



T/CECS XXX-2024

中国工程建设标准化协会标准

工业化装配式桥梁评价标准

Assessment Standard for Industrial Prefabricated Bridges

(征求意见稿)

中国 XX 出版社

中国工程建设标准化协会标准

工业化装配式桥梁评价标准

Assessment Standard for Industrial Prefabricated Bridges

T/CECS xxx—2024

主编单位：上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司

上海公路桥梁(集团)有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2024 年 XX 月 XX 日

中国 XX 出版社

2024 北 京

前 言

《工业化桥梁评价标准》（以下简称标准）是根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2020 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2020〕23 号）的要求编制的。编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本标准共包括 7 章，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、工厂化评价、装配率评价、经济性评价和评价等级划分。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会城市交通专业委员会归口管理，由上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司负责具体技术内容的解释。实施过程中如有意见或建议，请反馈至上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司（地址：上海市浦东新区东方路 3447 号，邮政编码：200125，邮箱：lixuefeng@sucdri.com）。

本标准主编单位：上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司

上海公路桥梁(集团)有限公司

本标准参编单位：

本标准主要起草人：

本标准主要审查人：

目 次

1	总则	1
2	术 语	2
3	基本规定	3
4	工厂化评价	7
4.1	一般规定	7
4.2	设计标准化	8
4.3	构件预制化	11
4.4	施工规范化	13
4.5	管理信息化	16
5	装配率评价	19
5.1	一般规定	19
5.2	上部结构	20
5.3	下部结构	20
5.4	附属结构	21
6	经济性评价	22
6.1	一般规定	22
6.2	增量成本	23
6.3	增量效益	23
7	评价等级划分	28
	本标准用词说明.....	29

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	3
4	Factorization Assessment	7
4.1	General Requirements	7
4.2	Design Standardization.....	8
4.3	Component Prefabrication	11
4.4	Construction Standardization	13
4.5	Management Informationization	16
5	Prefabrication Ratio Assessment	19
5.1	General Requirements	19
5.2	Superstructure	20
5.3	Substructure	20
5.4	Affiliated Structure	21
6	Economic Assessment	22
6.1	General Requirements	22
6.2	Incremental Costs	23
6.3	Incremental Benefits.....	23
7	Classification of Assessment Levels.....	28
	Explanation of Wording in This Standard	29

1 总则

1.0.1 为推广工业化桥梁的应用，促进桥梁的绿色、可持续和高质量建设，规范工业化桥梁的评价，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于桥梁的工业化程度评价。

1.0.3 工业化桥梁的评价除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 工业化桥梁 industrialized bridge

采用以标准化设计、工厂化制造、装配化施工和信息化管理为主要特征的工业化生产方式建造的桥梁。

2.0.2 桥梁组群 bridge group

工程中涉及多座桥梁时，可根据不同特征进行分组，由多个组组成的群。

2.0.3 增量成本 incremental costs

在相同标准下，装配式桥梁相比传统现浇桥梁增加的成本投入。

2.0.4 增量效益 incremental benefits

在相同标准下，装配式桥梁相比传统现浇桥梁增加的经济、环境及社会效益。

3 基本规定

3.0.1 桥梁工业化水平评价宜以单体桥梁作为计算和评价单元；当工程中涉及的桥梁较多时，可将桥梁进行分组，以桥梁组群作为计算和评价单元。

3.0.2 工业化桥梁评价体系宜按表 3.0.2，由工厂化评价、装配化评价和经济性评价三类评价内容和各自的三级指标组成。

表 3.0.2 工业化桥梁评价指标

	一级指标	二级指标	三级指标
工业化 桥梁评 价	工厂化评 价	设计标准化	跨径设计标准化
			结构选型设计标准化
			结构外形设计标准化
			预制构件设计标准化
			连接形式设计标准化
		构件预制化	钢筋工程评价
			混凝土工程评价
			模板工程评价
		施工规范化	施工组织管理
			施工技术与工艺
			施工质量
		管理信息化	项目管理信息化评价

			构件生产信息化评价
			设计阶段信息化评价
			施工阶段信息化评价
	装配化评价	装配比例	上部结构装配率
			下部结构装配率
			附属结构装配率
	经济性评价	增量成本	构件成本增量
			措施成本增量
		增量效益	增量经济效益
			增量环境效益
			增量社会效益

3.0.3 工业化桥梁评价可分为设计评价和项目评价，并应符合下列规定：

- 1 参评项目可根据通过审查后的设计文件按本标准进行设计评价；
- 2 参评项目满足设计评价要求且通过竣工验收后，可根据竣工验收资料进行项目评价。

3.0.4 工业化桥梁评价应按表 3.0.4 的内容要求进行设计评价和项目评价。设计评价的得分不宜小于 60 分。

表 3.0.4 工业化桥梁评价指标

一级指标	二级指标	三级指标	设计评价	项目评价
------	------	------	------	------

工厂化评价	设计标准化	跨径设计标准化	√	√
		结构选型设计标准化	√	√
		结构外形设计标准化	√	√
		预制构件设计标准化	√	√
		连接形式设计标准化	√	√
	构件预制化	钢筋工程评价		√
		混凝土工程评价		√
		模板工程评价		√
	施工规范化	施工组织管理		√
		施工技术与工艺		√
		施工质量		√
	管理信息化	项目管理信息化评价		√
		构件生产信息化评价		√
		设计阶段信息化评价		√
		施工阶段信息化评价		√
装配率评价	上部结构	上部结构装配率	√	√
	下部结构	下部结构装配率	√	√
	附属结构	附属结构装配率	√	√

