

基于虚拟现实技术的建筑施工安全研究

刘 铮, 孙 俊, 刘利先

(昆明理工大学 建筑工程学院, 云南 昆明 650051)

摘要: 研究了将虚拟现实技术应用于建筑施工安全管理的可行性, 提出了在虚拟环境中验证施工方案、实现安全管理的持续改进的整体思路和有关模型, 把虚拟现实技术与施工实践经验结合起来, 真正达到工程项目安全施工的目的。

关键词: 土木工程; 虚拟现实技术; 建筑施工; 安全管理

中图分类号: TU714 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2004)05-0100-04

Studies on Safety of Building Construction Based upon Virtual Reality Technology

LIU Zheng, SUN Jun, LIU Li-xian

(Faculty of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650051, China)

Abstract: The feasibility on the safe management for construction building based on virtual reality technology is discussed. The idea and the concerned model verifying the construction scheme in the virtual reality environment and realizing the safe management for construction building are put forward. Combined the virtual reality technology with the practical experience, the genuine purpose of safety construction will be realized.

Key words: civil engineering; virtual reality technology; building construction; safety management

0 引 言

随着社会和科技的发展, 建筑物的规模、功能、造型和相应的建筑技术越来越大型化、复杂化和多样化. 工程中所采用的新材料、新设备、新的结构技术和施工技术日新月异, 节能技术、信息控制技术、生态技术等日益与建筑相结合. 建筑业和建筑物本身正在成为许多新技术的复合载体. 这使得现代建筑的施工过程成为一项十分复杂的活动, 每一个工程都是一个大型、复杂的动态系统, 其主要特点是: ①建筑工程的产品是固定的, 而生产是流动的. 这就构成了建筑施工中的空间上布置与时间上的排列的主要矛盾; ②建筑施工的生产周期长、工序多、综合性强, 有很多时候施工都是在高空或地下进行; ③施工任务往往由不同专业、不同工种的工人, 使用不同的建筑材料和施工机械来共同完成, 其配合关系较为复杂; ④建筑施工露天作业多, 受气候、地形条件的影响较大, 再加上工程性质和技术要求的不同, 施工面上的情况往往多变, 难于充分预料和控制; ⑤资金投入大、工期紧、质量(安全)要求高^[1]. 建筑施工的这些特点, 无疑给施工方案的设计、施工现场的管理和施工操作带来相当的复杂性和困难, 同时埋有很多的安全生产隐患.

目前, 我国基本建设的规模在不断扩大, 使得建筑业从业人员数量急剧增加, 而在整个建筑业企业中接受过专业训练的建筑工人则越来越少. 大多数的建筑工人是从农村来的青年农民, 来到城市后, 因其文化不高、缺少专业技能, 就只能当建筑工人, 他们几乎没有建筑施工的安全意识, 除了少数特殊工种的工人需进行岗前培训以外, 大部分建筑工人则需由建筑企业对其进行相应的岗位培训(包括安全培训). 但是这些工人的流动性又很大, 有可能今天在这个工地, 明天又到另一个工地, 这就使他们很难保证接受到系统的培训, 造成建筑施工中安全事故不断发生. 据粗略估计, 近几年全国每年因工伤事故和职业危害造成的经济损失近 800 亿元^[2].

收稿日期: 2003-10-28.

第一作者简介: 刘 铮(1955.2~), 男, 副教授. 主要研究方向: 土木工程结构, 虚拟现实技术.

综上所述:建筑施工过程的复杂和困难,建筑企业从业人员流动性大、安全意识差等情况已经成为建筑企业保证工程质量、安全施工、安全管理的一个十分棘手的问题.这个问题的有效解决,一是政府管理部门需要加强系统且有条理的监督指导,为建筑企业建立稳定的外部环境;二是建筑企业需要发挥自主优势,引入新观念、新技术,在企业内部建立标准化的安全管理体系.

本文研究如何利用虚拟现实技术保证安全施工的可行性,讨论新技术怎样与传统建筑施工安全管理相结合,实现动态的施工安全管理.

