

⑧ 2P-35

污水管网

优化规划

优化设计

数学模型

第4期(总第71期)

中国市政工程

№3 (Total №71)

1995年12月25日

CHINA MUNICIPAL ENGINEERING

Dec. 1995

青岛高科技工业园区雨污水管网系统规划 及优化设计计算

王荣和 刘遂庆[✓] 刘志强

TupP2.23

摘要: 本文以青岛高科技工业园区排水规划为依据, 针对该区域地形复杂, 雨型复杂, 水量变化大的特点, 应用SEWER和STORM程序进行管网的优化规划及设计, 为使程序运行及实现方便, 建立MIS管理系统和图形库系统。通过采用优化设计计算的方法, 为该地区节省大量基建投资。同时也证明这一方法在排水管网设计中应用的可行性和必要性。

关键词: 优化规划 优化设计 MIS系统 数学模型 目标函数

1 青岛高科技工业园概况

随着改革开放的进一步深入, 全国各大小城市都进行新兴经济开发区的建设。排水管网系统是城市市政工程基础设施的主要内容之一, 是新兴城市或新建开发区的一项重要项目, 系统投资大, 投资偿还期长, 有很大的可塑性, 通过优化设计计算, 可以节省大量工程投资。

青岛高科技工业园位于青岛市区东部的崂

山区, 南临黄海, 东近石老人国家旅游度假区, 北靠枣儿山, 西与青岛市区相连, 面积67.4km²。地理位置优越, 具有良好的建设开发条件。其地形条件以金家岭为界分为南北二个区域, 南区三山环抱, 面南临海敞开, 北区张村河横穿全区。顺应园区地形, 规划三个功能分区, 即南区为旅游度假区, 中部为居住区, 北部为高科技工业区。其总体规划图如图1。

青岛高科技工业园是青岛市的一部分, 西

岩石抗压强度 r 所对应的模糊子集的隶属函数的选择, 这样才能够得到较为正确的结果。

5 结束语

通过以上分析, 笔者认为应用贴近度和择近原则对岩石等级进行模糊分析, 其结果与其他分析方法及客观实际是基本吻合的, 是判断围岩类别的一种较为实用的划分方法。同时也比较适合编成计算程序由微机来完成, 从而提高计算的工作效率。需要指出的是, 对于本文给出的贴近度各种不同定义, 不能笼统地比较优劣, 应视具体问题作不同的选择, 并且注意

6 参考文献

- [1] 公路隧道设计规范(JTJ026—90)
- [2] 蒋蔚光。隧道工程地质。中国铁道出版社, 1991年。
- [3] 邹开其, 徐扬。模糊系统与专家系统。西南交通大学出版社, 1989年。

青島高科技工業園規劃圖



图 1

侧同青岛市区相连,其排水管网也彼此相连。园区排水管网规划采用分流制,污水受体主要有南区的黄海和北区的张村河。通过全局优化规划,在南区建设一座20万 $\text{m}^3/\text{日}$ 的麦岛污水处理厂,用于处理青岛市区南部及高科技工业园区南端的污水;北区建一座21万 $\text{m}^3/\text{日}$ 的李村污水处理厂,用于处理高科技工业区的污水。另外,园区南端是亚洲最大的海水浴场,为了保证黄金沙滩不受污染及防止细沙流失,必须把雨水引开,从沙滩两边入海。

2 大型排水管网优化设计计算目标函数

在优化设计计算中,排水管网系统主要是由管线、窨井、提升泵房、调节池等组成。为了充分发挥整个系统的功能,建立了规划及优化设计计算数学模型,以年费用折算值小为目标函数,得出管网的管径(或跨度)、埋深、调节池位置和容量、提升泵站的位置和提升扬程等[1,3,4,6,9,10]。

