

# 目 录

一、小组概况 .....	2
二、选题理由 .....	3
三、现状调查 .....	3
四、制定目标 .....	5
五、实验研究 .....	6
六、原因分析 .....	9
七、要因确认 .....	10
八、制定对策 .....	13
九、对策实施 .....	14
十、效果检查 .....	16
十一、标准化巩固措施 .....	17
十二、总结及今后设想 .....	18
附件 效益证明 .....	19

# 提高道路雨水口收水效率

## 一、小组概况

本 QC 小组主要由公司骨干技术人员组成，QC 小组在充分学习了 QC 小组理论上进行课题研究的，本次 QC 小组活动时间为 2017 年 7 月 11 日至 2018 年 3 月 26 日。

QC 小组概况表

小组名称	道路雨水口收水 QC 小组			类型	现场型
成立时间	2017.7.5	小组人数	8	平均年龄	32
所在科室	设计室	组 长	刘斌		
成员学历	本科 8 人				
成员职称	高级职称 2 人；中级职称 2 人；初级职称 4 人				

小组成员分工表

序号	姓 名	性别	文化程度	职称/职务	小组职务	小组分工
1	刘斌	男	本科	工程师/副主任	组长	组织协调
2	李光洁	男	本科	助工/设计师	副组长	组织实施
3	王鸣	男	本科	高工/主任	顾问	技术指导
4	路业	男	本科	高工/副经理	顾问	部门协调
5	李超臣	男	本科	助工/设计师	组员	活动记录
6	常璐	女	本科	助工/设计师	组员	资料整理
7	杨波	男	本科	工程师/监理工程师	组员	效果检查
8	王孟姣	女	本科	助工/试验员	组员	方案实施

## 二、选题理由

理由一：雨水口排水效率低，路面雨水排放不及时，一定程度影响城市的排涝能力，不便于人们的安全出行

理由二：雨水口利用率、排水效率低，一定程度上造成了财力和物力的浪费



提高道路雨水口  
收水效率

由此可见，道路雨水口的收水效率，在一定程度上，不仅影响着城市的排涝能力、人们的出行便捷与安全，也影响着道路工程中财力和物力的投入合理与否。因此小组决定以“**提高道路雨水口收水效率**”作为本次 QC 小组活动课题。

