

# AutoCAD二次开发在地铁车站围护结构设计中的应用与研究

顾福霖

中国铁路设计集团有限公司 天津 300308

**摘要:** 由于地铁设计过程中涉及到大量的计算和绘图, 现有的设计方法不仅繁琐复杂, 效率低下, 而且容易出错。目前现有的辅助设计软件只能达到辅助画图的功能, 远达不到辅助设计标准。本文通过对地铁车站围护结构设计过程中各专业需求的梳理和总结, 参照传统设计模式, 创新发明一套提高工作效率的设计系统, 以AutoCAD平台为基础, 通过MATLAB和Autolisp语言编制一套智能地铁结构设计系统。并依托杭州地铁项目验证系统的可行性和准确性。借助电脑的批量处理, 对各设计方案给出评价指标和优化条件, 完善传统地铁设计过程的瑕疵和不足, 最终实现地铁结构体系的标准化设计。

**关键词:** AutoCAD; 二次开发; 地铁车站设计; 围护结构设计; MATLAB

## 1 引言

随着城市发展, 城市人口数量越来越多。发展地铁将是城市交通建设中的必然趋势。地铁主要由区间隧道与地铁车站两大部分组成, 其中车站做为乘客的集散地, 具有空间大、层数多、人流量大的特点。因此地铁车站的设计与施工一直是设计工作人员关注的重点, 是一项非常关键的综合性任务。地铁车站的设计需要考虑客容量、结构形式、造价以及地面交通等多个方面的影响<sup>[1-3]</sup>。

针对上述问题, 本文提出基于MATLAB和AutoLisp在AutoCAD中的二次开发的智能地铁设计系统。针对地铁工程设计方法的特点, 通过对地铁设计过程中各个专业配合情况的梳理和总结, 给出参照传统的配合模式, 并提取归纳其中可编程自动实现的部分设计出一套符合本智能系统的设计流程, 依托杭州地铁项目, 验证系统的可行性和准确性。借助机器的批量处理, 对各个方案给出评价指标和优化条件。完善传统地铁车站设计过程的瑕疵和不足。实现地铁结构体系的标准化设计。本文重点介绍车站围护结构设计内容。车站围护结构设计包括以下内容:

配合建筑、线路、环控等专业, 完成主体和附属的围护及结构设计。结合所里标准化的制定, 将其准则应用于CAD辅助设计中, 比如在通过启明星、迈达斯等结

构计算软件计算后, 确定围护结构尺寸以及支撑布置形式, 再通过固定模数(地连墙标准幅宽6米等)来完成CAD自动绘图, 可以完成基坑平面(支撑横向间距, 立柱布置)、剖面(支撑竖向间距, 截面尺寸, 标高)、地基加固(封条/裙边, 降水井布置)等图纸。以上均可以通过参数控制绘图, 对于集水坑、楼电梯井坑可通过后期手动修改;

## 2 AutoCAD二次开发在地铁车站设计中的研究和应用

### 2.1 车站围护结构设计简介

基坑工程是集地质工程、岩土工程、结构工程和岩土测试技术于一身的系统工程, 是人类进行地下空间开发所不可避免的工程活动。基坑工程施工图设计则是综合考虑工程勘察、支护结构与施工、地下水控制、周边环境保护、土方开挖与回填等工程环节后的技术成果, 用于指导基坑工程顺利、安全地实施。

一般而言, 完整的基坑施工图纸包括: 基坑支护设计施工总说明、基坑周边工程地质剖面图、基坑周边环境图、支护结构平面布置图、支护桩大样图、支护结构剖面图、降水井平面布置及监测点平面布置等。除去部分通用的节点大样图外, 大部分的图件需要根据不同的项目进行重新绘制, 其中包括大量的重复性工作, 在固定的设计周期内, 设计师不得不花费相当可观的时间用于制图上。实际上, 这一重复、枯燥的工作完全可以交给电脑程序来完成, 如果程序设计得当, 将大大降低出错率。设计师的双手和大脑得到一定程度的解放, 可以将更多的时间用在设计方案的构思上, 而优秀的设计方案带来的是基坑工程实

