

DOI: 10.7672/sgjs2025180144

# 国际工程 SPEC 管理重点与应对策略\*

田 伟

(上海中建海外发展有限公司, 上海 200125)

[摘要] 国际工程中, 业主的高质量要求与承包商的成本控制间的博弈贯穿项目全周期。技术规格书(SPEC) 作为合同文件核心, 可有效平衡需求与成本间的矛盾, 已成为国际工程项目管理的重要工具。首先阐述了 SPEC 的概念、格式和内容, 分析 SPEC 在国际工程项目管理中的作用, 并结合国际工程中 SPEC 的应用实践案例, 提出了 SPEC 管理重点和应对策略。

[关键词] 项目管理; 技术规格书; 造价控制; 参数库; 审核流程; 应对策略

[中图分类号] TU71

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)18-0144-05

## Management Emphasis and Coping Strategy of SPEC in International Project

TIAN Wei

(China State Construction Overseas Development Co., Ltd., Shanghai 200125, China)

**Abstract:** In international projects, the tension between the employer's high-quality requirements and the contractor's cost control persists throughout the project. The specification (SPEC), serving as a core contract document, can effectively balance this conflict between requirements and costs, which has become a vital management tool for international projects. The concept, format, and content of SPEC are firstly elaborated, then the role of SPEC in international project management is analyzed. Furthermore, by incorporating practical case studies of SPEC application in international projects, key management priorities and strategies for SPEC are proposed.

**Keywords:** project management; specification (SPEC); cost control; parameter database; audit process; management strategy

### 0 引言

随着“一带一路”倡议的推进, 我国承包商承接的国际工程日益增多。国际工程在建设过程中, 经常会面临业主的高质量标准和承包商成本控制间的博弈。如何既满足业主需求, 又能在实施过程中有效控制造价和保证质量, 是国际工程招投标和履约过程中业主与承包商最关心的问题。技术规格书(specification, SPEC) 是重要的解决措施, 也是国际工程与国内工程在管理上的重要差异。在国际工程实施过程中, 设计顾问除提供设计图纸外, 还需提供 SPEC。SPEC 是国际工程合同文件的一部分, 和设计图纸组成完整的设计成果文件, 贯穿于

项目设计、采购、施工与运维全过程, 是国际工程履约的重要依据<sup>[1]</sup>。在国际咨询工程师联合会(FIDIC)红皮书中, SPEC 的优先级高于设计图纸。SPEC 也是国际工程的重要特点之一, 初次参与国际工程的中国承包商往往不熟悉和不适应 SPEC, 未能在投标阶段或设计阶段仔细审核 SPEC, 或在现场履约过程中无法有效应用 SPEC, 导致出现材料和设备的采购成本增加、现场履约难度加大、工期延误等情况。针对上述问题, 本文首先阐述了 SPEC 的概念, 并对 SPEC 的格式和内容进行说明, 接着分析 SPEC 在国际工程项目管理中的作用; 结合国际工程中 SPEC 应用的实践案例, 提出了国际工程中 SPEC 的管理重点和应对策略。

### 1 SPEC 的概念

工程项目建设中, 设计顾问主要通过设计图纸来表达设计意图, 设计图纸包含大量建筑实体和设

\* 中建八局 2025 年度科技研发项目(2025-4-04)

[作者简介] 田 伟, 博士, 正高级工程师, 国家一级注册结构工程师, 国家一级注册造价工程师, 国家一级注册建造师, 国家注册咨询工程师(投资), E-mail: vannytian@163.com

[收稿日期] 2025-05-20

计信息。对于工程项目来说,设计图纸表达的信息还不全面,非实体信息同样非常重要,如材料设备的规格、质量要求、施工工艺要求、安装和维护要求、验收标准等,上述信息无法在设计图纸中有效表达。设计信息的缺失会导致工程项目在建设过程中业主和承包商、承包商和分包商、供应商之间对材料设备的品牌、规格、性能参数等的争议和扯皮,并引起索赔事件,对工程项目的履约和质量管控造成不利影响<sup>[2]</sup>。发达国家在工程实践中认识到上述问题,并在 20 世纪 70 年代开始引入 SPEC 用于项目管理,目前 SPEC 已成为国际工程不可或缺的重要文件。

