

四川省 2010 年城镇污水处理总体需求分析

周克钊, 熊易华

(中国市政工程西南设计研究院, 四川 成都 610081)

摘要: 分析了四川省各流域和区域的水环境容量, 根据四川省供水排水现状, 预测了四川省 2010 年城镇污水排放量和污水水质, 将水环境容量、水环境功能区水体水质要求、水污染物总量控制和削减污染物总量等环保领域的要求与城镇污水处理的需求预测和规划布局相衔接, 确定了水体接纳未处理城市污水所占最大允许排放量的比例为 40%, 并以污水中氨氮浓度为 25 mg/L 为最不利条件, 利用水环境容量的计算结果确定了四川省 2010 年城镇污水处理的总体需求。

关键词: 城镇污水; 处理程度; 水环境容量

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2007)16-0012-06

Analysis of Total Municipal Wastewater Treatment Demand of Sichuan Province in 2010

ZHOU Ke-zhao, XIONG Yi-hua

(Southwest Municipal Engineering Design and Research Institute of China, Chengdu 610081, China)

Abstract The water environment capacity of different water basins and areas in Sichuan Province was analyzed. According to the present status of water supply and drainage in the province, the quantity and quality of the municipal wastewater in 2010 were forecasted. The demand forecast and planning for municipal wastewater treatment were integrated with the water environment capacity, water quality requirement of water environment function areas, and environmental protection requirements, such as control of total quantity of water pollutants and reduction of total pollutants quantity. It was determined that the untreated municipal wastewater quantity accepted by the water bodies accounts for 40% of the maximum permitted discharge quantity. Taking ammonia nitrogen concentration of 25 mg/L as the most unfavorable condition, the total municipal wastewater treatment demand of the province in 2010 was determined using the calculated result of the water environment capacity.

Key words municipal wastewater; treatment degree; water environment capacity

四川省水资源充沛, 总量居全国第 2 位, 但地区分布、人均分配和年内分配极不均匀, 而且年际变化大。该省水资源以地表水为主, 呈盆周地区高而盆地地区低的趋势。人均水量 < 400 m³ 的严重缺水地区有自贡、遂宁、内江、资阳, 人均水量 < 800 m³ 的缺水地区有成都、德阳、南充。

四川省有上千座大小城镇, 绝大部分位于岷江、

沱江、嘉陵江等主要流域沿岸, 均位于水质要求很高的三峡库区上游。四川的 5 大河流中沱江水污染最为严重, 其干流水质均已超过《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 中的 III 类水域标准; 岷江水污染呈上升趋势, 虽然汇入长江干流处的水质基本符合 III 类水域标准, 但干流彭山至乐山段以及府河、箭板河等支流河段水质污染严重; 嘉陵江、金沙江水质

较好, 除泥沙含量较高外, 大部分水质指标达到 II 类水域标准。

1 四川省城镇供排水现状

1.1 城镇供水现状

2004 年四川省城镇的用水普及率为 97.49% (含企业自供水), 县城的用水普及率为 93.51%。全省供水综合生产能力为 $973.54 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 在建供水设施生产能力为 $65.85 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 实际供水总量为 $716.94 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 其中自备水源供水量为 $156.21 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$

根据四川省建设厅 2004 年年报的相关数据计算, 2004 年四川全省人均综合用水量为 330.72 L/d 其中城镇人均综合用水量为 360.13 L/d 县城人均综合用水量为 246.81 L/d

1.2 城镇污水处理现状

2004 年四川省污水排放量为 $589.14 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 其中生活污水量为 $367.01 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 工业废水量为 $222.13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水处理设计规模为 $164.50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 实际处理量为 $130 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 达到设计规模的 79.03%, 而且 8 个已建污水处理厂的市、州中有 7 个污水处理出水全部达标, 运营情况良好。据此计算, 2004 年污水设计处理率为 27.92%, 实际处理率为 22.07%。

2004 年四川省在建的污水厂处理规模为 $122.50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 已建和在建污水厂均采用二级生物处理工艺。这些污水厂全部建成后, 将使全省 21 个市州和部分县级城镇、重点旅游景区的城镇生活污水得到有效处理, 中心城镇污水处理率将由 1998 年的 4% 显著提高到 60% 以上, 每年对省内主要流域的污染物排放总量将大大削减, 从而在较大程度上改善和提高长江一级支流岷江、沱江、嘉陵江等流域的水环境质量, 为实现建设长江上游生态屏障的宏伟目标打下基础。