**通讯作者:** 顾福霖, 出生年月: 1989年11月, 民族: 汉, 籍贯: 山东蓬莱, 单位: 中国铁路设计集团有限公司, 职称: 工程师, 学历: 硕士研究生, 邮编: 300308, 研究方向: 地下结构方向。

施的安全性、经济性以及便利性<sup>[4]~[6]</sup>。

### 2.2 LISP在地铁车站围护结构设计中的研究

车站围护结构设计过程主要为配合建筑和地勘专业，完成围护结构平面设计、纵剖面 and 横剖面设计以及

各个构件配筋详图，平面设计中包含围护结构平面布置图、混凝土支撑平面布置图、钢支撑平面布置图、降水井及基坑加固布置图以及监测图等。

```

gongfazhuang.LSP
(defun c:gfz ()
  (command "undo" "begin")
  (vl-load-com)
  (setq osm (getvar "OSMODE"))
  (setvar "osmode" 0)
  (setq oce (getvar "cmdecho"))
  (setvar "cmdecho" 0)
  (setq i 0
        j 0
        m 0
        n 0
        k 0)
  (setq H 1200
        HH 6000)
  (setq LL_z '())
  (setq lst (entsel))
  (setq diqiang (car lst))
  (command "offset" 425 diqiang (list 0 0) "")
  (setq ddx (entlast))
  (setq ent (entget ddx))

  (defun c:plpoint ()
    (command "undo" "begin")
    (setq #os (getvar "OSMODE"))
    (setvar "osmode" 0)
    (setq oce (getvar "cmdecho"))
    (setvar "cmdecho" 0)

    (setq i 0)
    (setq j 0)
    (setq k 0)
    (setq m 0)
    (setq pline (car (entsel)))
    (setq ent (entget pline))
    (setq pts nil)

    (repeat (length ent)
      (if (= (car (nth i ent)) 10)
        (setq pts (append pts (list (cdr (nth i ent))))))
      (setq i (1+ i)))

    (repeat (length ent)
      (if (= (car (nth k ent)) 10)
        (setq pt_final (cdr (nth k ent))))
      (setq k (1+ k)))

    (setq pt_final (cdr (nth 14 ent)))
    exit
    (setq k (1+ k)))
  )
  )
  
```

图2-1 车站围护结构平面设计开发代码

车站围护结构平面设计输入为建筑车站轮廓和周边地形地勘信息，在此基础上绘制围护结构平面图，图面信息需包含围护结构边线、地连墙分幅、工法桩规格等。上图代码分别执行操作：①针对杭州地区施工工艺的地连墙分幅原则和特点，标准幅为6m宽，转角幅和T型幅各肢均匀分布并相加接近6m，识别建筑外轮廓线后自动分幅；②根据工法桩的尺寸，插入型钢的尺寸和数量自动绘制工法桩平面布置图。下图分别为自动划分地连墙围护结构图和自动生成工法桩围护结构图。③标注各个拐点的坐标，并添加标注信息。



(1) 工法桩平面布置图

图2-2 基于二次开发的自动绘制车站围护结构平面图

对于最重要的围护结构剖面设计中，需要的设计输入变量有很多，不仅需要基坑外轮廓尺寸、剖切位置等几何信息来确定剖面尺寸，还需要土层信息、支撑道数、围护结构插入比等力学信息来确定基坑安全可靠。传统的设计流程为先根据基坑深度和地勘信息确定围护形式和支撑道数，然后通过启明星或者理正工具箱等软件计算围护结构的变形、内力和稳定性，通过不停调整参数让在满足规范安全稳定要求的前提下方案最经济。然后再根据计算的结果绘制剖面图。