SPEC 是对材料设备的文字描述,对材料和设备的选用、产品标准、检验标准、存储要求、施工工艺、施工流程、测试标准、验收标准、维护要求等进行详细说明。SPEC 相当于国内设计规范、材料规范、施工规范、验收规范中对材料设备相关内容及产品说明书的合集<sup>[3]</sup>。

SPEC 和设计图纸是互相独立、互为补充又不重叠的关系。设计图纸是对设计信息的形象化描绘,SPEC 是对设计信息的文字说明和要求,两者相互独立且自成体系。SPEC 也不是设计图纸中的设计总说明,设计总说明是对项目概况、选用的材料、工艺的常规做法和标准图集,应遵循的施工规范和注意事项的概述性说明,无法具体描述材料和设备的规格参数、包装及运输要求、施工工艺、施工安装及维护要求等信息<sup>[4]</sup>。SPEC 一般还会对材料和设备的品牌与供应商进行推荐,但并不局限于推荐的品牌和厂家,只要符合 SPEC 的要求,承包商可自主选择并报审其他品牌和供应商。

2 SPEC 的格式与内容

目前国际上 SPEC 的主流格式主要有 Unifomat 和 Masterformat 2 种。Unifomat 和 Masterformat 是由不同建筑信息组织分类方法产生的编码系统,功能上都可成为工程项目管理的工作分解结构<sup>[1]</sup>。

Unifomat 由美国建筑师学会(AIA)和总务管理局(GSA)联合开发,是面向工程项目全周期的编码体系,主要用于成本分析和工程管理的建筑分类标准。Unifomat 着眼于功能元素,采用层级式的建筑工程系统构成元素划分,结合设计成本数据,以此分析设计方案、价值工程、工程进度等,投资和管理领域偏向于采用 Unifomat 格式。

Masterformat 由美国建筑标准学会(CSI)和加拿大建筑标准学会(CSC)共同开发,是定位于工程项目实施阶段信息、数据的组织和管理编码体系,主

要是面向材料、工种进行分类<sup>[5]</sup>。Masterformat 着眼于施工结果,直接阐述工程施工的方法和材料,关联施工成本数据,更符合工程建造阶段的信息处理习惯,造价和施工领域更偏向于采用 Masterformat 格式。

对于承包商来说,在国际工程中应用更多的是 Masterformat 格式。下面主要从承包商的角度重点对 Masterformat 格式的 SPEC 内容进行分析。对于项目来说,SPEC 的主要内容是各种材料设备规格、施工工艺、质量标准、施工方法、维护要求等,采用 Masterformat 格式的 SPEC 有 43 个分项(division),每个分项下根据工艺或部位有若干子项(section)。每个子项通过“概述(general)”“产品(products)”“施工(execution)”三级进行编写,每级又会根据材料和设备特点再进行细分。

以某项目的 SPEC 中的一个子项——入户门为例说明 SPEC 子项细分的具体内容:第 1 部分“概述”内容包括相关文件、概要、需提交文件、当地规范和要求、资质要求、质保证书、运输和储存,第 2 部分“产品”内容包括性能要求、推荐供应商、材料、加工、质量控制、面漆,第 3 部分“施工”内容包括现场准备、安装、现场质量控制、维护要求。

3 SPEC 在项目管理中的作用

SPEC 将设计、采购、施工和运维融合在一起,通过清晰精确的描述,将设计图纸无法表达的设计信息完整传递给业主、承包商、分包商和供应商,保证了交付成果与设计成果文件的一致性,SPEC 在国际工程项目管理中发挥着重要作用。

