

大数据视角下水利工程质量风险管理

黄黎明¹, 张可², 龚寻², 李明²

(1. 浙江省水利水电工程质量与安全监督管理中心 浙江 杭州 310012;

2. 河海大学商学院, 江苏 南京 211100)

摘要:从水利工程质量风险初始清单构建、质量风险数据搜集、质量风险大数据分析3个方面建立大数据视角下质量风险管理框架,分别从质量风险管理目标、管理技术和应用方面对各部分内容进行详细设计。最后得出大数据技术可以实现水利工程风险预警的结论,以便及时采取措施降低风险发生概率,从而加强了水利工程质量风险管理的事前监管,进一步促进水利工程建设质量的提升。

关键词:大数据;水利工程;质量风险

中图分类号:TV51

文献标识码:A

文章编号:1003-9511(2017)06-0066-05

近年来,国家将水利工程作为基础设施建设和保障改善民生的重要领域,不断加大投入力度,深入推进水利工程建设。水利工程一般规模大、投资高、建设周期长、施工技术复杂,一旦发生质量事故将造成不可挽回的损失,为此需要加强对水利工程施工过程中的质量风险管理,尤其是“前馈”型风险管理。根据中国共产党十八届三中全会精神,水利工程质量由政府监管逐渐向社会化监管转变,而采用新型监管模式加强事中、事后监管体系建设是健全水利工程质量监管机制、落实市场在资源配置中的决定性作用的重要保证。目前国内对工程项目风险的管理多为“反馈”型管理模式,即通过监督检查发现正在建设的工程质量风险问题,通过对已发生的问题进行反馈和整改达到提高工程质量的目标。“前馈”型管理模式的应用较为缺乏,即综合运用工程各参与方的信息,建立质量分析评估体系,对项目存在的质量风险进行事前分析,从而对质量风险进行规避或者处理,“前馈”型管理相比于“反馈”型管理具有事前预警的优势,利用大数据进行统计分析得出水利工程的质量风险概率可以在事前加强管理,降低水利工程质量事故发生概率。随着云时代的来临,大数据正在广泛地应用于基础设施的各个领域,在水利工程质量风险管理中运用大数据的思维方式可以改变监管模式、创新监管手段,大数据与“前馈”型管理模式的结合将进一步提高工程质量管理科学性。

国内外学者对水利工程质量风险管理进行了一定的研究,主要分为定性研究、定量研究和定性定量相结合研究。季暑月等^[1]、何晶等^[2]、佟明明等^[3]采用定性分析的方法对我国的水利工程质量风险管理进行了研究,分析了水利工程风险管理存在的问题,从内部和外部不确定因素对风险进行了分类,并提出了一系列应对策略。朱伯芳^[4-5]、王海波等^[6]、张社荣等^[7]、Huang^[8]、Dikmen^[9]从定量的角度对混凝土坝施工质量风险进行了研究,构建相应的数据模型对风险进行了定量计算。杨灿等^[10]、王世军^[11]将定性分析与定量分析结合对水利工程质量风险进行了研究。

以往的研究较好地总结了水利工程建设质量问题以及部分问题的内在机理,为工程质量监督提供了依据,但是也存在一些不足之处。①以往的研究方法带有较强的主观性,质量风险指标的选取多依赖于专家的经验并未根据实际数据进行修正和调整;②没有考虑水利工程项目质量风险管理的动态性,将不同阶段的风险指标纳入同一个评价体系,具体运用较为困难。当前环境下水利工程质量风险管理并未形成较为完善的数据搜集、分析、反馈和调整体系,运用以往的研究成果难以确定工程风险、风险概率、影响因素和损失量之间的相互关系,从而导致得到的风险结果不准确。而利用大数据技术则可以在一定程度上解决上述问题。为此,笔者借鉴大数据分析的思维方式,从质量风险初始清单构建、风险

基金项目:国家社会科学基金(17BGL156);广东省水利厅项目(2017-04)