经济性评价	增量成本	构件成本增量	√	√
		措施成本增量	√	√
	增量效益	增量经济效益	√	√
		增量环境效益	√	√
		增量社会效益	√	√

4 工厂化评价

4.1 一般规定

4.1.1 项目评价时，应从设计标准化、构件预制化、施工规范化和管理信息化 4 方面，采用式（4.1.1）进行评价；设计评价时，则应从设计标准化，采用式（4.1.2）进行评价。

$$Q_N = \alpha_d Q_d + \alpha_p Q_p + \alpha_b Q_b + \alpha_i Q_i \quad (4.1.1)$$

$$Q_N = Q_d \quad (4.1.2)$$

式中： Q_N —— 工厂化评价的总得分值；

α_d —— 设计标准化评价的权重系数；

α_p —— 构件预制化评价的权重系数；

α_b —— 施工规范化评价的权重系数；

α_i —— 管理信息化评价的权重系数；

Q_d —— 设计标准化评价的实际得分值；

Q_p —— 构件预制化评价的实际得分值；

Q_b —— 施工规范化评价的实际得分值；

Q_i —— 管理信息化评价的实际得分值。

4.1.2 工厂化评价中权重系数应按表 4.1.2 进行取值。

表 4.1.2 工厂化评价权重系数表

权重系数	取值
α_d	0.25
α_p	0.35
α_b	0.30
α_i	0.10

4.2 设计标准化

4.2.1 施工图设计文件应符合国家、行业施工图设计文件编制相关要求。

4.2.2 桥梁设计标准化应通过跨径设计标准化、结构选型设计标准化、结构外形设计标准化、预制构件设计标准化、连接形式设计标准化五方面进行评价，设计标准化的得分为五方面得分之和。

4.2.3 桥梁设计应尽量采用标准化跨径，跨径设计标准化的评分应按表 4.2.3 执行。

表 4.2.3 跨径设计标准化评分表

项目	描述	得分
跨径设计标准化	所评单元跨径布置均为标准跨径，且标准跨径种类不超过 3 种	15
	所评单元中重复使用最多的 3 种标准跨径的桥梁长度占所评单元总长度的比例 $\geq 90\%$	10
	所评单元中重复使用最多的 3 种标准跨径的桥梁长度占所评单元总长度的比例 $\geq 80\%$	5

4.2.4 桥梁设计应尽量采用统一的结构形式，结构选型设计标准化的评分应按表 4.2.3 执行。

表 4.2.4 结构选型设计标准化评分表

项目	描述	得分
结构选型设计标准化	所评单元全部采用统一结构形式	15
	所评单元采用统一结构形式的桥梁面积占桥梁总面积的比例 $\geq 90\%$	10
	所评单元采用统一结构形式的桥梁面积占桥梁总面积的比例 $\geq 80\%$	5

4.2.5 桥梁设计应尽量统一结构外形，结构外形设计标准化的评分应按表 4.2.5 执行。

表 4.2.5 结构外形设计标准化评分表

项目	描述	得分
主梁	主梁外形种类不超过 3 种，得 8 分	8
	超过 3 种时，每增加 1 种，减 2 分	≥ 0
盖梁	盖梁外形种类不超过 3 种，得 8 分	8
	超过 3 种时，每增加 1 种，减 2 分	≥ 0
墩柱	墩柱外形种类不超过 3 种，得 8 分	8
	超过 3 种时，每增加 1 种，减 2 分	≥ 0
防撞护栏	防撞护栏外形种类不超过 2 种，得 4 分	4
	超过 2 种时，每增加 1 种，减 2 分	≥ 0

4.2.6 桥梁预制构件应体现少规格、多组合的原则，预制构件设计标准化的评分应按表 4.2.6 执行。

表 4.2.6 预制构件设计标准化评分表

项目	描述	得分
主梁	预制主梁在评价单元中重复使用最多的三个规格构件的总个数占同类预制构件总个数的比例 $\geq 70\%$	10
	预制主梁在评价单元中重复使用最多的三个规格构件的总个数占同类预制构件总个数的比例 $< 70\%$ 且 $\geq 50\%$	5
盖梁	预制盖梁在评价单元中重复使用最多的三个规格构件的总个数占同类预制构件总个数的比例 $\geq 70\%$	8
	预制盖梁在评价单元中重复使用最多的三个规格构件的总个数占同类预制构件总个数的比例 $< 70\%$ 且 $\geq 50\%$	4
墩柱	预制墩柱在评价单元中重复使用最多的三个规格构件的总个数占同类预制构件总个数的比例 $\geq 70\%$	10
	预制墩柱在评价单元中重复使用最多的三个规格构件的总个数占同类预制构件总个数的比例 $< 70\%$ 且 $\geq 50\%$	5
防撞护栏	预制防撞护栏在单座桥梁中重复使用最多的一个规格构件的总个数占同类预制构件总个数的比例 $\geq 70\%$	4

4.2.7 连接节点设计标准化应符合安全、经济、方便施工等要求，连接型式设计标准化的评分宜按表 4.2.7 执行。

表 4.2.7 连接型式设计标准化评分表

项目	描述	得分
----	----	----

连接型 式设计 标准化	所采用连接节点已通过结构试验验证并具有总里程 100 公里以上桥梁工程应用经验	10
	所采用连接节点已通过结构试验验证并具有工程应用经验	8
	所采用连接节点已通过结构试验验证但尚无工程应用经验	5