1)完整体现设计意图。设计图纸不能百分百传达设计师的设计意图,即使图纸有表示,但在施工过程中还可能对图纸设计意图的误解和疏漏。SPEC 利用文字描述的精确性补充了设计图纸所不能表达的材料设备的技术参数和要求,规定项目所需的材料设备、工艺、运维等要求,明确传达设计意图,通过详细规定项目的技术要求和标准,规范施工过程,使设计要求和标准最大限度在施工中得以实现,确保最终交付的工程项目与设计完全一致,从而全面实现设计意图<sup>[6]</sup>。

2)控制项目造价。在建筑工程的成本构成中,材料、设备占比一般为 50%~60%,如果设计文件无详细的产品和技术标准,将会使选材主观性和随意性较强,可能出现机电系统中部分设备性能过剩或装饰材料档次出现偏差等情况,从而引起项目造价的不可控。国际上也有采用推荐品牌的方式对材料设备的档次进行限定,但即使同一品牌,内部也

细分为不同系列,也有不同档次,且新产品层出不穷,通过限定品牌已不能锁定项目材料和设备的档次与造价。SPEC 精确描述了工程采用的材料和设备的性能参数与标准,在材料设备招标和采购时应用 SPEC 可统一技术标准、品质要求和标准,在此基础上筛选出符合要求的品牌和产品。如出现造价超出预算的情况,可在符合 SPEC 要求并保障性能的基础上,在推荐品牌之外有针对性地调整建筑材料设备的品牌和型号,以将项目造价控制在预算内。SPEC 也规范了施工过程和验收标准,承包商在履约过程中严格执行 SPEC 可减少返工,提升一次成优率,提高施工效率,降低现场施工成本。

3)保障工程品质。SPEC 将设计对功能、工期、交付标准等要求细化到各分项和子项中,SPEC 作为材料设备招标采购、进场验收、施工安装、验收维护的重要依据,建立了从供应商资质、性能参数、原材料、加工制作、运输储存、安装施工、检测和验收的全过程质量控制体系。SPEC 通过严格的质量管控流程和多层次的验收标准来保证工程质量,包括从加工制作到施工阶段的全过程质量监控,以及在完成阶段的严格质量检查和验收,从而确保实现项目质量目标。

4)有利于项目管理。SPEC 是承包商与业主的总承包合同的一部分,可使业主和承包商对所有工作一目了然,避免相互扯皮、推卸责任的情况。承包商根据 SPEC 进行统一的计划编制、资源分配、进度控制和质量管理,从而减少项目履约风险,提高执行效率,确保项目按时按质完成。承包商的组织结构一般有总承包商、分包商、供应商等层次,SPEC 分为若干个分项,也是总承包商与分包商、供应商之间明确工作界面、采购标准、施工范围和标准的依据,是分包分供合同的组成文件。每个分包商和供应商根据 SPEC 都有明确的工作范围和职责,避免各方之间因界面、标准不清而导致的纠纷,也减少和避免了由于设计信息不完整造成的反复送样、采购不合适产品等情况,有利于提高项目整体的管理效率。

5)有利于保障运维。SPEC 在设计阶段便考虑了运维要求,包含了项目建设过程中的技术要求、保养方法、检修标准等内容,有利于保障项目建成后的运维工作。在项目运维阶段,如果缺乏材料设备信息,将会给日常运维、材料设备更换、应急抢修等带来问题。SPEC 在设计和施工阶段便对材料设备的运维需求作了详细要求,结合 BIM 技术,可实现材料设备信息的全过程准确传递,从而便于运营