作者简介:黄黎明(1971—),男,高级工程师,主要从事工程管理、项目管理研究。E-mail:981993965@qq.com

指标的数据采集、分析和风险清单的动态调整等方面构建质量风险管理体系,为水利工程质量提供新思路。

1 大数据视角下的水利工程质量风险管理思路

1.1 水利工程质量管理的数据库分析

质量监督管理是水利工程政府监管的重要内容,如何有效实施水利工程质量监管是实现政府职能回归、全面履行政府职能的重要任务。水利工程质量风险管理主要包括工程行为风险管理和工程实体质量风险管理,质量监督部门要充分发挥自身的监督作用,对工程项目施工单位和监理单位资质进行抽查,以保证水利工程各参建单位能够相互监督、合作,从而对水利工程质量进行严格有效控制。省级质量管理部门在进行各省范围内水利工程质量风险管理时需要进行重点项目筛选、重点部位和重点环节的监管。为提高监管的效率,需要相关部门依据历史数据和项目当前情况动态分析和预测重点监管对象。

对于重点监管对象的分析和预测,必须依据质量风险影响因素来监测。同时,影响水利工程建设质量的因素众多,项目招投标、勘察设计、施工阶段的因素相互交织,使质量风险的产生、传递和作用机制难以精确描述。例如:建筑市场的管理工作做的不到位,挂靠资质、围标串标等不良行为,工程多次转包分包给其他的施工单位,施工人员经验不足,缺乏施工规范和质量管理意识,现场监管工作缺失等。随着我国水利工程建设管理信息化建设的不断提高,各省(市、自治区)先后建立了水利工程建设市场监管系统、招投标管理系统、建设过程管理系统、质量监督管理系统,再加上国家层面建立的施工企业档案信息、信用数据平台等。这些信息资料详细记录了一个水利工程项目建设全过程的详细信息,围绕着工程质量主体对这些信息进行有效的整合和预处理,能够为后续识别水利工程质量风险和预测质量风险问题提供基础性数据。

大数据方法的主要作用是对大量的数据进行智能分析处理,从海量数据中寻找出有用的信息。在水利工程质量风险管理工作中运用大数据方法可以根据以往工程建设中保存的数据信息,分析影响各类指标对于质量的影响机理,对未来的质量风险做出预警。这种质量风险的分析方式与以往研究具有本质的不同,主要体现在采用各类实际工程信息挖掘出影响工程质量的模式和规律,对以往形成的质量风险认识进行修正和补充。

1.2 大数据视角下水利工程质量风险管理的框架设计

目前,关于质量风险识别方法大多从风险形成机理进行分析,不能准确反映实际情况,随着云计算、移动互联网、物联网等新一代信息技术的创新和应用普及,大数据技术被运用到质量风险管理中,将海量碎片化的工程建设信息数据及时地进行筛选、分析,并最终归纳、整理出所需的信息。水利工程质量风险管理通过大数据的分析,能够快速地发现风险指标的变化和发展趋势,从而帮助管理者及时做出正确的决策。

水利工程质量风险的大数据管理体系建设是一项复杂的系统工程,单一的数据分析功能或数据展示功能不能完全体现数据的价值,必须将质量管理需求和数据采集、分析、反馈形成完整的体系,为此笔者划分了3个不同的研究阶段。①以质量风险管理需求为导向构建水利工程质量初始风险清单。这一阶段主要是通过调查分析理清不同层级质量监督管理部门的需求,然后通过理论分析、文献计量和专家调查的形式获取水利工程初始指标清单。该阶段的工作既是大数据分析的基础性工作,又是最为关键的阶段,只有总结出数据需求和关键指标才能为后续的数据采集和分析提供指导。②根据水利工程质量初始风险清单中的风险采集相关数据。这一阶段需要根据初始风险清单建立质量风险数据的内容、采集频率、格式等标准,并利用数据抓取、数据交换等技术从不同的业务系统中定期收集相关数据。③利用多维数据分析、数据挖掘、数据可视化等大数据分析技术采集的数据进行分析,根据质量风险清单对项目质量风险进行分析和预警,同时根据工程质量问题的实际数据对初始的质量风险清单进行优化。其中,第二、第三阶段是一个动态管理的过程,通过质量监督和管理过程的不断深入,对质量风险清单和风险识别模型进行学习和优化。总体技术方案见图1。