4.3 构件预制化

4.3.1 预制构件的质量应符合国家现行有关标准的要求，构件的预制宜在现代化的预制工程中进行，构件堆放、运输应采取有效的产品保护措施。

4.3.2 工业化桥梁构件预制化可从钢筋工程、混凝土工程和模板工程三方面，按下式进行评价：

$$Q_p = \alpha_s Q_s + \alpha_c Q_c + \alpha_t Q_t \quad (4.3.2)$$

式中： Q_p —— 构件预制化评价的总得分值；

α_s —— 钢筋工程评价的权重系数；

α_c —— 混凝土工程评价的权重系数；

α_t —— 模板工程评价的权重系数；

Q_s —— 钢筋工程评价的实际得分值；

Q_c —— 混凝土工程评价的实际得分值；

Q_t —— 模板工程评价的实际得分值。

4.3.3 构件预制化中权重系数应按表 4.3.3 进行取值。

表 4.3.3 构件预制化评价权重系数表

权重系数	取值
α_s	0.50
α_c	0.25
α_t	0.25

4.3.4 钢筋工程应采用钢筋模块化工艺，钢筋工程的得分应按下式进行计算：

$$Q_s = \frac{G_m}{G_a} Q_{s0} \quad (4.3.4)$$

式中： G_m —— 构件中采用模块化工艺的钢筋重量；

G_a —— 构件中所用钢筋的总重量

Q_{s0} —— 钢筋工程评价的基础分值，取为 100；

4.3.5 工业化桥梁的混凝土部分宜在预制工厂内进行预制，宜采用现代化的生产设备进行预制，以提高预制构件的品质。混凝土工程应按下表进行评价。

表 4.3.5 混凝土工程评分表

项目	描述	得分
混凝土工程评价	混凝土采用工厂内搅拌站集中搅拌、封闭管理	20
	混凝土加工设备为不低于 120 型的混凝土搅拌站成套设备，且主机为一备一用	20
	构件中钢筋的加工以数控加工设备为主，如需要张拉预应力，应采用智能化张拉设备	20
	具有原材料的检测设备	20
	具有自动化的养生设备	20

4.3.6 工业化桥梁的模板工程应根据模板的周转次数及构件的外观平整度，按下式进行评价：

$$Q_t = \left(\sum_{i=1}^n \frac{M_i^a}{M_i^e} / n \right) Q_{c0} + \frac{M_p}{M_t} \times Q_{w0} \tag{4.3.6}$$

式中： M_i^a —— 该工程所用第 i 套模板的周转次数；该模板之前及后续的使用次数也可计入；

M_i^e —— 第 i 套模板的额定周转次数，按相应定额进行取值；

n —— 该工程中用到的模板套数；

Q_{c0} —— 模板工程评价的基础分值，取为 90；

M_p —— 构件中外观平整度满足要求的构件数，按平整度偏差<3mm 计；

M_t —— 参与评价的构件总数；

Q_{w0} —— 模板工程评价的基础分值，取为 10。

4.4 施工规范化

4.4.1 参评项目应按工业化建造方式编制施工组织设计，并应满足桥梁设计、生产运输、装配式施工等环节的协调配合与组织管理要求。

4.4.2 工业化桥梁施工规范化水平应通过施工组织管理、施工技术与工艺、施工质量三方面进行评价。

4.4.3 施工组织管理评分应按表 4.4.3 执行。

表 4.4.3 施工组织管理评分表

项目		描述	得分
施工组	建设方式	标段较多时，各标段预制构件集中生产或采购；仅有一个标段时，预制构	10

织		件由现代化工厂集中供应	
		标段较多时，各标段预制构件由不同预制场提供；仅有一个标段时，预制构件由临时工厂集中供应	8
		标段较多时，各标段预制构件由各自生产；仅有一个标段时，预制构件由临时预制场生产	4
	施工组织设计	建立完整项目组织机构及职责分工，根据设计要求、预制拼装精度要求、合同工期和现场实际工况等编制施工组织设计	10
		编制有施工组织设计，但未满足工业化建造的要求	5
	施工人员培训	根据工业化桥梁工程施工的管理和技术特点，对管理人员及作业人员进行专项培训，灌浆、吊装等关键岗位采取上岗证管理	10
		根据工业化桥梁工程施工的管理和技术特点，对管理人员及作业人员进行专项培训	5

注：本项评价分值为 30 分。

4.4.4 施工技术与工艺评分应按表 4.4.4 执行。

表 4.4.4 施工技术与工艺评分表

项目	描述	得分
施工技术 与工	项目施工前编制预制构件专项吊装方案，内容包括构件成品保护、存放、翻转、起吊、定位、稳固、连接	10

艺	等技术措施和质量、安全控制措施，专项吊装方案全面，措施有效，经专家论证会审查合格	
	按试拼装方案进行试拼装，根据试拼装情况研究确定后续施工方案、明确质量控制措施及其关键控制点	10
	根据构件数量、重量、吊装部位和工期优化配置吊装机械的位置、数量和型号，项目建设过程有详细的设备使用台账和设备维修保养记录	10
	根据构件数量、类型、位置关系，策划编制高效、有序的吊装流水，并采用构件编码系统进行实施、管理	10

注：本项评价分值为 40 分。

4.4.5 施工质量评分应按表 4.4.5 执行。

表 4.4.5 施工质量评分表

项目	描述	得分
施工质量	构件和灌浆料强度检测报告、主要材料及配件的质量证明文件、进场验收记录,资料齐全、详实、可靠	5
	全部主控项目和构件连接部位均进行实体抽样检测，检测结果符合设计要求	5
	按国家现行有关标准的规定进行了工程质量验收，并且达到国家现行有关装配式结构工程验收标准的合格要求	5
	后浇混凝土部位施工前的隐蔽工程检查验收文件，资料齐全、详实、可靠	5
	安装完毕后，预制构件的位置和尺寸偏差符合设计要求	5