方根据 SPEC 和过程资料及时查询材料设备信息,进行设备维护、故障排除和安全管理,确保设备运行稳定、安全可靠,提高运营效率,降低运营成本。

#### 4 SPEC 应用案例

下面以具体案例说明承包商在 SPEC 应用中的经验教训,根据发现和处理 SPEC 的时间、应对效果等,将案例分为 3 类。

##### 4.1 投标阶段识别并成功应对

这类案例是承包商在投标过程中发现 SPEC 参数异常,并采取了应对措施,成功规避了合同风险和履约风险。

###### 1)案例 1:港口项目压实度要求异常

某中东港口项目在投标过程中承包商仔细审查了 SPEC,发现 SPEC 中对堆场地基压实度要求为 98%,港口项目堆场的压实度要求一般为 95%,95% 的压实度即可满足港口使用功能要求。承包商根据当地材料的性能发现,为了达到 SPEC 中 98% 的压实度要求,需把设计标高以下 1m 范围的原状土挖除并换填级配材料,不仅会增加成本,履约难度和工期风险也很大。初步测算,压实度从 95% 增加到 98% 会增加材料直接成本近亿元,工期增加约 20%。针对这种情况,承包商在投标澄清文件中说明了该问题,并告知了两者间的价格和工期差异,请业主进一步明确压实度要求,承包商根据业主要求进行报价,有效规避了报价和履约风险。

###### 2)案例 2:混凝土配合比参数要求过高

某大型项目在投标过程中,承包商发现 SPEC 中对垫层使用的 C15 混凝土要求较高,不仅规定了最低水泥用量为  $250\text{kg}/\text{m}^3$ ,而且要求最大水灰比为 0.6。如果按 SPEC 要求,垫层每立方米成本将比常规配合比的 C15 混凝土增加 15 元。承包商发现了该要求,并查询了相关国际规范,发现 ACI 318-19《Building Code Requirements for Structural Concrete》中对垫层混凝土的最大水灰比不做要求,也未见最小水泥用量的规定。承包商经过混凝土试配,发现满足 SPEC 要求的混凝土强度可达到  $35\text{MPa}$ ,远超垫层混凝土的要求。承包商以《结构混凝土建筑规范要求》标准和试配强度作为依据,和业主与设计顾问进行沟通,最终将 SPEC 中最大水灰比由 0.6 调整至 0.75。对于其他强度等级的混凝土,也根据《结构混凝土建筑规范要求》进行了调整。该项目的混凝土总用量接近  $100\text{万 m}^3$ ,仅 SPEC 中最小水泥用量和混凝土水灰比参数的修改影响的成本超千万元,有效规避了风险。

4.2 履约阶段发现风险并成功调整

这类案例是承包商在投标过程中未能及时发现 SPEC 中的不合理参数和要求,在履约过程中发现难以满足 SPEC 要求,承包商采取现场试验、标准依据、供应商佐证等策略和措施最终成功调整 SPEC 参数和要求,有效控制了成本并保障了履约。

1) 案例 1:抹灰拉伸黏结强度修正

某项目 SPEC 要求抹灰在 28d 进行拉拔试验,试验得到抹灰拉伸黏结强度需达到 0.5MPa,承包商在投标过程中未能及时发现抹灰拉伸黏结强度超出常规要求。现场大面积抹灰前,承包商在抹灰样板制作过程中发现抹灰的拉伸黏结强度难以达到 0.5MPa。为说明该问题,承包商制作了不同工艺、不同配合比的抹灰样板,养护 28d 后进行拉拔试验,抹灰样板的制作和拉拔试验均邀请第三方实验室参与并出具第三方报告,同时邀请监理工程师全程见证。采用常规的清理墙面浮尘、甩浆层施工、洒水养护、黏合剂处理墙面、普通砂浆抹灰的工序,36 个样板平均拉伸黏结强度约 0.33MPa,最高拉伸黏结强度为 0.45MPa。以现场试验结果为客观事实依据,并以美国标准 ASTM 中抹灰与基材的黏结强度要求为 0.17MPa 和中国国标中抹灰层拉伸黏结强度最大值为 0.3MPa 作为理论依据,组织与监理工程师和设计顾问讨论抹灰拉伸黏结强度的专题会,成功调整 SPEC 参数,将 SPEC 中的抹灰拉伸黏结强度由 0.5MPa 修改为 0.3MPa,该参数调整大大降低了施工难度,加快了抹灰施工进度。