2 水利工程质量风险管理需求与初始风险清单研究

2.1 水利工程质量风险管理需求

水利工程的项目法人、施工单位、监理单位、质量监督管理单位都具有工程质量管理的职责。项目法人主要侧重于所在项目的工程质量管理体系建设,通过落实工程质量责任制、对有关单位质量行为和工程实体质量进行检查。施工单位则通过“三检制”履行工程质量的自检要求。监理单位作为工程项目组织系统范围内的主体,主要以法律法规、技术

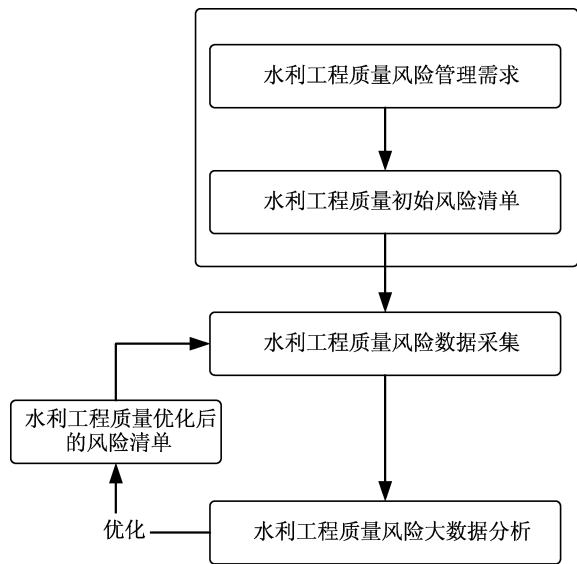


图1 总体技术方案

规范和工程建设合同为依据开展质量横向监督管理。与其他项目参与方不同,质量监督管理单位是工程项目组织系统外的监督管理主体,通过行政管理的方法和手段对项目系统内的建设行为主体进行纵向监督管理。同时,质量监督管理单位的监管深度和广度与项目内的主体不同,其负责的项目相对较多,因此必须全面掌握所管辖项目的整体情况和信息,有重点地开展质量监督工作。此外,质量监督管理单位的管理必须抓住工程建设的关键时间节点和关键部位,而非代替监理单位进行细致性监督。总体上看,必须区分质量监督管理单位与项目参与方在质量风险管理方面的差异性,凸显中观层面和面上层面的质量风险特点,才能充分掌握质量风险管理大数据分析的功能需求和数据需求。

2.2 不同阶段质量风险指标识别

水利工程质量的形成和演化是一个动态性的过程。质量监督管理部门为在关键时点开展众多项目的面上监管,需要合理划分项目阶段。例如:项目开工时点、基础处理时点、项目验收时点等。在同一时点上对不同项目进行质量风险评估,才能及时发现重点监管项目。

水利工程质量风险影响因素众多,各类风险相互交织。为全面、客观地制定不同阶段质量风险指标体系,首先需要通过文献计量法对已有的水利工程质量风险研究进行系统性梳理,并对相关指标进行频次统计,同时考虑监督检查的重点内容,形成质量风险指标的备选集合。然后,根据质量监督单位对于工程质量监督的阶段划分,从质量风险指标的备选集合中生成开工前、建设中等不同时间点的指标子集。

在形成各阶段质量风险指标备选集合的基础

上,通过对各项目参与方和质量监督人员的广泛调查,对备选指标集合进行初步调研,对不符合实际情况的指标进行优化和调整,对于缺少的指标进行补充和完善,从而保证备选指标集合的完备性。然后,进一步组织水利工程设计、施工、监理和质量监督管理领域的专家开展德尔非法调查,对指标体系的完备性进行复核,同时对于不同阶段的质量风险指标权重体系进行设定^[12]。经过指标备选集合选择、预调研、指标集合完善、专家调查和权重设定后,最终将形成水利工程建设质量风险初始清单。

