

栾清华, 王月, 李阳, 等. 水利工程质量监督全过程全方位定量评价模型构建[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2024, 22(1): 148-157.  
LUAN Q H, WANG Y, LI Y, et al. Construction of the comprehensive quantitative evaluation model of all-round process for quality supervision of hydraulic engineering project[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2024, 22(1): 148-157. (in Chinese)

# 水利工程质量监督 全过程全方位定量评价模型构建

栾清华<sup>1,2</sup>, 王月<sup>1</sup>, 李阳<sup>3</sup>, 裴梦桐<sup>1</sup>, 李彦苍<sup>1</sup>

(1. 河北工程大学水利水电学院, 河北 邯郸 056038; 2. 河海大学水安全与水科学协同创新中心, 南京 210024;  
3. 水利部建设管理与质量安全中心, 北京 100038)

**摘要:**为促进我国水利工程质量监督管理工作运行的高效化, 确保工程监督的有效性和权威性, 基于 AHP (analytic hierarchy process) 原理, 针对水利部督查小组的现场检查情况, 依据水利部下达的相关文件, 结合负分制和一票否决制, 将定性问题定量化, 构建一套涉及水利工程建设、运行、管理全过程全方位的质量监督管理评价模型, 共包含 7 层 2 112 个指标。在综合试错的基础上, 计算得出不同层级和不同指标的权重, 然后选用该模型分析评价 2020 年 7 个省份受督查水利工程项目的质量管理与安全生产管理监督数据, 间接说明模型的实用性和易操作性。评价结果表明: 7 个省份均在合格以上, 整体质量管理情况较好, 但得分差异显著, 其中最高得分 90.6、最低得分 65.6, 相差 25 分; 不同类型管理评价结果显示, 安全生产管理得分普遍高于质量管理得分; 各参建单位评价结果显示, 建设单位和勘察设计单位的情况最优、评分基本达到满分, 而质量检测单位和施工单位得分最低、需重点加强相关监管。评价结果为水利工程质量监督管理工作提供了科学的数据支撑, 构建的评价模型也为水利工程质量监督定量化提供了易实操的普适性工具。

**关键词:** 水利工程; 质量管理评价; 层次分析法; 负分制; 一票否决

**中图分类号:** TV213 **文献标志码:** A **DOI:** 10.13476/j.cnki.nsbdkq.2024.0016

为扎实推动水利高质量发展, 提升水利监督管理机制水平, 水利部先后制定并下达了《水利工程建设质量与安全生产监督检查办法(试行)》《水利工程运行管理监督检查办法(试行)》《水利工程合同监督检查办法(试行)》(以下简称“三个办法”), 作为水利工程质量监督检查工作的依据, 并在督促水利工程项目建设、运行和监督涉及的施工、设计、督察、监理、管理各单位行为的规范性上起到了很好的效果。然而, “三个办法”中各指标评价及结果均采用定性评价, 同一工程涉及的不同部门之间、同一定性评价结果的不同工程之间、各省份之间的质量优劣难以对比, 全方位定量化评价有助于水利部的监察、督查和管理水平的提高。由于水利工程质量监督管理评价是政府质量监督管理评价有机

组成部分, 急需一个量化的指标体系。在此背景下, 将上述一系列水利工程质量评价定量化显得重要和关键。

在水利工程质量评价定量评价方面, 大部分学者认为质量控制及评价是质量管理的重点, 多数研究聚焦于利用不同方法对质量控制要素进行评价及分析上。如: Ernzen 等<sup>[1]</sup>提出了以承包商为主导的质量控制和质量保证体系; 李建平等<sup>[2]</sup>应用模糊树理论开展了工程项目施工过程质量控制及实例应用; 李大峰等<sup>[3]</sup>提出了严格按照监理合同对建设项目各环节进行监督, 重点放在工程施工准备阶段、实施阶段的质量控制, 并进行了实例应用, 验证了该方法的可行性; 王婧红等<sup>[4]</sup>提出了更便捷的质量控制方法, 解决了传统质量控制方法的不足。但也有一些学者开始关注工程质量管理体系的健全措

收稿日期: 2023-05-16 修回日期: 2023-10-26 网络出版时间: 2023-12-29

网络出版地址: <https://link.cnki.net/urlid/13.1430.TV.20231228.0853.004>

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC04014)

作者简介: 栾清华(1978—), 女, 河北井陘人, 教授, 博士, 主要从事水文学及水资源研究。E-mail: [carol97011202@163.com](mailto:carol97011202@163.com)

通信作者: 李阳(1985—), 男, 河南偃师人, 高级工程师, 主要从事土木工程相关研究。E-mail: [13392033@qq.com](mailto:13392033@qq.com)

施,在深入剖析现有管理体系的基础上,着重于评价方法和数学模型的改进及其应用,如:Killingsworth<sup>[5]</sup>提出了基于承包商质量检测数据的二次分析评价方法和统计评价方法,有效降低了监督成本;司新毅<sup>[6]</sup>应用遗传算法和投影寻踪模型(GA-PP)对水利工程进行质量综合评价,以此避免客观赋值的干扰;刘宗显等<sup>[7]</sup>提出了基于 Lévy 飞行改进的鲸鱼优化算法和混合核支持向量机的帷幕灌浆施工质量模糊综合动态评价方法,实现了灌浆质量的动态评价。另一部分人则注重评价指标体系的优化,如:Hancher 等<sup>[8]</sup>提出把建设主体建设活动中的质量安全行为纳入评价体系中;曹福君等<sup>[9]</sup>在现行质量监督体系和建设主体质量保证体系组成的二元结构体系基础上,引入了社会质量信用评价体系;陈庆丰等<sup>[10]</sup>从绿色、协调、开放、创新、和谐 5 个维度建立了黄河流域河南段八市的高质量发展评价体系。

