与技术创新应用实践	184
7.5 河流泥沙调控管理与技术创新实践成效	191
本章小结	194
参考文献	195
第8章 复杂环境下的中老铁路建设管理和技术创新	197
8.1 概述	197
8.2 中老铁路建设管理创新主要举措	202
8.3 中老铁路建设技术创新主要举措	216
本章小结	223
参考文献	226
 第三篇 交叉新技术的发展和应用	
第9章 工程“双碳”新技术	231
9.1 概述	231
9.2 工程材料减碳新技术	235
9.3 工程碳排放评价与管理技术	240
9.4 工程“双碳”新技术案例与实践	246
本章小结	258
参考文献	259
第10章 城市工程安全数智技术	261
10.1 概述	261
10.2 基于认知过程的早期预警防护技术	262
10.3 基于人-物混合仿真驱动的长效干预技术	268
10.4 城市基础设施韧性的推演与评估技术	275
10.5 基于人感的城市基础设施状态研判技术	280
10.6 基于人感的城市系统超网络建模技术	285
本章小结	294
参考文献	294
第11章 北京冬奥会智慧场馆建设关键技术	296
11.1 概述	296



11.2 场馆高性能结构智能建造技术	297
11.3 场馆人工赛道高质量形成技术	305
11.4 场馆智慧运维技术	315
11.5 场馆智慧服务技术	322
本章小结	329
参考文献	330
第 12 章 海上风电场建设关键技术与规模化应用	333
12.1 概述	333
12.2 海上风力发电与输变电技术	339
12.3 海上风电场环境评估与资源高效利用技术	349
12.4 海上风电机组基础设计施工技术	361
12.5 海上风电安全监测评估技术与装备	367
本章小结	374
参考文献	374

第一篇

工程管理理论进展

本篇“工程管理理论进展”围绕“土木、水利、建筑领域工程管理的全周期升级与系统适配”这一核心命题，系统构建一个从驱动创新到闭环优化的完整理论框架。本篇四章内容逻辑紧密衔接、功能互为支撑，共同呈现理论演进内在脉络。

“工程建设与科技创新融合管理方法”是基础层。该章着眼于工程管理的根本驱动力，深入剖析在土木、水利与建筑工程中建设活动与技术创新之间的辩证统一关系，构建调和执行确定性与创新探索性的系统性融合管理框架。该章为后续各章探讨如何在具体管理实践中实现创新引领、技术赋能和价值闭环提供了根本性的理论指引。

“数智时代的工程管理”是工具层。当科技创新与工程建设深度融合后，数智技术（大数据、人工智能、物联网、数字孪生等）成为推动管理升级的关键工具。该章对工程管理进行系统性重构，推动其从“经验驱动”转向“数据驱动”，实现信息、协同与交付模式的根本变革。该章内容覆盖从智能规划与设计、数智化生产施工到智慧运维的全生命周期，为核心理论的落地与实践提供了关键的技术路径与工具集。

“城市安全‘风险源-承灾体-减灾力’理论”是保障层。土木、水利、建筑工程的最终成果是城市运行的重要承载体，而数智化让城市呈现复杂巨系统特征。该章提出的“风险源-承灾体-减灾力”理论

旨在应对这种复杂性，实现工程成果在城市系统中的安全适配。该理论通过分析风险源、承灾体、减灾力之间的动态关系，为工程管理的可持续性提供保障，承接数智时代管理工具带来的系统变革，确保工程建设成果在城市运行中的稳健性。

“建筑工程‘前策划后评估’理论”是闭环层。该章系统阐述以建筑策划为先导的科学决策方法，以及以使用后评估为反馈的实证检验机制。两者共同构成的“前策划后评估”闭环旨在将经验驱动转变为数据与证据驱动，确保工程从概念诞生、设计建造到运营维护的全过程都能基于客观评价进行迭代优化。该理论不仅是提升单个项目品质的关键，更是推动行业知识积累、标准进化与设计实践持续改进的核心机制。

综上所述，本篇四章依次构建“思想基础—赋能工具—系统保障—闭环机制”的理论体系。它们从管理创新的源头出发，经由技术手段的强力赋能，拓展至与城市系统协同的安全维度，最终落脚于依托实证反馈的全生命周期价值创造与知识循环。该理论进展不仅系统回应了行业发展对科学化、智能化、可持续化管理的迫切需求，也为后续重大工程实践的总结与前沿交叉技术的应用奠定了坚实的逻辑基础与概念框架。