3 质量风险管理数据采集与预警

3.1 质量风险管理数据采集

质量风险清单的建立为指导相关数据的采集提供了指导,由于质量风险清单中涉及的人员资质、管理体系、材料设备、过程检验等相关信息分布在各项目参与方的管理系统中,为进一步提高质量风险管理的智能化、科学化水平,还需要增强初始风险清单中相关数据的采集强度。

a. 对初始风险清单中的各类指标进行分级量化。对于国家法律法规、技术规程规范中已经明确规定的相关指标,需要按照相关规定进行量化。而对于“围串标”、“违法分包”等尚未明确分级量化标准的指标,需要根据以往质量监督检查的统计分析结果进行离散化处理,按情况严重程度设计相关参考标准,并分别赋予分值。

b. 设计质量风险数据的采集方式。对于施工单位、监理单位已经采集的工程基本信息、检测数据等量化信息可以通过数据交换方式直接传递到质量风险数据库。例如:监理单位将抽检数据同步到质量监管系统,信息化程度较高的施工企业如配备了工程材料信息管理系统,可将各单元工程的材料信息直接同步到质量监管系统,由系统统计各批次材料的质量情况,进行评分。地基处理、结合部处理的相关风险指标较难直接量化和采集数据,可采取图片、视频资料上传至质量风险数据库,由质量监督人员进行间接量化。完成基础和结合部处理时,由监理单位负责拍摄影像资料,上传至质量监管系统以备评估质量风险。而以往并未要求参建单位提供的相关信息,如相关业绩证明、民工队伍素质等则需要参建单位或民工队伍提供自身资质情况和参建项目的业绩数据,由质量监督单位根据量化标准进行采集。

3.2 工程质量风险预警

随着信息技术的迅猛发展,水利信息化在各个领域都有所突破,其中水利工程的质量风险管理也

越来越依赖信息技术,加速工程质量风险管理的信息化、网络化,是时代对工程质量与安全管理的要求。因此,通过大数据对水利工程质量风险进行管理是提高监督管理水平的重要途径。在水利工程质量风险管理中围绕一个项目,构建包含项目基本信息、历次质量监督活动产生问题的数据集合,形成质量问题与风险的动态化管理,通过聚类分析和时序分析等方法,探寻某一项目质量问题和风险演化的趋势,为今后其他项目风险的预测提供经验借鉴。根据之前多次质量监督出现的质量问题,预测今后类似工程项目出现质量问题的概率大小,如图 2 所示。

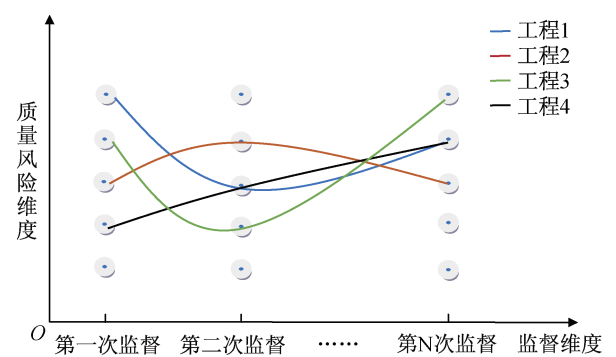


图 2 质量风险演化趋势分析

图 2 记录了若干次质量监督活动中各类风险的演变,监督管理人员不仅可以当前搜集的数据和质量风险清单进行质量风险评定,还可以根据历次监督记录对后续质量风险进行预判。

4 质量风险的大数据分析

4.1 质量风险指标的数据分析

经过较长时间的数据采集和预警后,质量风险数据库将累计较为丰富的数据资料。这些数据资料为工程质量风险的多维分析、风险产生机理的挖掘和质量风险指标的优化调整提供了较好的基础。

工程质量风险的多维分析是指从质量监督单位关心的维度对历史数据进行多层次、多粒度的统计分析。通常质量监督单位对于质量风险问题产生的原因、主体、时间、部位和地点高度关注。这就需要根据历史数据,从管理类、技术类和环境类质量风险指标大类、具体指标层面建立分析的维度层次,类似地建立多种维度的层次结构,并采用 SPSS、Microsoft Business Intelligence 等分析工具构建多个维度层次结构的分析模型。

根据某省 2015 年和 2016 年水利工程质量监督报告,通过“时间-主体”的多维分析得到质量风险多维分析示意图,如图 3 所示。根据该多维分析模型结果可以准确地了解水利工程项目中各主体随时间变化质量风险演变趋势。从图 3 可以看出,项目

