

创 之 知 巢 日

同济大学土木工程学院学生创新论文集

主编 何敏娟 武 贵

中国建筑工业出版社

同济大学土木工程学院 学生创新论文集

主编 何敏娟 武 贵

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

同济大学土木工程学院学生创新论文集/何敏娟,武贵主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2007

ISBN 978-7-112-00441-6

I. 同... II. ①何... ②武... III. 土木工程-文集 IV. TU-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 114317 号

责任编辑: 徐 纺 邓 卫 黄珏倩

责任设计: 赵明霞

责任校对: 刘 钰 孟 楠

同济大学土木工程学院学生创新论文集

主编 何敏娟 武 贵

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 $\frac{3}{4}$ 字数: 463 千字

2007 年 11 月第一版 2007 年 11 月第一次印刷

印数: 1—1500 册 定价: 36.00 元

ISBN 978-7-112-00441-6

(14561)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

一个民族要对人类作出贡献，列于世界先进民族的行列，则这个民族必须要有强烈的创新意识、全面的创新精神和能力；一个国家如果没有创新精神，就会自我封闭，停滞不前，丢掉尝试的勇气，失去前进的力量。创新是一个民族进步的灵魂，是一个国家兴旺发达的不竭动力。

一家企业要快速发展就必须要有创新，如果没有创新，企业就没有活力、没有自己的产品，就摆脱不了低水平的重复、摆脱不了密集型的廉价劳动。现实摆在我们面前：传统发达国家“有钱有闲”，因为他们有许多创新产品，引领着世界经济的发展；新兴发展中国家“有钱而无闲”，因为他们根据市场需求忙着生产各种产品，但因创新不够，利润不高，必须花大量时间生产出更多产品、争取到更大市场。

民族的创新、国家的创新、企业的创新，关键在于需要创新型人才。所谓创新型人才，就是具有创新意识、创新精神、创新能力并能够取得创新成果的人才；这样的人才能够提出问题、解决问题，开创事业新局面。这种人才需要有扎实的基础理论、丰富的科学知识、勇于探索未知领域的精神。创新人才哪儿来？离不开学校的培养。

同济大学是我国“211工程”重点建设的高校，是高层次创新型人才培养的主要基地，是学科会聚、科技创新的战略高地，肩负着推进创新型国家建设的重任。作为我校“重中之重”的土木工程学院拥有一流的师资队伍、齐全的实验设备、成熟的实习基地、完善的课程体系以及勤奋好学的学生。这些为人才的知识结构、能力结构、个性品质的全面发展提供了扎实的基础，为人才的创新做好了充分的知识储备和能力准备。

长期以来，土木工程学院全面围绕着“知识、能力、人格”的培养模式，鼓励学生在完成书本知识学习的同时，不断进行自主学习，激发学生的创新意识，通过实践提高创新能力，培养了很多优秀的创新型人才。学院以“土木工程教学创新基地”为依托，以“科技服务中心”为平台，积极发动和组织学生开展课外科技创新活动，硕果累累！“创智之巢”，筑巢迎风。在此，土木工程学院在迎接同济百年华诞之际，将近期的创新实践成果经整理后汇集于此，同时也希望有更多的学生投入到创新中去，励精图治，不断探索，勇于实践。

何敏娟

2007年5月于同济园

风险评估与工程管理

- 上海宝山区工业园区土地利用分析——宝山区工业园区土地利用
调查报告 郑竹鸣 楼 江 石忆邵 王旭峰 (1)
- 深基坑安全风险的等级设计 包小华 黄宏伟 (9)
- 中国公众对土木工程风险感知的现状及土木工程师对此的应映
..... 刘 越 蒋蓉蓉 黎 浩 宁剑锋 黄毅翔 李文彦 阮 欣 (20)
- 浅析市政工程施工阶段风险评估指标体系的建立 沈文佳 (23)
- 山区高速公路风险评估研究 林 楠 (30)
- 有关上海地铁4号线工程建设风险管理的思考 高 珊 楼梦麟 (37)
- 建筑工程风险管理初探 刘 越 (42)
- “泰纳线”原油管道中国支线建设项目风险评估 陆 遥 楼梦麟 (46)