2.1 污水系统目标函数^[1]

$$F = \min \left\{ \sum_{i=1}^m \left[L_i (a_1 + a_2 D_i^2 + a_3 H_i^2) (1 + e_i T) \right. \right. \\ \left. \left. + K_i \left(\sum_{j=1}^n \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (Q - Q_j) / (Q_i - Q_j) C_i (1 + e_i T) + 85.848 Q H_i T \varepsilon / \eta \xi \right) \right] \right\}$$

$$+ \sum_{i=1}^n (1 + e_d T)(b_1 + b_2 D_i^2 + b_3 Y_i^2) \}$$

式中:

F : 目标函数;

m : 管段数;

n : 窨井和跌水井数;

Y : 窨井底深度(m);

a_1, b_1 : 拟合系数;

D : 管径(m);

Q : 提升流量 l/s ;

Q_i : 输入流量数据;

C_i : 输入造价数据(元);

k_i : 泵站设置系数;

$Q_{min}, C_{min}, Q_i, C_i$ 数组中最小数据;

ε : 电费(元/度);

ξ : 流量变化系数;

η : 泵站效率;

e_1, e_p, e_d : 管线、泵站和窨井的折旧大修费占总费用的系数;

2.2 雨水系统目标函数^[3]

$$F = \min \left\{ \sum_{i=1}^m \left[L_i(a_1 + a_2 D_i^2 + a_3 H_i^2)(1 + e_1 T) \right. \right. \\ \left. \left. + k_i \left(\sum_{i=1}^n \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (Q - Q_j)/(Q_i - Q_j) C_i(1 + e_p T) + 85.848 Q H_i T \varepsilon / \eta \xi \right) \right. \right. \\ \left. \left. + k_l(g_1 + g_2 W + g_3 W^2) \right] + \sum_{i=1}^n (1 + e_d T)(b_1 + b_2 D_i^2 + b_3 Y_i^2) \right\}$$

式中 g_1 : 拟合系数;

W : 调节池容积;

W_{min} : 调节池所能的最小容积;

Ω_D : 标准管径集合序列;

C_{lmin} : 相应于 W_{min} 的调节池造价。

2.3 管线优化规划系统^[1,3,10]

目标函数同式(f)和(g)。求解采用动态递归法,其递归方程为:

$$F_0(H_0, \psi_0) = 0$$

$$F_i((H_i, \psi_i) = \min(\sum R_k(H_i, \psi_i, H_{i-1}, \psi_{i-1}) + F_{i-1}(H_{i-1}, \psi_{i-1}))$$

式中 ψ_i : 排水线上 i 和 $i+1$ 间的路径组合;

H_i : 排水线 $i+1$ 上各节点处的管顶高程组合;

$F_i(H_i, \psi_i)$: 排水线1至 $i+1$ 间的最小累计资化成本;

$R_k(H_i, \psi_i, H_{i-1}, \psi_{i-1})$: 排水线 i 至 $i+1$ 间的管线 K 相应于状态为 (H_i, ψ_i) , 决策为 (H_{i-1}, ψ_{i-1}) 时的管线和窨井的资化成本。

2.4 雨水集水范围最优规划系统^[3,10]

$$F = \min \left[\sum_{i=1}^{l_i} f(x_i) \right]$$

$$s.t.: \sum_{i=1}^{l_i} x_i = W$$

式中: l_i 为排放口数量; x_i 为第 i 排放口的集水范围; $f(x_i)$ 为第 i 排放口所属子系统的最小资化成本; F 为整个排水区域的最小资化成本; W 为整个排水区域的排水范围。其递归方程为:

$$F_1(S_1) = f_1(S_1)$$

$$F_i(S_i) = \min[f_i(x_i) + F_{i-1}(S_{i-1})]$$

$$x_i \leq S_i, S_i \leq W, i = 1, 2, \dots, l_i$$

3 MIS系统建立

在青岛高科技工业园排水管网优化设计计算中,输入数据主要有三类,即管段信息、节点信息和公共信息^[7]。

3.1 管段信息

主要包含管段的管段号、上游节点号、下游节点号、管段初始管径、管段摩阻系数和管段长度,对雨水系统而言,同时又包括管段汇

水面积、径流系数。在这一系统中,采用管段号为索引号,应用FOXBASE+建立数据库系统,其数据结构为:

编号	变量名	变量类型	宽度	小数
1	管段号	Number	4	0
2	上游节点	Number	4	0
3	下游节点	Number	4	0
4	初始管径	Number	6	0
5	摩阻系数	Number	6	4
6	管长	Number	8	2
7	汇水面积	Number	8	2
8	径流系数	Number	6	4

其中管长是通过节点信息计算后自动生成,初始管径只对扩建系统中的旧管段适用,径流系数适用于雨水系统。

3.2 节点信息

节点信息是在AutoCAD下,通过数字化仪,以规划图为依据点取(X,Y)坐标,然后输入Z(地面标高)坐标、节点类型和节点的大污水量来实现的。另外,节点号是通过计算机自动赋予,节点流量不需要人工输入,是通过面积比流量的方法自动计算出来的。方法为:

$$q_i = \frac{Q - \sum q}{\sum A}$$

$$Q_i = q_i \cdot A_i$$

3.3 公共信息

含有优化设计计算中所需要的参数,有投资偿还期,折旧大修费率,电费,能量变化系数,水泵效率等。在程序中采用数据库进行实现。

3.4 结果数据

通过SEWER或STORM计算的结果数据,存贮于数据库中。

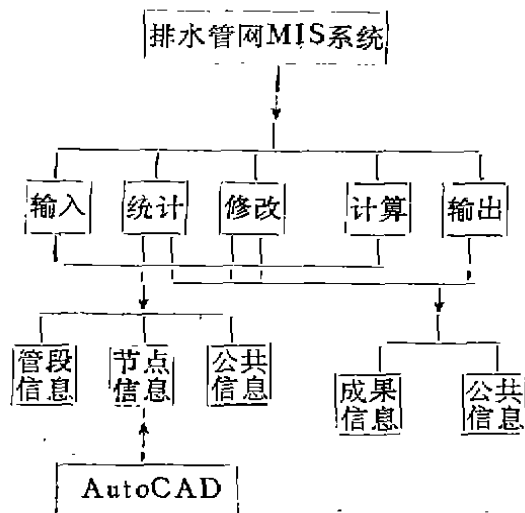
程序的实现方法是在输入系统中,只输入基础数据,其相关数据由系统中的HDATA程序进行索引号搜索后,自动计算完成。如进行管长计算,首先搜索管段的上游节点和下游节点,然后寻找节点的X、Y、Z坐标,最后

求出管长:

$$L_i = \sqrt{(X_u - X_d)^2 + (Y_u - Y_d)^2 + (Z_u - Z_d)^2}$$

3.5 MIS系统管理结构^[7]

程序中MIS系统的特点是数据输入速度快、出错率低、人机界面友好、修改方便、易于统计管理。其结构为:

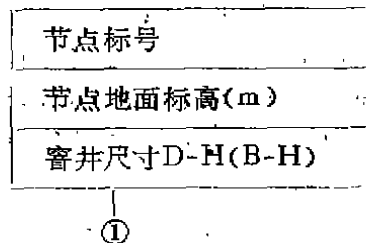


4 图形系统设计

利用输入数据处理程序DRAW,根据输入数据和结果数据,生成排水管网布置图、计算成果图及管线施工图的绘图数据,在AutoCAD下生成相应图形。

4.1 建立图形库^[2,6,7]

在进行排水管网成果表达时,采用自动设计与图块相结合方式实现,并且可以进行人工修改。图块建立方法是在AutoCAD状态下采用BLOCK、WBLOCK和MSLIDE命令来完成。图块内容有管线标号、各种阀门、流量信息、流速、管段的管长和管径信息等。如节点信息和管段信息图块为:



上顶埋深(m) - 管长(m) - 管径(mm)
- 下顶埋深(m)

流量(l/s) - 流速(m/s) - 坡度

图块和幻灯片建立好后, 利用AutoCAD的SLIDLIB 命令建立图标库和图标菜单。图标库的建立:

SLIDLIB 图标菜单库名<图标文件。TXT。>之后, 建立图标菜单, 格式:

...ICON

..菜单名n

[图标菜单提示]

[图标库名(幻灯片名1)]^C^CINS-
ERT

[图标库名(幻灯片名2)]^C^CINS-
ERT

[图标库名(幻灯片名12)]^C^CINS-
ERT

[前一页] \$I = * \$I = 菜单名n-1

[后一页] \$I = * \$I = 菜单名n+1

[退出]

..菜单名n+1

4.2 建立图形函数库

在应用DRAW 程序生成绘图数据和建立好图形库后, 在AutoCAD 下开始进行成果图的实现, 图形函数用AutoLISP编写。

(1) 排水管网布置图:

DRAW 程序生成的管网布置图数据格式为:

编号	变量
1	管段号
2	起点X坐标
3	起点Y坐标
4	终点X坐标
5	终点Y坐标

编写DRSEW1 程序进行管网布置图的生成。其程序形式为:

```
(setq f (open 文件名"R"))
```

```
(while(= / n nil)
```

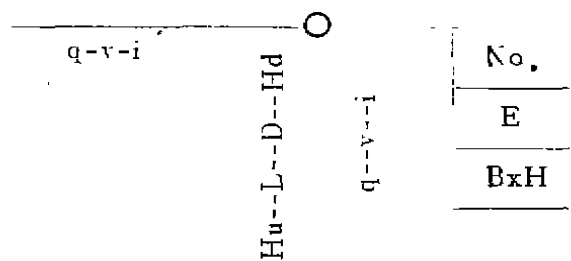
```
setq nu (read-line f)
```

```
x1 (atof (read-line f))
y1 (atof (read-line f))
x2 (atof (read-line f))
y2 (atof (read-line f))
p1(list x1 y1) p2(list x2 y2)
p3(mid p1 p2) an (angle p1 p2)
p3(polar p3 1 (+ an(/ pi 2.0)))
(command"line"p1 p2"" "text" p3 "" an
nu)
```

(2) 排水管网成果图

应用DRSEW2程序, 通过 MIS 系统调用由结果数据产生的转化数据, 自动实现排水管网成果图。

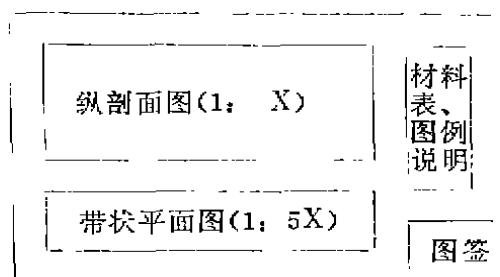
Hu-L-D-Hd



(3) 排水管线施工图

利用产生的结果数据进行工程图的转化: 平面带状图的自动化实现, 施工图的人机交互式实现, 由DRSEW3完成。

在AutoCAD下, 用菜单调用实现所需功能。用(LOAD"图形函数库名"), 把函数调入内存, 处于待机状态; 在菜单下调用, 实现函数激活。菜单编写方法同上述图标菜单。

