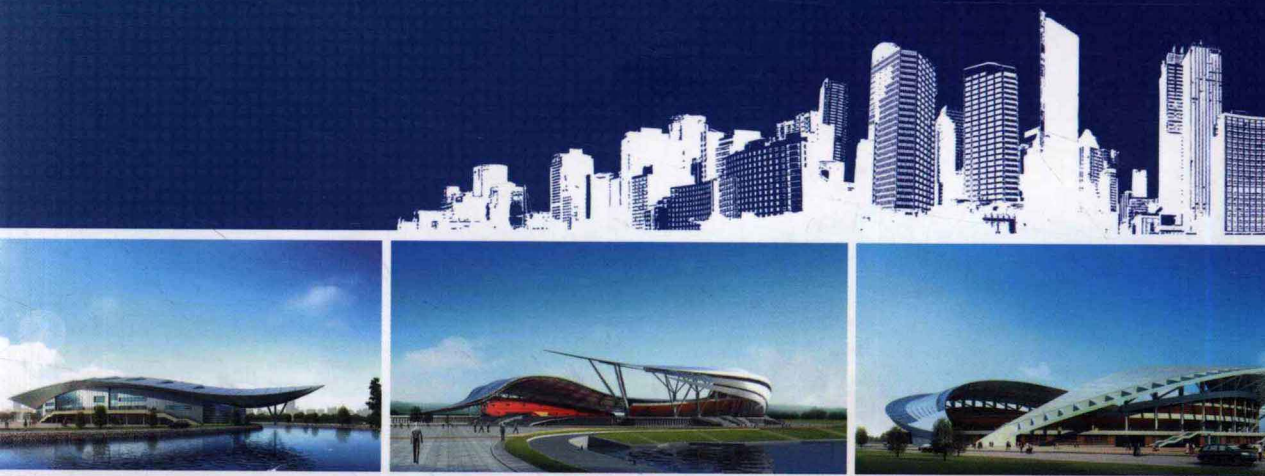


可持续发展的土木工程

——第二届全国高校土木工程专业大学生论坛论文及创新成果集

邹超英 主编

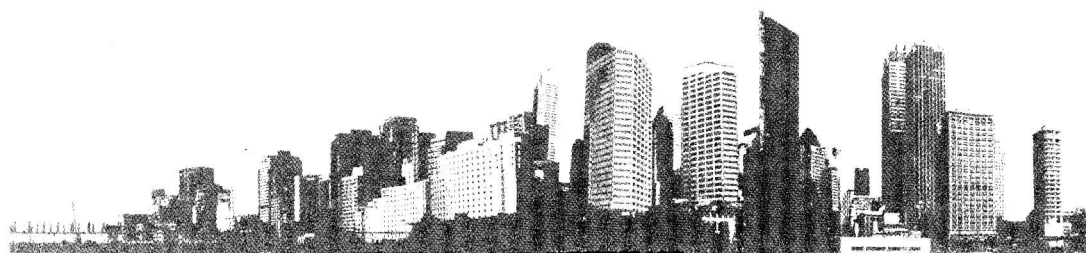


哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

可持续发展的土木工程

—— 第二届全国高校土木工程专业大学生论坛论文及创新成果集

邹超英 主编



常州大学图书馆
藏书章



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

可持续发展的土木工程:第二届全国高校土木工程专业大学生论坛论文
及创新成果集/邹超英主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2012. 8
ISBN 978-7-5603-3752-4

I. ①可… II. ①邹… III. ①土木工程-文集
IV. ①TU-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 173812 号

责任编辑 王桂芝 宋福君 任莹莹
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 23.25 字数 550 千字
版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-3752-4
定 价 150.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

第二届全国高校土木工程专业大学生论坛

组 织 机 构

■ 主办单位 住房与建设部全国高等土木工程学科专业指导委员会

■ 承办单位 哈尔滨工业大学

■ 指导委员会

主 席:李国强 教授 同济大学

委 员(按姓氏笔画排序)

王 湛(华南理工大学)

王立忠(浙江大学)

王起才(兰州交通大学)

叶列平(清华大学)

朱宏平(华中科技大学)

刘伯权(长安大学)

祁 皑(福州大学)

孙利民(同济大学)

李爱群(东南大学)

吴 徽(北京建筑工程学院)

邹超英(哈尔滨工业大学)

张永兴(重庆大学)

岳祖润(石家庄铁道学院)

周学军(山东建筑大学)