	装配式结构分项工程质量验收文件，资料齐全、详实、可靠	5
--	----------------------------	---

注：本项评价分值为 30 分。

4.5 管理信息化

4.5.1 参评项目应建立项目质量终身责任信息档案，建造过程中应建立节能、节水、节材和建筑废弃物管理制度，并应具有相应的数据记录和节约效果分析。

4.5.2 参评项目设计、建造全过程应采用信息化管理技术，并应实线设计、生产、运输、施工、监理、运营等环节的协同工作。

4.5.3 工业化桥梁应从项目管理信息化、构件生产信息化、设计阶段信息化和施工阶段信息化四方面对其管理信息化水平进行评价。

4.5.4 项目管理信息化评分应按表 4.5.4 执行。

表 4.5.4 项目管理信息化评分表

项目	描述	得分
项目管理信息化	建立有系统管理信息平台,对工程建设全过程实施动态、量化、科学、系统的管理和控制	15
	从设计阶段开始建立桥梁信息模型,并随项目设计、构件生产及施工建造等环节实施信息共享、有效传递和协同工作	15

注：本项评价分值为 30 分。

4.5.5 构件生产阶段信息化评分应按表 4.5.5 执行。

表 4.5.5 构件生产阶段信息化评分表

项目	描述	得分
构件生产信息	采用芯片管理技术（RFID）或二维码技术，可实现对构件的跟踪管理	5

化	建立有构件生产管理系统,建立构件生产信息数据库,用于记录构件生产关键信息,可追溯、管理构件的生产质量、生产进度	5
构件运输信息化	具备合理运输组织方案,包括运输时间、次序、运输路线、固定要求、堆放支垫及成品保护措施,且减少二次倒运和现场堆放	5
	构件运输和临时存放过程中具有专门的质量安全保证措施,对尺寸较大、形状特殊的大型预制构件的运输和存放措施具体、明确	3
	构件运输进场具有交接验收记录	2

注:本项评价分值为20分。

4.5.6 设计阶段信息化评分应按表 4.5.6 执行。

表 4.5.6 设计阶段信息化评分表

项目	描述	得分
设计阶段信息化	方案设计阶段、初步设计阶段应用建筑信息模型(BIM)进行项目场地分析、设计方案比选、专业模型构建、结构检查、材料统计等	10
	施工图设计阶段应用建筑信息模型(BIM)进行各专业模型构建、冲突检测及虚拟仿真漫游、辅助施工图设计	10
	构件深化设计应用建筑信息模型(BIM)进行连接节点设计、钢筋碰撞检查、构件信息模型,完成构件图信息表达	10

注：本项评价分值为 30 分。

4.5.7 施工阶段应采用信息化手段，对施工过程进行精细化管理。施工阶段的信息化评分应按表 4.5.7 执行。

表 4.5.7 施工阶段信息化评分表

项目	描述	得分
施工阶段信息化	建立构件施工管理系统,将设计阶段信息模型与进度、成本信息关联整合	7
	结合构件中的身份识别标识,记录构件吊装、施工关键信息，追溯、管理构件施工质量、施工进度等	7
	基于施工工艺开展设计深化，构建有数字模型	6

注：本项评价分值为 20 分。

5 装配率评价

5.1 一般规定

5.1.1 装配率评价可分上部结构、下部结构和附属结构三部分，采用下式进行评价：

$$Q_A = \alpha_t Q_t + \alpha_u Q_u + \alpha_w Q_w \quad (5.1.1)$$

式中： Q_A —— 装配率评价的总得分值；

α_t —— 上部结构评价的权重系数；

α_u —— 下部结构评价的权重系数；

α_w —— 附属结构评价的权重系数；

Q_t —— 上部结构装配率评价的实际得分值；

Q_u —— 下部结构装配率评价的实际得分值；

Q_w —— 附属结构装配率评价的实际得分值。

5.1.2 装配率评价中权重系数应按表 5.1.2 进行取值。

表 5.1.2 装配率评价权重系数表

权重系数	取值
α_t	0.35
α_u	0.40
α_w	0.25

5.2 上部结构

5.2.1 上部结构评价内容应包含主梁和桥面板的评价。

5.2.2 上部结构装配率评价应采用下式：

$$Q_t = q_t \times Q_{t0} \quad (5.2.2-1)$$

$$q_t = \frac{A_t}{A} \times 100\% \quad (5.2.2-2)$$

式中： Q_t —— 上部结构装配率评价的实际得分值；

q_t —— 上部结构的装配比例；

Q_{t0} —— 上部结构装配率评价的基础分值，取为 100；

A_t —— 上部结构中预制构件的水平投影面积之和，应计入桥面板间宽度不大于 300mm 的后浇混凝土带的水平投影面积；当上部结构架设需要临时支架时，该值应乘以折减系数 0.8；当桥面板现场浇筑，但无需临时支架时，可将桥面板现浇部分乘以折减系数 0.5 后计入；

A —— 上部结构平面总面积。

5.3 下部结构

5.3.1 下部结构评价内容应包含墩柱、盖梁的评价。

5.3.2 下部结构装配比例计算应采用下式：

$$Q_u = q_u \times Q_{u0} \quad (5.3.2-1)$$

$$q_u = \frac{V_u}{V} \times 100\% \quad (5.3.2-2)$$

式中： Q_u —— 下部结构装配化的实际得分值；

q_u —— 下部结构的装配比例；

Q_{u0} —— 下部结构装配化的基础分值，取为 100；

V_u —— 下部结构中预制混凝土体积之和，应计入墩柱中高度不大于 500mm、盖梁中宽度不大于 300mm 的后浇带混凝土；当盖梁安装需要设置临时支架时，预制混凝土的体积应乘以折减系数 0.8；当盖梁部分需要现场浇筑，但无需设置临时支架时，现浇混凝土的体积可乘以折减系数 0.5 后计入；