抗震与抗火

- 中美桥梁抗震设计规范比较 徐略勤 (53)
- 关于建筑物隔震与减震技术的一些设想 石苑苑 陈素文 (62)
- 码头震害及砂土液化分析 汪 丹 郑永来 (73)
- 西南楼抗火性能研究与改进 毛苑君 高 珊 逢靖华 陆洲导 (84)
- 钢结构房屋自振特性的脉动法测量与分析
..... 林 楠 李 扬 黄 栩 吴 坚 (90)

混凝土结构

- 上海长江大桥索梁锚固区局部受力分析 陆春阳 吴 冲 (101)
- 新型钢管混凝土梁柱节点滞回性能研究 石运东 王 伟 (108)
- 大体积混凝土温度裂缝产生机理与控制措施 刘 越 (121)

钢、悬索与索膜结构

- 索膜结构发展调研报告 谢 恩 单伽铨 焉中华 赵 俊 吴明儿 (126)
- 悬索结构的创新设计 郑 跃 胡 旻 蔡云帆 陈 涛 吴明儿 (133)
- 张拉整体雕塑设计与制作 贾良玖 陈 鑫 王洪军 张其林 (144)
- 扇形弓弦预应力结构受力性态的分析与试验研究
..... 朱 艳 阎钟巍 丁爱武 朱慈勉 (151)

岩土工程与地下结构工程

- 盾构隧道管片优化设计 徐 燕 丁文其 (160)
- 瑞典法和 Janbu 法对确定土坡稳定安全系数的分析与比较 张 振 (167)

EPS 特性及在公路填方路堤工程中的应用	钱茹莹 (177)
对地下工程在交通建设中应用的思考	周中生 (183)

计算机技术应用

数字地面模型与地形模拟	陆 珏 郑 波 (187)
汽车撞击防撞护栏的数字模拟	蔡宏伟 雷 洛 姚 康 蒋小路 赵 鸣 (195)
煤矿三维数字地层的研究与应用	丁小彬 朱合华 李晓军 (206)
荷载作用下的地基沉降模拟仿真	吴 翔 尹 超 徐祥斌 谢步瀛 (212)
VB 程序和 MATLAB 程序在水槽实验中的应用	勾鸿量 刘曙光 钟桂辉 (219)
VB 程序计算二次超静定悬臂梁	勾鸿量 谢步瀛 (231)
杆件系联立运动的程序设计及应用	屠毅敏 叶英杰 (241)
浅析工程监测信息化	王君毅 (245)

结构力学

三角级数法分析圆形水池底板内力	崔 满 仲 聪 (252)
殊途同归——对结构挠度求解的实例思考	金 倩 (259)

其他

概念设计与结构艺术——结构设计大赛总结	陈旭君 方 煜 朱司南 吕凤梧 (269)
赛车转弯的最佳行车轨迹分析	李 轲 (277)
上海世博园地下空间阳光导入技术研究	路 姗 (283)

上海宝山区工业园区土地利用分析

——宝山区工业园区土地利用调查报告

郑竹鸣 楼江 石忆邵 王旭峰

【摘要】 作者利用对上海宝山区土地利用调查的机会，对其中的工业园区土地利用情况特别是土地利用效率情况进行了初步分析研究，探讨市区级工业园区土地利用现状中存在的若干问题，并提出一些建设性的意见。

【关键词】 工业园区；土地利用；上海市宝山区

本次调查为2006年暑期土地调查实习课程的一部分，作者在楼江老师的带领下进行了宝山区土地利用规划修编搜集资料的工作，特别是实地考察了宝山区各市区级工业园区的土地利用情况。