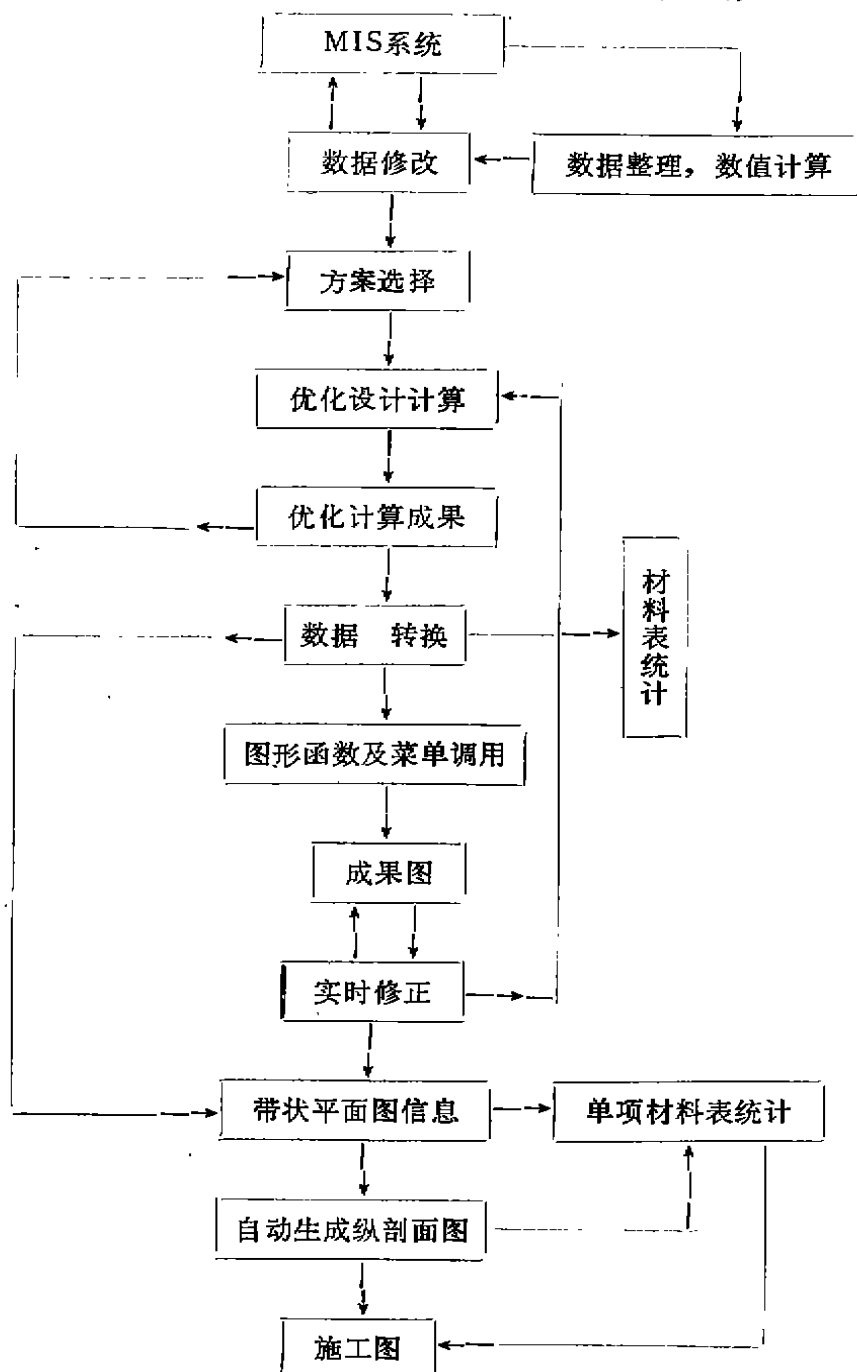


5 系统结构总图

整个系统在AutoCAD下进行控制, 利用

AutoCAD的可编程对话框编写界面系统,利用外壳功能与FoxBASE +和雨水、污水管网

优化计算程序相连,利用图块的属性进行材料表的统计,利用图形功能进行绘图及输出。



6 结果分析

污水系统投资偿还期内总资化成本 696675760.00元(约7.0亿元);初期直接投

资446587025.60元(约4.5亿元);管内污水最大流速2.8110m/s;最大坡度0.1000;最小坡度0.0020;总管线长度270900.00m(约271 km);土方工程量304万方。