V —— 下部结构混凝土总体积。

5.4 附属结构

5.4.1 附属结构评价可仅对防撞护栏进行评价。

5.4.2 附属结构装配率评价应采用下式：

$$Q_w = q_w \times Q_{w0} \quad (5.4.2-1)$$

$$q_w = \frac{L_w}{L} \times 100\% \quad (5.4.2-2)$$

式中： Q_w —— 附属结构装配化的实际得分值；

q_w —— 附属结构的装配比例；

Q_{w0} —— 附属结构装配化的基础分值，取为 100；

L_w —— 附属结构中预制构件的长度之和；

L —— 附属结构的总长度。

6 经济性评价

6.1 一般规定

6.1.1 工业化桥梁经济性可采用与现浇工艺建造相同标准桥梁进行对比的方式，通过工程价值系数，按表 6.1.1 进行评价。

表 6.1.1 经济性评价 Q_E 得分表

价值系数	得分
$V \geq 1.1$	100
$V \geq 1$	90
$0.9 \leq V < 1$	80
$0.8 \leq V < 0.9$	70
$V < 0.8$	60

注：表中 V 为工程价值系数，按本标准 6.1.2 进行计算。

6.1.2 工程价值系数 V 可采用增量效益和增量成本，按下式进行计算：

$$V = \frac{H}{C} \quad (6.1.2)$$

式中： H —— 工业化桥梁的增量效益；

C —— 工业化桥梁的增量成本。

6.2 增量成本

6.2.1 工业化桥梁增量成本可从构件成本和措施成本进行计算。

6.2.2 工业化桥梁预制构件成本可从构件生产成本、构件运输成本和构件安装施工成本 3 方面进行考虑。

6.2.3 构件生产成本应考虑材料费、人工费、机械设备摊销费、厂房基建摊销费、企业管理费、利润及税金等费用；

6.2.4 构件运输成本应考虑构件装卸以及运输等费用；

6.2.5 构件安装施工成本应考虑材料费、人工费、施工机械使用费、措施费、企业管理费、利润及税金等费用。

6.3 增量效益

6.3.1 工业化桥梁增量效益可从增量经济效益、增量环境效益和增量社会效益 3 方面，按下式进行计算：

$$H = H_E + H_V + H_S \quad (6.3.1)$$

式中： H_E —— 工业化桥梁的增量经济效益；

H_V —— 工业化桥梁的增量环境效益；

H_S —— 工业化桥梁的增量社会效益。

6.3.2 增量经济效益可从节水效益、节电效益、节材效益和减少人工效益方面，按下列公式进行计算：

$$H_E = H_w + H_a + H_m + H_p \quad (6.3.2-1)$$

$$H_w = H_{dw} + H_{ww} \quad (6.3.2-2)$$

$$H_{dw} = P_{dw} \times (E_c - E_p) \quad (6.3.2-3)$$

$$H_{ww} = P_{ww} \times (E_c - E_p) \times \beta \quad (6.3.2-4)$$

$$H_a = P_a \times (D_c - D_p) \quad (6.3.2-5)$$

$$H_m = P_m \times (M_c - M_p) \quad (6.3.2-6)$$

$$H_r = P_r \times (R_c - R_p) \quad (6.3.2-7)$$

式中： H_w —— 各构件生产及施工过程中的节水效益；

H_{dw} —— 节水产生的效益；

H_{ww} —— 减少污水处理产生的效益；

P_{dw} —— 定额中的水价；

P_{ww} —— 定额中的排污费；

E_c —— 现浇施工的耗水量；

E_p —— 工业化桥梁构件生产及施工的耗水量；

β —— 污水处理的折减系数，取为 0.4。

H_a —— 节电产生的效益；

P_a —— 定额中的电价；

D_c —— 现浇施工的耗电量；

D_p —— 工业化桥梁构件生产及施工的耗电量；

H_m —— 节材产生的效益；

P_m —— 定额中的各种材料价格；

M_c —— 现浇施工的材料用量；

M_p —— 工业化桥梁构件生产及施工的材料用量；

H_r —— 减少人工的效益；

P_r —— 定额中的人工价格；

R_c —— 现浇施工的工人数量；

R_p —— 工业化桥梁构件生产及施工的工人数量。

6.3.3 增量环境效益可考虑减少建筑垃圾、减少碳排放、减少噪声粉尘带来的效益，按下式进行计算：

$$H_v = H_r + H_c + H_n + H_d \quad (6.3.3-1)$$

$$H_r = S \times (F_c - F_p) \times P_r \quad (6.3.3-2)$$

$$H_c = (C_c - C_p) \times Y \quad (6.3.3-3)$$

式中： H_r —— 工业化桥梁减少垃圾带来的效益；

S —— 工业化桥梁的面积；

F_c —— 现浇施工在施工过程每平方产生的垃圾量；

F_p —— 工业化桥梁在施工过程中每平方产生的垃圾量；

P_r —— 垃圾的处理费用。

H_c —— 工业化桥梁减少碳排放带来的效益；

C_c —— 现浇施工在施工过程中产生的碳排放量；

C_p —— 工业化桥梁在施工过程中产生的碳排放量；

Y —— 取我国碳交易价格；

H_n —— 现浇施工在施工过程中降低噪声的措施费；

H_d —— 现浇施工在施工过程中减少粉尘的措施费和人工费。

6.3.4 增量社会效益可考虑由于缩短施工周期产生的效益，按下式进行计算：

$$H_s = H_i + H_t \quad (6.3.4-1)$$

$$H_i = L \times \frac{r}{12} \times t \quad (6.3.4-2)$$

$$H_t = (T_n - T_y) \times M_t \quad (6.3.4-3)$$

式中： H_i —— 加快项目投资获得的效益；

L —— 工业化桥梁的总投资；

r —— 折现率，可取为银行的贷款利率；

t —— 工业化桥梁可节约的工期，以月计；

H_t —— 项目降低营运成本的效应；

T_n —— 未建成该项目的单位运输成本；

T_y —— 建成该项目后的单位运输成本；

M_t —— 该桥梁项目每月的货物周转量；

7 评价等级划分

7.0.1 工业化桥梁评价等级应划分为 A 级、AA 级、AAA 级，并应符合下列规定：

- 1 总得分为 60 分～75 分，评价为 A 级工业化桥梁；
- 2 总得分为 76 分～85 分，评价为 AA 级工业化桥梁；
- 3 总得分为 86 分及以上，评价为 AAA 级工业化桥梁。