## 三、现状调查

小组确定课题后，对道路雨水口现状进行了以下调查：

**调查一：**雨水口效果差，降低了城市排水系统雨水收集能力，如下图所示。



**调查二：**雨水口有三种常用形式，分别是：偏沟式雨水口、立篦式雨水口、联合式雨水口，如下图所示。很多道路为了路面美观、及行车方便，往往采用立篦式雨水口。但立篦式收水效果差，尤其是纵坡较大的道路，其效果更差。



偏沟式雨水口

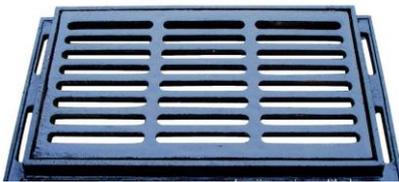


立篦式雨水口



联合式雨水口

调查三：雨水篦子有三种常用形式，分别是：横条、斜条、纵条，如下图所示。现状很多道路中，为方便非机动车行走，往往采用横条雨水篦子。



纵条雨水篦子



斜条雨水篦子



横条雨水篦子

调查四：雨水口周边路面形式有两种，分别是下凹和下平，如下图所示。现状做法一般是雨水口与路面相平，或者仅雨水篦子低于路面，周边路面不下凹。



调查五：国标图集 05S518《雨水口》中各种型式雨水口给出相同泄水能力；对以往工程设计图纸调查，一般道路坡度下雨水口间距采用经验值 30 米。

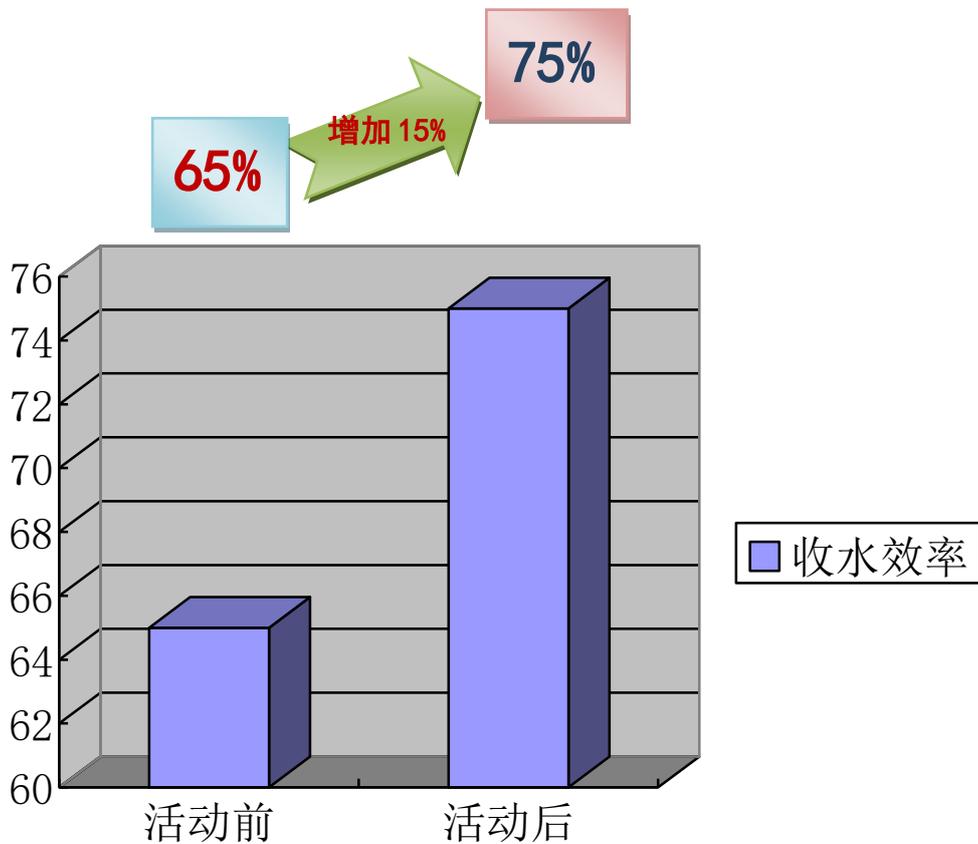
雨水口型式		泄水能力 (L/s)
平算式雨水口 偏沟式雨水口 立算式雨水口	单算	20
	双算	35
	多算	15 (每算)
联合式雨水口	单算	30
	双算	50
	多算	20 (每算)

#### 四、制定目标

结合对道路雨水口的现状调查，利用美国联邦公路局和我国安智敏等人提出的雨水口排水量计算公式，对现行《室外排水设计规范》、《雨水口》等规范标准提供的经验参数及设计经验按 30 米左右设置的雨水口收水效率进行验算，其收水效率大约为 65%。

根据试验数据情况，通过研究计算，本次 QC 小组活动制定的目标是：

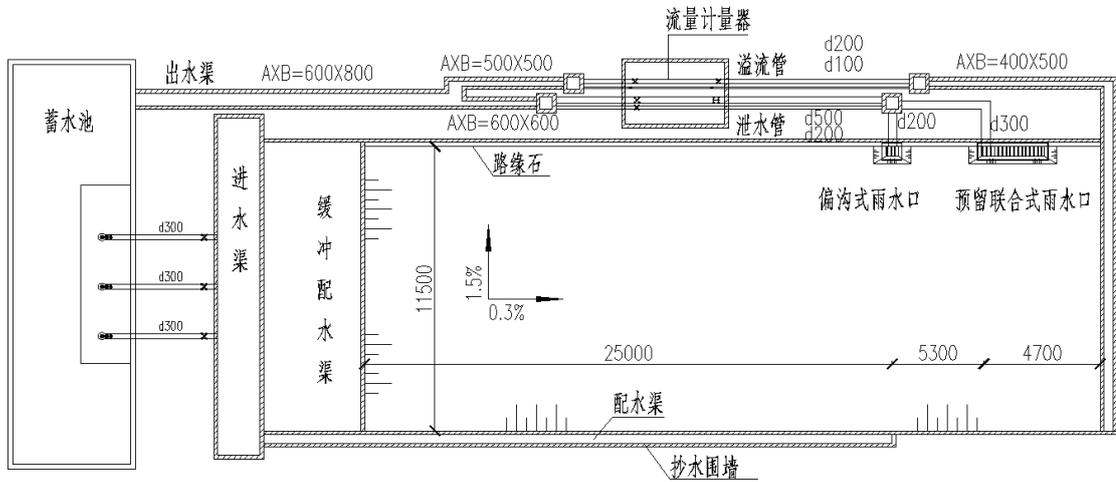
提高道路雨水口 10%的收水效率



QC 小组活动目标

## 五、实验研究

为了直观认识雨水口的收水情况，并获得相关的数据以便验证理论计算，本小组参考有关研究成果，设计了一套雨水口过流特性试验模型。如下图所示。



雨水口过流特性实验模型

本模型包括蓄水配水设施、模拟道路、雨水口、出水管渠、测量附件等。模拟雨水经过水泵提升至进水渠，出水自流进入缓冲配水渠均匀配水后，进入模拟道路路面，模拟路面径流雨水经雨水口收集部分进入管渠，由电磁流量计测量流量后，排入蓄水池，未经雨水口收集的模拟径流雨水横截沟收集，计测量流量后，汇入蓄水池。

模拟道路采用本地区常用主干路、次干路宽度，道路两侧对称，故模型采用半幅路面。路面宽度、纵坡可根据需要适当调整。

小组对不同雨水口型式、不同雨水篦子型式、雨水口周边下凹与否、不同道路纵坡、道路宽度做了试验。取得数据如下：

不同型式雨水口泄水量与篦前水深关系记录表

雨水口型式	篦前 2m 水深 (cm)	泄水量 (L/s)
偏沟式雨水口	3.6	14.2
	7.7	28.3
立算式雨水口	3.5	9.2
	6.3	22.3
联合式雨水口	4.0	18.7
	7.9	37.9