宝山区作为上海的北大门，一直是以钢铁、港口为主要依托的重工业基地，工业用地在区内比重相当大。随着改革开放的深入以及上海经济的飞速发展，为配合国民经济的发展需要，各区都纷纷建立工业园区，通过建立良好的投资环境以更好地吸引投资，从而更有效拉动本地区的经济增长。宝山区近几年来也根据自身特点，建立了两个市级工业园区（宝山工业园区和宝山城市工业园区）和四个区级工业园区（罗店工业园区、月浦工业园区、杨行工业园区、顾村工业园区）（见图1）。工业园区土地利用效率的高低直接关系区域经济发展可持续性以及区域的经济效益，下面就宝山区工业园区土地利用效率进行初步分析。



图1 宝山各工业区示意图

1 宝山区工业园区土地利用及其经济效益分析

1.1 工业园区土地开发情况与分析

工业园区的土地开发情况指标主要有土地开发率与土地建成率（或称工业园区土地利用效率）两个指标。

土地开发率是园区内已开发土地与园区规划面积之比。由表1可知，宝山区城市工业园区开发面积占规划面积的三分之二，说明该工业园区还有发展余地，尚未

达到饱和状态。宝山工业园区的土地开发率只有 7.94%，说明该工业园区属于起步阶段，尚未形成规模。另据资料显示，全宝山工业园区 2003 年已开发利用面积 1640hm²（公顷），占规划面积的 53.3%。

目前（2006 年 7 月）宝山区市级工业园区土地开发情况 表 1

工业园区名称	规划面积 (hm ²)	已开发面积 (hm ²)	土地开发率 (%)
宝山城市工业园区	435	292.4	67.22
宝山工业园区	2300	182.67	7.94

数据来源：本次土地利用调查数据。

土地建成率是指已开发的土地和已建项目占用土地之比。从园区开发面积看，工业园区的土地建成率为 61.9%（见表 2）。土地建成率的高低取决于批准项目的建成进度。根据《中华人民共和国土地管理法》对于闲置土地的规定：“一年以上未动工建设的，应当按照省、自治区、直辖市的规定缴纳闲置费；连续两年未使用的，经原批准机关批准，由县级以上人民政府无偿收回用地单位的土地使用权；”一般来说，一个批准项目如无特殊情况，在两年之内一定要开工或投产，否则将对已批准项目的土地资源造成很大的浪费。宝山各工业园区土地建成率均在 50%~75% 之间，说明区内还有不少已规划但未利用的闲置土地。原因可能有以下几点：项目资金未及时到位、存在土地违法行为、监督不力执法不严等。

2003 年宝山区工业园区土地利用情况 表 2

工业园区名称	已开发面积 (hm ²)	已建项目占用面积 (hm ²)	土地建成率 (%)
宝山城市工业园区	300	207.8	69.3
罗泾工业园区	245	126.9	51.8
杨行工业园区	236	158.6	67.2
月浦工业园区	192	122.9	64.0
顾村工业园区	437	230.0	52.6
罗店工业园区	230	168.8	73.4
合计	1640	1015.0	61.9

注：1. 数据来源：宝山区统计局网站。

2. 宝山工业园区 2003 年成立，统计时依然按照原先的工业园区（罗泾工业园区）进行统计，下同。

另外，本次土地利用现状调查中收集了到目前为止宝山城市工业园区 134 个项目的建筑面积与占地面积资料，该工业园区的平均容积率为 0.60。说明该地区的竖向空间也没有得到充分的利用。

总体来说，宝山工业园区尚处于成长阶段，土地集约利用水平还有待提高。

1.2 工业园区土地利用效率情况分析

1.2.1 工业园区投入情况与分析

土地集约利用对于工业园区来说至关重要。单位面积土地投入资金情况可视为

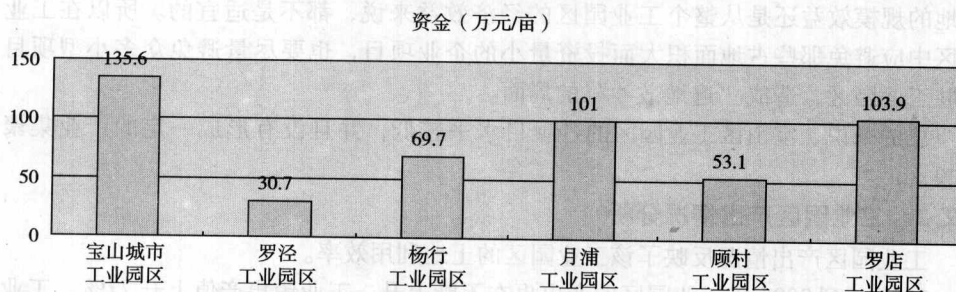
土地集约利用的重要体现。下面对于 2003 年宝山区区内资金投资强度及与其他区的工业园区的比较,来分析其土地集约利用情况。