2 城镇污水量及污水水质预测

2.1 城镇污水量预测

① 人口预测

2010 年规划的全省城镇总人口为 2 729.61 万人, 其中地级以上城镇人口为 1 299.70 万人, 县级城镇、县城为 1 429.91 万人; 2010 年规划的全省城镇建成区面积为 $2 762.34 \text{ km}^2$, 其中地级以上城镇为 $1 300.68 \text{ km}^2$, 县级城镇、县城为 $1 461.66 \text{ km}^2$ 。

② 人均综合用水量指标及用水普及率预测

综合考虑节水措施的落实、供水和用水技术的进步, 全省人均综合用水量指标年增长率取 4.12% ~ 6.05%, 即城镇取 4.12%, 县城取 6.05%; 用水普及率则按不低于现状、逐年有所提高的原则确定。

按照以上原则预测, 2010 年全省人均综合用水量指标为 402.88 L/(人·d), 全省用水普及率为 97.95%, 其中地级以上城镇为 99%, 县级城镇、县城为 97%。

③ 城镇需水量预测

根据预测的城镇人口规模、用水普及率、人均综合用水量指标, 计算得到的 2010 年全省城镇需水量 (含生产用水, 平均日流量) 为 $1 077.17 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 其中省会及地级城镇需水量为 $590.32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 县城需水量为 $486.85 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$

④ 城镇污水量预测

根据建设部 2003 年的《城镇建设统计年报》1990 年—2003 年我国城镇年排污水量与年供水量的比值为 0.62~0.77, 故四川省污水量的综合折减系数取 0.7169, 其中城市取 0.7272 县城取 0.7045 由此计算得到的 2010 年全省城镇污水量 (平均日流量) 为 $772.27 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 其中省会及地级城镇污水量为 $429.29 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 县城污水量为 $342.98 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$

2.2 城镇污水水质预测

四川省城镇污水水质具有我国南方城镇污水水质的典型特点, 污染物浓度显著偏低。根据全省污水处理厂的实际运行资料, 目前进水 COD 为 200~300 mg/L, 氨氮为 15~25 mg/L。由于目前国家环保总局仅要求核定 COD、氨氮两种水环境容量, 故污水水质预测也仅涉及这两项水质指标。城镇污水水质受用水量、生活水平、工业化程度及其门类等很多因素的影响, 综合这些因素估计 2010 年的城镇污水水质变化不大。

3 水环境要求

3.1 水域环境功能要求

① 《三峡库区及其上游水污染防治规划》的水体水质要求

四川省的水环境质量对三峡库区水污染防治有着极其重要的影响。《三峡库区及其上游水污染防治规划》将三峡库区水环境保护的范围分为库区、影响区、上游区, 影响区共 42 个区、县、市, 上游区共涉及 38 个市或州的 214 个区县, 要求三峡库区上游

主要控制断面水质 2010 年整体上基本达到Ⅱ类标准。

② 四川省水环境功能区水体水质要求

四川省绝大部分水系属长江流域,故水环境功能区划类不包括黄河水系。自 1997 年国家进行行政区划调整将重庆市列为省级直辖市后,四川省的河流分为金沙江水系、岷江水系、沱江水系、嘉陵江水系和长江上游干流(四川段)5 大水系,包括Ⅰ类功能区 5 个、Ⅱ类功能区 9 个、Ⅲ类功能区 12 个、Ⅳ类功能区 1 个,共计 27 个省级水环境功能区。

3.2 水体水环境容量

《四川省地表水环境容量核定技术报告》对全省 5 大水系主要河流的水环境容量进行了核定:广义的水环境容量是特定功能条件下水环境对污染物的承受能力,即满足水环境标准要求的最大允许污染负荷量或纳污能力;理想水环境容量或基准水环境容量,指的是采用 90% 的保证率、近 10 年最枯月平均流量的全国基准设计条件下计算的水环境容量。水环境容量是在理想水环境容量基础上,考虑了非点源污染物入河量和来水本底污染物的容量。最大允许排放量是在水环境容量基础上,按照工业、生活污染物入河平均系数进行折算,结果见表 1。