赵艳林(桂林理工大学)

徐 岳(长安大学)

高 波(西南交通大学)

靖洪文(中国矿业大学)

薛素铎(北京工业大学)

王 燕(青岛理工大学)

王宗林(哈尔滨工业大学)

方 志(湖南大学)

白国良(西安建筑科技大学)

朱彦鹏(兰州理工大学)

关 翌(郑州大学)

孙伟民(南京工业大学)

李宏男(大连理工大学)

杨 杨(浙江工业大学)

余志武(中南大学)

张 雁(中国土木工程学会)

张俊平(广州大学)

周志祥(重庆交通大学)

郑健龙(长沙理工大学)

姜忻良(天津大学)

徐礼华(武汉大学)

程 桦(安徽大学)

缪 昇(云南大学)

魏庆朝(北京交通大学)

■ 组织委员会

主 席:周 玉 中国工程院院士、哈尔滨工业大学副校长

张洪涛 哈尔滨工业大学党委副书记、副校长

副主席:徐晓飞 哈尔滨工业大学校长助理、本科生院常务副院长

沈 毅 哈尔滨工业大学教务处处长

范 峰 哈尔滨工业大学土木工程学院院长

夏 辉 哈尔滨工业大学团委副书记

委 员:

郑文忠 吕大刚 吴 斌 徐鹏举 武 岳 邵永松 辛大波 郭兰慧

耿 悦 张东昱 汪鸿山 卢姗姗 王 建

前 言

全国高校土木工程专业大学生论坛是由住房和城乡建设部全国高等学校土木工程学科专业指导委员会主办的一项旨在提高大学生创新能力的交流会,通过论坛为大学生创建一个轻松愉快、青春洋溢的交流平台,展示大学生对土木工程发展的新见解、新措施、新方法以及所取得的成绩。通过论文交流、成果展示和兴趣活动,激发学生对所学专业的认识、思考和对工程问题、环境问题、社会问题以及土木工程发展方向的关注,培养具有实践能力、组织和管理能力,具有创新精神、面向未来的高级人才。全国高校土木工程专业大学生论坛每两年举行一次,本届论坛于2012年8月在哈尔滨工业大学召开,来自30所高校的126名师生共聚哈尔滨工业大学参加本次论坛。

随着全球经济的发展,土木工程正在呈现出结构大型化、复杂化、多样化,施工技术精细化,材料与设备日新月异,防灾减灾能力可靠性高,服务领域多样化的特点。信息技术、生态技术、节能技术等日益与土木工程有机结合,土木工程本身正在成为众多新技术的复合载体。同时,可持续发展的理念已经成为全世界经济社会发展的共识,绿色环保、节能减排等新形势为土木工程的发展提出了更高的要求。把握可持续发展的土木工程发展趋势,抓住历史机遇,与时俱进,提升自身创造力,使我国土木工程科技早日跻身世界领先行列,是土木工程专业大学生的历史使命与责任。本届论坛以“可持续发展的土木工程”为主题,主要环节包括:展示社会热点与土木工程专业发展为主的专家报告,体现大学生思维与创新为主的分组交流和实践成果展示,提升合作精神和动手能力为主的趣味竞赛,增强工程体验的参观等环节。

此次论坛共收到来自同济大学、清华大学、哈尔滨工业大学、大连理工大学、武汉大学、华南理工大学等高校提交的80余篇学术论文,经专家评审,评选出45篇大会交流论文和18项创新成果,以《可持续发展的土木工程——第二届全国高校土木工程专业大学生论坛论文及创新成果集》的形式正式出版。

借此机会,向所有参加本次全国高校土木工程专业大学生论坛的同学表示热烈的欢迎,向所有为此次论坛付出辛勤劳动的专家、老师们表示由衷的感谢!愿大学生们在会议期间尽享哈尔滨的凉爽。