总结水利工程质量监督评价相关成果可知,尽管目前已有成果较为丰富,但大多数研究仅针对水利工程勘察设计<sup>[11]</sup>、施工<sup>[12-13]</sup>或监理<sup>[14-15]</sup>的某一阶段进行质量管理评价,鲜有综合各阶段水利工程质量量化、全面化的评价方法及其应用案例。为提高水利工程质量监督管理效率,根据“三个办法”,结合实际管理需求,提出基于 AHP(analytic hierarchy process)原理并结合负分制和一票否决制的水利工程全过程质量监督评价评价指标体系,并在全国范围内选取了 7 个省份的典型水利工程项目开展案例应用,为全国的水利工程质量监督管理相关工作提供决策依据。

## 1 水利工程质量监管评价模型

### 1.1 指标体系的构建

AHP 是 20 世纪 70 年代中期由美国运筹学家 Saaty<sup>[16]</sup>提出的评价方法,在工程管理评价中应用较多。AHP 基于评价者对评价对象本质的理解程度,将总目标分解成子目标,通过判断、比较和分析子目标间的关系,得出最终的评价结果,该方法较为灵活,易与其他评价方法结合使用<sup>[17-20]</sup>。因此,本文基于 AHP 原理来开展评价指标体系的构建。

由于评价要服务于全国的水利督查管理工作,且评价结果与各省水利部门的绩效考核相关,因此指标体系必须能满足水利部有关监察及督查要求,所选指标不仅慎重且应具有权威性和代表性。“三个办法”由水利部组织编制,是面向全国范围的、系

统的水利工程质量监督检查工作准则,且已被水利部党委审批通过,故将“三个办法”中的定性指标作为评价体系中指标的基本构成。

遵循上述原则,依据“三个办法”不同文件内容和结构,将指标体系设置为 7 层,共 2 112 个指标:第一层水利工程质量监督管理评价,即总评价目标;第二层指标分别涉及水利工程项目的质量安全、运行管理和合同监督情况,即“三个办法”的三个办法。第一层至第二层的水利工程质量监督管理评价指标体系见图 1。鉴于监督检查的评价内容多样,第三层和第七层指标体系层次结构复杂,使得整个指标体系较为庞大。具体而言:第三层指标以第二层不同指标涉及监督管理的不同方面来构成;第四层指标则由第三层各方面涉及的不同主体单位构成;第五层以第四层不同单位涉及的具体考核过程为指标;第六层则以第五层具体考核过程涉及的不同考核内容为指标;第七层指标以第六层不同考核过程涉及的具体的要素构成,这些要素对应了水利督查专家现场依据“三个办法”督查检查的具体内容。

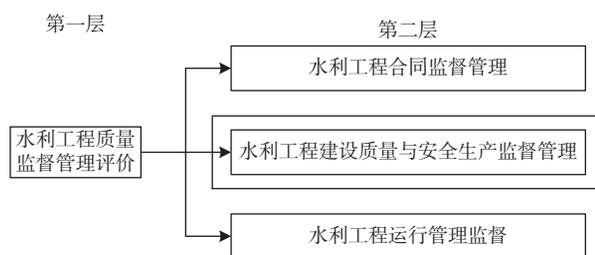


图 1 水利工程质量监督管理评价指标体系

Fig. 1 Indicator hierarchy of supervision and quantitative evaluation of hydraulic engineering project

以第二层水利工程建设质量与安全生产监督管理为例,剖析第三层至第四层的指标层次结构,见图 2。依据《水利工程建设质量与安全生产监督检查办法(试行)》,第三层指标涉及质量管理、安全生产管理、质量缺陷、质量与安全生产问题责任单位、质量与安全生产问题责任人、行政管理责任追究和主体共 6 个方面;而第四层又以上述 6 方面涉及的不同单位为指标,以质量管理为例,涉及项目法人(建设单位)、勘察设计单位、监理单位、施工单位、金属机构及机电设备安装单位和安全监测以及质量检测单位,故对应的第四层共 6 个指标。

再以图 2 中首个第四层指标项目法人(建设单位)为例,剖析第五层至第七层的指标结构,见

图 3。项目法人(建设单位)对应的第五层指标分别为体系管理、施工过程设计、质量检查、质量检验与评定、工程验收和质量事故处理;第六层又涉及第五层中相关的具体考核内容,如体系管理涉及机构组成、制度标准、满意度及实施和岗位履职,故对

应的第六层指标共计 4 个;第七层即第六层对应的具体的现场督查的内容,如图 3 中的要素 1-1-1 即对应于《水利工程建设质量与安全生产监督检查办法(试行)》中附件 1-1 的第 1 条:未建立质量管理领导机构,未明确质量主要负责人。