2) 案例 2:灯具浪涌保护参数调整

某项目 SPEC 中规定室内灯具与室外灯具的浪涌保护为 10kV,承包商在前期 SPEC 审查中未能发现该参数的问题。在灯具报审过程中,发现室外灯具可满足该参数要求,但室内灯具无法满足,导致室内灯具的材料报审迟迟无法通过审批,严重影响了采购进度。面对这种情况,承包商采取 2 项措施:首先咨询了 5 家以上世界知名灯具厂商,均回复其无室内灯具产品满足 10kV 浪涌保护;紧接着承包商撰写函件请监理工程师提供满足该参数要求的厂家以供采购,监理工程师经过核查和咨询,最终也无法提供满足室内灯具 10kV 浪涌保护要求的供应商。基于上述依据,承包商发函要求调整室内灯具的浪涌保护参数,监理工程师和设计顾问最终同意将室内灯具的浪涌保护参数从 10kV 调整为 1kV。

4.3 未能及时识别或调整导致损失

这类案例是承包商未能及时发现 SPEC 的不合理参数或 SPEC 与 IFC(issue for construction,施工

图)图纸间矛盾之处,在履约过程中发现难以满足 SPEC 要求,且无法说服业主和监理工程师调整 SPEC,造成成本增加和工期延误的不利影响。

1) 案例 1:水泵材质要求影响成本和工期

某项目的 SPEC 对水景系统供水泵材质提出要求:泵体采用全青铜,扇叶采用轧制黄铜材料。材质要求不同于常规的泵体采用铸铁,扇叶采用不锈钢。水景系统属于需专业分包方完成的特殊系统,一般承包商均缺乏相关经验,导致承包商在项目前期未核查出此不合理要求。在水景系统的投标报价阶段,专业分包方也未对此要求进行澄清。在项目履约阶段,专业分包方选定的供水泵因材质要求无法通过材料报审。最终发现能满足此项要求的供水泵设备需在美国采购,不仅采购成本增加 1 倍以上,且采购周期增加 6 个月,供水泵的到场滞后影响机电系统安装和调试进度。

2) 案例 2:SPEC 与图纸矛盾导致延误

某项目的 SPEC 在水泵安装要求章节对水泵吸水管长度及阀门过滤器提出技术要求,由于 IFC 设计中的泵房图纸缺少过滤器,且在项目投标阶段承包商未仔细审核 SPEC 并发现过滤器的要求,仅按 IFC 图纸进行工程量统计并进行报价,导致报价中遗漏过滤器报价。在项目履约阶段,深化设计人员在深化设计过程中发现了 SPEC 与 IFC 图纸之间对过滤器要求的差异,多次发函建议监理工程师取消过滤器,但均未获得监理工程师认可,并且监理工程师以“协调 SPEC 和 IFC 图纸是承包商的责任”为由,拒绝承包商对增加的过滤器索赔要求。最终深化设计人员只能根据 SPEC 要求对泵房重新进行布置并提交了深化设计,按新的设备布置补充了相关计算报告。过滤器的遗漏原本是设计顾问需解决的问题,但由于承包合同的签订而转移至承包商,承包商由于未及时审查出 SPEC 与 IFC 图纸之间要求的差异导致深化设计图纸的报审滞后,且无法获得相关索赔。

5 SPEC 管理策略

针对我国承包商在国际工程履约过程中存在的不熟悉 SPEC、不重视 SPEC 审核、难以有理有据调整 SPEC、未能有效将 SPEC 融入项目日常管理等情况,结合国际工程实践中 SPEC 相关的经验和教训,提出国际工程中 SPEC 的管理要求和应对策略。

1) 重视 SPEC 审核。SPEC 一般由设计顾问编制,顾问公司有专门编制 SPEC 的设计人员,也有专门编制 SPEC 的软件。SPEC 涉及的内容非常广泛,