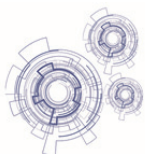
第1章

工程建设与科技创新融合管理方法

1.1 概述

随着全球化竞争不断深化与可持续发展要求持续提高，工程建设行业正处于由规模扩张向质量跃迁转型的关键阶段。传统工程建设模式长期依赖要素投入驱动，面临技术密集度低、资源消耗高、全要素生产率增长缓慢等结构性挑战^[1]。与此同时，人工智能、数字孪生、新材料与绿色能源等前沿技术正在重塑工程建设的价值创造模式，为突破工程建设行业发展瓶颈提供了新路径^[2]。但科技创新与工程建设的深度融合并非简单技术叠加，亟须构建系统性、协同性的创新管理机制，破除技术落地过程中的组织壁垒、数据孤岛与标准缺失等核心制约。

目前，学者聚焦各类工程创新的形成机理开展深入研究。张亚坤等^[3]运用扎根理论构建了清洁能源工程科技创新的理论模型，揭示了其内在作用机制；王歌等^[4]从资源视角出发，分析了重大工程创新生态系统中不同创新主体的资源特征对创新价值涌现的复杂组态效应；傅海平等^[5]揭示了重大工程复杂装备创新活动的基本规律；栗小懿等^[6]则通过纵向单案例研究，阐释了重大工程协同创新的运行机理。在实践应用方面，工程建设领域的科技创新已取得初步成效，如智能监测系统优化施工流程^[7]、智能建造机器人提升作业精度^[8]、智能交通系统缓解城市拥堵^[9]。然而，当前技术创新碎片化，技术供



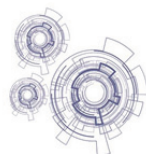
给与工程实际需求不匹配，传统管理模式难以适应快速的技术迭代节奏，尤其在跨学科协同、动态风险管控和全要素整合等方面缺乏系统支撑。这些问题不仅制约了科技成果转化效率和工程整体效益，甚至可能因技术应用失当引发新的风险。因此，如何构建与工程建设实践相适应的科技创新管理体系、如何构建与科技创新相适应的高效工程建设管理体系，并实现技术赋能与价值创造的有机统一，已成为推动行业高质量发展的核心议题。

本章以重大工程建设与科技创新管理为研究对象，重点探讨工程建设与科技创新之间的内在关联、支撑作用、矛盾冲突与融合路径。以辩证唯物主义和系统论为指导，探讨性地提出工程建设与科技创新融合管理的理论体系、实践路径与管理策略，通过对两大领域的系统整合，旨在为工程实践与科技创新的深度融合提供新视角与新路径，推动工程建设效率与科技创新效能协同提升。

1.1.1 理论基础

工程建设以既定目标为导向，依托标准化流程、层级化管控与过程审计机制，在低不确定性环境下构建高效执行体系。长期以来，工程建设管理依托组织权变理论（organizational contingency theory）作为理论支撑。组织权变理论作为经典管理理论，强调组织架构、管理策略与环境特征之间的动态适配。然而，随着工程复杂性不断提升，工程建设与科技创新的深度融合已成为工程管理发展的必然趋势。科技创新作为一种具有高度探索性的技术实践，其发展依赖宽松环境与风险容错机制，强调突破性思维；工程建设则依赖标准化流程保障与刚性目标约束。因此，两者融合本质上是确定性控制与探索性创新之间的范式碰撞。当这两种异质逻辑被纳入同一组织体系时，组织权变理论所主张的“非此即彼”适配机制难以从根本上调和执行确定性与创新突破性之间的张力。

组织二元性理论（organizational ambidexterity theory）为破解这一管理悖论提供了全新视角。该理论强调组织在动态复杂环境中应具备同时实现多个对立目标的能力。在组织学习研究中，组织二元性被定义为组织同步高水平开展探索性（exploration）与利用性（exploitation）活动的能力^[10]。在工程管理语境下，该理论体现为既要依靠刚性流程确保实现工程目标，又需构建弹性机制以培育创新动能。这一理念与工程建设与科技创新融合的内在要求高度契合。因此，本章以组织二元性理论作为分析科技创新与工程建设融合管理的理论基础。