法人、监理单位等参与方的质量风险相对稳定,而施工单位风险较为突出。根据这一分析结果可以进一步分析哪些类型施工企业风险上升较快,从而为后续质量监督工作的开展提供依据。

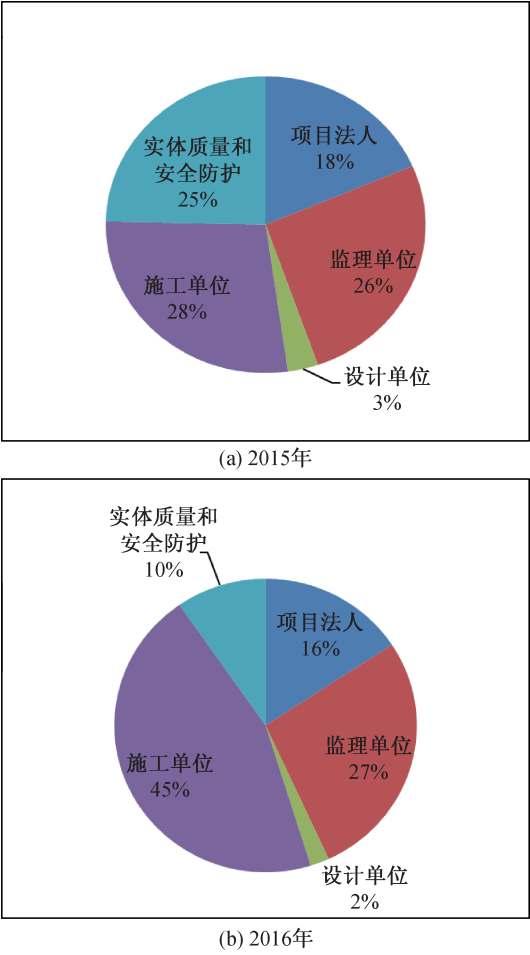


图 3 质量风险多维分析示意图

质量风险产生机理分析是指采用大数据分析中的关联规则、时序分析、聚类分析等算法对采集到的历史数据进行挖掘,从而发现各类质量风险问题之间的数据关联性。水利工程的质量风险事件之间是相互联系的,根据采集到的历史风险事件发掘各类质量风险之间的串联关系和发生规律,将为质量监督人员快速发现质量问题提供线索。

图 4 是采用关联规则分析对某省 2016 年质量监督报告中大类问题进行挖掘后所产生的结果。图中不同颜色圆弧段代表各类质量问题所占比例,从图中可以看出“施工现场及实体防护措施”、“监理单位质量与安全控制”、“实体质量问题”占比较大。圆弧之间的内部连接线表示对两类问题同时出现的概率。虽然“各单位质量与安全体系”方面的风险发生比例较小,但其经常与“实体质量问题”、“施工现场及实体防护措施”等问题同时出现,因此可将其视为上述问题的诱发因素。一旦在质量监督过程中发现“各单位质量与安全体系”存在风险,可以根