1.2.1.1 宝山区内各园区比较

资金投资强度是指吸引项目的总投资与开发利用面积之比,即每亩投入的资金量。如表 3:

2003 年宝山区各级工业园区资金投资强度

表 3



数据来源:宝山区统计局网站。

从总量上分析,宝山工业园区吸引项目累计投资资金为 196.73 亿元,按已开发面积计算,资金投资强度为 80.0 万元/亩。

资金投资强度的高低,主要取决于引进项目投入资金的大小。虽然工业园区在引进的项目上也注重引进上档次、上规模的项目,近年来在引进大项目方面取得了一些成效,但各工业园区平均每个项目引进的资金有较大的差异。

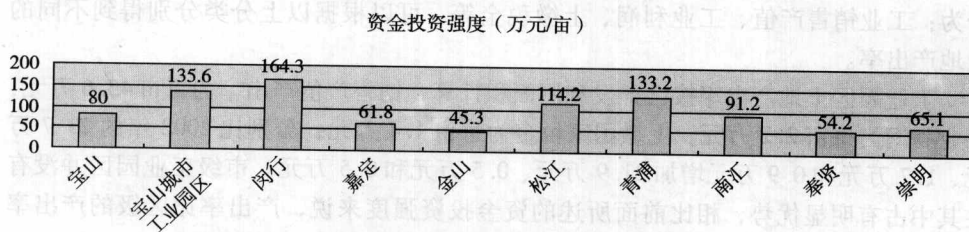
从表 3 可知,各工业园区的资金投资强度同样分布不均,宝山城市工业园区一枝独秀,远远领先其他区级工业园区。说明各区级工业园区的项目规模均比较小,并没有形成一定的产业规模,有较大潜力可挖。

1.2.1.2 全市各工业园区比较

从工业园区资金投资强度与市郊八家市级工业园区比较,宝山城市工业园区资金投资强度为每亩 135.6 万元,位于第二位。但从宝山各工业园区的总量分析,还存在较大的差距。宝山工业园区的资金投资强度比闵行低 84.3 万元,比青浦低 53.2 万元,比松江低 34.2 万元,比南汇低 11.2 万元。(见表 4)

2003 年市郊市级工业园区资金投资强度

表 4



数据来源:宝山区统计局网站。

宝山各级工业园区资金投资强度较低的原因，主要是在引进规模型项目上存在一定的距离。从累计引进的项目看，宝山工业园区平均每个项目引进资金 3329 万元，而松江为 8786 万元，青浦为 7892 万元，闵行为 6926 万元。从上述平均水平来看，宝山区工业园区内中小规模的企业还是占相当大的比重。而建立工业园区的目的，则是要更好地发挥各企业在一定区域内的产业协作，实现规模效应，使工业园区有限的、宝贵的土地资源充分为有实力的项目所使用，在单位土地面积上有较高投入，从而为更高的土地产出作保障。在工业园区内引进这种投入资金量小的项目无论从土地的规模效益还是从整个工业园区的经济效益来说，都不是适宜的。所以在工业园区中应避免那些占地面积大而投资量小的企业项目，也要尽量避免众多小型项目进驻工业园区，造成“遍地散沙”的局面。

总的来说，宝山区工业园区的各项项目水平较低，并且没有形成一定的产业集聚规模。

1.2.2 工业园区产出情况分析

工业园区产出情况反映了该工业园区的土地利用效率。

2003 年到 2005 年工业园区的产出也在不断上升，工业销售产值上升 77%，工业利润，上缴税金上升 19%，其中城市工业园区从 36 个增加到 82 个，工业销售产值上升 157.8%，工业利润翻一番，上缴税金上升 157.8%。（见表 5）