传统的设计方法增加了大量的试算和重复工作，降低了工作效率。本研究基于MATLAB和CAD二次开发，对围护结构剖面设计流程进行精简，主要程序设计流程如下图：

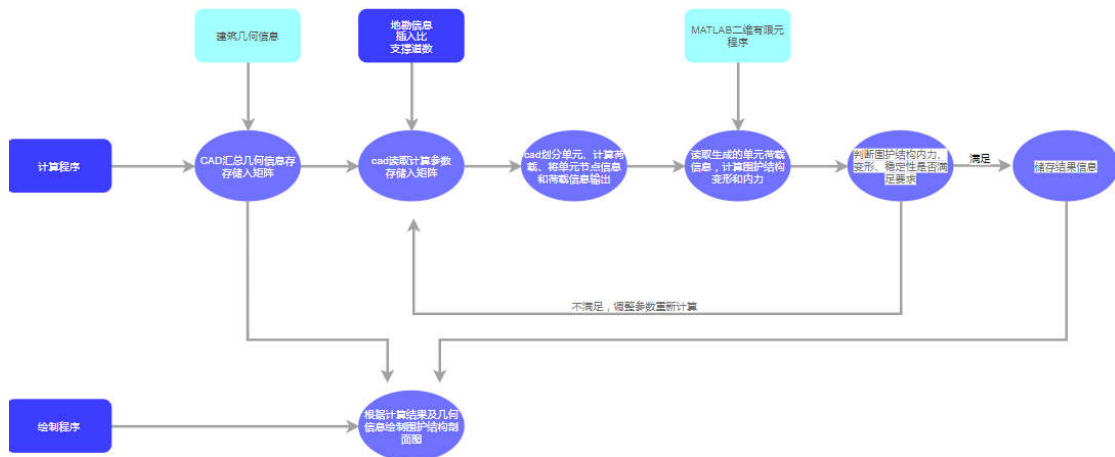


图2-3 车站围护结构剖面设计流程图

此过程将大量重复工作交给了计算机完成，设计人员只需要将更多精力放在结构方案确定上既可，并且此程序可以设定多种约束条件来进行多方案的必选，还可以通过计算工程量来估算造价，方便设计人员选择性价

比最高的设计方案。

程序第一步是对地勘资料进行读取，先选择钻孔，将下图的钻孔的土层名称、土层厚度、土层埋深、地下水位埋深等信息进行读取汇总。

## 钻孔柱状图

工程名称	杭州地铁9号线一期工程岩土工程勘察I标【四季青站(不含)~客运中心站(不含)】御道站				
工程编号	DKD18KC105		钻孔编号	CK-YDZ-BZ3	钻孔里程
孔口高程(m)	8.07	坐	X = 83413.46	开孔日期	2016.12.19
孔口直径(mm)	127.00	标	Y = 86908.23	终孔日期	2016.12.20
					稳定水位深度(m) 3.20
					测量水位日期

层号	层底高程	层底埋深	土层厚度	土层名称
01-1	7.57	0.50	0.50	粉质粘土
01-2	6.07	2.00	1.50	粉质粘土
03-2	3.87	4.20	2.20	粉质粘土
03-3	1.07	7.00	2.80	粉质粘土

图2-4 地勘钻孔信息格式

用lisp自动读取上图信息并将需要信息进行汇总，如图5所示。然后通过MATLAB将地勘报告中的土层参数如

C、φ、m值读取出来并进行汇总，如图6所示。

```

lx=83413.5y=86908.2z=8.1水位埋深=3.2
土层编号 层底高程 层底埋深 土层厚度
01-1 7.6 0.5 0.5
01-2 6.1 2.0 1.5
03-2 3.9 4.2 2.2
03-3 1.1 7.0 2.8
03-5 -4.9 13.0 6.0
03-6 -12.9 21.0 8.0
03-7 -13.9 22.0 1.0
07-3 -20.0 28.1 6.1
09-3 -23.9 32.0 3.9
11-1 -31.0 39.1 7.1
12-1 -33.8 41.9 2.8
12-4 -49.2 57.3 15.4
14-2 -59.4 67.5 10.2
20-2 -60.9 69.0 1.5
20-3 -64.9 73.0 4.0
    
```

图2-5 自动读取地勘钻孔信息开发代码

```

name density C FAI m
01-1 18.00 3.00 18.00 1.60
01-2 17.50 3.00 15.00 1.80
03-2 19.00 5.50 24.50 2.20
03-3 19.30 5.70 26.40 5.50
03-5 19.30 5.30 26.30 4.00
03-6 19.70 3.40 28.90 4.00
03-7 19.00 6.40 22.40 3.00
03-8 19.60 5.00 27.30 6.00
06-1 18.00 13.50 11.30 1.60
07-1 20.00 29.70 18.40 5.50
07-3 19.60 4.00 30.80 5.00
09-3 20.00 3.00 33.00 7.50
10-1 18.20 20.40 13.00 3.60
11-1 19.50 31.20 17.10 5.50
12-1 20.10 2.00 31.10 7.50
12-4 21.00 1.00 38.00 18.00
13-0 19.10 30.50 16.60 4.50
14-2 20.00 1.00 33.00 9.00
20-1 NaN NaN NaN NaN
20-2 NaN NaN NaN NaN
20-3 NaN NaN NaN NaN
    
```

图2-6 自动读取地勘报告开发代码

读取汇总土层几何信息和物理信息后，将土层各个信息进行拼接储存。然后根据杭州地区经验，假设一个合理的插入比，一般为1.2，结合其他基坑几何信息，绘制简化的基坑围护图，并根据各个关键点信息及单元尺