编 者

2012年8月于哈工大

目 录

论 文

一、智能结构系统与能源结构	3
预应力张拉智能化控制系统的研究	陈雅泽 许家婧 魏 莱等 3
基于脚步发电的发光斑马线设备原型研究	谢雯婷 张宏雨 陈登峰等 7
自适应自然灾害的仿生结构的设想	郭春阳 孟丽军 11
改善室内环境的主动式呼吸墙系统	赵 越 徐 杰 王潇健等 15
二、新型建筑材料与建筑设备	22
废旧鞋类胶料改性再生沥青的初步研究	陈静云 庞 锐 唐超瞻等 22
光纤平行排列法制备水泥基透光材料的研究	李佳蔓 杨巧丽 王 磊 28
胶凝材料组成对管桩抗氯离子性能影响的研究	刘文彬 杨医博 黄铸豪等 31
新型改性 EPS 混凝土的试验研究	战佳朋 刘嫒春 37
复合纤维高强混凝土小梁高温后力学性能试验	胡宪鑫 赵金龙 杨淑慧等 41
新型脚手架的现状调研和推广措施研究	李 昂 王昊一 郭彬彬 49
三、土木工程灾害防御与控制	57
新型被动式房屋优化设计方案	龚勇强 钟 越 王潇宇 57
楼梯刚度对框架抗震设计的影响	徐天妮 王一鸣 64
高层建筑局部楼层多阶段隔震技术研究	高东奇 葛海杰 王 辉 69
新型墙板与钢管混凝土框架结构抗震性能研究	赵亚运 程鸿伟 郑修娟等 75
新型智能化抗震系统设计	朱轶凡 刘 丽 王若宣等 81
桥梁抗震加固分析及应急预案研究	秦志源 任志行 宋启明 86
预应力筋混凝土构件抗震性能试验研究	张泳清 刘东锋 夏 婧 93
桥墩结构加装高效能阻尼的地震耐震技术探讨	金若羲 99
Dynamic Elastic-plastic Invalidation Analysis of Gymnasium Practice Hall of Flat Grid Structure System Supported by Steel Frame under the Strong Earthquake	Zhao Xi Li Haiwang Liu Jing 108

四、建筑节能与绿色建筑	114
新型生土建筑结构体系的改进及应用研究	赵晓霞 王孟琨 张佳睿 114
用绿色施工技术促进土木工程可持续发展	杨 洋 徐天妮 120
绿色施工技术在高层建筑工程当中的应用	杨富龙 124
浅析绿色建筑的几项“新支撑”	姚 丽 131
废弃混凝土回收方式与应用	郭 宏 136
绿色校园节能驱动战略探索	支 萍 房久鑫 140
五、基础设施系统与地下空间结构	146
麦秸秆加筋土挡墙抗滚石冲击性能研究	仇含笑 李 正 丁月明等 146
加筋土挡墙设计及模型试验研究	袁茂林 王新科 152
武汉市垃圾土的物理力学性质试验研究	段 超 丁占华 李晓锋等 158
城市给排水管道检测新技术	祝 赫 甄丹丹 张 伟等 163
一种新型深基坑支护结构的分析	于明鹏 靳永强 168
六、结构设计与现代实验技术	173
可展开张拉式空间网壳结构模型的设计与数值分析	张天昊 郭冬明 陈竞翔 173
非规则可展张拉整体单元:从找形到实现	赵曦蕾 孙宇迪 李兴华等 178
基于大型有限元计算软件的结构模型内力优化设计	王思启 187
基于信息扩散理论的古建筑砖材抗压强度评估	陆世锋 顾剑波 张由由 192
Experimental Study of Mechanical Properties of Bamboo's Joints under Tension and Compression Load	Fu Yuguang Wang Mingyuan Ge Haibo et al. 197
“共振法”建筑物拆除新技术	吕宁宁 关子香 贺 翟等 205
现代矮塔斜拉桥关键构造特点及发展趋势分析	高金桥 董 军 许文渊 209
BIM 技术在土木工程毕业设计中的探索与应用	董 静 赵 钦 刘云贺 214
七、城市发展与城镇化建设理念	218
甘肃水窖现状分析与改进思路	尚继英 金盟道 郑文智等 218
独立式居民建筑组合结构的分析与改进	侯福川 222
吊轨式立体停车成套系统的设计	孙启力 章友浩 汪家继等 228
八、土木工程可持续发展理论与经济管理策略	233
浅析土木工程中的可持续发展	朱 琳 233
延长结构的使用寿命与土木工程的可持续发展	吴 斌 高 峰 张媚柱 239

可持续发展的土木工程——第二届全国高校土木工程专业大学生论坛论文及创新成果集



论 文

一、智能结构系统与能源结构

预应力张拉智能化控制系统研究

陈雅泽 许家婧 魏 莱 王培育

(武汉大学 土木建筑工程学院,湖北 武汉 430072)