2003 ~ 2005 年工业园区产出情况汇总

表 5

工业园区名称	年份	投产企业（个）	工业销售产值（万元）	工业利润（万元）	上缴税金（万元）
宝山城市 工业园区	2003	36	106226	7140	3036
	2004	56	186659	9491	5899
	2005	82	273845	14218	7813
宝山各工 业区合计	2003	202	1121233	53872	33459
	2004	257	1582519	82225	32626
	2005	314	1988070	106299	40094

数据来源：宝山区统计年鉴（2003 ~ 2005）。

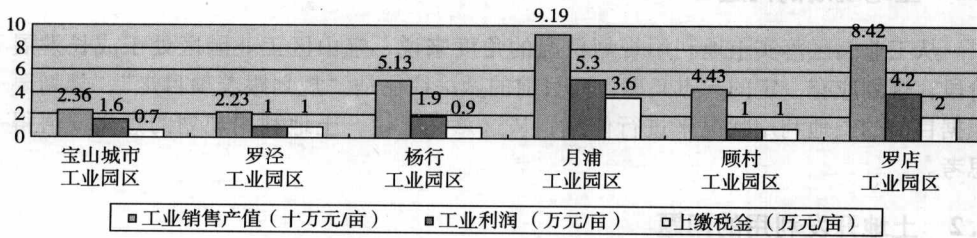
1.2.2.1 宝山区内各园区比较

土地产出率是指土地总产出量与土地面积的比值。工业园区的土地产出量可以分为：工业销售产值、工业利润、上缴税金等。可以根据以上分类分别得到不同的土地产出率。

工业园区土地产出率按已开发利用面积计算，销售产值产出率为每亩 45.6 万元，工业利润为每亩 2.2 万元，上缴国家税金为每亩 1.4 万元，分别比 2002 年的 23.7 万元、1.7 万元和 0.9 万元增加 21.9 万元、0.5 万元和 0.5 万元。市级工业园区并没有在其中占有明显优势，相比前面所述的资金投资强度来说，产出率比区级的产出率还要小，说明宝山城市工业园区的土地没有达到高效利用。（见表 6）

2003 年市级、区级工业园区土地产出率

表 6

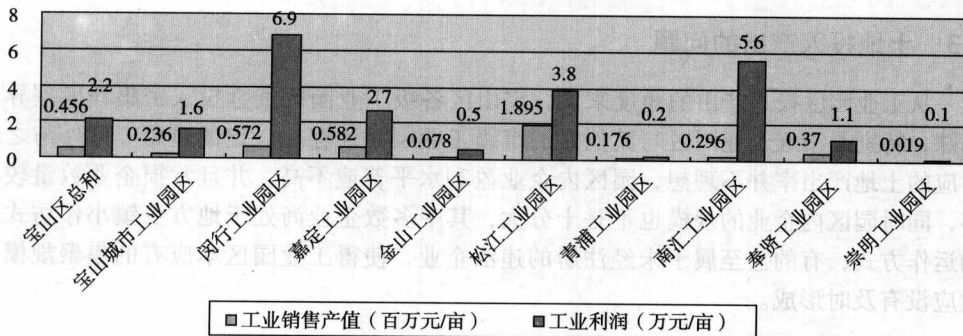


数据来源：宝山区统计局网站。

1.2.2.2 全市各工业园区比较 (见表 7)

2003 年市郊市级工业园区土地产出率

表 7



数据来源：宝山区统计局网站。

2 宝山区工业园区土地利用的问题小结

当今我国建立了不少不同等级的工业园区或开发区，而各级工业园区根据土地利用集约程度可以分为：超集约型、集约型、基本集约型、欠集约型。这四种形态也可以是同一工业园区在发展过程中的不同阶段。国家级工业园区在土地利用方面做得比较成熟，基本属于超集约型或集约型，国家级工业园区的土地利用有以下特点：科学制定和实施土地利用规划；坚持集约利用原则，采取高效利用土地的政策；扶持企业做大做强，鼓励企业增资扩股，努力提高单位面积产出；用市场机制提高土地利用效率；挖掘潜力，努力增加土地供应。