寸对基坑围护进行单元划分并编号，如下图所示。其中关键点分别为土层分界点，地下水位点、各道支撑点、各工况开挖点、结构板所在点以及基坑深度点。



图2-7 车站围护结构剖面设计开发代码

划分单元后，将节点和单元进行编号，然后根据水土分算原理计算各个单元的荷载并最终转换成节点荷载，最后将各个节点编号、坐标、荷载信息进行汇总，如下图所示：

节点编号	X	Y	Z	K	判断	单元编号	节点1	节点2	长度	角度
1	-593343.2	176151.8	0.0	100.0	1.0	1	1	2	250.0	90.0
2	-593343.2	176401.8	0.0	0.0	0.0	2	3	1	250.0	90.0
3	-593343.2	175901.8	0.0	212.5	1.0	3	4	3	250.0	90.0
4	-593343.2	175651.8	0.0	337.5	1.0	4	5	4	250.0	90.0
5	-593343.2	175401.8	0.0	450.0	1.0	5	6	5	250.0	90.0
6	-593343.2	175151.8	0.0	562.5	1.0	6	7	6	250.0	90.0
7	-593343.2	174901.8	0.0	675.0	1.0	7	8	7	250.0	90.0
8	-593343.2	174651.8	0.0	787.5	1.0	8	9	8	250.0	90.0
9	-593343.2	174401.8	0.0	963.3	1.0	9	10	9	233.3	90.0
10	-593343.2	174168.5	0.0	1146.4	1.0	10	11	10	233.3	90.0
11	-593343.2	173935.2	0.0	1266.2	1.0	11	12	11	233.3	90.0
12	-593343.2	173701.8	0.0	1584.0	1.0	12	13	12	300.0	90.0
13	-593343.2	173401.8	0.0	1650.0	1.0	13	14	13	200.0	90.0
14	-593343.2	173201.8	0.0	1584.0	1.0	14	15	14	250.0	90.0
15	-593343.2	172951.8	0.0	1897.5	1.0	15	16	15	250.0	90.0
16	-593343.2	172701.8	0.0	2035.0	1.0	16	17	16	250.0	90.0
17	-593343.2	172451.8	0.0	2172.5	1.0	17	18	17	250.0	90.0
18	-593343.2	172201.8	0.0	4125.0	1.0	18	19	18	257.1	90.0
19	-593343.2	171944.7	0.0	6303.7	1.0	19	20	19	257.1	90.0

图2-8 围护结构有限元信息

并将各个节点的约束情况进行汇总，如下图所示：

单元编号	F1x	F1y	M1	F2x	F2y	M2
1	0.0000	-774.7532		-32281.3840	0.0000	-774.7532
2	0.0000	-774.7532		-32281.3840	0.0000	-774.7532
3	0.0000	-896.4815		-37353.3969	0.0000	-896.4815
4	0.0000	-896.4815		-37353.3969	0.0000	-896.4815
5	0.0000	-896.4815		-37353.3969	0.0000	-896.4815
6	0.0000	-896.4815		-37353.3969	0.0000	-896.4815
7	0.0000	-896.4815		-37353.3969	0.0000	-896.4815
8	0.0000	-896.4815		-37353.3969	0.0000	-896.4815
9	0.0000	-139.9117		-5441.0105	0.0000	-139.9117
10	0.0000	-139.9117		-5441.0105	0.0000	-139.9117
11	0.0000	-139.9117		-5441.0105	0.0000	-139.9117
12	0.0000	-179.8865		-8994.3236	0.0000	-179.8865
13	0.0000	-119.9243		-3997.4771	0.0000	-119.9243
14	0.0000	-149.9054		-6246.0580	0.0000	-149.9054
15	0.0000	-149.9054		-6246.0580	0.0000	-149.9054
16	0.0000	-149.9054		-6246.0580	0.0000	-149.9054
17	0.0000	-149.9054		-6246.0580	0.0000	-149.9054
18	0.0000	-79.7595		-3418.2662	0.0000	-79.7595
19	0.0000	-79.7595		-3418.2662	0.0000	-79.7595

节点编号	x约束	y约束	θ约束
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	1	1	1
15	1	1	1