不同型式雨水篦子泄水量记录表

项目	单篦横条雨水篦子		单篦斜条雨水篦子		单篦纵条雨水篦子	
	算前 2m 水深 (cm)	泄水量 (L/s)	算前 2m 水深 (cm)	泄水量 (L/s)	算前 2m 水深 (cm)	泄水量 (L/s)
1	3.6	14.2	3.7	16.3	4.1	17.6
2	4.5	19.3	4.6	20.7	4.8	22.1
3	5.4	20.6	5.5	24.0	6.0	25.4
4	7.7	28.3	7.6	29.2	7.5	30.3

道路纵坡与雨水口前水面关系记录表

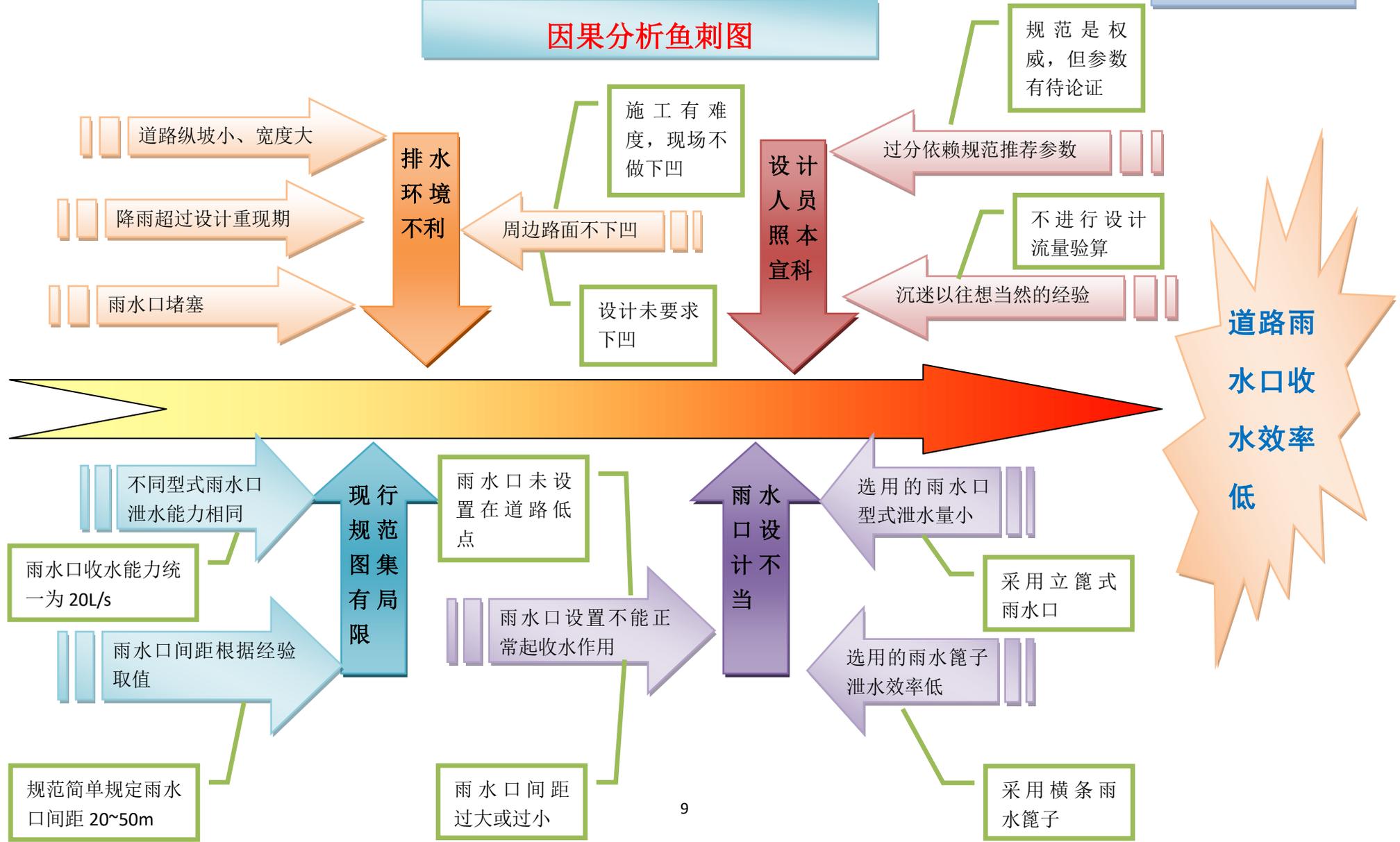
道路纵坡 (%)	来水 Q/ (L·S <sup>-1</sup> )	4.68	7.83	15.74	23.62	31.47
3	水深 h (mm)	12.5	16	21	25	29
	水宽 b (mm)	700	860	1100	1200	1320
1	水深 h (mm)	14.5	17	23	29	33
	水宽 b (mm)	740	1060	1260	1440	1680
0.3	水深 h (mm)	15.5	20	26.5	32	36
	水宽 b (mm)	1020	1380	1680	1800	1920