“十五”期间，宝山区根据有关规定撤并了乡镇级工业园区，重新设立市区级工业园区，形成了“2+4”的工业园区格局，收到了一定的效果。但在土地利用管理方面仍然存在一定的问题，留待我们思考。

根据上述的四种类型区内宝山城市工业园区可属于集约型或基本集约型，而其他工业园区则属于基本集约型或欠集约型。与国家级工业园区相比，宝山区各工业园区在土地利用效率方面存在一定差距。问题表现如下：

2.1 土地规划的问题

从工业园区落实土地利用规划情况的角度来说,宝山区工业园区处于成长发展阶段,规划应有一定的起点高度,而目前的做法往往是“规划跟着项目走”,规划要根据目前的土地利用状况来进行修编,从这意义上说,土地利用规划的意义便值得思考。

2.2 土地开发利用的问题

从土地开发利用的角度来说,宝山区各级工业园区内土地利用程度并不是十分高,普遍在60%左右。企业厂房办公楼房平均容积率只有0.6左右,基本上处于较粗放利用状态。原因有多方面:有些工业园区诸如宝山工业园区尚处于初期建设阶段,土地开发面积尚未达到一定的程度;工业园区内的企业尚未动工兴建或资金尚未落实;某些闲置土地尚未得到有效处理等。

2.3 土地投入产出的问题

从工业园区投入产出的角度来说,宝山区各级工业园区资金投入密集程度差异悬殊,特别是市级工业园区与其他区的市级工业园区还存在一定的差距。另外与之对应的土地产出率并不理想,园区内企业盈利水平普遍不高,并且亏损企业数量较多,同时园区内企业的规模也不是十分大,其中多数企业尚处于地方乡镇小作坊式的运作方式,有的甚至属于未经注册的违法企业,使得工业园区本应有的集聚规模效应没有及时形成。

2.4 土地管理的问题

从工业园区土地管理的角度来说,宝山区工业园区土地管理资料现势性较差,造成工业园区土地管理、规划、政策制定的不便与困难。基层土地管理部门没有和其他相关部门诸如建设部门等进行有效沟通,同时也没有与其上级机关密切配合,在平时的工作中不注意及时调查、收集、整理、归档,管理专业人员职业素质有一定问题,使得工作较难开展。

3 宝山区工业园区土地利用建议

针对宝山区工业园区土地利用中存在的若干问题,提出以下建议,仅供参考:

3.1 科学制定规划

在新一轮的土地利用规划与城市规划中,应确定每一个工业园区内平均建筑容积率,并且在审批项目时充分考虑这一因素,提高工业园区中的土地利用效率,特别是鼓励兴建多层厂房的企业入住,不允许小作坊式的厂房在工业园区内零散地出现,鼓励企业在原有土地上进行“二次开发”,在规划中要注重弹性与刚性的结合,为工业园区今后的发展预留空间。

3.2 加强土地监察

及时进行土地利用情况调查,对于超出法律规定时限的闲置土地,应该加强执法力度,做到及时处理。对于村镇自行建设的违法项目进行坚决的查处。配合建设部门,加强对于在建工程的监督,使其切实符合规划以及设计的要求,特别是建设进度的要求。

3.3 提高产业水平

会同招商部门设立项目进入各级工业园区的门槛,依据开发商的产业背景、资金规模、开发能力以及企业资信等,选择最有实力和最有利于提升工业园区产业能级的开发商进行开发。根据本地区的实际特点,充分考虑产业布局的因素,特别是配合宝山钢铁工业、物流产业,在工业园区内形成一系列的产业链,降低各企业间的流通成本,从而提高企业的利润水平,合并一些小型的,产业类同的企业,全面提升工业园区的产业水平。