摘 要 预应力张拉是在结构构件承受外荷载之前,通过张拉预应力束,将预应力束的弹性收缩力传递到混凝土构件上,产生预压应力,这样可以部分或者全部抵消外荷载产生的拉应力,从而提高构件的刚度,推迟裂缝出现的时间。预应力张拉智能控制系统利用对混凝土上施加预应力的时时监控,得到当下混凝土上有效的预应力值,根据不断和目标值对比,改变张拉速度,得到与预应力目标值相差在1%以内的值。这样,不仅能克服油压表读数误差大、读数速度慢及人工操作干扰多等缺点,而且能更好地适应张拉过程中具有的非线性和不确定性等特点,大幅提高预应力结构的施工精度及安全性,具有广阔的工程背景和良好的应用前景。

关键词 预应力张拉;智能化控制

1 引 言

随着近年来我国改革开放事业的高速发展,预应力结构越来越多地应用到高层建筑、地下工程、高速铁路、公路、水电、核电等重要工程建设领域,具有广泛的应用前景。预应力张拉是在结构构件承受外荷载之前,通过张拉预应力束,将预应力束的弹性收缩力传递到混凝土构件上,产生预压应力,这样可以部分或者全部抵消外荷载产生的拉应力,从而提高构件的刚度,推迟裂缝出现的时间,增加构件的耐久性。

预应力混凝土的施工工艺有先张法和后张法。

预应力张拉是一个复杂的非线性的力的分配和传递过程,其中,预应力张拉精度是决定预应力结构安全与正常运营的首要条件。在张拉过程中由于预应力混凝土生产工艺和

材料的固有特性等原因,预应力束的应力值从张拉、锚固直到构件安装使用的整个过程中不断降低,即预应力损失。预应力损失的大小,会对最终的精度造成不同程度的影响。一旦预应力张拉精度失控,轻则会引起结构出现锚固端的纵向裂纹、反拱过大,重则会引起结构出现横向裂缝、预应力束拉断等事故,因预应力张拉精度失控造成预应力结构失效、破坏及生命财产巨大损失的事故时有发生。

2 预应力张拉技术现状与趋势

预应力张拉技术以其所特有的优点而迅速发展。目前,国内建设工程中采用的预应力张拉设备,主要是由油泵驱动千斤顶进行张拉,并通过人工读取油表示数、记录伸长量来控制张拉过程。这一施工技术虽然目前广泛使用,但仍存在以下不足之处:

(1) 压力表读数误差大、读数不稳定、读数速度慢;

(2) 由压力表读数需换算才能知道张拉力的大小,形不成张拉力的直观概念,对控制张拉不方便;

(3) 工测量张拉伸长值存在读数误差大、测量过程慢、信息反馈不准确、控制不同步等问题;

(4) 千斤顶、张拉油泵与油压表的标定所需次数多,标定结果不易保持;

(5) 施工记录人工填写,难以保证真实性。

面对相对完善的预应力结构计算和设计方法,原始的预应力施工方法是极不相称的,直接影响到预应力结构的应用与发展。因此,充分利用当代的高科技成果,改进传统的预应力张拉工艺是目前预应力混凝土施工中迫切需要解决的问题,受到了结构工程界和应用力学界的高度重视。20 世纪 80 年代末,一些研究者从不同的侧面开始了对这一问题的研究,并取得了初步的成果,英国 CCL 公司和北京市建筑科学研究院在数控油泵的研制方面取得了初步成功,但不能对张拉力实施直接控制,而且不能实现张拉伸长值的控制,因此不能满足工程需要。

现在,国内外有两种提高预应力张拉精度方法:

(1) 预应力信息化施工。

信息化施工是在施工过程中,通过设置各种测量元件和仪器,实时收集现场实际数据并加以分析,根据分析结果对原设计和施工方案进行必要的调整,并反馈到下一施工过程,对下一阶段的施工过程进行分析和预测,从而保证工程施工安全、经济地进行。一定程度上克服了油压表读数误差大、读数速度慢等缺点,有效地提高了张拉力的控制精度,但无法实现双控,大量的力传感器永久地埋设在预应力结构中,施工后无法回收,成本高;另一方面,在施工过程中,数据的采集和处理由计算机完成,对施工人员要求高。预

应力信息化施工技术只能在某些特殊重要的结构中应用,无法从根本上取代传统的张拉工艺。

(2) 油泵的数字化控制。

采用数控油泵,主要是监控油泵上的读数,可以很大程度上提高预应力张拉的精度,但依然存在下列不足之处:

① 计算机系统采集和控制的是液压压力,不能对张拉力实施直接控制,若张拉装置在使用过程中出现漏油或管路阻力变化,液压压力与张拉力的相关关系会发生改变,张拉控制精度无法保证,另外,张拉力需经换算方能获得,不直观;

② 计算机控制电动油泵仅仅控制张拉力,不能实现张拉伸长值的控制,因此也无法实现预应力张拉的双控。

3 预应力张拉智能控制系统设计

预应力张拉智能控制系统利用对混凝土上施加预应力的时时监控,得到当下混凝土上有效的预应力值,根据不断和目标值对比,改变张拉速度,得到与预应力目标值相差在 1% 以内的值。这样,不仅能克服油压表读数误差大、读数速度慢及人工操作干扰多等缺点,而且能更好地适应张拉过程中具有的非线性和不确定性等特点,大幅提高预应力结构的施工精度及安全性,具有广阔的工程背景和良好的应用前景。

预应力张拉智能控制系统主要针对后张法,部件包括应变仪、位移传感器、可编程逻辑控制器(PLC)、变速器、张拉千斤顶、控制与显示仪表等。组装工作流程如图 1 所示。

首先,在可编程逻辑控制器(PLC)中输入预应力设计值和当下工作环境的部分参数,PLC 根据预应力设计值和损失计算值,计算出实际需要的预加压应力,作为混凝土需达到的目标值。然后张拉开始,应变仪采集预应力束和混凝土的应变值,并传输到逻辑控

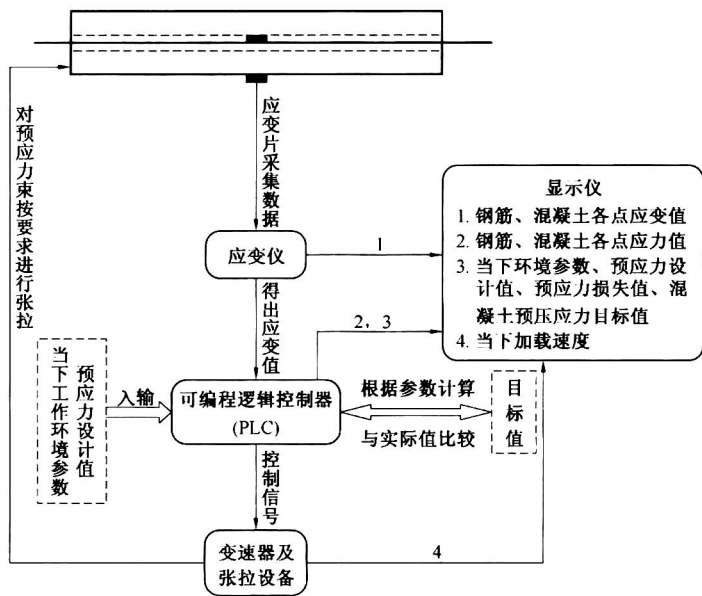


图 1 预应力张拉智能化控制系统

制器中,计算出各个点相应的实际应力值,同时将各点应力应变和预应力束的伸长量数据输出在显示屏上。最后,通过与混凝土目标应力值的比较,逻辑控制器向张拉设备发出控制信号,改变张拉的速度。即目标应力值与实际值的差值越小,加载量越小,使实际应力值与目标值更准确地吻合。通过不断的测量,与目标值比较,做出数次调整,使混凝土的有效应力与目标值之间的误差最小。

相较于传统施工方式中以油表示数为控制量,本系统以预应力束和混凝土的实际应力为目标控制变量,则可省去对一些即时产生的预应力损失的估算,如摩擦和锚具压缩等,使混凝土最终得到的预应力更准确,也更具可控性。

4 系统的参数选取

4.1 预应力损失

预应力损失会极大地影响已建立的预应力,同时也影响到结构的工作性能。通过理论分析和实验研究,正确估算出预应力损失值,决定实际张拉量。

传统的施工方法中,需要考虑的主要因素包括:①锚固损失;②摩擦损失;③热养护损失;④钢材的松弛损失;⑤混凝土的徐变损失;⑥混凝土收缩损失。对于以上6点主要因素,由于本系统已测出混凝土的实际应力,可忽略如摩擦、锚固等瞬时损失因素,故只需要考虑非瞬时损失,即钢筋应力松弛及混凝土的收缩徐变引起的预应力损失。参考成熟的经验公式,选取适当预应力损失估算公式。