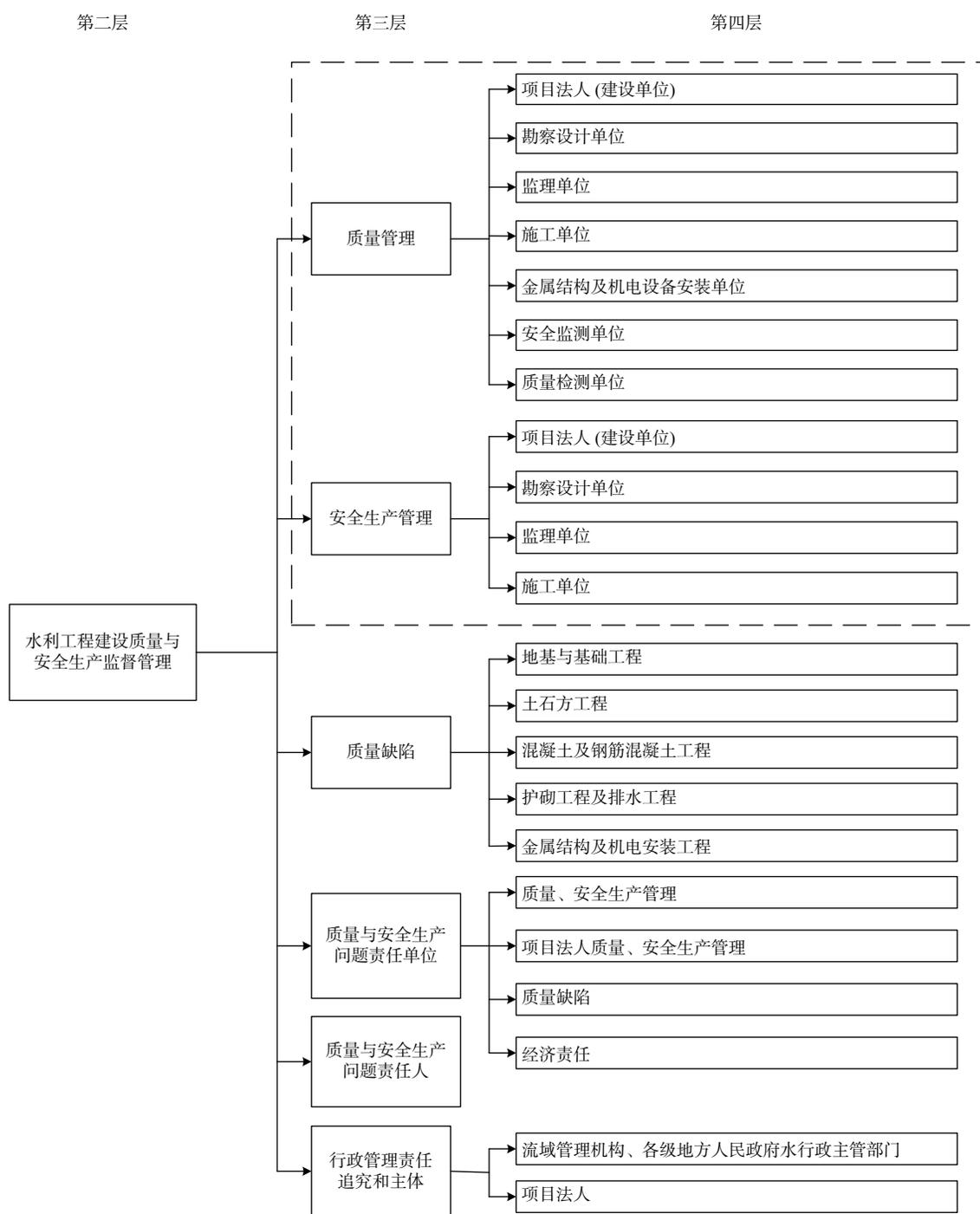


图 2 水利工程建设质量与安全生产监督管理评价指标体系

Fig. 2 Indicator hierarchy for quality and work safety management of hydraulic engineering project

依据上述过程,将“三个办法”进行逐层分解,构建了 1 个 7 层 2 112 个要素构成的评价指标体系,以适应水利部对于全国水利工程质量全过程、全方位监督管理的需求。除此之外,该指标体系的各层

级、各部分都相对独立,不同部门、不同层级可以依据相应层级和相应内容的督查管理评价,进行指标体系的分离和组合,形成相对独立且具系统性的小指标体系,充分体现了该指标体系的灵活性。