## 实验结论:

1. 影响雨水口收水效率的客观因素有雨水口型式、雨水篦子型式、雨水口与周边路面高度关系、道路纵坡、道路宽度等
2. 正常路段雨水口泄水量，偏篦式雨水口 > 联合式雨水口（非跨流情况下） > 立篦式雨水口，在局部低点，联合式雨水口泄水能力优势明显。
3. 雨水篦子泄水量，纵隔条雨水篦 > 斜隔条雨水篦 > 横隔条雨水篦，但是优势均不明显。
4. 道路纵坡不是很大的地区，纵坡变化对雨水口泄水量的影响比较小，道路宽度对雨水口泄水量影响较大。

六、原因分析

因果分析鱼刺图



## 七、要因确认

### （一）要因确认计划

根据因果分析图分析出来的 11 项末端因素，小组制定要因确认计划表。其中，降雨量超过设计重现期，为非抗拒力原因，不对其进行要因确认。

要因确认计划表

序号	末端因素	责任人	确认方法	确认时间	执行标准
1	用立篦式雨水口泄水量小	刘斌	试验分析	2017.8.28	试验数据
2	雨水口位置或间距设置不当	李光洁	调查分析	2017.8.31	现场观察测量结果
3	用泄水效率低的雨水篦子	李光洁	试验分析	2017.8.28	试验数据
4	周边路面不下凹	刘斌	试验分析	2017.8.28	试验数据
5	道路纵坡小、宽度大	李超臣	试验分析	2017.8.28	试验数据
6	雨水口堵塞	杨波	调查分析	2017.8.31	现场观察结果
7	规范中雨水口收水能力统一为 20L/s	刘斌	调查分析	2017.9.2	05S518《雨水口》
8	规范简单规定雨水口间距 20~50m，根据经验取值	李光洁	调查分析	2017.9.2	《室外排水设计规范》
9	过分依赖规范待论证的参数	李光洁	调查分析	2017.9.2	设计室内调查结果
10	雨水口不进行设计流量验算	王鸣	调查分析	2017.9.2	设计室内调查结果