7.0.2 工业化桥梁的总得分应按下列公式确定：

$$Q = \alpha_N Q_N + \alpha_A Q_A + \alpha_E Q_E \quad (7.0.2)$$

式中：Q—— 工业化桥梁评价的总得分值；

α_N —— 工厂化评价的权重系数；

α_A —— 装配率评价的权重系数；

α_E —— 经济性评价的权重系数。

7.0.3 权重系数应按表 7.0.3 进行取值。

表 7.0.3 工业化桥梁评价权重系数表

权重系数	取值
α_N	0.40
α_A	0.35
α_E	0.25

本标准用词说明

1 为便于在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:

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:

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,在条件许可时首先这样做的:

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,可采用“可”。

2 条文中指明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”。

中国工程建设标准化协会标准

工业化桥梁评价标准

T/CECS XX—2024

条文说明

制定说明

本标准制定过程中，编制组针对国内外工业化桥梁进行了广泛深入的调查研究，总结了国内外工业化桥梁建设的实践经验，并工业化桥梁的工厂化评价、装配化评价和经济性评价等内容进行了系统规定，填补了工业化桥梁评价方面的空白。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。

本条文说明不具备与规程正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	33
2	术语	34
3	基本规定	35
4	工厂化评价.....	36
4.1	一般规定	36
4.2	设计标准化.....	36
4.3	构件预制化.....	36
4.4	施工规范化.....	38
4.5	管理信息化.....	38
5	装配率评价.....	40
5.1	一般规定.....	40
5.2	上部结构.....	40
5.3	下部结构.....	40
6	经济性评价.....	41
6.1	一般规定	41
6.2	增量成本	41
6.2	增量效益	41

1 总则

1.0.1 随着经济的快速发展，中国交通建设事业取得了辉煌的成就。但我国是一个能耗大国，能源短缺已成为影响我国经济发展的一个突出问题。同时，随着劳动力工资不断上涨、劳动力从业素质不断下降，社会公众对环境影响诉求日益高涨，桥梁行业的发展遇到了极大的瓶颈，传统工艺越来越不适应新时代的要求，迫切需要通过技术创新来适应新时代的发展。

国内外已有的实践经验表明，工业化桥梁施工速度快、施工质量好、对环境影响小、综合经济成本较低，实现了粗放式建造到集约式建造的转变，是今后桥梁建设的发展趋势。2016年9月27日，国务院印发《关于大力发展装配式建筑的指导意见》，要求大力发展装配式混凝土建筑，不断提高装配式建筑在新建建筑中的比例。桥梁作为建筑中的一种，实现装配式建造符合国家的方针政策。

为了促进工业化桥梁技术的发展，规范工业化桥梁的技术和效益评价，本标准按照“立足当前实际，面向未来发展，简化评价操作”的原则，从工厂化、装配率和经济性3方面构建工业化桥梁评价方法和指标体系。评价内容和方法的制定结合了目前工程建设整体发展水平，并兼顾了远期发展目标。设定的评价指标具有科学性、先进性、系统性、导向性和可操作性。

1.0.3 符合国家法律法规和有关标准是工业化桥梁评价的前提条件。本标准主要针对工业化桥梁的工厂化、装配化和经济进行评价，涉及规划、设计、质量、安全等方面的内容还应符合我国现行有关工程建设标准的规定。

2 术语

术语列出了工业化桥梁评价中涉及的相关专业性术语,以达到概念解释与表达统一的目的。

3 基本规定

3.0.1 以单体桥梁作为工业化桥梁等级评价的单元，主要基于单体桥梁可构成整个桥梁的工作单元和产品，并能全面、系统地反映工业化桥梁的特点，具有较好的可操作性。对于连续高架桥梁，当标准跨径占 70%以上时，可取该高架桥梁整体为对象，进行评价；当连续高架桥梁中，采取不同标准跨径时，可分为不同组，组成群组进行评价，每组中标准跨径应占 70%以上；也可按照桥梁不同的责任主体，划分不同的组，每组进行单独评价，或组成群组进行评价。

3.0.3 为保证工业化桥梁评价质量和效果，切实发挥评价工作的指导作用，装配式桥梁评价分为设计评价和项目评价。

为保证工业化建筑的评价质量和效果，切实发挥评价工作的指导作用，评价工作要求在设计阶段完成后进行设计评价。工程项目评价应在主体结构和装饰装修工程通过竣工验收后再进行工程项目评价。

为促进工业化桥梁设计理念融入到项目实施过程中，项目宜在设计阶段进行设计评价。项目评价应在竣工验收后，按照竣工资料和相关证明文件进行项目评价。项目评价是工业化桥梁评价的最终结果。

3.0.4 设计评价可有效提升工业化桥梁的设计质量，优化工业化桥梁结构的设计和实施，因此在完成设计文件的基础上，可根据设计文件进行预评价。预评价的内容主要是针对工业化桥梁的设计方案，同时也需要对其经济性进行考虑。在经济性评价时，增量经济效益可根据已有的经验进行计算，但需提供可靠的计算依据。对于预评价缺少的项，为了便于使用本标准，可取缺少的项为相应的满分。

4 工厂化评价

4.1 一般规定

4.1.1 工业化桥梁的工厂化贯穿着桥梁建造的整个过程，包括设计、生产、施工以及管养等方面，按照目前的工业化桥梁的发展水平，工业化桥梁的工厂化水平可从设计标准化、构件预制化、施工规范化和管理信息化四方面进行评价。