表 1 最大允许排放量

Tab 1 Maximum permissible discharge amount
t·a⁻¹

流域	最大允许排放量		现状点源污染物排放量		剩余环境容量	
	COD	氨氮	COD	氨氮	COD	氨氮
长江及金沙江流域	599 755	15 611	108 892	10 086	483 111	5 316
嘉陵江流域	444 461	17 793	130 503	19 708	325 702	- 834
岷江流域	658 708	16 822	289 506	17 214	371 573	- 651
沱江流域	142 548	3 299	158 379	19 410	- 13 553	- 15 864
合计	1 845 472	53 525	687 280	66 418	1 166 833	- 12 033

四川省的 COD、氨氮理想水环境容量分别为 (201.50×10^4) 、 (8.18×10^4) t/a 水环境容量分别为 (183.25×10^4) 、 (5.21×10^4) t/a, 最大允许排放量分别为 (184.55×10^4) 、 (5.35×10^4) t/a, 各流域中,以沱江流域的水环境容量最小;各市或州中,以巴中的水环境容量最小。

四川全省的水环境容量普遍紧张,各流域中沱江流域的 COD、氨氮两种剩余水环境容量均为负值,嘉陵江流域、岷江流域的氨氮剩余水环境容量为负值;各市或州中,成都、内江、巴中的两种剩余水环

境容量均为负值,自贡、攀枝花、泸州、德阳、南充、达州、眉山、资阳的氨氮剩余水环境容量为负值。

4 污水处理量总体需求分析

4.1 水体能够接纳的未处理城镇污水量

值得注意的是,除城镇污水外,未进入城镇下水道的工业废水、农村养殖废水、未严格处理的垃圾渗滤液、未收集处理的初期雨水径流等都将严重污染水体,故最大允许排放量并不能全部用于接纳城镇污水。另一方面,为了保证水体的水环境质量,最大允许排放量应留有余地。因此,可用于接纳城镇污水的仅仅是最大允许排放量中的一部分,初步估计为其总量的 40%。

按照可用最大允许排放量和污水中的 COD 或氨氮浓度,计算全省水体最多能够接纳的未处理污水量。在污水 COD 为 200、250、300 mg/L 条件下,可接纳未处理的污水量分别为 $(1.011.22 \times 10^4)$ 、 (808.97×10^4) 、 (674.15×10^4) m³/d 在污水氨氮为 10、20、25 mg/L 条件下,可接纳未处理的污水量分别为 (586.57×10^4) 、 (293.29×10^4) 、 (234.63×10^4) m³/d。

由于水体对氨氮的环境容量比 COD 的小,所以按污水氨氮浓度计算得到的可接纳的未处理污水量也较少。为了确保水环境质量,按照污水中氨氮为 25 mg/L 的最不利条件进行全省城镇污水处理量的预测,该条件下全省水体最多可以接纳 234.63×10^4 m³/d 的未处理污水,仅占 2004 年全省现状污水排放量的 39.83%。由此可见,四川省水环境总体早已不堪重负,说明四川省的城镇污水必须进一步采取更加有效的治理措施,并长期坚持。

4.2 城镇污水处理量预测

按《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002),污水厂二级处理出水氨氮一级 A 标准要求为 5 mg/L(环境温度 $\leq 12^\circ\text{C}$ 时为 8 mg/L)以下,一级 B 标准要求为 8 mg/L(环境温度 $\leq 12^\circ\text{C}$ 时为 15 mg/L)以下。根据国内外污水二级处理厂的实际运行情况调查结果,大部分运行良好的污水二级处理厂出水氨氮均可满足国家标准要求,出水氨氮浓度甚至可以达到 3 mg/L 以下。

未处理的污水和处理出水中均含有不同浓度的污染物,按照水环境容量计算城镇污水处理量时应加以考虑。因此,需要处理的城镇污水量应按下列线性方程组计算:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{处理污水量} + \text{未处理污水量} = \text{污水排放量} \\ (\text{处理污水量} \times \text{出水氨氮浓度}) + (\text{未处理} \\ \text{污水量} \times \text{进水氨氮浓度}) = \text{可用最大允许} \\ \text{氨氮排放量} \end{array} \right.$$