### （二）要因分析

针对以上 10 条可论证的末端因素，小组成员通过试验、调查、验证和比较分析的方法，逐条进行了分析。

经分析认为，造成道路雨水口收水效率低

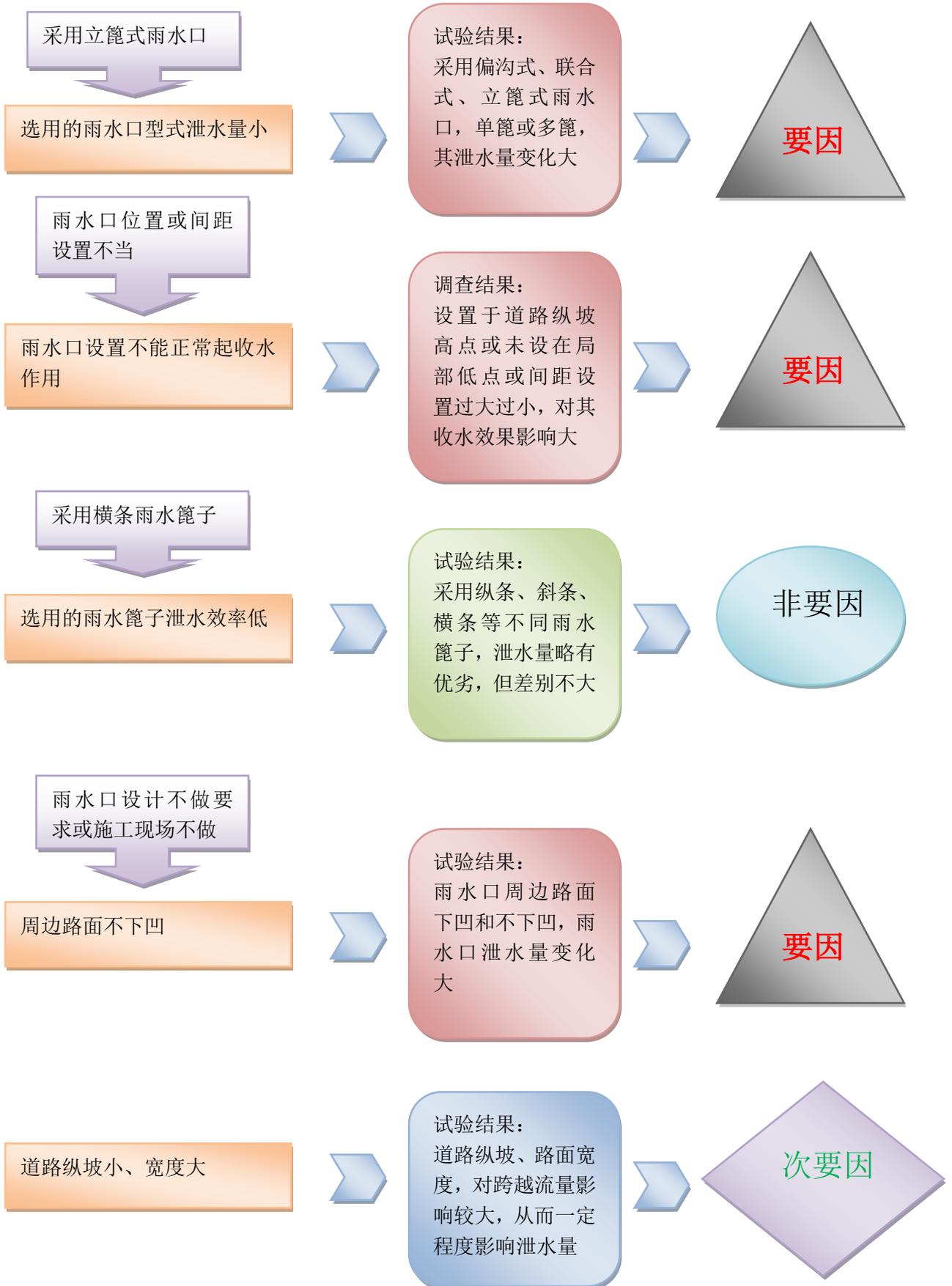
要因有：

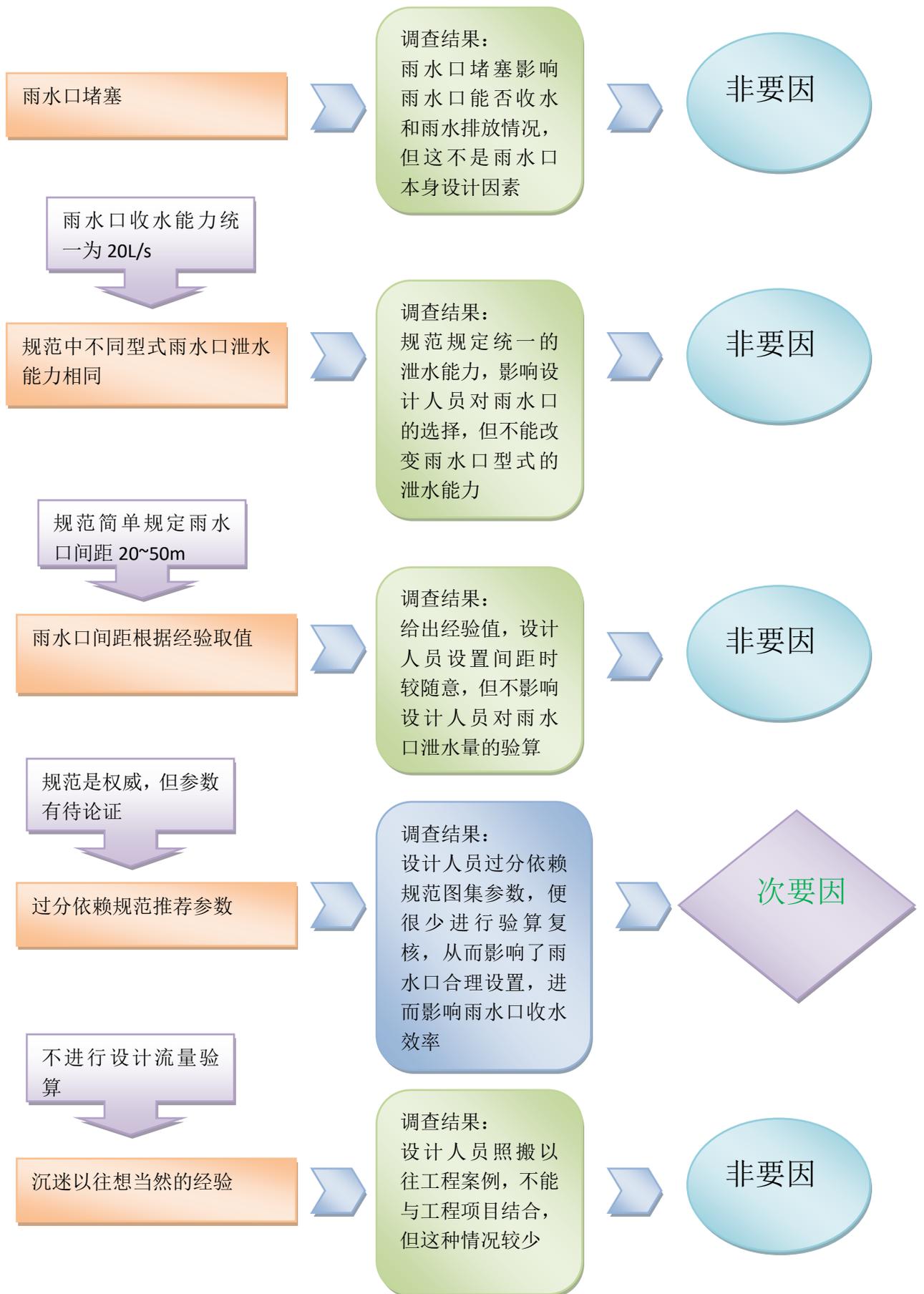
1. 选用立篦式雨水口泄水量小
2. 雨水口位置或间距设置不当
3. 周边路面不下凹