4.2 设计标准化

4.2.1 设计文件的深度应符合工厂化生产、装配式施工的要求。图纸应包括预制构件大样图、装配节点的构造详图、预埋件设计图和连接节点设计图等。

4.2.2 桥梁设计采用标准化跨径、统一的结构形式和结构外形，可以降低预制构件和部品的种类，提高构件与部品的重复使用率，减少材料损失，提高生产和施工效率。

4.2.3 桥梁设计中为满足部分受限边界条件，实际跨径与标准跨径可能略有增减。结构设计保持一致时，该单元可计入标准跨径，无需额外增加标准跨径种类。

4.2.6 装配式桥梁的标准化设计是构件工厂化生产、机械化施工的基础。预制构件的重复使用率是衡量项目标准化程度的重要指标。本条所指预制构件数量占同类预制构件总数量的比例，是指在单座桥梁中重复使用最多的某一个或某几个规格预制构件的数量或面积占同类预制构件总数量的比例。

同规格预制构件是指构件外形尺寸相同的构件，构件内钢筋数量可不相同。

4.2.7 连接节点是装配式桥梁的关键部位，既要安全耐久，又要结构简单便于施工，应通过结构试验验证并具有一定的工程应用经验。

4.3 构件预制化

4.3.1 预制构件的质量关系桥梁的整体质量，由专业企业加工的预制构件应有出厂合格证等质量证明文件，构件质量符合相关标准的要求。

4.3.2 工业化桥梁中的构件应采用工厂化进行预制，不仅提高其生产效率，同时也对其质量有很好的把控，这也是工业化桥梁区别于现浇桥梁的主要特征之一。构件在预制工厂中应采用自动化流水作业的方式来生产，如同其他工业产品流水线一样工人固定、岗位固定，主要为机械化生产，人员数量需求少，并可大幅提

高效率。

4.3.3 钢筋工程是桥梁建设中的重中之重，钢筋的制作决定了结构质量的关键，因此应该重视钢筋模块化生产在工业化桥梁中的应用。

混凝土工程是工业化桥梁中不可或缺的部分。装配率，即桥梁中采用预制构件所占的比例，是评价工业化桥梁一个重要的指标，将在本标准第 5 章装配率评价中进行考虑，本条中的混凝土工程评价仅涉及预制工厂(场)中的混凝土部分，因此所取权重系数比钢筋工程小。预制工厂(场)中的混凝土工程可从混凝土构件预制质量和运输距离等方面进行评价。

模板工程虽是桥梁建设中采用的临时性结构，但其决定了预制构件的浇筑质量，其重要性也不言而喻，因此在预制构件生产中，对其承载力和刚度等有较高的要求。模板费用在构件生产成本中占有一定的比例，因此需要纳入模板工程的评价指标。

对于主梁为钢结构的桥梁，即仅评价墩柱和盖梁涉及到的钢筋工程、混凝土工程和模板工程；对于主梁为钢-混凝土组合梁的桥梁，需要评价墩柱、盖梁和桥面板涉及到的钢筋工程、混凝土工程和模板工程。

4.3.4 预制构件的钢筋笼应采用模块化成型，可采用数控高精度钢筋加工设备加工并在专用胎架上制作加工成型，减少人工工作量。

4.3.5 对于预制工厂中混凝土工程的评价，主要体现在混凝土构件的预制质量和运输条件控制上，采用合格率和运输条件对其进行综合评定。混凝土构件的预制质量可按相应的质量检验标准进行评定。

预制构件的水平运输费主要包括预制构件从工厂运输至工地的运费和施工场地内的二次搬运费，水平运输费占构件总销售价格的 3.87%~8.40%。运输费中主要是运输机械费，人工费所占比例较小。根据调研，从运距来看，50~100km 可半天往返，100~300km 可一天往返，300~500km 需要一天半往返。预制构件经济的运输半径是半天往返。因此，本标准以 100km 为基准，进行分级评价。通过纳入运输距离为评价指标，也可促进预制构件生产厂进行合理规划，从而达到评价标准的目的。

4.3.6 模板是预制构件工厂生产中很重要的一部分，预制构件的模板设计直接影响预制构件的外观质量，同时也会对工业化桥梁的成本产生较大影响。由于预制构件类型多样，结构多变，数量不一，致使模板通用性、互换性差。因此，对模板工程的评价应强调模板的重复使用。

值得注意的是,对于模板不仅可计入本次工程使用的次数,也可计入之前及后续工程中使用该套模板的次数,即最大程度上重复利用模板,使模板通用化,杜绝为装配而装配的事情发生。

4.4 施工规范化

4.4.1 专业化施工队伍主要指具有成建制的专业化的经营管理公司,有熟练的工程技术管理人员和工人队伍,工人具有统一的用工管理、技术培训制度。区别于一般的劳务市场用工、劳务分包、工程转包关系。

4.4.2 施工规范化是改善施工条件,实现快速、低耗和优质规模生产的前提和基础。

4.4.3 设计、施工、采购一体化总承包模式,即 EPC 模式,可以整合产业链上下游的分工,解决工业化桥梁项目切块分割、碎片化管理问题。在项目设计阶段,就统筹分析桥梁预制构件的生产和装配环节,使设计、生产、施工等环节有机结合,系统优化方案,统筹控制质量、成本和进度。施工、采购一体化承包模式,指的是构件生产、安装做到总包一体化。

4.4.4 预制构件吊装专项方案包括预制构件堆放和场内驳运道路施工平面布置、吊装机械选型与平面布置、预制构件总体安装流程、预制构件安装施工测量、分项工程施工方法、构件节点连接、产品保护措施、保证安全、质量技术措施、绿色施工措施等。