按照进入污水处理厂的城镇污水中氨氮浓度为

25 mg/L, 经二级生物处理后出水氨氮为 3 mg/L 的标准, 再根据全省各市或州可用最大允许排放量和总城镇污水量, 可以计算得出 2010 年全省需要处理的城镇污水量为 $647.94 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 需要达到的污水处理率为 83.90% (见表 2)。

表 2 2010 年的污水处理量和处理率计算结果

Tab 2 Needed quantity and percentage of wastewater treatment in 2010

市或州	可用最大允许 氨氮排放量 / ($\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$)	污水量 / ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	污水处理量 / ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)		污水处理率 / %		调整依据
			计算	调整	计算	调整	
成都	1 636.16	213.00	271.62	164.70	110.61	77.33	全部二级处理也不能满足水环境要求, 按实际情况可能调小
自贡	475.62	26.46	27.91	22.50	105.47	85.03	全部二级处理也不能满足水环境要求, 按实际情况可能调小
攀枝花	1 025.75	21.43	19.69	20.10	91.88	93.79	按实际情况可能调大
泸州	2 696.99	29.63	21.41	22.00	72.26	74.25	按实际情况可能调大
德阳	705.75	35.62	37.26	33.50	104.63	94.07	全部二级处理也不能满足水环境要求, 按实际情况可能调小
绵阳	3 865.21	46.31	35.05	38.50	75.69	83.15	按实际情况可能调大
广元	3 027.95	29.30	19.53	19.50	66.65	66.55	按实际情况可能调小
遂宁	4 290.41	38.55	24.30	32.00	63.05	79.16	按实际情况可能调大
内江	963.29	29.69	29.36	24.00	98.89	80.86	按实际情况可能调小
乐山	3 604.38	35.22	23.64	34.50	67.12	84.97	按实际情况可能调大
南充	3 857.53	57.13	47.38	38.50	82.94	67.39	按实际情况可能调小
宜宾	4 558.90	33.05	16.83	26.30	50.93	79.59	按水环境要求处理不多, 中等城镇取 60%, 按实际情况可能调大
广安	2 888.77	21.19	10.95	17.00	51.67	80.22	按水环境要求处理不多, 中等城镇取 60%, 按实际情况可能调大
达州	1 248.22	38.16	37.69	33.00	98.77	86.50	按实际情况可能调小
巴中	250.96	17.35	18.57	15.50	107.06	89.36	全部二级处理也不能满足水环境要求, 按实际情况可能调小
雅安	5 173.70	14.50	-7.03	11.90	-48.50	82.02	按水环境要求不必处理, 中等城镇取 60%, 按实际情况可能调大
眉山	646.58	24.06	24.40	17.70	101.42	73.58	全部二级处理也不能满足水环境要求, 按实际情况可能调小
资阳	337.53	22.28	23.79	19.00	106.75	85.28	全部二级处理也不能满足水环境要求, 按实际情况可能调小
阿坝	2 933.70	8.37	-3.82	5.00	-45.64	59.70	按水环境要求不必处理, 按实际情况可能调大
甘孜	2 806.58	5.97	-5.97	0.00	-100.02	0.00	按水环境要求不必处理
凉山	11 663.56	24.99	-24.62	6.00	-98.51	24.01	按水环境要求不必处理, 按实际情况可能调大
合计	58 657.54	772.27	647.94	601.20	83.90	77.85	

由于表 2 仅是理论计算结果, 为了更加合理并切实可行, 应对计算结果进行适当的调整。首先是政策性调整, 在污水量较小或水环境容量较大的地区, 如果计算处理率低于国家发改委的要求, 则按照文件要求进行调整。其次是可行性调整, 在全省需要处理的污水量和污水处理率总体需求基本不变的前提下, 综合考虑全省各地的水环境要求、社会经济状况、实施条件等因素, 对各地污水处理量和污水处理率的理论计算结果进行微调。

经过政策性调整和可行性调整后的 2010 年全省需要处理的污水量为 $601.20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水处理率为 77.85% (见表 2)。

按照国家发改委的要求, 到 2010 年底城镇污水处理率达到 60%, 其中特大及大城镇的污水处理率 > 80%, 中等城镇达 60%, 县城则达 50%。与之相比, 四川省需要达到的污水处理率要求更高, 主要原因是四川省地处长江上游, 大部分城镇沿江而建, 可利用的水环境容量 (可用最大允许排放量) 较小, 对城镇污水处理的要求必然高于全国平均水平, 这也是建设长江上游生态屏障的需要。