据上述分析结果查找其后续风险问题。此外,还可以对各大类风险进行细分,探索更为细致的质量风险发生规律。

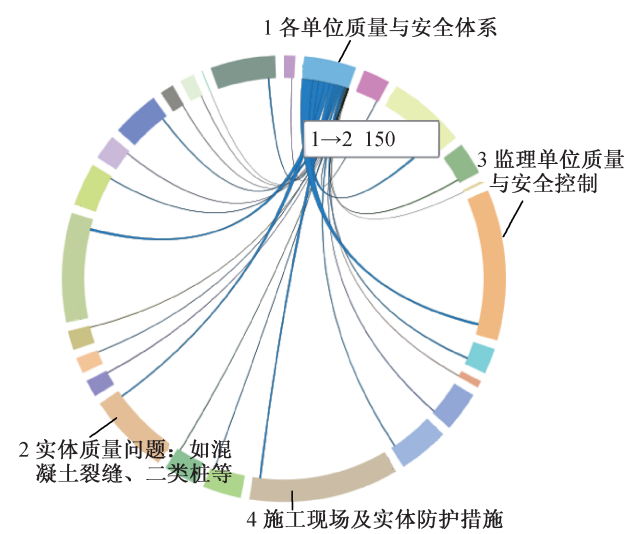


图4 质量风险问题关联分析

注:图中“1→2 150”表示由1类问题(各单位质量与安全体系问题)引发2类问题(实体质量问题,如混凝土裂缝、二类桩)的案例数为150例。

4.2 质量风险管理的优化

随着质量风险数据的不断搜集、分析,有必要对质量风险初始清单进行优化。一方面,质量风险的初始清单完全由理论分析和专家调研获得,其主观性较强,需要根据工程实际情况进行修正。另一方面,随着质量监督工作的不断开展,被监督对象随着时间推移逐步了解风险清单的内容和权重设置,因此各类风险发生的概率与初始风险清单建立的基础产生了较大的偏离。

质量风险清单的优化可以采用大数据分析中的分类算法,如深度学习、随机树等分类方法。首先,将搜集到的工程质量风险问题作为分类变量,而将初始风险清单中的指标作为属性变量,构建质量风险分类算法的训练集合和测试集合;然后,采用多种算法分别训练模型,并通过测试数据集对比算法优劣,根据最优算法分析初始风险指标,区分质量风险问题的重要度;最后,根据指标重要度对初始风险指标进行删减和权重调整,从而使初始风险清单具有自学习能力,适应水利工程建设水平的发展和被监督对象建设管理能力的提升。

5 对策建议

从大数据思维出发对水利工程质量风险管理进行研究,现有的水利工程质量风险管理理论与研究成果难以满足政府监管的需求,迫切需要将大数据技术引入水利工程质量管理中。通过对大数据视角

下的水利工程质量风险管理思路、管理需求和初始风险清单进行梳理,研究分析了质量风险管理的数据采集与预警,得出了大数据运用于水利工程质量风险管理的优势。采用大数据方法来对水利工程建设质量风险进行管理,有利于对水利工程质量风险管理进行科学和动态管理、实时监控质量风险控制点以及根据大数据分析结果提前预警,从而采取措施防范可能出现的质量风险事故,提高政府部门的监管效率。

在今后的水利工程质量风险管理过程中,首先要进一步提高水利工程监管系统的智能化、科学化水平,增强质量监管系统的数据采集强度,依托大量数据自动对水利工程质量风险进行评估。其次要加强大数据技术的运用,提高水利建设工程的信息化程度,转变以往的事中事后监管思维,侧重于事前监管,即“前馈”管理模式,通过事前的分析预警有效地降低水利工程质量风险概率,提高水利工程建设质量。

参考文献:

[1] 季暑月,陈峰. 风险管理在水利工程质量中的运用[J]. 江苏水利,2014(S1):3-6.

[2] 何晶,白玉杰,李华. 水利工程的风险管理问题分析[J]. 河南水利与南水北调,2015(16):73-74.

[3] 佟明明,金秀实. 我国水利工程质量现状分析[J]. 四川水泥,2015(10):167.

[4] 朱伯芳. 当前混凝土坝建设中的几个问题[J]. 水利学报,2009(1):1-9.

[5] 朱伯芳. 混凝土坝温度控制与防止裂缝的现状与展望[J]. 水利学报,2006(12):1424-1432.

[6] 王海波,杨会臣. 混凝土重力坝全坝段三维动力分析[J]. 水力发电学报,2011,30(6):133-137.

[7] 张社荣,王超,孙博. 重力坝多失效模式相关层间抗滑稳定体系的可靠性分析[J]. 水利学报,2013(4):426-434.

[8] HUANG C M C. A fuzzy risk model and its matrix algorithm[J]. Internation Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems,2002,10(4):347-362.

[9] DIKMEN I B. Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects[J]. International Journal of Project Management,2007,25(5):494-505.

[10] 杨灿,郭曙光,陈建康. 重力坝安全运行风险评价[J]. 吉林水利,2015(3):5-9.

[11] 王世军. 水利建设工程项目质量监督管理研究[D]. 南京:河海大学,2003.

[12] 唐克旺,吕铁峰. 关于城市饮用水水源地风险管理的思考[J]. 水资源保护,2015,31(2):95-98.

(收稿日期:2017-06-28 编辑:方宇彤)