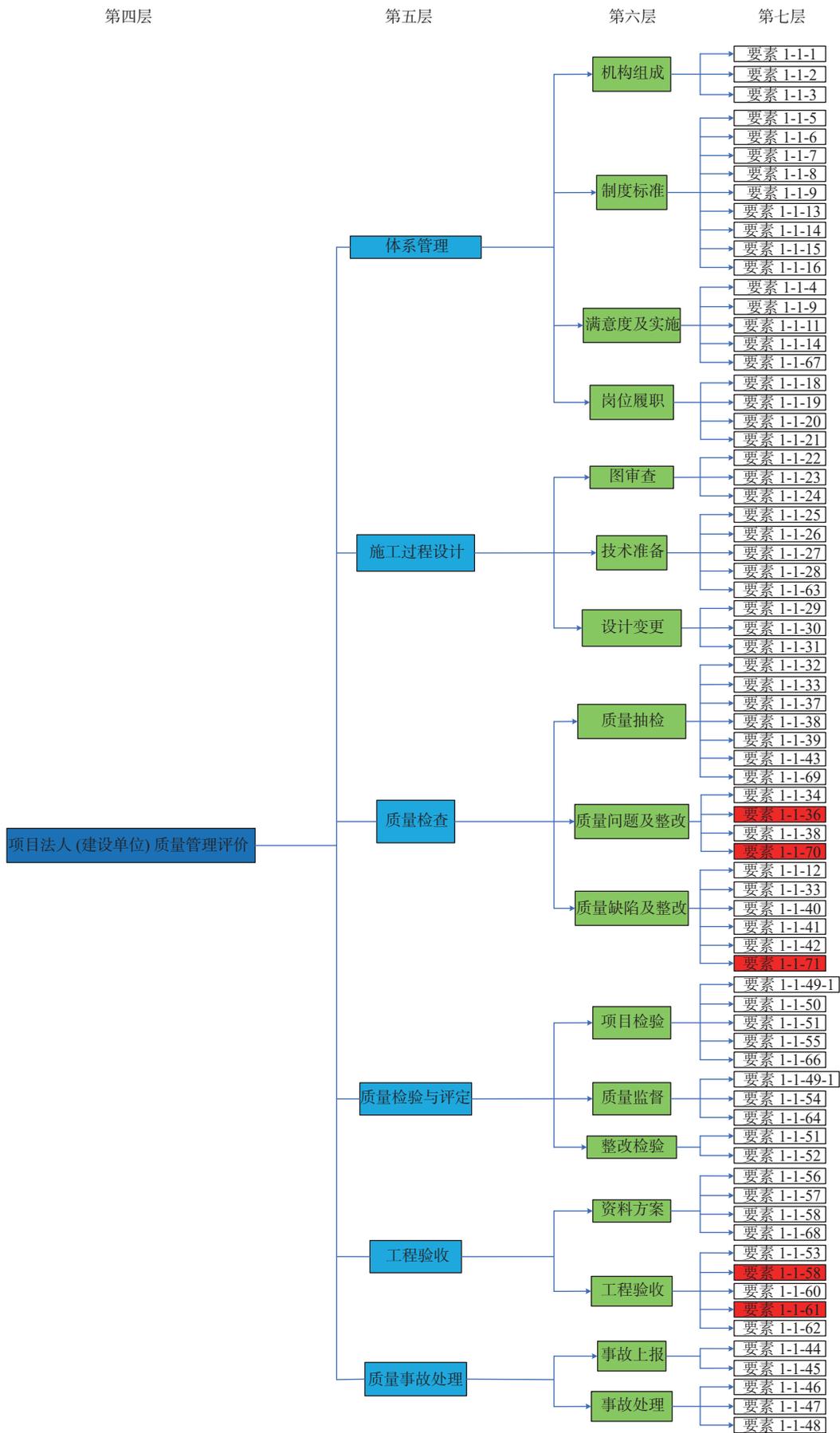


图3 项目法人(建设单位)质量管理评价指标体系

Fig. 3 Indicator hierarchy of quality management evaluation of construction department

## 1.2 指标赋值

在指标赋值上除重点考虑监督管理的要求外,须结合水利工程管理运行的实际情况来赋分。首先,由于“三个办法”涉及工程的各方面,检查要素数量庞大,专家现场督查难以全面覆盖;其次,在我国,针对水利工程质量从项目立项、设计、施工以及竣工验收等所有阶段均已明确规定,且相关单位大部分都能遵守,违规行为相对较少;此外,监督定量评价以问题为导向,这与一般的管理类正向评价有本质的不同。综合上述原因,将指标赋值选用负分制,每个要素(第 7 层)评价初始值设为满分(100 分)后,视要素违反的严重程度进行倒扣分,而未有问题或未有监督的要素,则不给予扣分。依据监督人员现场督查及认定情况,要素违反的严重程度分三类:一般、较重和严重,相应的赋分依次为负 1 分、负 2 分和负 3 分。

若单个要素涉及贪污受贿、恶意隐瞒质量问题等情节极为恶劣的违规行为(图 3 中标红即为一票否决项),采取一旦犯错不可原谅的态度,在评价中直接判定该要素所在的上一层(第 6 层)指标得分为 0,即一票否决制,这对各方单位的相关人员具有较好的警示作用,利于监督管理成效的提升。如要素 1-1-71 的指标描述为“不配合上级部门质量检查工作,不按要求提交资料或销毁、隐匿资料”,一旦认定存在这一行为,无论其他要素是否存在违规行为,相应的第 6 层的“质量缺陷与整改”整个指标赋分均为 0。通过负分制和一票否决制,评价者只需根据定性检验结果将负分项输入模型,避免反馈延迟等不良影响,提高管理效果。

## 1.3 评分计算

基于加权计算的综合指数法计算灵活,适用性

好,其评分结果清晰明了、有利于进行有针对性的改进<sup>[21]</sup>,鉴于评价模型层次多、指标繁多,因此,采用加权计算的综合指数法进行模型的评分计算。相关公式为

$$H = \sum_{i=0}^n h_i \times \left( w_i / \sum_i w_i \right) \quad (1)$$

式中:  $H$  为总得分;  $h_i$  为各指标层的标准分;  $w_i$  为其权重。  $h_i$  的计算公式为

$$h_i = h_1 - h_0 \quad (2)$$

式中:  $h_1$  为初始得分;  $h_0$  为负分项的分值。通过公式(1)和(2),可以逐步计算出各指标层的总得分。

## 1.4 权重计算

依据“三个办法”,所有要素一旦违规,其问题本身的重要程度被划分为一般、较重和严重,这是由水利部综合大量专家、基层人员及监督人员的各项评定后得出的,且通过了水利部的正式批复具有权威性,因此,依据潜在重要程度设置要素权重,且越重要其分值越高。统计“三个办法”中一般、较重、严重这 3 要素的个数,根据指标结构,可依次计算推出第 6 层~第 1 层要素的权重综合值。上述权重设置方法,与指标结构逐一对应,具有很好的相对独立性。采用这一权重设置方法,针对评价部门职责相应的管理目标及相应的指标体系来进行权重百分比的计算。若以水利工程建设质量与安全生产监督管理中的质量管理、安全生产管理为评价目标,则分别统计各评价层总体的权重综合值,并设置权重百分比为 100%,下一层指标的权重百分比即可计算得出,见表 1。由上可知,这一权重计算方法与指标体系结构一一对应,若因监督管理的不同要求需分离和组合形成新的评价指标体系,通过该方法可计算得出与之匹配的权重百分比,同样具有灵活性。

表 1 指标权重百分比赋值

Tab. 1 Indicators weights and corresponding percentage

监督分类	权重	建设	勘察设计	监理	施工	金属结构及机电设备安装	安全监测	质量检测	总体
质量管理	综合值	177	117	321	274	53	66	73	1 081
	百分比/%	16.37	10.82	29.69	25.35	4.90	6.12	6.75	100
安全生产	综合值	74	23	35	121	-	-	-	253
	百分比/%	29.25	9.09	13.83	47.83	-	-	-	100

在具体数值的选择上,针对一般、较重和严重初步设置了 1、2、3, 1、3、5 和 1、3、9 共 3 组权重,利用公式(1)和公式(2)计算每组权重下的评分;对

比分析可知,3 组权重下的省份排名一致,但使用 1、3、9 权重时得分差距更显著:若严重违反了属性为严重的要素问题扣分为 27 分,一般违反属性为一般

的要素问题则扣分仅为1分。为便于监督管理,选择1、3、9权重下的评价结果展开分析。

### 1.5 评价标准的确定

为方便管理且保持与国务院发布的质量监督管理评价整体一致性,将0~100的评价分数分为优秀、良好、合格、不合格4个等级<sup>[22]</sup>。各等级分值范围见表2。