图2-9 围护结构荷载及约束信息

之后便是用MATLAB读取lisp生成的节点单元信息，然后将信息汇总，并计算单元刚度矩阵和整体刚度矩阵。然后再导入边界和荷载信息。最后计算围护结构的变形和内力。

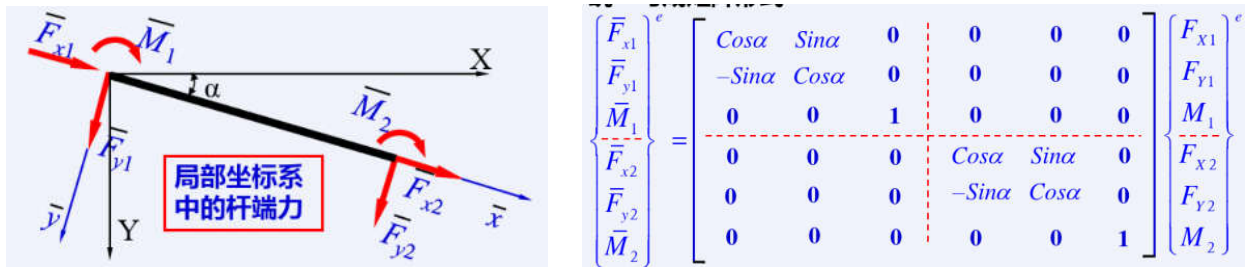


图2-10 单元刚度和总刚度矩阵

为了验证MATLAB计算程序的准确性，取一个3m深 内，如下图所示：  
的基坑与启明星进行比较，围护变形结果误差仅为5%以

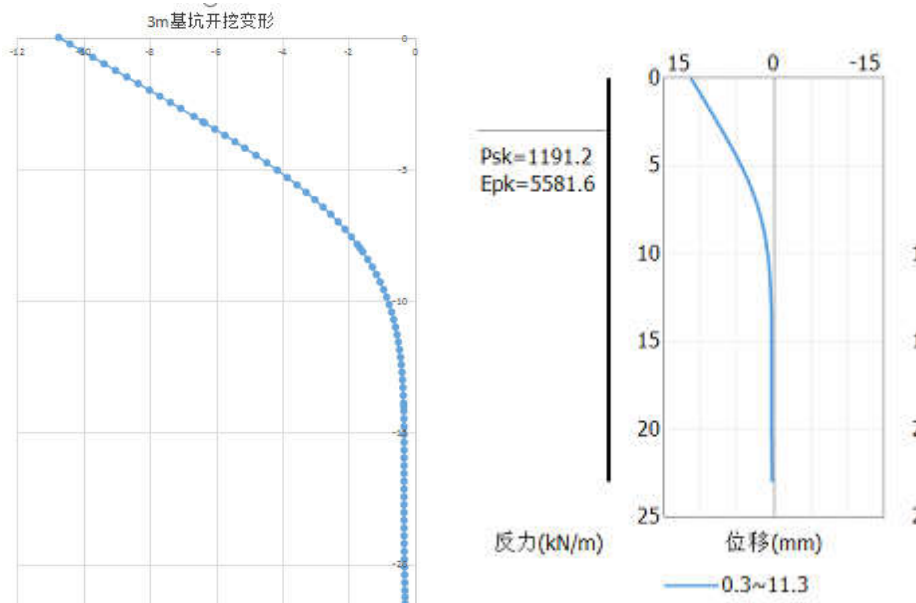


图2-11 智能系统与启明星软件结果比较

### 3 结论

本文以杭州地铁某站为研究对象，详细介绍了一种能够提高设计效率，减小工作反复的CAD二次开发程序。产品开发过程中提出了结合基于MATLAB 和autolisp的二次开发技术路线，完成了程序框架设计、地铁车站围护结构设计等工作，取得了主要结论如下：

根据建筑和地勘提资，自动完成地铁车站围护结构设计工作，包括围护结构内力、变形的计算，围护结构平面布置图和纵横剖面布置图等，并完成工程量统计工作。

#### 参考文献：

[1]冯波.AutoCAD二次开发成图技术的应用[J].山东煤

炭科技,2021,39(08):211-213.

[2]朱佳.AutoCAD二次开发及其在基坑工程中的应用研究[J].土工基础,2021,35(02):96-100+110.

[3]王新刚.隧道计算机辅助设计系统的设计与实现[D].东南大学,2018.

[4]顾叶环.基于AutoCAD二次开发的参数化绘图设计研究与应用[D].安徽建筑大学,2017.

[5]曹庆祝.基于AutoLisp的AutoCAD图框批量处理技术研究[D].上海交通大学,2014.

[6]王新林.铁路隧道工程辅助设计系统的设计与实现[J].铁道工程学报,2011,28(12):80-83+88.