1.1.2 工程建设中科技创新的二元性特征

工程建设与科技创新融合管理的二元性特征主要体现在环境、技术与组织三个维度。

在环境维度，工程环境的二元性体现为工程系统与自然系统持续交互的动态过程。项目初期，参建方常面临复杂地理条件、变质地质和气候扰动等多重不确定性，表现出强情境依赖性。随着工程项目推进，参建方对施工环境的认知不断深化，不确定性逐渐减弱，可预测性与稳定性相应增强。这一从初始混沌向结构化认知的转变深刻反映了工程环境固有的二元性特征。

在技术维度，工程环境的动态演进催生了技术层面的二元特性。随着工程环境的演变，不断涌现的新型工程问题要求技术体系持续迭代以适应环境变化，并最终驱动工程绩效的提升。然而，新技术在导入初期普遍具有较高不确定性，典型表现为底层机理尚未被充分掌握所导致的操作盲区，以及技术与实际工程场景之间存在适配间隙，使得参建主体出现知识断层与路径依赖。随着技术在实践中反复验证与推广，参建主体逐步完成从经验感知向系统掌握的认知跃迁，技术应用状态也由初期的概率性输出趋于稳定可控。这一从技术不确定性到工程可控性的演进路径深刻揭示了工程技术所具有的二元性特征。

在组织维度，二元性特征集中表现为结构模式的动态调适。在面对新环境、新技术和探索性创新时，组织需保持柔性、动态与灵活，以响应外界变化；而在熟悉的环境中应用成熟技术，更依赖有计划、可控制与刚性体系，确保工程实施的稳定和高效。这种刚柔并济的组织机制遵循“结构分离-交互整合”的二元范式^[11, 12]，成为组织层面二元性特征的核心体现。

1.1.3 融合管理框架

基于工程建设与科技创新融合管理所呈现的二元性特征（理论框架如图 1-1 所示），可识别出其核心挑战主要集中于要素匹配、组织整合与过程衔接等多个维度。有效应对这些挑战，对实现两者深度融合与系统协同具有重要意义。

要素匹配、组织整合与过程衔接共同构成了融合管理的三大核心维度。其中，要素匹配关注环境、技术、组织等要素间的系统性适配，其实质是管理者通过选择与调整组织模式，对外部环境特性与内部技术条件做出战略响应，以实现要素间的动态最优配置，

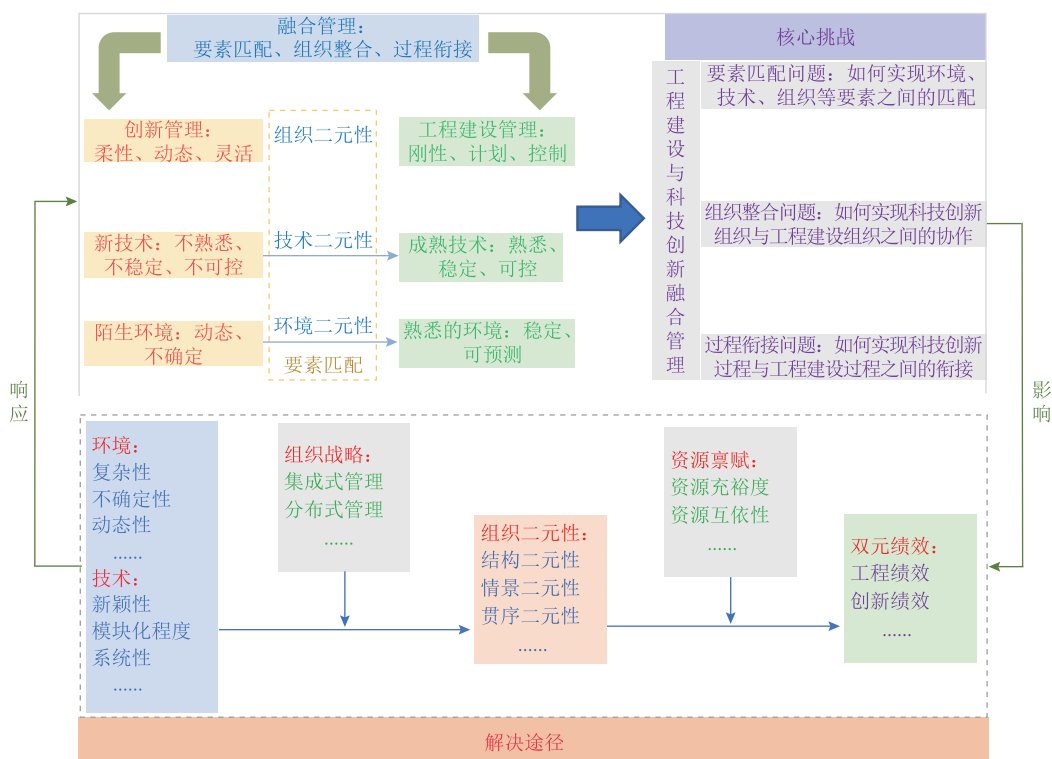
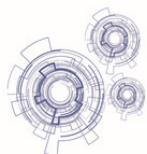
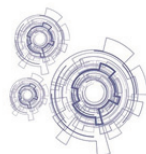