表2 评价层评分等级  
Tab.2 Evaluation layer rating scale

评价等级	优秀	良好	及格	不及格
区间范围	>90	[80, 90)	[60, 80)	<60

## 2 案例应用

由于评价模型结构复杂,为方便理解,搜集我国7个省份典型水利工程项目的监督数据,仅以表1涉及的部分,即水利工程建设质量与安全生产监督管理中的质量管理和安全生产管理展开综合评价的案例分析。搜集的7省份被监督的水利工程均为大型工程,类型包括水库、引水工程、供水工程。

## 2.1 评价结果分析

### 2.1.1 质量管理评价结果

参建单位评价结果。水利建设各参建单位的质量管理得分见图4。从各参建单位评分结果分析,7个省份(A<sub>1</sub>至A<sub>7</sub>)不同水利工程项目的参建单位综合质量管理得分分值差距排名(即箱形图的长度)依次为质量检测单位、施工单位、安全监测单位、金属结构及机电设备安装单位(图4中简称MSMEEID)、监理单位、勘察设计单位、建设单位,分值的差距体现各参建单位间综合质量管理的水平差距,分数的差距越大,参建单位间的质量管理水平差距越大,对各省份的质量管理排名影响越大。其中,质量检测单位在7个省份的综合得分差距最大,差值达84.93分,7个省份的建设单位和勘察设计单位得分均接近满分。7个省份各参建单位平均得分排名依次为建设单位、勘察设计单位、监理单位、金属结构及机电设备安装单位、安全监测单位、质量检测单位、施工单位。综上可知,施工单位质量管理得分最低,建设单位得分最高,说明施工单位普遍存在质量管理问题,需要加强质量监管。

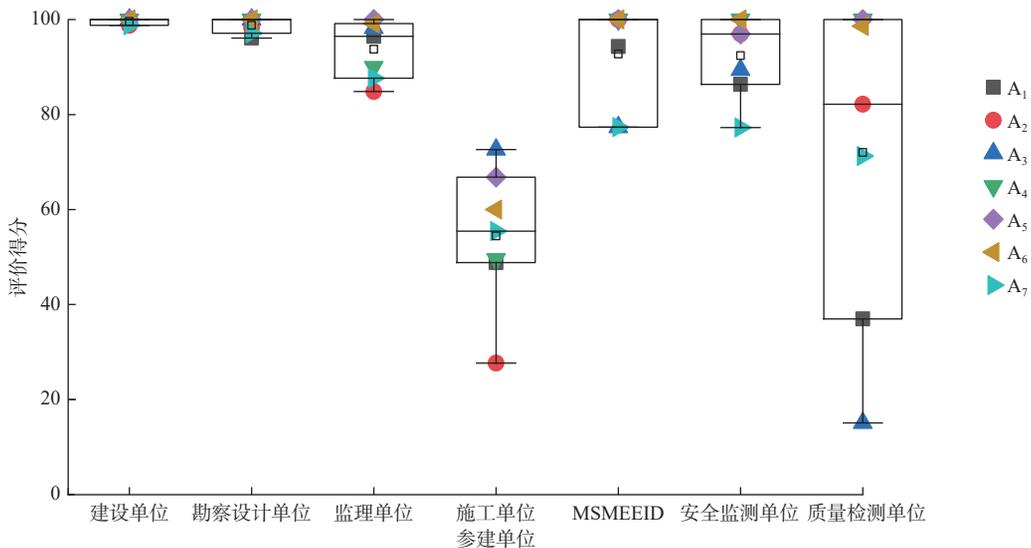


图4 各参建单位质量管理评价得分

Fig.4 The evaluation score of the stakeholders in the quality management

选取平均数和方差分别对不同省份各参建单位的质量管理平均水平及稳定性(见表3)进行分析。平均数越大,表明该省份各参建单位的平均水平较高。方差越小,表明该省各参建单位间的评价得分波动差距越小,整体水平越稳定。图4和表5均说明A<sub>6</sub>和A<sub>5</sub>的质量管理水平最好。A<sub>4</sub>的平均值较

高,仅次于A<sub>6</sub>和A<sub>5</sub>,居第三位,方差为18.80,位居第四。总体来看A<sub>4</sub>的质量管理水平较高:A<sub>1</sub>的大部分参建单位水平较高,但建设单位和质量检测单位得分较低,均为“不合格”,导致A<sub>1</sub>方差较高;A<sub>2</sub>方差较大,其中施工单位得分最低,为27.66,说明该省施工单位相关监管有待加强,但平均数较高;A<sub>3</sub>

的质量检测单位得分最低,为 15.07,与其他省份的质量检测单位相比,方差的排名垫底,说明 A<sub>3</sub> 的质量检测单位的质量管理有待提高,而 A<sub>3</sub> 的平均数为 78.95,接近“良好”等级,说明质量检测单位外的其他参建单位质量管理水平较高;A<sub>7</sub> 的方差为 15.26,仅次于 A<sub>6</sub> 和 A<sub>5</sub>,排在第 3 位,A<sub>7</sub> 的平均数为 80.7,整体质量管理水平较好。

表 3 各省参建单位质量管理平均分、方差及排名  
Tab. 3 The AVGs and RMS errors of stakeholder evaluation in quality management among provinces

省份	平均分	平均分排名	方差	方差排名
A <sub>1</sub>	79.79	6	25.75	5
A <sub>2</sub>	84.11	4	25.90	6
A <sub>3</sub>	78.95	7	30.25	7
A <sub>4</sub>	91.37	3	18.80	4
A <sub>5</sub>	94.83	1	12.40	1
A <sub>6</sub>	93.97	2	14.99	2
A <sub>7</sub>	80.70	5	15.26	3

省份评价结果。通过参建单位评价得分,逐一计算不同省份质量管理的评价得分和相应的平均分。A<sub>1</sub> ~ A<sub>7</sub> 的评价结果见图 5。可以看出,A<sub>7</sub> 得分最低,为 64.4 分,A<sub>6</sub> 得分最高,为 89.2 分。7 个省份质量管理平均得分为 79.7,其中 57.14% 为“良好”,其他为“合格”,没有“优秀”和“不合格”。