1 虚拟现实技术的概念

1.1 虚拟现实技术

“Virtual Reality”一词,是美国 VPL Research 公司的创始人 Jaron Lanier 在 1989 年提出的,意指“计算机产生的三维环境,在使用中让用户‘投入’到这个环境中去”^[3],即统一表述当前纷纷涌现的各种计算机技术及最新研制的传感装置所创建的一种崭新的模拟环境的概念,目前大家都称它为虚拟现实.虚拟现实技术汇集了计算机图形学、计算机仿真技术、人机接口技术、传感技术、多媒体技术、人工智能技术、网络技术和人的行为研究等多项技术.虚拟现实技术是这些技术高层次的集成和渗透,它给用户以逼真的环境体验,使人们可以通过使用各种特殊装置将自己投入到这个环境中去,为探索宏观世界和微观世界中由于种种原因不便直接观察的事物运动变化规律,提供了极大的方便.

1.2 虚拟现实系统的构成

虚拟现实系统的构成主要由五部分组成:①虚拟世界,即一个可交互的虚拟环境,可以从任意角度连续地观看和观察,它是一个包含三位模型或环境的定义的数据库;②虚拟现实软件,为系统提供实时观察和参与虚拟世界的能力;③计算机,④输入设备,用于观察和构造虚拟世界,如:数据手套、浮动鼠标、力矩球等,⑤输出设备,用于显示虚拟世界的图像,如:头盔显示器、双目全方位显示器、CRT 终端等^[4].

2 将虚拟现实技术用于建筑施工安全管理

2.1 建筑企业应建立标准化安全管理体系

2001 年 11 月 12 日国家标准化委员会批准发布了国标:《职业健康安全管理体系规范》GB/T 28001-2001,建筑企业应以此作为标准化安全管理的依据.

标准化的安全管理体系 = 系统化、程序化的管理 + 必要的支持文件和技术手段.其中,“预防为主、持续改进、全员参与”是标准化安全管理的三个重要属性.怎样将这三个要素有机的结合在一起,将离散无序的活动置于一个统一有序的整体中考虑,使管理活动更便于操作、实施和评价,需要有相应的支持文件和技术手段来实现^[5].

“预防为主”,要求在管理的各个环节中改善工作条件,消除事故隐患,控制职业危害,保护劳动者的生命与健康;“持续改进”,即标准化安全管理区别于一般的技术规范和标准,其没有固定的指标和参数,不是通过建设的验收或评审,就一劳永逸、坐享其成.而是通过周而复始的进行“规划、实施、检测、评审”工作,使“目标、指标、状况、水平”不断提高和改进;“全员参与”,管理的职责不仅限于最高管理者和有关的职能部门,而是渗透到企业的所有层次.

目前,我国的建筑企业与其他行业企业的运作模式有较大的不同.建筑业企业的运作是建立在建筑公司与项目经理部两个层次运作的基础上,建筑公司的职责主要是对项目经理部的工作进行指导、管理和监督,并不直接参与项目的实施.而项目经理部主要负责项目的实施,其在经济上具有相对的独立性.这样一来,建筑企业的标准化安全管理体系要有机的把这两个层面结合起来考虑.

公司一级的工作重点在制定安全目标和方针,建立企业的标准化安全管理体系;明确各管理部门的管理职责,制定管理程序;动态采集来自各项目部的现场信息如:质量、安全事故报告,原因分析,危险辨识和评价等;建立危险辨识、处理和控制的预案;通过监督机制检查实施效果,调整和修改安全方针和控制预案,达到企业安全目标.

项目经理部的职责在于按照建筑公司制定的安全目标和方针,制定项目安全管理目标和方针;制定项目安全管理方案,细化项目安全管理职责;根据总部的危险源辨识和评估,进行项目的危险源辨识和评价、制定安全控制预案;通过公司和项目部两级的日常和定期检查、整改,不断调整危险源辨识和评价,改进安全预案,完成项目经理部的安全目标^[5]。

根据调研和有关资料表明,现在国内有一定规模的建筑企业已经建立或正在着手建立这种以预防为主,持续改进,全员参与的标准化安全管理体系。但实施过程还有这样或那样的问题,非标操作还较多,最大的问题是预防为主、持续改进的可操作性缺少技术手段的支持,以及全员参与和标准化程序在项目部的实施得不到足够的重视,建立真正的标准化安全管理体系还有待时日。