图 1-1 面向融合管理的组织二元性理论框架

从而在创新风险与工程效率之间取得平衡，避免“创新脱离实际”或“固化抑制活力”的双重困境。组织整合着眼于构建创新主体与工程实施主体之间的协同机制，其实现依托结构二元性（研发与工程部门在职能与协作上的结构性安排）、情境二元性（组织间信任、文化与共识的软性融合）及贯序二元性（科技成果在工程导入中的纵向传递与承接）等多层次整合。过程衔接则聚焦打通科技创新链与工程价值链之间的转化壁垒，促进资源流通与价值最大化。融合管理本质上具有持续动态演进的特征，要求管理者在组织架构设计与流程机制重构中不断优化，系统推动科技赋能与工程实践的深度协同，从而实现整体价值创造的跃升。

实现上述维度的有效运作，需依托与具体管理情境相匹配的战略框架作为支撑。当前工程实践中主要形成集成式与分布式两类战略：集成式管理倚重业主强势主导与跨职能平台，适用于超大型复杂工程；分布式管理则强调专业分工，保持工程与研发部门的并行与专注。这些战略选择本质上是对组织二元性的主动构建，而其深层受到资源禀赋的结构性约束——资源丰裕度影响技术储备的深度与多样性，资源依赖关系则塑造组织协作模式与权力结构。



在绩效层面，组织二元性通过双路径输出价值：一是工程绩效，体现为效率提升与风险可控；二是创新绩效，表现为成果转化率提高与创新生态持续活化。需要强调的是，在工程建设语境下，组织二元性并非静态结构，而是参建主体在多重权变因素影响下，通过环境认知更新、技术应用驯化与组织架构调适所形成的一种动态能力。该能力既涵盖对突发情境的敏捷响应，亦融合基于长远战略的系统构建，最终推动工程系统在柔性及刚性之间实现辩证协同，达成与复杂环境的深度适配，并在动态平衡中持续创造系统价值与双元绩效。

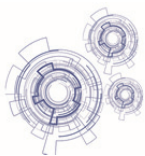
1.2 工程建设与科技创新融合管理机理

1.2.1 工程建设与科技创新融合管理需求

工程建设高度依赖成熟可靠的技术体系，科技创新则呈现高度探索性与试错性，两者在内在属性与目标导向上存在显著差异，导致科研成果与工程实际应用场景之间出现系统性衔接障碍。当前，科研成果在工程建设实践中的转化效率仍然偏低，“两张皮”现象依然突出，已成为制约行业发展的深层次问题。一方面，科研活动往往侧重理论突破与技术发明，而对工程实际场景中的可行性、适用性与集成性关注不足，致使许多成果难以解决现实技术难题；另一方面，工程建设管理者出于对不确定性的审慎态度，往往对新技术应用持保守策略，其顾虑既包括技术成熟度不足带来的性能风险，也涉及投资超支、工期延误及施工组织复杂化等系统性风险。因此，如何系统化解需求脱节、动力不足及韧性不高等难题，提升科技创新成果的实效性转化效率，并在积极引入新技术的同时有效管控其在工程应用中的多维风险，从而实现工程建设质量与创新水平的协同提升，已成为推动重大工程建设与科技创新深度融合过程中亟待解决的核心问题。