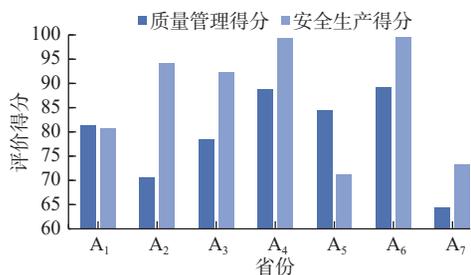


图 5 各省综合评价得分

Fig. 5 The evaluation scores of quality management and work safety management of provinces

### 2.1.2 安全生产管理评价结果

参建单位评价结果。从 A<sub>1</sub> 到 A<sub>7</sub> 的安全生产管理利益相关者评价得分通过箱线图展示在图 6 中。由图 6 可知,安全生产管理在各参建单位(即箱形图的长度)中的差异从高到低依次为建设单位、监理单位、勘察设计单位、施工单位。勘察设计单位和建设单位的评价得分均为 100 分,说明安全生产管理的差异主要集中在施工单位和监理单位。其中,监理单位对安全生产管理的评价得分最高为 100 分,

最低为 62.86 分,两者相差 37.14 分。安全生产得分分值差距最大是施工单位,最高分和最低分的差值为 48.76 分。通过计算可知,各省参建单位的平均值排名从高到低分别为建设单位、勘察设计单位、监理单位、施工单位。综上,施工单位的安全生产管理最低,建设单位和勘察设计单位最高。

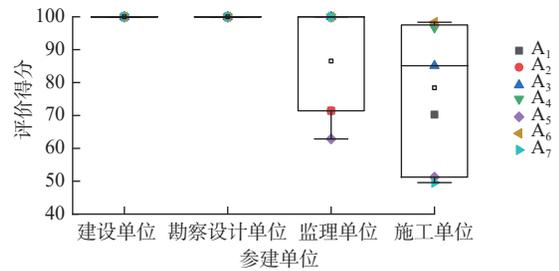


图 6 各参建单位安全生产管理评价得分

Fig. 6 The evaluation score of the work safety management of the stakeholders

安全生产管理的平均分和方差见表 6,结合表 4 可知,监理单位和施工单位的安全生产管理得分是拉开省份间得分差距的关键。从各省得分来看,A<sub>6</sub>、A<sub>4</sub> 和 A<sub>3</sub> 的参建单位得分维持在较高水平且等于或接近 100,平均分均在 95 以上,且方差很小。

表 4 各参建单位安全生产管理平均分、方差及排名评分  
Tab. 4 The AVGs, RMS error and ranks of the work safety management of the stakeholders

省份	平均分	平均分排名	方差	方差排名
A <sub>1</sub>	85.42	6	16.84	5
A <sub>2</sub>	92.24	4	13.92	4
A <sub>3</sub>	96.28	3	7.44	3
A <sub>4</sub>	99.17	2	1.65	2
A <sub>5</sub>	78.53	7	25.24	7
A <sub>6</sub>	99.59	1	0.83	1
A <sub>7</sub>	87.40	5	25.21	6

A<sub>1</sub> 中的监理单位和建设单位的评价等级均为“合格”,通过平均数和方差反映出与其他省份相比管理水平较低。从图 6 可以看出:A<sub>2</sub> 整体水平较好,但监理单位的安全生产管理较低,有待提高;A<sub>5</sub> 的监理单位和施工单位得分分别为 62.86 和 51.27,均较低,平均值和方差排名也较低,表明 A<sub>5</sub> 中这两个部门的管理质量也有待提高;A<sub>7</sub> 的平均值接近优秀,A<sub>7</sub> 除施工单位外其余参建单位均为 100,但施工单位得分最低,为 49.59,反映出各参建单位的管理差异较大。

省份评价结果。通过计算不同省份的安全生产

管理评价得分和相应的平均值,得出评价结果见图5。可以看出: $A_5$ 得分最低,为71.3; $A_6$ 得分最高,为99.5。7个省份的平均值为87.3,其中,57.14%为优秀,14.29%为良好,其他为合格,没有不合格。对比不同省份评价结果, $A_6$ 和 $A_4$ 的安全生产管理得分均为优秀,相应的质量管理得分均为良好。除 $A_1$ 、 $A_5$ 外,各省安全生产管理的平均评价得分普遍高于质量管理。 $A_1$ 质量管理与安全生产管理得分接近,而 $A_5$ 质量管理得分远高于安全生产管理得分。

## 2.2 评价综合分析

为了更加直观地描述各省份工程项目间的分数差距,将7个省份的水利建设工程项目质量管理与安全生产综合评价得分按从高到低的顺序进行排序,绘制图7。由图7可知,7个省份的综合评分呈现阶梯型分布,大致可分为3个等级。其中: $A_6$ 和 $A_4$ 属于第一个等级(优秀);属于第二个等级(良好)的省份分别是 $A_5$ 、 $A_1$ 和 $A_3$ ;属于第三等级(合格)的省份是 $A_2$ 和 $A_7$ 。

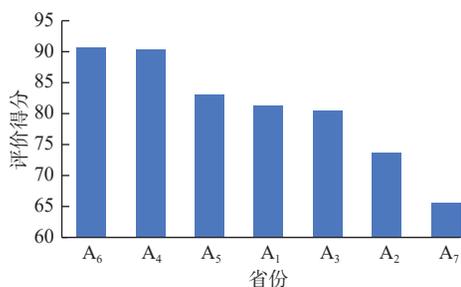


图7 7个省份水利工程建设质量及安全生产评价得分

Fig. 7 The comprehensive evaluation scores of quality and work safety management of 7 provinces

## 2.3 讨论

通过上述分析可知,处于第三等级的省份与优秀差距较大,反映出 $A_2$ 和 $A_7$ 水利工程项目在质量管理和安全生产管理方面的管理质量最低。

$A_7$ 的质量管理和安全生产管理得分分别为64.4和73.7,得分均不高。在 $A_7$ 质量管理的7个参建单位中,施工单位、金属结构及机电设备安装单位、安全监测单位、质量检测单位这4个参建单位的得分较低(图4),这是导致该省质量管理得分偏低的原因。安全生产管理得分较低的原因是监理单位得分较低(图6)。 $A_2$ 的质量管理得分为70.7分,安全生产管理得分为94.3分。根据2.1.1节分析,施工单位得分最低(仅为27.66),导致 $A_2$ 质量管理得分较低。