2.2 虚拟现实的施工方案设计是“预防为主”的最佳体现

如前文所述,“预防为主”的最大的困难之一是缺少有效的技术手段支持。尽管目前计算机辅助施工方案设计已广泛用于工程实践,并且向科学化、量化方向发展。应用数学中的多种数学模型和优化算法,为施工方案设计提供了快速和高效的手段和方法,解决了工程施工中的很多问题,提高了施工方案的设计速度和质量,降低了施工人员的劳动强度,并为施工管理人员提供了直观的图形,使设计和施工人员能方便的进行施工方案的生成、修改、变更,实现了施工方案的动态处理。但目前的计算机辅助施工方案设计还只是一个平面设计,对实际工程施工中大型、复杂的建筑结构施工方案的设计还不能全面、有效的、直观的进行设计和表达,还不能有效的解决建筑施工中的空间上布置与时间上的排列的主要矛盾。如:起重机的选择、数量、位置、高度、风缆着力点、开行路线、构件堆场、构件起吊路线、气象条件的影响等,都是施工方案设计必须考虑的问题;再如超大型建筑物的混凝土浇筑往往需要一次成型,这就需要解决混凝土的运输问题。混凝土的浇灌和输送方法,对高层建筑主体结构的经济性和质量有重要影响。仅仅通过平面图是不可能把这些问题表达清楚的,若对这些问题考虑得不充分,不仅施工进度、成本等都会受到影响,甚至会导致安全事故的发生^[6]。

另外,施工方案的设计,多数情况下,还只能依靠施工技术人员多年积累的实践经验或习惯做法,用平面方式表达,这在很大程度上影响了施工方案设计的质量,更无法表达清楚结构施工中的空间与时间关系。工程实践证明,合理的施工方案设计,对提高生产效率、降低工程成本、保证工程质量和施工安全等起着十分重要的作用,其必要性、重要性早已为施工设计和管理人员所认识。工程中一个新型的施工方案,设计者往往为自己的大胆设想而激动,但人们不可能进行实际尝试、验证其是否正确、是否安全,如何验证其可行性?采用虚拟现实先期技术演示论证为新型的施工方案提供了一个演示的舞台,也为预防为主的标准化安全管理提供了技术支持。虚拟现实施工方案设计模式如图1所示。

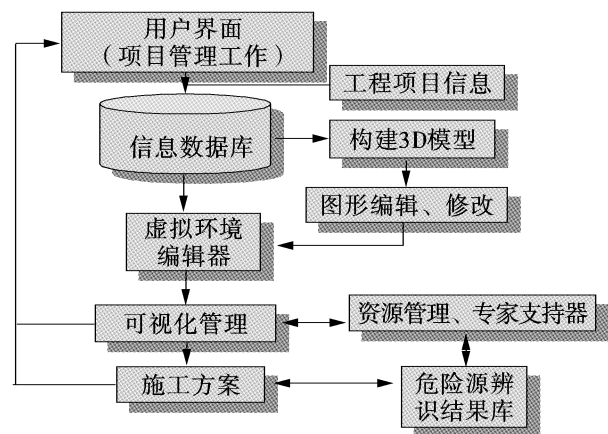


图1 虚拟现实施工方案设计示意图
Fig.1 Skeleton sketch of construction plan based on Virtual Reality

基于虚拟现实的施工方案设计是指利用虚拟现实技术,在虚拟的环境中,建立施工场景、结构构件及机械设备等的三维模型(虚拟模型),形成基于计算机的具有一定功能的仿真系统,让系统中的模型具有动态性能,并对系统中的模型进行虚拟施工,根据虚拟施工的结果,验证其是否正确,在人机交互的可视化环境中对施工方案进行设计和修改,找出安全隐患,制定安全防范措施,得到优化设计方案。使“预防为主”的标准化安全管理体系有了实现的基础,这也是将虚拟现实技术用于安全管理的基础。

2.3 基于虚拟现实的“全员参与”施工安全培训

在完成了虚拟现实的施工方案设计后,将其用于“全员参与”施工安全培训,是一种非常理想的培训方式,其优越性主要体现在以下几个方面:①虚拟现实是完全交互的,在虚拟环境中可由操作人员决定下一