4.2 混凝土受压时的应力-应变关系

本系统在张拉过程中采集混凝土的应变值,但以其实际应力为基本控制量,故需进行混凝土受压时的应力-应变关系的分析。搜集以往数据,参考一些经典模型,例如:

当 $\varepsilon \leq \varepsilon_c$ 时, $\sigma = \sigma_c (2 \frac{\varepsilon}{\varepsilon_c} - \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon_c^2})$, 此时 $E_c = 2\sigma_c / \varepsilon_c, \varepsilon_c = 0.002$ 。

当 $\varepsilon_c \leq \varepsilon \leq \varepsilon_u$ 时, $\sigma = \sigma_c [1 - m(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_c} - 1)]$, 式中 $m = \alpha / (\frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_c} - 1)$ 。

当 $\alpha = 0.15, \varepsilon_u = 0.038$ 时,即为当前使用

较多的 Hognestad 应力 - 应变曲线。

当 $\alpha = 0.019$, $\varepsilon_u = 0.035$ 时,即为 CEB - FIP 标准规范采用的应力 - 应变曲线。

根据实际施工情况进行适当调整,建立预应力施加过程中混凝土应力与应变的对应关系。

5 总 结

预应力张拉智能控制系统不仅能克服油压表读数误差大、读数速度慢及人工操作干扰多等缺点,而且能更好地适应张拉过程中具有的非线性和不确定性等特点,大幅提高预应力结构的施工精度及安全性,使工程质量得到保障。

在社会价值和经济性上,本系统由于高度的智能化控制,可大量减少施工技术人员,将人工从复杂繁琐的操作中解放出来,进一步提高土木工程行业的智能化和现代化程度。同时施工人员的减少也将便于施工现场的科学管理,加快施工速度,既节省了成本也提高了施工精度。因此,预应力张拉智能化

控制系统的研发能进一步完善预应力理论,大幅提高预应力结构的施工水平,提升行业智能化程度,具有深远的研究意义和广泛的应用前景。

参考文献

- [1] WARSZAWSKI R. Implementation of robotics in building-current status and future prospects [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 1998, 124 (1): 31-38.
- [2] JOHN E. The state of the art in north America [J]. PCI Journal, 1990, 35(6): 62-67.
- [3] 郭全全, 李珠, 张善元. 预应力数字化张拉技术的研究[J]. 土木工程学报, 2004, 37(7): 13-17.
- [4] 吕志涛. 新世纪我国土木工程活动与预应力技术的展望[J]. 建筑技术, 2000, 31(12): 42-44.
- [5] 朱伯芳. 土木工程计算机应用的现状与展望[J]. 土木工程学报, 1992, 25(4): 71-74.
- [6] 杨宗放. 中国预应力技术的现况与展望[J]. 建筑技术, 1998, 29(12): 816-818.
- [7] 陈惠玲. 高效预应力结构设计施工实例应用手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1998.

基于脚步发电的发光斑马线设备原型研究

谢雯婷 张宏雨 陈登峰 葛 辰 龚玲艳

(长沙理工大学 交通运输工程学院,湖南 长沙 410114)

摘 要 本作品设计开发了一种基于脚步发电的发光斑马线,该斑马线能感应即将过街的行人,并将行人行走对地面踩压时所做的自然功通过压电发电片转化为电能,使斑马线上的灯带发光。灯带发出的光对驾驶员产生一定视觉冲击,以此警示驶向斑马线的车辆,使之减速行驶或停止,从而达到保护行人安全过街的目的,打造安全交通、绿色交通。同时本作品可以实现自主发电与供电,符合当前节能减排的号召与趋势,这对于道路交通系统的节能具有重要的探索意义和社会价值。

关键词 交通安全;发光斑马线;压电发电技术;节能减排

1 研究背景

1.1 问题的提出

交通事故作为道路交通的三大公害之一,不仅给交通参与者的生命安全和财产带来巨大的威胁,而且严重干扰了道路交通系统的正常运行。交通事故频发一直以来困扰着我国乃至世界各国。我国的交通安全形势严峻,交通事故造成的死亡人数占各种事故的90%以上,对人类的危害已超过了地震、洪水、火灾、矿难等灾难。