针对四川省水系的分布特点, 城镇污水的处理应实行按流域规划, 其中对水质产生直接影响的沿江城镇的污水综合治理工程必须重点建设好, 对水质产生间接影响的非沿江城镇, 也均应严格按计划

统筹安排建设进程。

四川省污染最严重的水系是沱江和岷江,其流域内的城镇污水均须进一步加大治理力度。值得注意的是,成都虽然不是两江的沿江城镇,但却是两江的最大污染源,其城镇污水必须更加严格处理。

4.3 城镇污水处理程度预测

《城镇污水处理及污染防治技术政策》要求设市城镇和重点流域及水资源保护区的建制镇,必须建设二级污水处理设施,可分期、分批实施。受纳水体为封闭或半封闭水体时,为防止水体富营养化,城镇污水应进行二级强化处理,强化除磷脱氮效果。非重点流域和非水源保护区的建制镇,根据当地经济条件和水污染控制要求,可先行一级强化处理,分期实现二级处理。

按《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的要求,当污水处理厂出水排至稀释能力较小的河湖作为城镇景观用水和一般回用水等用途时,执行一级 A 标准;出水排入地表水 III 类功能水域(划定的饮用水水源保护区和游泳区除外)和湖、库等封闭或半封闭水域时,执行一级 B 标准;出水排入地表水 IV、V 类功能水域时执行二级标准;非重点控制流域和非水源保护区的建制镇的污水处理厂,根据当地经济条件和水污染控制要求,采用一级强化处理工艺时执行三级标准,但必须预留二级处理设施的位置,分期达到二级标准。

除 1 个 IV 类功能区外,由于全省地表水水质规划全部达到 II 类以上功能水域要求,故污水处理程度必须达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中一级 B 标准,即只能进行二级生物处理。在这个 IV 类功能区内执行二级标准,同样也需要进行二级生物处理。从污水处理工艺看,为了确保全省的水环境质量,必须对城镇污水中的氨氮进行有效处理,故处理程度也必须在二级生物处理以上。

在污水全部二级处理也不能满足水环境要求的地方,必须对部分污水进行深度处理,深度处理出水水质执行一级 A 标准。

在人口稀少、经济困难且水环境容量较大、污水量较小的三州地区,应根据当地实际条件,除采用二级处理、执行一级 B 标准外,适当采用自然处理、一级处理或一级强化处理工艺,出水水质执行三级标

准,但必须预留二级处理设施的位置,分期达到二级标准。

规划 2010 年全省城镇污水处理程度和排放标准见表 3。

表 3 2010 年需要的污水处理程度

Tab 3 Needed extent of wastewater treatment in 2010

市或州	处理程度	排放标准	确定处理程度和排放标准的理由
成都	二级处理	一级 B/ 一级 A	全部二级处理也不能满足水环境要求,部分二级出水必须进行深度处理
自贡		一级 B/ 一级 A	全部二级处理也不能满足水环境要求,部分二级出水必须进行深度处理
攀枝花		一级 B	
泸州		一级 B	
德阳		一级 B/ 一级 A	全部二级处理也不能满足水环境要求,部分二级出水必须进行深度处理
绵阳		一级 B	
广元		一级 B	
遂宁		一级 B	
内江		一级 B	
乐山		一级 B	
南充		一级 B	
宜宾		一级 B	
广安		一级 B	
达州		一级 B	
巴中		一级 B/ 一级 A	全部二级处理也不能满足水环境要求,部分二级出水必须进行深度处理
雅安		一级 B	
眉山	一级 B/ 一级 A	全部二级处理也不能满足水环境要求,部分二级出水必须进行深度处理	
资阳	一级 B/ 一级 A	全部二级处理也不能满足水环境要求,部分二级出水必须进行深度处理	
阿坝	自然处理、一级处理、一级强化处理、二级处理	一级 B/ 三级	人烟稀少,经济困难,且水环境容量较大、污水量较小
甘孜			
凉山			

5 结论

四川省的水环境容量普遍紧张,各流域中以沱江流域的水环境容量最小;在各市或州中,以巴中的水环境容量最小。为了确保水环境质量,按照污水氨氮为 25 mg/L 的最不利条件进行预测,全省水体最多可以接纳 $234.63 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的未处理污水量,仅占 2004 年全省现状污水排放量的 39.83%。这