次要因有：

1. 道路纵坡小、宽度大
2. 依赖规范待论证的参数

要因分析过程如下图：





## 八、制定对策

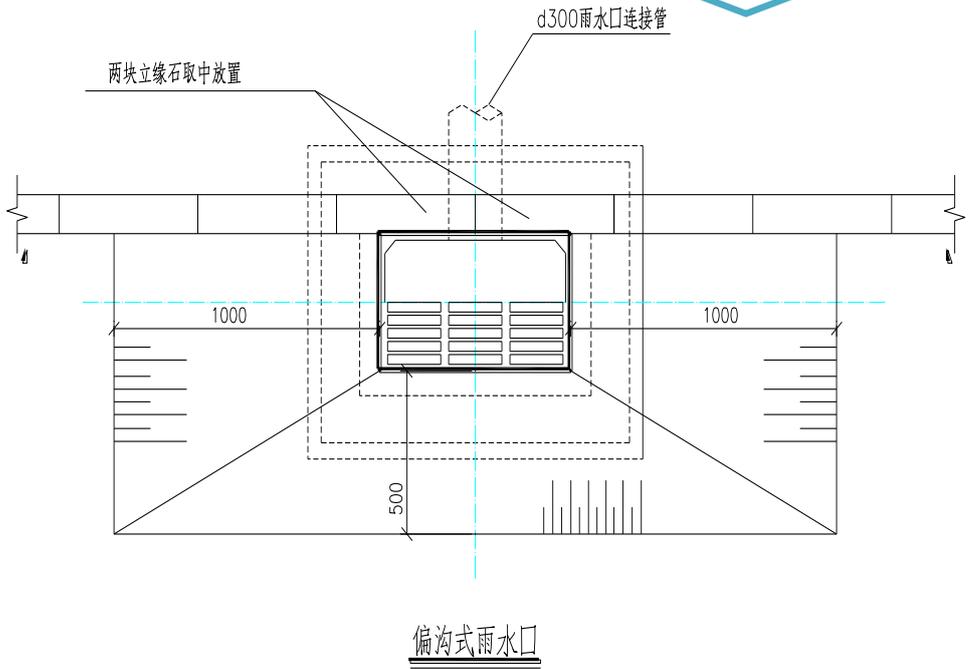
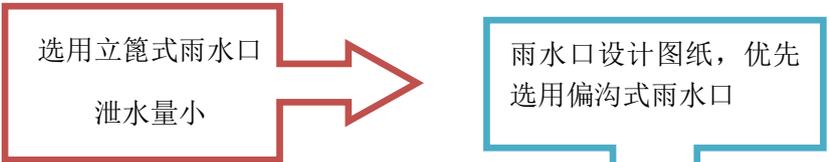
运用 5W1H 方法，针对要因和次要因制定了对策和措施，并落实责任人和完成时间。

对策表

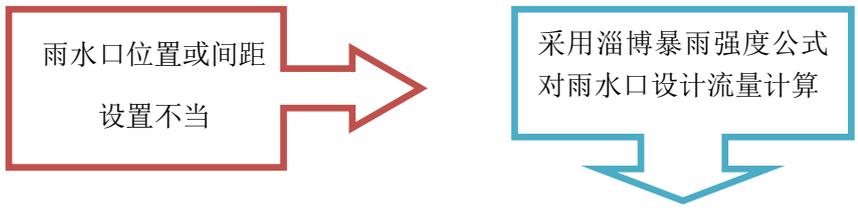
序号	要因	对策	目标	措施	地点	责任人	完成时间
1	选用立篦式雨水口泄水量小	试验测定雨水口实际泄水量	选出最优雨水口型式，提高收水效率	分别对偏沟式、联合式、立篦式的单篦及多篦雨水口的实际泄水量测定	设计室	李光洁	2017.8
2	雨水口位置或间距设置不当	验算复核规范参数	找出雨水口最佳计算方式，提高雨水口利用率	1. 利用暴雨强度公式对来水量准确计算，确定准确雨水口间距 2. 与道路专业配合，避免雨水口设置在收水作用小的位置	设计室	刘斌	2017.9
3	雨水口周边路面不下凹	雨水口周围路面设置下凹	实施雨水口周边合理下凹，提高雨水篦利用率	1. 设计图纸明确周边路面下凹要求 2. 现场严格监理施工落实	设计室 现场工地	杨波	2017.9
4	道路纵坡小、宽度大	合理处理道路排水措施	减少雨水篦子上方跨越流量，提高收水率	1. 道路专业合理设置锯齿形偏沟，将多余雨水量排走，减少雨水口淹没收水形式 2. 监理监督现场实施	设计室 现场工地	李超臣	2017.9
5	依赖规范待论证的参数	对设计师宣贯培训	掌握雨水口过流计算方法	对设计师进行设计意识和理论知识培训、灌输	设计室	王鸣	2017.9