据世界卫生组织统计,每年全球约有120万人死于道路交通事故,其中46%为步行者、骑自行车者或者两轮机动车使用者,这一比例在一些低收入和中等收入国家会更高。行人是交通参与者中的弱势群体,最容易受到伤害。我国道路交通情况复杂,人、车混行情况多,是世界上典型的以混合交通为主的国家,据《中华人民共和国道路交通事故统计年报(2007年度)》数据显示,2007年行人因交通意外死亡的人数为21 106人,占全部交通死亡人数的25.85%。这两个数字从1998年

至现在没有低于2万。

因此,从主动安全的理念出发,研发科学、人性化、节能的保护行人安全的交通工程设施是非常有必要的。

1.2 国内外研究现状

关于如何设计更安全的人行横道方面,国内外研究人员针对斑马线进行了大量研究,提出了一系列的创新设计,并且已有部分成果在某些城市应用。2004年,比利时 Tony Cavaleri 提出了一种会发光的斑马线,其原理是当感知器感应到有行人踏到斑马线时,原本白色部分便发出亮光,让驾驶人在夜间可清楚见到行人穿越,降低不必要的意外事故,让行人与驾驶都可获得较好的安全保障。2009年3月,一种涂有“夜光交通标线涂料”的标线在我国北京市密云县境内的密西路、河东路施划,主要是解决山区乡镇公路夜间缺少照明设施导致发生交通事故的问题。同年11月,我国首条立体斑马线应用于广州番禺。立体斑马线紧挨着白线处平行增加一条蓝色线,在两条线的两端,刷上一个黄色四方块。这种斑马线利用色块构图,其立体感对司机产生视觉冲击,以此达到警示的目的。

2011年,韩国设计师 Jae Min Lim 设计了一种更符合人类心态的弧形斑马线,减少心急过路的人容易偏离斑马线的几率,让他们可以更安全地走过道路。同时为进一步保障行人安全,设计师更在弧形斑马线铺上 LED 的发光层,让线条更醒目,提醒行人及驾驶者小心过街。其发光层的电源来自斑马线下设置的压力感应电池板,每当有汽车和行人经过路面时,斑马线所感受到的压力便会转化为电力,为发光层供电。此外,还有杭州的爱心斑马线、西安的脸谱斑马线等等。

综上所述,设计开发新型斑马线已成为提高行人安全的重要手段。其设计思路主要归纳为以下发展趋势:①通过改变斑马线的形状或色彩,对驾驶员产生一定的视觉冲击,以此达到警示作用;②通过外加电源或自身发电使斑马线发光,以此警示驾驶员。

本作品基于节能减排的理念,采用压力发电片技术设计发光斑马线,将行人行走对路面踩压所做的自然功转化为电能,使斑马线发光。

2 设计原理

2.1 设计思路

本作品采用压力发电片作为元器件,该元器件的发电原理是使其产生一定变形即可实现发电,如图 1 所示。但是压力发电片抗压能力很差,容易受损。因此本作品的设计思路是首先设计缓冲结构保护压力发电片,保证其使用寿命。然后设计发电结构,通过某种方式使压力发电片产生一定容许范围内的变形,从而产生电能。本作品使用的压电发电片如图 1 所示,其硬件数据如下:

(1) 型号为 60 mm×37 mm×0.4 mm,内层陶瓷片尺寸为 50 mm×35 mm×0.2 mm。

(2) 发电片峰值电压为 12 V,峰值电流为 10 mA。

通过实验,我们发现,压电发电片通过自

身的形变产生瞬间电荷,其形变过程中产生的电荷量并无线性关系。

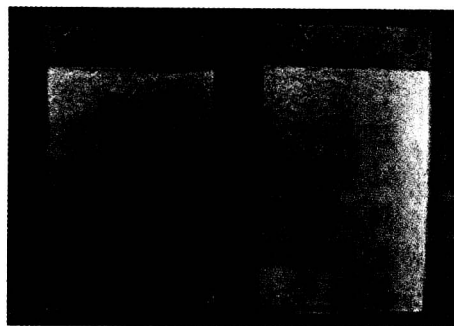


图 1 压电发电片

2.2 研究方法

本作品已设计了一种缓冲结构、两种发电结构,已开发了两个发光斑马线设备原型,我们称为发光斑马线 1 号和发光斑马线 2 号。

我项目小组在研究与制作基于脚步发电的发光斑马线设备原型时,前后采用了两种不同的传动的方式和作用压电发电片的方式。

2.2.1 发光斑马线 1 号的设计原理

发电机制:本型号的发电机制是采用敲击的方式使压力发电片发电,具体地,当行人踩踏到上盖时,上盖向下运动,在立柱内弹簧的缓冲下做预定范围内的下降,带动内立柱上的销钉击打压电片发电使其发电。