处于第二等级的省份综合管理水平相对较好,

与优秀的差距较小。 $A_3$ 的质量管理和安全生产管理得分分别为78.6分和92.4分,但其安全监测单位得分仅为15.07,是导致质量管理得分偏低的重要原因。另外,施工单位和金属结构及机电设备安装单位的质量管理得分不高(图6),这些部门管理水平有待提高。

$A_1$ 的质量管理得分为81.3,安全生产管理得分为80.7。两方面均存在较大的提升空间。根据2.1节的分析,施工单位和质量检测单位是质量管理改进的关键和紧迫部门,而监理单位和施工单位的改进是安全生产管理改进的关键。 $A_5$ 虽然在质量管理方面得分较高,但其安全生产管理得分最低,仅为71.3分。综合以上分析,施工单位和监理单位的改进对 $A_5$ 安全生产管理水平的提高至关重要。而对于质量管理改进,其施工单位也应在 $A_5$ 中进行改进。

处于第一层次的省份综合管理水平相对较高,均为优秀。但是, $A_4$ 和 $A_6$ 的建设单位质量管理仍需改进。综上,案例涉及各省质量管理的施工单位是问题最多的部门。

水利工程项目质量监督的评价模型尚处于探索期,随着模型的运行以及监督数据的累积,未来可采用智能算法来进一步优化权重,借助智慧水利的建设,推进智能监管一体化,通过监督数据的智能分析,持续加强薄弱环节的监管,不断完善工程质量的监督。

## 3 结论

近年来,随着我国水利工程建设任务的逐渐完备,我国的监管督查任务愈加艰巨,定量化评价成为水利工程监督管理的必要需求。本文基于层次分析法原理,结合负分制和一票否决制,构建了一套全过程全方位定量评价水利工程质量监督的评价模型,进而搜集我国7个省份水利项目的建设质量管理及安全生产管理现场督查结果,开展了案例分析,初步得到以下结论:

评价模型依据“三个办法”,具有7层共计2112要素构成,权重计算和模型结构逐一对应,可根据不同层级和相应内容的督查管理评价,进行指标体系的分离和组合,形成相对独立且具系统性的小指标体系,具有较强的灵活性。

7个省份的质量评价得分呈现差异化分布,共出现3个层次,其中 $A_7$ 省和 $A_2$ 省间的差异最大。

分析得出,造成省份间评分分化的关键因素是质量监测单位和施工单位的质量行为差异。

7 个省份的水利建设项目评分良好,平均得分 80.71。其中,建设单位和勘察设计单位的情况最优,各项目评分均接近 100,反映出整体较高的管理水平。 $A_1$  和  $A_2$  分别为 65.5 和 73.7,评分最低,与其余省份存在显著差距。分析得出安全生产管理是影响省份间水利工程建设质量及安全生产分数差异的主要原因。未来, $A_1$  和  $A_2$  需继续增强自身质量管理水平、技术水平和质量责任意识,不断完善质量管理工作中的不足。

水利工程质量监督管理的评价模型还在探索阶段,由于监督管理评价影响因素复杂多变,应多开展应用,增强评价模型的普适性。未来围绕智慧水利建设,深入推动水利工程质量监督管理评价的智能化。

#### 参考文献:

- [1] ERNZEN J, FEENEY T. Contractor-led quality control and quality assurance plus design-build: Who is watching the quality?[J]. *Transportation Research Record*, 2002, 1813(1): 253-259. DOI: 10.3141/1813-31.
- [2] 李建平, 李美云, 刘洪波, 等. 模糊树在施工质量动态控制中的应用[J]. *科技管理研究*, 2012, 32(17): 203-207. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7695.2012.17.045.
- [3] 李大峰, 仇宁, 徐球. 南京市浦口区农田水利工程监理质量控制[J]. *人民长江*, 2013, 44(S1): 213-215. DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2013.s1.054.
- [4] 王婧红, 王利英, 董卫, 等. 胶凝砂砾石质量控制方法[J]. *南水北调与水利科技(中英文)*, 2021, 19(2): 393-399. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2021.0042.
- [5] KILLINGSWORTH B, HUGHES C. Issues related to use of contractor quality control data in acceptance decision and payment: Benefits and pitfalls[J]. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2002, 1813(1): 247-252. DOI: 10.3141/1813-30.
- [6] 司新毅. 基于GA-PP模型的水利工程质量评价体系研究[J]. *中国农村水利水电*, 2016(6): 187-189. DOI: 10.3969/j.issn.1007-2284.2016.06.044.
- [7] 刘宗显, 余佳, 吴斌平, 等. 基于LWOA和MKSVM算法的帷幕灌浆施工质量模糊综合动态评价研究[J]. *水利水电技术*, 2020, 51(6): 72-83. DOI: 10.13928/j.cnki.wrahe.2020.06.009.
- [8] HANCHER D E, LAMBERT S E. Quality-based pre-qualification of contractors[J]. *Transportation re-*
- search record*, 2002, 1813(1): 260-274. DOI: 10.3141/1813-32.
- [9] 曹福君, 方国华. 水利工程建设质量管理体系优化[J]. *南水北调与水利科技*, 2012, 10(3): 142-146. DOI: 10.3724/SP.J.1201.2012.03142.
- [10] 陈庆丰, 张伟强, 乔国栋, 等. 黄河流域河南段八市高质量发展评价体系研究[J]. *人民黄河*, 2023, 45(10): 12-18.
- [11] 王自高, 邓英娥. 水电工程勘察设计质量管理探讨[J]. *水力发电*, 2015, 41(3): 65-68.
- [12] 向玉华, 郑霞忠, 卢意力. 基于熵权可拓物元的水电工程施工质量评价[J]. *南水北调与水利科技*, 2016, 14(2): 177-182. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2016.02.031.
- [13] 岳攀, 孙加恩, 佟大威, 等. 基于增强现实的心墙堆石坝碾压施工过程可视化研究[J]. *水利水电技术(中英文)*, 2022, 53(5): 91-97. DOI: 10.13928/j.cnki.wrahe.2022.05.010.
- [14] 张维, 吴霞. 三峡地下电站工程监理质量管理关键措施[J]. *人民黄河*, 2022, 44(S1): 145-146, 150.
- [15] 贡权生, 陈崇德. 引江济汉工程施工监理质量控制体系及评价[J]. *人民长江*, 2015, 46(7): 30-33.
- [16] SAATY T L, The analytical hierarchy process [M]. McGraw Hill Inc, New York, 1980. DOI: 10.1007/1-4020-0611-X\_31.
- [17] 王富强, 马尚钰, 赵衡, 等. 基于AHP和熵权法组合权重的京津冀地区水循环健康模糊综合评价[J]. *南水北调与水利科技(中英文)*, 2021, 19(1): 67-74. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2021.0006.
- [18] 栾清华, 王旖, 张海, 等. 华北平原典型灌区农田水循环健康评价[J]. *南水北调与水利科技(中英文)*, 2021, 19(5): 930-940. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2021.0097.
- [19] 梁霄, 巨文慧, 孙博闻, 等. 基于AHP-熵权法的平原城市河网水系连通性评价: 以廊坊市为例[J]. *南水北调与水利科技(中英文)*, 2022, 20(2): 352-364. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2022.0036.
- [20] 陈琳, 邹添丞, 石杰, 等. 基于层次分析法的成都市水安全评价[J]. *南水北调与水利科技*, 2013, 11(4): 41-45.
- [21] 马静, 段娜, 吕如兰, 等. 城市水循环健康的评价方法及其应用: 以邯郸市主城区为例[J]. *科学技术与工程*, 2021, 21(33): 14372-14378. DOI: 10.3969/j.issn.1671-1815.2021.33.046.
- [22] 李千珣, 郭生练, 邓乐乐, 等. 汉江流域水生态文明建设评价[J]. *南水北调与水利科技(中英文)*, 2022, 20(3): 498-505. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2022.0050.