步做什么、如何做、可重复做;②虚拟现实不强调参与者的经验和理论知识,在有经验施工人员的参与下,可向缺乏经验的项目管理人员提供安全管理的经验,在先期虚拟环境中认识、学习、验证大型、复杂结构的施工组织和管理;③参与者和虚拟现实交互式活动的方式和参与者在现实世界中的方式是完全相同的,虚拟现实中的任何事物都很容易被参与者接受和理解,参与者不必具备任何操作计算机的技巧,使培训的覆盖面可包括所有的施工人员,可满足标准化安全管理体系提出的“全员参与”的要求。

2.4 基于虚拟现实的施工方案与安全管理的“持续改进”

利用虚拟现实技术完成施工方案设计后,其可产生最佳的项目进度计划,可达项目安全管理持续性改进的目标.基于虚拟现实安全管理与进度计划相结合可以通过以下方法来实现:基于虚拟现实的项目“总控进度计划”,产生“总控安全计划”和“项目危险源辨识结果”,在这三项基础上产生“阶段安全计划”,再根据“阶段安全计划”,的执行结果制定下一阶段的安全计划.这样项目经理部标准化安全管理的运行模式如图 2.

2.4.1 制定总控安全计划

在上述模型中提出的总控安全计划包括:①项目的安全管理方针和目标;②划分工作阶段,分析每个阶段的可能面临的危险,列举防范措施;③项目各阶段的安全技术措施;④安全培训计划;⑤其他需要的内容.

2.4.2 项目危险源辨识、评价和预控

建筑公司需根据标准化安全管理体系的要求建立并维护好本企业的危险辨识结果库,在进行项目施工方案设计中,项目经理部据此进行本项目的危险源辨识,并根据本项目的虚拟施工方案验证和找出新的危险源,作为本项目开展标准化安全管理的依据.对辨识出的危险源应由建筑公司和项目经理部共同逐条进行评价,对评出的重大危险源,可结合虚拟环境研究、制定详细防范措施,并反馈到危险源辨识结果库.在项目进行过程中,项目经理部应根据现场安全状况如:安全计划执行情况、事故情况,新危险源的产生等,随时调整危险源辨识、进行评价和制定相应防范措施.通过系统再反馈到危险源辨识结果库,项目的危险源辨识结果汇聚到危险源辨识结果库后,建筑公司可用来不断补充和完善标准化安全管理体系,其关系如图 3.

2.4.3 阶段安全计划

基于虚拟现实设计的施工方案衍生出各阶段安全计划,其用以指导日常安全管理工作,具有很强的可操作性,在虚拟现实施工方案中可根据不同阶段施工的特点提出本阶段安全管理的任务和具体要求,帮助管理人员把握现场安全生产动态.各阶段安全计划包含的内容可归纳为:“施工时间—施工部位—施工班组—危险因素—预控措施”,这些内容可随总控进度计划和总控安全计划的调整、制定,随时提出各阶段的安全计划清单,这样一份清单,可以作为各阶段的安全教育培训计划,明确各班组教育重点.可实现根据进度的不同,每天的安全检查内容也不尽相同,使目前施工现场从开工到竣工,均使用