SPEC 编制人员对不熟悉的内容一般都倾向于按高标准进行要求,因此承包商对 SPEC 的审核非常重要,必须在管理层面建立针对 SPEC 的审核流程。对于 EPC 项目,在 SPEC 编制过程中,施工总承包项目则在投标过程中,承包商必须组织设计、技术、工程、商务等部门对 SPEC 进行审核。对于专业工程,承包商需在项目专业人员的基础上积极调动专业分包资源,共同对专业工程的 SPEC 参数和要求进行分析。主要审核是否有超常规和不合理之处,识别影响成本、工期和可建性的参数与要求,特别关注通过参数和要求将材料设备限定于特定供应商的情况。如有不合理之处,对 EPC 项目则需在设计阶段便提出,请设计顾问复核并及时调整;对施工总承包项目则需在投标阶段提出澄清,或按 SPEC 要求和建议参数分别报价。如果缺失 SPEC 审核流程,在项目实施过程中很可能将导致成本增加和履约不可控。

2)建立 SPEC 常规参数库。建立 SPEC 常规参数库对国际工程的投标和履约风险控制具有重要意义。每个项目的 SPEC 中材料和设备参数都不同,但相关参数一般都在常规范围内变化。承包商在已有项目 SPEC 参数的基础上,结合设计和工程实践经验,建立 SPEC 常规参数库,即可在 SPEC 审核过程中进行比对,利用 SPEC 常规参数库对 SPEC 进行快速高效审核,迅速识别出非常规参数,有针对性地非常规参数进行分析,提升 SPEC 审核效率,缩短 SPEC 审核时间。

3)重点关注生命安全、造价、运维相关参数和要求。国际工程的 SPEC 文件往往达到数千页,涉及的材料、设备超过上千种。在设计和投标阶段,留给 SPEC 审核和调整的时间有限,承包商需抓住可调整 SPEC 的窗口期,审核过程需聚焦,重点关注以下内容:①与生命安全相关的材料、设备选型和相关参数,如防火、消防相关参数;②造价占比大的材料、设备的相关参数和要求,如大型机电设备、主材、价格高的材料等;③运维相关要求,如材料、设备的质保时间,是否需承包商、供应商、安装单位提供三方联保等,这方面承包商易忽略。

4)将 SPEC 融入项目管理。SPEC 是国际工程项目的规范和标准,贯穿于设计、采购、施工全过程。SPEC 是项目管理的基础,是项目团队制定实施方案、专业分工、进度计划和质量管理的依据。承包商必须适应、熟悉和运用 SPEC,将 SPEC 融入项目管理的日常工作中。承包商必须根据 SPEC 要

求规范材料报审、采购、施工和验收流程,在材料报审阶段做好 SPEC 偏离分析,在采购工作中以 SPEC 作为划分工作界面和质量要求的依据,在施工过程中以 SPEC 作为管理和技术要求,在验收过程中以 SPEC 作为验收标准。在对外沟通和协调过程中,承包商以 SPEC 为标准减少和设计顾问、监理工程师、分包商和供应商的沟通误差,避免质量问题和工期延误,提高工作效率。总之,承包商必须将 SPEC 深度融入项目日常管理,实现国际工程的工期、质量和成本控制,降低风险。

5)有理有据调整 SPEC。承包商在设计和投标阶段未能发现 SPEC 的不合理参数和要求,在履约过程中发现难以按 SPEC 要求实施,这种情况难以避免。在此情况下,承包商必须积极采取措施争取调整 SPEC,调整的切入点非常重要,不能以成本增加或现场不好实施为理由,必须站在有利于项目整体利益的角度,从保障项目工期进度、提升工程品质等角度切入。同时,寻找标准依据进行理论分析,并以行业权威、国际供应商的函件、现场试验、第三方报告等作为支撑材料,充分论证调整 SPEC 的可行性,并证明 SPEC 的调整不会影响工程品质,或有利于工程进度,以此说服业主、设计顾问和监理工程师同意调整 SPEC。