4.5 管理信息化

4.5.3 管理信息化是指在桥梁构件生产以及建设过程中,通过信息化的手段进行组织生产管理,对生产要素进行合理组织和分配,按照桥梁工业化的生产模式和技术经济原则进行管理和组织生产。

信息化的核心内容包括:一方面,合理分配各项资源,使得设计与构件生产、机械化施工相协调。另一方面,利用管理信息系统、三维模型等现代科学技术促进桥梁工业化的快速发展。提高桥梁施工和构件装配社会化程度也是管理信息化的重要方面。

4.5.4 信息化管理平台是项目建设全过程的信息数据、资源协同、组织决策管理系统,是桥梁工业化建造过程的重要手段,对提高工程建设各阶段、各专业之间协同配合、效率和质量,以及一体化管理水平具有重要作用。设计、生产、施工

全过程采用信息化管理系统，可以实施信息共享、有效传递和协同工作。

4.5.5 采用建筑信息模型(BIM) 、芯片管理技术(RFID) 或二维码技术，有利于应用构件生产管理软件来实现构件生产、进行全过程的追溯和管理。例如:三维模型可用于预制构件的生产、仓储等进度管理。

5 装配率评价

5.1 一般规定

5.1.2 根据桥梁构件的重要程度、工程实践经验和技术发展水平，分别确定上部结构、下部结构和附属结构的权重系数。

5.2 上部结构

5.2.1 一般来说，对于混凝土主梁，桥面板和主梁是一起预制的，因此混凝土梁主要评价主梁；对于钢-混凝土组合梁，主要评价桥面板。

5.2.2 桥梁上部结构的装配化主要体现在主梁和桥面板的预制装配。主梁和桥面板是水平向构件，采用其水平投影面积对其装配化比例进行计算。如混凝土主梁的桥面板是现场浇筑时，则应以上部结构中预制构件的混凝土体积占比进行评价。

5.3 下部结构

5.3.2 桥梁下部结构的装配化主要体现在墩柱和盖梁的预制装配。墩柱为竖直向构件，盖梁为水平向构件，因此采用混凝土体积对其装配化比例进行计算。

6 经济性评价

6.1 一般规定

6.1.1 装配式作为一种新型建造模式，具有绿色、环保、节能等优势，是桥梁工业化的重要发展方向，可有效的解决传统现浇带来的能源短缺、生产效率低等问题。目前，虽然我国政府相关部门正在通过制定各种政策积极推进工业化桥梁发展，但工业化桥梁的发展仍受到一定的制约。究其原因，主要是工业化桥梁的建造成本比传统现场浇筑桥梁建造成本有所增加，使得工业化桥梁技术未被广泛接受，制约了其发展。因此，发展工业化桥梁技术首先需要澄清工业化桥梁的经济性，不仅需要考虑其增量成本，同时还需要考虑其增量效益。

6.1.2 本条给出了工业化桥梁经济性评价的方法，采用增量效益与增量成本的比值作为评分的标准。

桥梁采用装配式建造方式的行为在价值工程中可以看作在传统现场浇筑方式上的创新，其目的是为了推动桥梁的建造方式向节约化、工厂化、可持续化的方向发展。由于生产方式的转变，工业化桥梁较传统现浇桥梁产生的增量成本可以看作是价值工程中的费用支出，增量效益则可以看作价值工程中通过方法创新而获得的效用，采用增量效益与增量成本的比值作为工业化桥梁经济性的评价标准，可以科学合理的评价装配式建造方式带来的价值，从而明确工业化桥梁的效益优势。

6.2 增量成本

6.2.1 在经济学上，狭义的增量成本是指因实施某项具体方案而引起的成本，如果不采纳该方案，则增量成本就不会发生。广义的增量成本是指两个备选方案相关成本之间的差额，又称为差量成本。工业化桥梁的增量成本是指采用装配式建造方式后在“基准成本”情况下额外增加的成本投入，“基准成本”是指采用传统现浇建造方式建造出相同标准的桥梁所投入的成本。

6.3 增量效益

6.3.1 效益是指由一定的投入所带来的产出收益，效益以价值的形式体现。效益主要包含经济、环境、社会效益。经济效益是指经济生产活动对投资回报的效果和收益。环境效益是指在生产的过程中，通过降低原材料损耗、减少污染物的排

放、提高资源的利用率等方式使环境效益达到最佳。社会效益是指是对整个社会的发展带来积极推动作用，顺应国家的发展方向，满足人民群众根本利益的效益。

工业化桥梁的增量效益是指与采用传统现浇建造方式相比装配式建造方式建造出相同标准的桥梁带来的更多的效益。

6.3.2 水作为建设项目工程必不可少的能源，在养护等施工环节起到了积极作用，对于传统的以现浇为主的施工方式，施工现场施工和生活用水的需求量很大，现场未形成标准化的管理秩序，导致了水资源利用率相对较低，养护环节也会导致水资源的大量流失。而工业化桥梁，其预制构件在工厂进行生产和养护，养护手段为蒸汽养护，并采用循环用水，提升养护效率的同时缩短了时间，实现水资源的节约。

6.3.3 增量环境效益可从减少建筑垃圾、减少碳排放、减少噪声粉尘污染等方面进行考虑。其中，装配式建造方式的工厂化生产能有效减少建筑废料垃圾的产生。

6.3.4 工业化桥梁在工期上与传统建造方式相比具有较大优势，可按进度要求提前生产预制构件，构件安装后也不需要进行长时间养护。装配式建筑的工期减少不仅能降低施工现场机械使用费用和管理费用，还能减少施工对交通造成的影响，产生一定的社会效益。

本条仅考虑缩短施工周期产生的效益，主要从两方面进行计算。（1）节约工期提高了资金的利用率，产生了一定的效益；（2）新建桥梁极大改善了原路况的运行条件，降低了运行成本。缩短施工周期可以使其更早的享有运行成本降低带来的效益。