## 九、对策实施

### 实施一



### 实施二

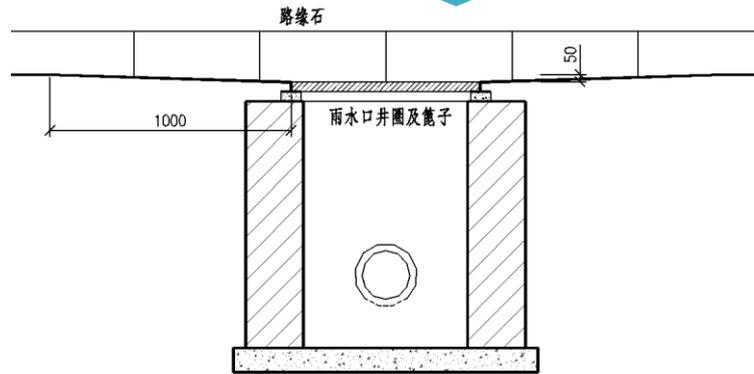


不同道路宽度、坡度情形下，雨水口汇水面积不同。要求设计师根据具体道路情况分别计算雨水口间距

### 实施三

雨水口周边路面不下凹

雨水口设计图纸，对周边路面下凹做出明确要求

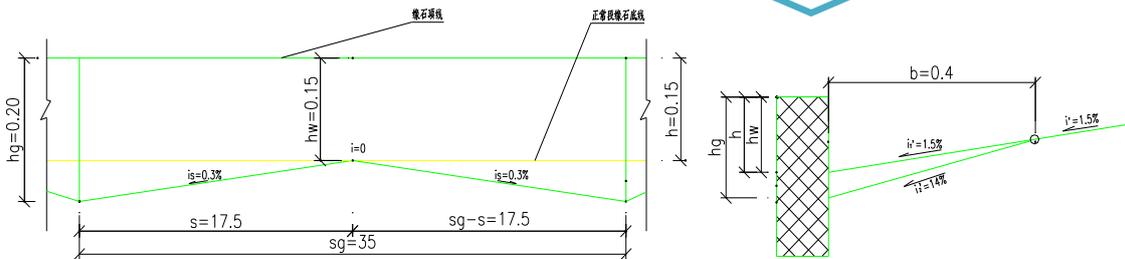


雨水口周围下凹示意图

### 实施四

道路纵坡小、宽度大

道路专业设计图纸中，增加锯齿形偏沟设计



锯齿形偏沟

### 实施五

依赖规范待论证的参数

对设计师进行技能培训

雨水口设计时，对雨水口收水量、间距进行计算验证

## 十、效果检查



小组用采用措施的设计方案，对措施优化组合，设计一组符合小组活动的雨水口，进行了一次效果检查试验。数据如下：

雨水口型式	篦前 2m 水深 (cm)	泄水量 (L/s)
偏沟式雨水口	3.6	16.7
	7.7	32.4

(一) 试验数据计算：

采用淄博市最新暴雨强度公式计算设计流量

$$q = \frac{2186.085 \times (1 + 0.9971 \lg P)}{(t + 10.328)^{0.791}}$$

将重现期分别取 P=2, P=3 时的流量，相应数据代入雨水口排水量公式计算

$$Q_1 = Q_B R_f$$

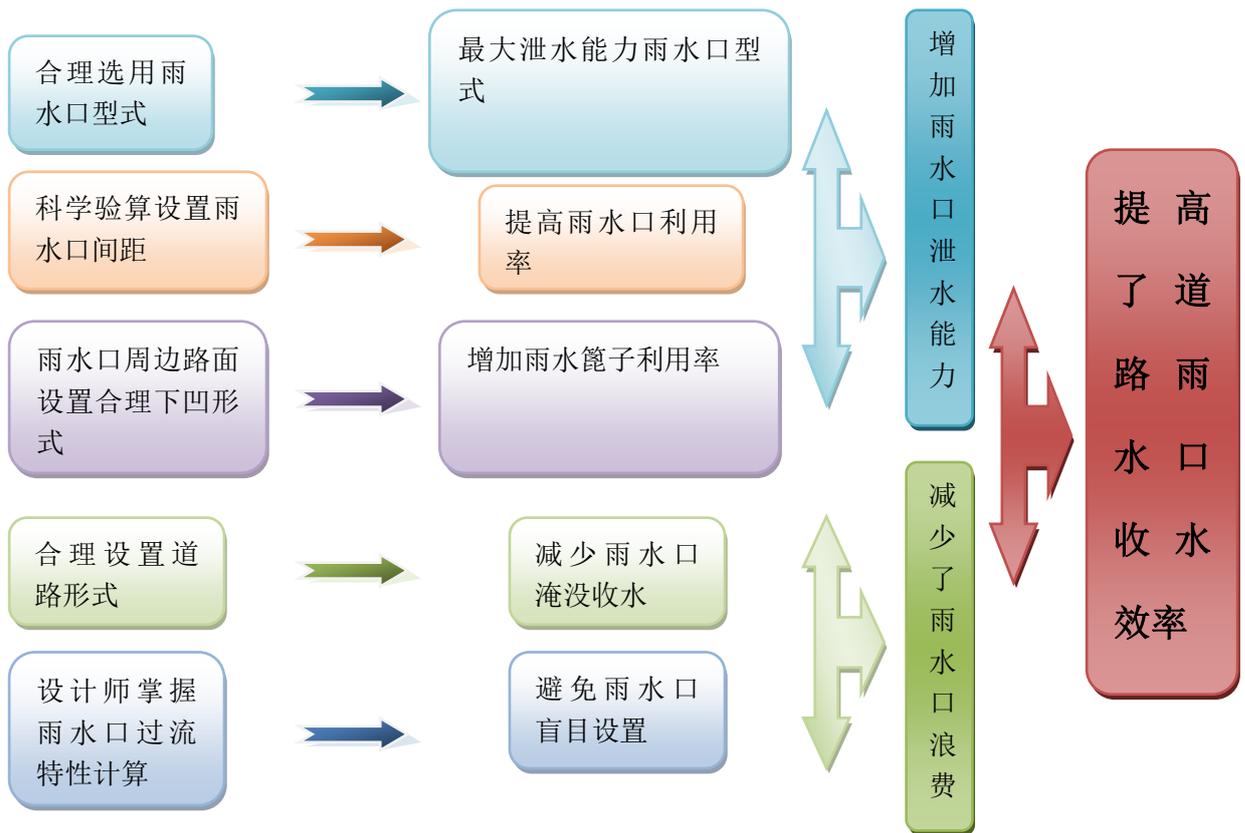
其中，正面来水量：

$$Q_B = \left[ 1 - \left( 1 - \frac{B}{T} \right)^{8/3} \right] Q$$

正面来水截流效率：

$$R_f = \begin{cases} 1 & (v \leq v_0) \\ 1 - K_f(v - v_0) & (v > v_0) \end{cases}$$

将 QC 小组活动中的对策优化组合设置雨水口时，在不同道路形式下，雨水口的截流率（即收水效率）**76.9%--80.7%**。



(二) 对试验段道路雨水口检查:

经现场观察, 试验段雨水口雨季收水效果良好, 未形成路面积水。收到良好的社会和经济效益。