3.4 走可持续发展道路

考虑到工业园区尚处于成长阶段,引进项目时一定要用最集约的方式高起点的要求,不能够一味地“摊大饼”,搞扩张,真正做到可持续的发展,同时与周围的生态环境相适应。

3.5 加强管理队伍建设

加强工业园区基层土地管理队伍的业务素质。明确其平时的工作,及时有效地做好调查、收集、整理、归档、管理工作,并且定期培训,掌握数字化、信息化的土地管理技术。

4 结 语

新修编的宝山区土地利用规划将对宝山区工业园区和该区域土地利用方向与区域经济发展产生指导意义,希望通过上述分析给予修编以有益的思路,宝山区各工业园区处于成长阶段,应注重在这一阶段的土地利用规划与管理,切实实现土地的集约利用与规模利用。

最后要感谢经济与管理学院楼江老师、土木工程学院石忆邵老师、王旭峰老师和土地资源管理研究生对于作者的指导与帮助,对于论文的修改提出了宝贵意见。

(郑竹鸣:同济大学测量与国土信息工程系土地资源管理专业2003级本科在读;楼江、石忆邵、王旭峰:指导老师,同济大学土木工程学院)

参考文献

- [1] 宝山工业园区控制性详细规划.
- [2] 宝山区区域总体规划.
- [3] 宝山区人民政府网站. <http://bsq.sh.gov.cn>.
- [4] 宝山区工业园区网站. <http://www.sbiz.gov.cn>.

- [5] 宝山区统计局网站. <http://sbiz.gov.cn>.
- [6] 宝山区统计年鉴 (2001~2005).
- [7] 中华人民共和国土地管理法.
- [8] 毕宝德. 土地经济学 [M]. 北京: 中国人民大学出版社.
- [9] 唐华东. 国家级开发区土地集约利用研究 [J]. 港口经济. 2006, 3.
- [10] 翟文侠. 城市开发区土地集约利用潜力研究 [J]. 资源科学. 2006, 2.

深基坑安全风险的等级设计

包小华 黄宏伟

【摘要】 本文从风险理念上出发,通过对基坑事故原因广泛调查的结果,统计分析得到深基坑安全性的主要影响因素,分析计算其所占权重,利用模糊综合评判法对深基坑安全等级进行二级评判。再结合上海港国际客运中心深基坑工程实例进行安全等级分析评判,所得结果符合工程实际情况,为工程提供了一些参考价值。

【关键词】 深基坑工程;风险分析;影响因素;模糊综合评判

1 绪 论

近几年来,上海城市建设快速发展,高层和超高层建筑不断兴起,促使基坑工程向大面积、大深度方向发展。由于基坑工程自身各种参数的不确定性特点,不能将现有的比较成熟的上部结构可靠性分析方法不加区别地、简单地拿过来用,必须对基坑所在的环境和周围堆载施工情况进行研究,分析岩土体的物理力学特性,正确运用概率论、统计学、模糊数学、信息熵等理论方法,进行不确定性描述,提出正确的概念与方法^[1]。当然,在基坑工程中,概率方法不能替代传统的方法,它只是作为一种有效的工具对传统的方法进行补充,使业主在造价和风险之间寻求一个可接受的平衡,达到优化设计的目的。

由于同基坑安全性有关的众多影响因素都具有一定的模糊性,因而可针对与基坑安全性有关的多种影响因素建立模糊综合评判模型,并引入排序权向量通过计算对权数进行模糊化处理,来降低专家对各因素评判时的主观影响性,对基坑的安全性进行模糊综合评判。本文综合考虑量化指标和非量化指标,进行二级模糊综合评判。为了便于分析深基坑的安全性,本文首先总结分析基坑工程安全事故的各种原因,然后根据分析所得的结果总结出深基坑工程安全性的各种影响因素及其所占的权重,进而根据各影响因素从风险的理念上用模糊综合评价法对深基坑安全等级进行分析。

2 深基坑 ($h > 6\text{m}$) 事故原因调查统计表

下面表1~表3是边亦海博士对300多家深基坑 ($h > 6\text{m}$) 事故原因调查情况:

深基坑事故原因统计表 ($6\text{m} < h \leq 10\text{m}$)