说明四川省城镇污水必须进一步采取更加有效的治理措施, 并需长期坚持。在全省需要处理的污水量和污水处理率总体需求基本不变的前提下, 综合考虑全省各地的水环境要求、社会经济状况、实施条件等各方面因素, 预测四川省 2010 年城镇污水处理量为 $601.20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水处理率为 77.83%。污水处理程度根据当地经济条件和水污染控制要求进行二级生物处理或一级强化处理(三州地区), 对二级出水不能满足水环境要求的地区, 必须对部分污水进行三级处理。

分析各流域和区域的水环境容量, 确定流域水环境中污染物的控制总量, 结合现有管理政策, 对区域水污染进行总体评价。由于水环境容量是城镇污水处理规划的基础, 因此水环境容量与城镇污水处理规划的衔接是迫切需要解决的重要问题, 虽然该方法在污水处理量总体需求分析中得到应用, 但仍需在今后的长期实践中进一步改进和完善。

致谢: 本文是四川省发展和改革委员会、四川省建设厅、四川省环境保护局联合编制的《四川省“十一·五”城镇污水处理及再生利用设施建设规划(2006 年—2010 年)》的部分内容, 刘丽茹、周任、魏远刚、李彦春、李永红、汪立飞、燕春林、张成进、李旭、熊欣佳、白华清、尹晓明、阙添进、何孟狄、韩青、文昊深等同志做了大量工作, 文筑秀、孙志浩、童润南、吴济华、万玉成等同志提出宝贵意见, 作者特别表示感谢!

参考文献:

- [1] GB 18918—2002 城镇污水处理厂污染物排放标准[S].

电话: (028) 83311862

E-mail: zhoukezhao@vip.sina.com

收稿日期: 2007-03-18

· 技术交流 ·

巧用迭代法完成雨水管道水力计算

雨水管道水力计算通常采用两种方法: ①假定管段的设计流量从管段的终点进入, 即管段的终点断面作为整个管段的设计断面; ②假定管段的设计流量从设计管段的起点进入。对于方法 ①, 传统的计算方法是以前流速为初始变量, 推求其他参数, 但由于流速变化范围很大, 且管径不可随意取值, 使得计算变得复杂且结果准确性很差。

若将管内流动时间 t 这一个变量分解成一个任意常量 t_0 和一个变量 t_1 , 再在 Excel 中调用一个 vba 编写程序, 使得几个公式反复迭代直到满足常量 t_0 和变量 t_1 在指定的精度条件下近似相等为止, 这样可使计算简化且计算速度和精度都会提高。

计算原理如图 1 所示。

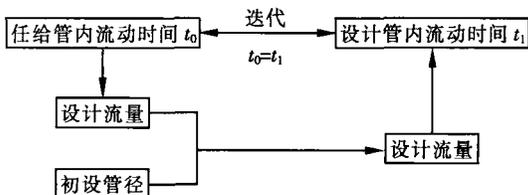


图 1 雨水管道水力计算方法的迭代原理

计算表格局部如表 1 所示。

表 1 Excel 计算表格

起点 编号	终点 编号	管段 长度 /m	本段 面积 /hm ²	转输 面积 /hm ²	累计 面积 /hm ²	汇流 时间 /min	预设 时间 /min	管内 时间 /min
开始迭代								
5	4	260	1.87	0	1.87	12	4.85	4.85
4	1	300	1.37	1.87	3.24	16.9	3.58	3.58

其迭代的 vba 编程为:

```

Sub dieldai()
With Application
.Iteration = True
.MaxChange = 0.001
EndWith
ActiveWorkbook.PrecisionAsDisplayed = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[1]"
Range("H5").Select
Selection.AutoFill Destination = Range("H5:H18"), Type = xFillDefault
Range("H5:H18").Select
EndSub
  
```

使用时只需在 Excel 表格中预设时间列随便填写些数字常数, 然后点击宏链接按钮“开始迭代”后, 电脑在几秒钟便可自动完成计算。

(哈尔滨工业大学市政环境工程学院 李立秋 李圭白 中国市政工程东北设计研究院设计四所 郑文禹)