**由此可见, 本次 QC 小组活动达到了目标值, 完成了课题制定的目标。**

十一、标准化与巩固措施

(一) 标准化

为保持本次 QC 小组活动成果有效性, 在此成果基础上, 我们编制了道路雨水口设计指南, 应用于设计室, 使雨水口设计形成标准化程序。指南中几个要点如下:

1. 利用当地暴雨强度公式, 结合道路形式及纵坡, 合理计算复核雨水口设置间距, 计算流量, 选择单篦或多篦雨水口。
2. 合理选择雨水口型式: 尽量选取泄水能力好的偏沟式, 避免使用立篦式雨水口。
3. 结合道路纵坡, 合理布置雨水口位置, 在低点增设雨水口篦数或采用联合式雨水口, 避免设置在道路高点。

## （二）巩固措施

1. 坚持不断对排水理论学习研究，保持理论基础的完善和先进性，持续对设计工作进行指导。
2. 定期对雨水口设计标准化程序进行检查，保证其持续性运行。
3. 保持对试验模型的研究改进，不定期进行试验，获得更为准确的数据支持。
4. 理论结合实际，不定期到施工现场实践指导，确保活动成果的持续落实。

## 十二、总结及今后设想

### （一）活动总结

通过此次 QC 小组活动，小组成员提高了道路雨水口收水效率，完成了制定的目标。在整个活动中，各位成员积极认真，不仅对 QC 小组活动以及雨水口收水效果有了新的认识，而且在试验、资料检索整理、现场调查、规范学习、人际沟通、组织协调等方面得到了很好的锻炼，综合能力水平有了一定提高。

但在本次活动中也存在着一些不足之处。（1）程序方面：小组活动过程中存在多部门协调困难；巩固措施没有将对策表中的有效措施纳入具体标准。（2）方法方面：有的末端原因为不可抗因素，可不列出；确定主要原因中，有的缺乏必要；一部分原因没有分析至末端因素直接进行对策，进一步做了改进。

### （二）合理化建议

通过本次 QC 小组活动，本小组给公司及设计室提出两条合理化建议，并被采纳。

1. 在设计室内形成雨水口设计标准化程序，对道路雨水口合理设计。
2. 在项目监理中，加强对雨水口施工的监理。

### （三）今后设想

通过 QC 小组的活动及不懈的努力，达到了预定的提高道路雨水口收水效率的目标。但是城市道路雨水排放是一个系统性问题，仅提高雨水口的收水效率不能根本上解决城市积水、内涝的问题。因此，我们拟定的下一次 QC 小组活动的题目是《降低道路雨水路表径流量》。