## Construction of the comprehensive quantitative evaluation model of all-round process for quality supervision of hydraulic engineering project

LUAN Qinghua<sup>1,2</sup>, WANG Yue<sup>1</sup>, LI Yang<sup>3</sup>, PEI Mengtong<sup>1</sup>, LI Yancang<sup>1</sup>

( 1. Hebei Key Laboratory of Intelligent Water Conservancy, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China; 2. Cooperative Innovation Center for Water Safety and Hydro Science, Hohai University, Nanjing 210024, China; 3. Center of Construction Management & Quality & Safety Supervision, Ministry of Water Resources, Beijing 100038, China )

**Abstract:** To implement the quality management and supervision (QMS) of hydraulic engineering projects, the Ministry of Water Resources of the People's Republic of China has formulated and issued the *Measures of Supervision and Inspection of Hydraulic Engineering Quality and Work Safety*, the *Measures of Supervision and Inspection of Operations and Management of Hydraulic Engineering* and the *Measures of Supervision and Inspection of Hydraulic Engineering Contracts* ("Three Measures" for short) for the supervision and inspection. The supervision and inspection work based on the "Three Measures" involves the QMS of the stakeholders and the hydraulic engineering projects. However, the related evaluation based on the "Three Measures" is qualitative, not quantitative. Thus, the QMS of hydraulic engineering projects needs to be improved, and a quantitative evaluation system is needed to compare different departments involved in the same project, different projects, and different provinces.

Analytic hierarchy process (AHP for short) was selected for designing the evaluation system. The qualitative indicators in the "Three Measures" was taken as the quantitative indicators of the evaluation system. The evaluation indicator system was designed as seven layers, including 2,112 indicators which is in accordance with the "Three Measures". The indicators score system was designed combining the methods of the point-deduction system and the one-vote veto system. To improve the accuracy and reliability of the evaluation system, the weights of the indicator evaluation system was designed, compared, and selected. The importance of elements was divided into "normal", "important" and "critical", and the corresponding weight of the indicator of the evaluation system was set to one, three, and nine, respectively. The quantitative indicator evaluation system of QMS was established through the comprehensive index method using the selected weights and indicators score system. Additionally, this evaluation system of QMS has a flexible structure and can be spliced and deleted according to management requirements and the critical parts of supervision. The indicator evaluation system of "quality management" and "work safety management" were selected and established, and different hydraulic engineering projects were applied in seven provinces in China. These seven provinces were named  $A_1$  to  $A_7$  respectively. Two aspects of different stakeholders QMS in the projects and different projects QMS in different provinces were also evaluated.

The quality management evaluation results of different stakeholders indicate that the level of the construction department is the highest, and the quality examination department and the building department are both at the lowest level. The evaluation results of work safety management in each stakeholder indicate that the construction department and the survey and design department are at the highest level, and the building department and the supervision department are at the lowest level. The evaluation scores of quality management in each province indicate that  $A_2$  and  $A_7$  are in the highest and lowest levels of quality management, respectively. The evaluation scores of work safety management in each province indicate that  $A_6$  and  $A_5$  were at the highest and lowest levels of work safety management, respectively. The comprehensive evaluation scores of quality management and work safety management in each province showed a tiered distribution, of which, 28.6% of the provinces were "excellent", 42.9% "good", and 28.6% "qualified", and no "unqualified" appeared.

The average evaluation scores of work safety management were generally higher than those of quality management in provinces. The comprehensive scores indicated that the provinces were all above "qualified" and showed a three-tiered distribution. The scores had a large difference among these provinces. The quality and work safety management comprehensive analysis showed that the building departments were the most problematic in all provinces. The references can be provided to the hydraulic engineering projects QMS.

**Key words:** hydraulic engineering project; quality and work safety management and evaluation; analytic hierarchy process; point-deduction system; one-vote veto system