表1

发生事故原因	发生次数	占总数的比例
勘察	9	0.044335

续表

发生事故原因	发生次数	占总数的比例
设计	72	0.35468
施工	105	0.517241
监理	5	0.024631
监测	5	0.024631
业主	7	0.034483
总计	203	1.000000
排桩	84	0.651163
土钉支护	20	0.155039
深层搅拌桩	13	0.100775
地下连续墙	7	0.054264
放坡	2	0.015504
土钉墙	2	0.015504
其他	1	0.007752
总计	129	1.000000

深基坑事故原因统计表 (10m < h ≤ 14m)

表 2

发生事故原因	发生次数	占总数的比例
勘察	6	0.063158
设计	35	0.368421
施工	46	0.484211
监理	0	0
监测	4	0.042105
业主	4	0.042105
总计	95	1.000000
排桩	41	0.630769
地下连续墙	10	0.153846
土钉支护	8	0.123077
放坡	3	0.046154
土钉墙	2	0.030769
其他	1	0.015385
总计	65	1.000000

深基坑事故原因统计表 (h > 14m)

表 3

发生事故原因	发生次数	占总数的比例
勘察	1	0.021739
设计	18	0.391304
施工	25	0.543478
监理	0	0

续表

发生事故原因	发生次数	占总数的比例
监测	1	0.021739
业主	1	0.021739
总计	46	1.000000
排桩	25	0.78125
地下连续墙	4	0.125
土钉支护	2	0.0625
土钉墙	1	0.03125
总计	32	1.00000

3 深基坑安全风险等级的模糊综合评判法

3.1 模糊综合评判法概述^[2]

综合评判是指对多种因素所影响的事物或现象进行总的评价。若在评价过程中牵涉到模糊因素，就称作模糊综合评判。其数学模型如下：

(1) 把影响事物的因素集记做 U , $U = \{U_1, U_2, \cdots U_m\}$, 其中 $U_m (i = 1, 2, \cdots m)$ 表示对评判事物有影响的第 i 个因素。若是二级综合评判, 则 $U_i = \{U_{i1}, U_{i2}, \cdots U_{in}\}$, 表示各影响因素下的子因素。这一步建立了指标体系, 即确定各级的目标和影响因素, 上一级的目标同时是下一级的影响因素。

(2) 用 V 表示事物评价的等级, $V = \{V_1, V_2, \cdots V_p\}$, 其中 $V_j (j = 1, 2, \cdots p)$, 表示评价的第 j 个等级。一般, 在基坑安全性等级评价综合评判法中, 确定评价集 $V = \{\text{很安全, 安全, 较安全, 不安全}\}$ 。

(3) 建立模糊评价矩阵 R 来进行单因素评判。即分别对每个因素评判, 以确定评判对象对被选评价级元素的隶属程度。进行单因素评判, 通过 U 到 V 的一个模糊映射 f 来得到模糊关系矩阵 R , 表示如下:

$$R = (R_1, R_2, \Lambda, R_m)^T = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \Lambda & r_{1p} \\ r_{21} & r_{22} & \Lambda & r_{2p} \\ M & M & M & M \\ r_{m1} & r_{m2} & \Lambda & r_{mp} \end{bmatrix}_{m \times p}$$

(1)

式中, R 成为单因素评判矩阵, r_{ij} 是 U 中的因素 U_i 对应 V 中的等级 V_j 的隶属关系, 也就是第 i 个因素对该事物的单因素评判, 它是模糊综合评判的基础。

(4) 确定各因素的权重 A , $A = (a_1, a_2, \cdots a_m)$, a_i 表示由评判确定的因素 U_i 对此事物相对于其他各因素的重要程度, 且 $0 \leq a_i \leq 1$, $a_i = 1$, 对于同一事物, 不同的评判组确定的权重可能是不同的。

(5) 选择合成算子, 得出 A 和 R 的合成的综合评判结果 $B = A \times R = (b_1, b_2, \cdots b_p)$ 。二级模糊综合评判就是再一次进行这种合成运算, 得到最终的结果。

最后, 对模糊综合评判的结果进行处理分析, 使判定结果的信息清晰化, 最终对评判对象作出合理的判定。