6)运用 SPEC 应对监理工程师和业主。国际工程项目一般为总价包干项目,在这种情况下,业主自然倾向于在材料、设备报审和验收过程中提高档次与标准。SPEC 作为双方责任和标准的依据,明确业主需求、质量标准和验收规范,承包商需以 SPEC 要求为准绳、以 SPEC 参数为依据,在材料、设备报审、采购和验收工作中有理有据应对业主和监理工程师的不合理要求。同时,SPEC 也可作为索赔依据。当履约过程中产生纠纷或违约情况时,可通过 SPEC 中明确的要求和标准来证明对方的不履约或违约行为,从而支撑承包商的索赔。

## 6 结语

SPEC 是国际工程合同的核心文件,其精细化管理直接影响项目成本、质量与进度。中国承包商在海外项目履约过程中需突破对 SPEC 的认知瓶颈,通过建立 SPEC 审核流程、参数库及全周期应用机制,实现从“被动响应”到“主动管控”的转变,将 SPEC 从潜在的“风险源”转化为项目成功的“保障器”,有效规避成本超支、工期延误和质量风险,提升国际工程项目的履约能力和竞争力。

(下转第 153 页)

参考文献:

[ 1 ] 马行川.跨线桥转体技术发展现状与展望[J]. 铁道标准设计,2020,64(6):92-97.  
MA X C. Development status and prospect of swiveling technology for flyover[J]. Railway standard design,2020,64(6):92-97.

[ 2 ] 谭芝文,熊斌,刘灿,等.跨铁路枢纽区五桥同步转体施工技术[J]. 建筑结构,2022,52(S2):2948-2952.  
TAN Z W, XIONG B, LIU C, et al. Synchronous rotation construction technology of five bridges in the cross-railway hub area[J]. Building structure,2022,52(S2):2948-2952.

[ 3 ] 左家强.铁路小半径曲线转体施工矮塔斜拉桥设计研究[J]. 铁道工程学报,2022,39(2):62-67.  
ZUO J Q. Research on the design of extradosed bridge using swivel construction method on small radius curve[J]. Journal of railway engineering society,2022,39(2):62-67.

[ 4 ] 简方梁,徐升桥,高静青,等.超大吨位转体桥梁关键技术研究[J]. 铁道标准设计,2021,65(11):179-184.  
JIAN F L,XU S Q,GAO J Q,et al. Research on key technologies of super large tonnage swivel bridge [ J ]. Railway standard design,2021,65(11):179-184.

[ 5 ] 林聘,许三平.大吨位曲线斜拉桥大偏心转体结构优化技术[J]. 桥梁建设,2022,52(5):122-127.  
LIN C,XU S P. Optimization techniques for large-eccentric and large-tonnage structure rotated during construction of curved cable-stayed bridge [ J ]. Bridge construction, 2022, 52(5): 122-127.

[ 6 ] 汪志斌,陈永宏,张文学,等.保定市乐凯大街斜拉桥转体施工监控技术[J]. 铁道建筑,2020,60(9):53-56.  
WANG Z B, CHEN Y H, ZHANG W X, et al. Monitoring technology for rotation construction of cable stayed bridge in Baoding City Lekai Street [ J ]. Railway engineering, 2020, 60(9):53-56.

[ 7 ] 梅慧浩.基于齿轮齿轨传动的斜拉桥多点支撑转体系统设计与应用[J]. 世界桥梁,2023,51(3):36-42.  
MEI H H. Design and application of a multi-point-support swivel system based on rack-and-pinion steering to cable-stayed bridge [J]. World bridges,2023,51(3):36-42.

[ 8 ] 李前名,肖宇松.襄阳内环线跨襄阳北铁路编组站大桥总体设计[J]. 桥梁建设,2021,51(3):123-130.  
LI Q M,XIAO Y S. Overall design of a Xiangyang inner ring road bridge crossing Xiangyang North Railway Marshalling Station[J]. Bridge construction,2021,51(3):123-130.