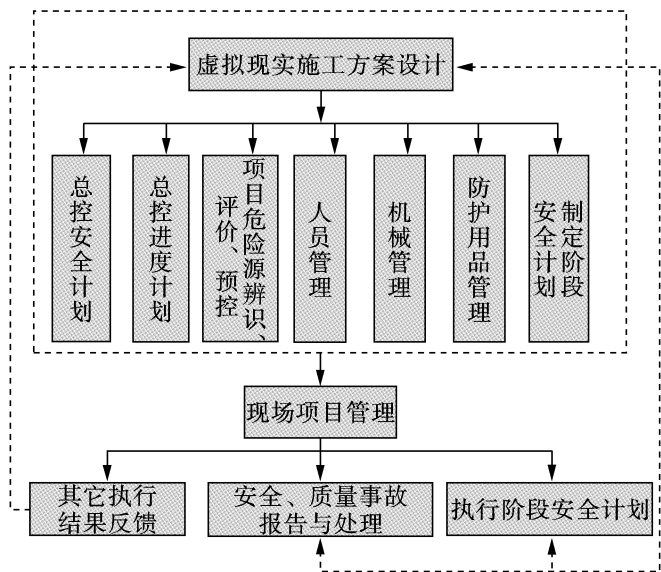


图2 基于虚拟现实的施工安全管理模式
Fig.2 Model of safety management based on Virtual Reality

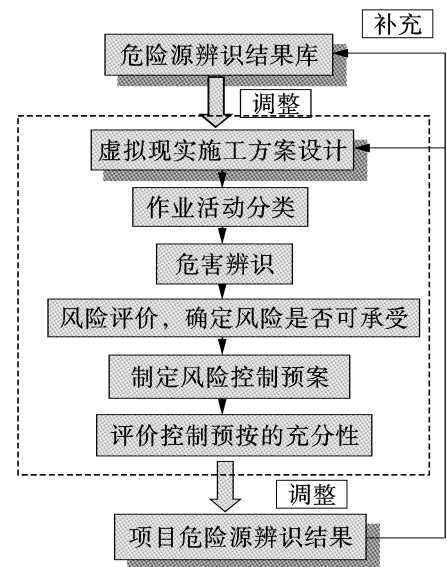


图3 危险源辨识库的构成关系
Fig.3 Composition of discerning system about the source of danger

糊控制规律,根据模糊控制规律编写控制程序,实现自动加药控制.如云南某县 4 万 t 自来水厂采用了本系统实现自动加氯加药控制以后,使氯耗和药耗比人工投加时降低了 10% 以上,出厂水水质明显改善,产生了较好的经济效益和社会效益.

3 结 论

自来水厂采用 S7—300 可编程控制器实现自动加氯加药控制以后,降低了氯耗和药耗,提高了水质,对保证设备的安全运行和保障生产秩序的正常化,促进设备优化运行,提高生产效益和降低运行成本都带来了许多好处,可以最大限度地改善自来水厂出水水质.

参考文献:

- [1] 陈在平,赵相宾主编.可编程序控制器技术与应用系统设计[M].北京:机械工业出版社,2002.166~176.
- [2] 化学工业出版社组织编写.水处理工程典型设计实例[M].北京:化学工业出版社,2002.1~7,10~24.

(上接第 103 页)

一张日检查表的工作情况得以改进,使日常安全检查的针对性得以加强,实现真正意义上的动态标准化安全生产管理.

3 结 语

虚拟现实技术虽是一门新兴的技术,还有许多不完善的地方,但其已可用于大型、复杂结构施工方案的设计,上海正大商业广场施工虚拟仿真系统在工程施工中的应用就是一个很好的例证^[7].这也为采用虚拟现实技术进行标准化施工安全管理提供了重要的基础平台,在此基础上可通过虚拟现实技术对现场施工人员进行安全培训,在虚拟施工中观察、辨识危险源,评价和制定安全预案,使得在施工的全过程中动态的进行安全管理成为可能,保证工程项目的顺利完成.当然,要达到上述目标还有很长的路要走,还需要广大的土木工作者付出不懈的努力.

参考文献:

- [1] 毛鹤琴.土木工程施工[M].武汉:武汉工业大学出版社,2000.258.
- [2] 陈志刚,王丽.建筑企业职业安全健康管理体系的建立与实施[M].北京:机械工业出版社,2003.8.
- [3] 陈晓彤.虚拟现实技术对建筑教育的影响[J].新建筑,2000,(3):67~68.
- [4] 李国成,王靖涛.虚拟现实技术用于复杂结构施工研究[J].土木工程学报,2003,(2):95~99.
- [5] 华燕等.建筑企业需要什么样的安全管理[J].土木工程学报,2003,(3):79~83.
- [6] 张跃,张丛哲.土木工程中的虚拟现实技术[DB/OL].清华大学土木工程系.<http://www.chinacad.com/>.
- [7] 张希黔,石毅.上海正大广场结构吊装施工方案虚拟仿真系统[J].施工技术,2000,(8):9~11.