1. 需求脱节难题

需求脱节是重大工程建设与科技创新深度融合过程中所面临的首要困境，其根源可追溯至需求信息传递机制的结构性缺陷、科研团队功能定位模糊及跨组织协同机制的缺失。在科技创新侧，重大工程系统复杂、技术需求多元且高度场景化，科研团队往往难以全面捕捉和精准识别工程现场的真实需求，导致研究方向与工程实际相偏离，研究成果难以直接嵌入工程建设流程，从而形成“科研超前于工程”或“科研脱离工程”的双



重脱节。在工程建设侧，由于工程涉及多领域、多主体、多阶段协同，若缺乏系统化的合作机制与接口设计，参建主体与科研团队之间容易出现信息壁垒与协作断层，进一步阻碍科技创新成果在工程中的集成应用。

本质上，需求脱节反映了科研活动未能有效聚焦“真问题”，致使大量科技创新资源投入于低转化潜力的领域，不仅造成科研效率低下，也削弱了科技创新对工程高质量发展的支撑能力。科技创新作为推动经济社会发展的核心动能，其价值实现在于与实际需求紧密结合；而当存在显著“需求-研究”鸿沟时，不仅制约科技创新的经济社会效益，还会引发资源错配与机会成本损失，影响国家重大工程创新体系的整体效能。

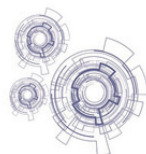
2. 动力不足难题

动力不足构成重大工程建设与科技创新深度融合的第二重系统性困境，其主要表现为参建单位在推动科技创新与应用新技术方面缺乏内生动力与外部激励，从而制约工程整体质量与效能的提升。科技创新活动通常伴随着高额资金投入、长周期回报及显著的不确定性，新技术引入亦可能引发技术性能、工期控制与成本管理等多维风险。在面对经济效益与风险管控的双重压力时，参建单位往往倾向于采取风险规避策略，选择技术成熟、路径依赖强的传统施工方法，而非承担创新过程中的不可控因素。

此外，部分参建单位面临高端人才储备不足、技术积累薄弱、创新文化缺失等结构性短板，进一步限制了其开展科技创新的能力与意愿。从深层次看，动力不足问题的根源在于当前激励机制的系统性缺失，参建单位对科技创新的战略价值认知有限，尚未将创新真正纳入组织发展的核心逻辑。科技创新不仅是提升工程品质与效率的关键路径，更是推动行业技术演进与产业升级的基础支撑。若参建单位持续缺乏创新动力，不仅将制约重大工程的建设水平与可持续性，更可能削弱我国在全球基础设施竞争中的核心优势与国家整体创新能力。

3. 韧性不高难题

韧性不高构成重大工程建设与科技创新深度融合的第三重关键挑战。在科技快速迭代的背景下，重大工程在汲取技术创新红利的同时，也面临与之俱增的新型风险。然而，当前工程建设管理体系在应对这类风险时，常显现出系统韧性薄弱的问题，主要体现在风险承受力、适应性与恢复能力不足等方面。该困境具体反映在以下四个方面：第一，风险管理理念仍多沿袭经验判断与传统模式，对科技创新伴随的不确定性与非预期效应缺乏系统性认知与前瞻准备，导致韧性建设的理念基础不牢；第二，风险识别与评估多局限于已知风险类型，未能全面覆盖科技创新可能引发的潜在风险与连锁效应，致使风



险评估存在盲区、预警响应迟缓，限制了系统韧性的形成；第三，风险治理资源投入不足，包括专业人才、技术手段与资金保障短缺，直接削弱了系统韧性的支撑体系；第四，风险应对策略较为僵化，缺乏针对不同风险类型与规模的差异化、灵活调整机制，难以在风险发生后实现快速响应与有效恢复，阻碍了韧性能力的充分发挥。

若因韧性不足而无法有效管控科技创新带来的风险，极易引发工程建设中的技术瓶颈与频繁设计变更，拖累工程整体进度，同时可能导致成本失控、投资回收期延长，损害项目的经济可持续性。更为严峻的是，若重大工程系统缺乏足够的韧性以缓冲、吸收并恢复来自创新风险的冲击，不仅可能危及工程实体质量与长期安全稳定，还会对行业信誉与发展动力造成持久负面影响，最终制约我国在重大工程领域的科技进步与产业升级进程。