[ 9 ] 杜军良.多点支撑转体斜拉桥转动牵引力影响因素试验研究[J]. 铁道建筑技术,2023(2):54-57,66.  
DU J L. Experimental study on influence factors of rotational traction force of multi-point supported rotating cable-stayed bridge [J]. Railway construction technology,2023(2):54-57,66.

[ 10 ] 汪振国,雷晓燕,罗锴,等.桥梁结构振动试验相似模型的设计及校验[J]. 振动与冲击,2018,37(7):220-226.  
WANG Z G, LEI X Y, LUO K, et al. Design and validation of similarity model in bridge structural vibration tests[J]. Journal of vibration and shock,2018,37(7):220-226.

[ 11 ] 吴刚.多点支撑转体斜拉桥转动倾角影响因素试验研究[J]. 铁道建筑技术,2023(2):138-143.  
WU G. Experimental research on influencing factors of rotation inclination of multi-point supported swivel cable-stayed bridge [J]. Railway construction technology,2023(2):138-143.

[ 12 ] 刘喜红,吴康雄.桥梁模型试验振动测试系统的设计[J]. 工程与试验,2010,50(4):62-64.  
LIU X H,WU K X. Design on vibration measurement system used for bridge model test [ J ]. Engineering & test, 2010, 50(4):62-64.

[ 13 ] 罗锴,姜兴,王鹏生,等.车-轨-桥耦合振动相似试验模型设计与校验[J]. 铁道科学与工程学报,2023,20(10):3841-3850.  
LUO K,JIANG X,WANG P S,et al. Design and verification of vehicle-rail-bridge coupling vibration similarity test model [ J ]. Journal of railway science and engineering,2023,20(10):3841-3850.

[ 14 ] 吴坤铭.应变片布置及组桥方法在工程中的应用研究[J]. 安徽建筑大学学报,2019,27(3):1-6.  
WU K M. Application research of strain gage layout and bridging method in engineering[J]. Journal of Anhui Jianzhu University, 2019,27(3):1-6.

[ 15 ] 高宗余.桥梁多点支撑水平转体建造成套技术研究及应用[Z]. 武汉:中铁大桥勘测设计院集团有限公司,2021.  
GAO Z Y. Research and application of multi-point support horizontal rotating construction technology for bridges [ Z ]. Wuhan:China Railway Major Bridge Reconnaissance & Design Institute Co. , Ltd. , 2021.

(上接第 148 页)

参考文献:

[ 1 ] 周静瑜.国际化项目中 Specification(技术规格书)的知识要点及应用[J]. 建筑施工,2014,36(5):608-610.  
ZHOU J Y. Main points and its application of technical specifications in the international projects [ J ]. Building construction,2014,36(5):608-610.

[ 2 ] 王力尚,余涛,朱建潮,等.国际工程技术管理的思路及创新[J]. 施工技术,2012,41(16):40-43.  
WANG L S, YU T, ZHU J C, et al. Ideas and innovation on technical management for international projects[J]. Construction technology,2012,41(16):40-43.

[ 3 ] 田伟.北非地区 EPC 项目设计管理[J]. 施工技术,2023,52(6):121-125.  
TIAN W. Design management of EPC projects in North Africa [J]. Construction technology, 2023, 52(6):121-125.

[ 4 ] 李俊.探讨 SPEC 技术在项目管理中的应用[J]. 中国工程咨询,2019(5):69-72.  
LI J. Discussion on the application of SPEC technology in project management[J]. China engineering consultants,2019(5):69-72.

[ 5 ] 赵光.技术规格书在工程项目中的应用[J]. 绿色建筑,2012,4(1):66-68.  
ZHAO G. Application of technical specification in project [J]. Green building,2012,4(1):66-68.

[ 6 ] TIAN W. Features and key points of EPC contracting management[J]. Construction technology, 2022, 51(12):1-6.