发电结构:发光斑马线 1 号的发电结构是压电发电片固定在底座上,与上盖一起构成发电装置。底板与上盖之间用立柱连接,如图 2 所示。立柱的主要作用是:

(1) 承受上盖来自行人的压力,保证发光底板不产生过大形变或者被破坏,维持其发电能力;

(2) 与底部的压缩弹簧连成整体,限制销钉(长销钉用于拨动发电片)上下运动的位移,使发电片形变不超出设计的 8 mm,保护其不被损坏。

在斑马线 1 号中,我们将发光部分和发电部分合二为一,在发电部分的盖板上方安装了 20 枚发光二极管,以此作为发光斑马线的替代。

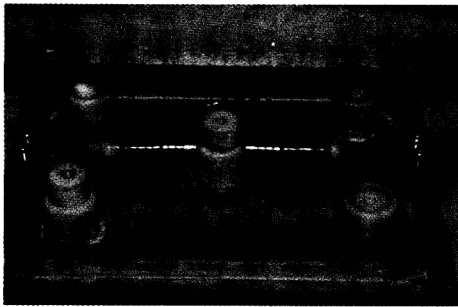


图 2 发电装置内部

实验分析:通过实验,我们可以看到,当斑马线 1 号上方有行人走过时,其上盖中内嵌的发光二极管会间断发光。因此,本作品的设计原理是可行的。斑马线 1 号能实现将行人行走所做的自然功转化为电能,并将其用于发光二极管的供能,达到警示驾驶员、保护行人的目的。

发光斑马线的不足之处是压电发电片的工作效率不高,功与能的转化率较低。其中最主要的原因是:立柱下部的弹簧缓冲作用太大,很大一部分的行人踩踏做功被内耗,未能转化为电能加以利用。

2.2.2 发光斑马线 2 号的设计原理

发电机制:通过齿轮传动拨动压力发电片的方式实现发电,具体地,当行人踩踏发电装置时,将齿轴下压,使其通过齿的传动,带动内部齿轮转动;再通过轴的转动,对两侧的压电发电片进行拨动。通过这种设计,行人踩踏发电装置一次,可以拨打每片发电片 3 次,极大地提高了发电效率。“拨打”方式比“敲击”方式能使发电片产生更多的电能。

发电结构:发电装置主要由上盖、传动部分、发电部分、和底座组成。传动部分和发电部分是整体设计的技术关键,我们采用齿条齿轮传动。设计数据如下:

(1)尺寸大小:齿轴圆柱的半径 15 mm,

齿轮的厚度 15 mm,齿轴与齿轮咬合深 2 mm;

(2)在齿轴有齿的部分:宽 15 mm,长 42 mm平面,齿轮齿的高度为 2 mm,齿轴齿的外边缘与圆心距离为 $d = (15^2 - 7.5^2)^{1/2} = 13$ mm;

(3)齿轴与齿轮的中心距离 (mm): $19.5 = 13 + 8.5 - 2$ (13 为齿轴圆心到保留面的垂直距离;8.5 为齿轮的半径;2 为齿轴与齿轮的咬合深度);

(4)齿轮与齿轴的传动:半径 $R = 8.5$ mm 的齿轮旋转 90° ,齿轴上下行程 $L = 1/2 \cdot \pi R = 13.345$ mm,设计行程为 15 mm。

发光装置:发光装置是根据国标要求进行设计的,小组将道路斑马线按比例缩小。通过在斑马线上内嵌发光二极管的方式,我们用“灯光”代替原来斑马线中的“白条”,使斑马线更美观耐用,对交通事故能更有效地进行预防。

实验分析:发光斑马线 2 号改进了发光斑马线 1 号发电效率低、功与能转化率低的缺点。

3 创新特色

本作品的研究方法突破了目前已有的普通人行道不发光或耗能发光的设计方法,通过大量设计和反复实验,创新地采用压力发电片作为元器件,将行人踩压的自然功转换为电能,能够自主发电,具有节能的特点。同时利用产生的电能使斑马线发光,达到警示驾驶员、提高主动安全的目的。

4 应用前景

(1)据统计,交通事故中有 46% 的事故与行人相关,本作品开发的基于脚步发电的发光斑马线具有较强的创新性和实用性,适应城市道路和公路上路段和交叉口的行人过