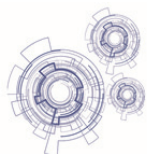
1.2.2 工程建设与科技创新的作用关系

作为现代工程系统的核心驱动要素，工程建设与科技创新之间存在深刻的辩证关系：既彼此制约，又相互促进，共同塑造着工程系统的演进路径与发展效能。具体而言，一方面，两者通过知识创造与技术应用之间的良性互动，形成双向增强的协同机制；另一方面，受资源有限性和目标异质性的影响，它们之间存在结构性的内在张力。正是这种“协同-张力”的复合作用构成了工程系统演进中的动态平衡机制，并深刻影响着工程绩效的综合表现与长期竞争力。

1. 工程建设与科技创新的支撑关系

一方面，科技创新作为驱动工程建设转型的核心引擎，通过技术突破、模式创新与系统优化实现对工程建设的全面赋能。面对复杂地质条件、结构设计优化、施工工艺提升及重大装备研发等关键挑战，科技创新以前沿技术集群的集成应用推动工程建设的价值重构与效能跃升。例如，三维地质建模技术为复杂环境下的工程选址与方案优化提供关键决策依据；智能材料研发显著增强工程结构性能与耐久性；数字孪生技术则通过施工全过程的可视化、可预测与动态优化，大幅提升工程精细化管理水平。这类融合创新不仅深刻变革工程设计与决策模式，更通过工艺流程再造与智能装备迭代，实现工程效率的提升与全生命周期成本的优化，最终推动工程行业向高技术、高质量方向发展，为工程建设注入持续的发展动能与创新活力。

另一方面，工程建设为科技创新提供了不可或缺的需求牵引、应用场景与验证环境。



工程实践中涌现的实际问题为科技创新指明了重点攻关方向，赋予科研活动更强的针对性与实效性。工程的紧迫性常倒逼技术瓶颈突破，现场试验条件为技术迭代提供真实环境，施工过程中产生的大量数据则为研究方法优化与模型校正提供反馈支撑。同时，工程建设凭借其规模效应和持续的实际需求，对创新资源的持续投入与系统保障起到关键作用，不仅为科技研发提供坚实的物质基础和试验条件，也确保科研经费的稳定供给，助力科研团队开展长期、系统性的前沿探索与技术攻关，从而显著提高科技创新成果的产出与转化效率。

2. 工程建设与科技创新的冲突关系

工程建设与科技创新在风险态度、创新目标、组织模式、工作方式及文化背景等多个维度存在系统性冲突，其具体表现如表 1-1 所示。这些冲突不仅反映了两者在价值导向与行为逻辑上的根本差异，也凸显了传统工程管理模式与创新驱动新范式之间的结构性张力。要实现两者由“对立”走向“协同”，必须通过一体化融合管理机制对多重矛盾进行系统性调和，打破领域壁垒，促进知识、技术、人才与管理的跨域整合，从而在保障工程目标实现的同时激发创新活力，推动工程建设与科技创新走向深度融合、协同共生的新发展格局，为实现工程系统的高质量与可持续发展提供体系支撑。

表 1-1 工程建设与科技创新冲突对比

维度	工程建设	科技创新
风险态度	规避风险	接纳风险
创新目标	快速解决现场难题，强调实用性与即时性	学术成果产出，强调多元化
组织模式	宝塔形或矩阵形，管理措施落实与工程有序推进	松散型或协同型，激发人员独立创造潜能
工作方式	采用轮班制或一班制，强调集体行动、定时工作与严格的纪律性	灵活性，个人工作与集体讨论相结合，研究与试验交替进行，支持多方案论证与实时验证
文化背景	系统性组织能力与高度协调的服从性	批判性基因与突破性思维

1.2.3 工程建设与科技创新融合管理互构机制

工程建设与科技创新之间的交互作用机理最终呈现为一种结构性的协同共生关系，两者共同构成推动社会经济高质量发展的核心引擎。本节基于组织、机制与平台三个维度，系统解析该交互机理的内在结构与运作逻辑，以深化对两者协同共生关系的理解。