

## 附件二.

### 三维展开绘图方法的几个基本概念 (2016. 7. 更新)

#### 第一节 轴测图的精华和糟粕、模拟管网和实际管网

**轴测图的精华：45°斜线。**“ $\angle$ ”是平面模式的符号和特征,使轴测图具有了立体感,是这种立体的三维形式表达了水系统的水流特性(垂直流,水平流...)和水力要素(压强水头,位置水头...)。

**轴测图的糟粕：45°轴线过长。**是过长的 45°轴线,使  $Y$ 轴方向投影层次增多,造成轴测投影重叠,加上轴测图对没有流量变化的水平管几何形状的不必要描述,影响了水系统中概念性设计思路的清晰表达。在系统图中要表达的概念性设计思路是:确定设计管道的压力标高管径流速流量等。依据实际流体的能量方程,在一定的供水压力下,水平管的压强水头与水平管的标高(即位置水头)及由管径管长管材流速决定的流速水头和水头损失有关,而与水平管几何形状的变化(即水流在水平方向上的变化)无关。所以轴测图对水平管几何形状的描述是和概念性设计思路无关的不必要的描述。水平管的几何形状及其在建筑平面中的位置我们可以在平面图中表达。

在画法几何中没有一种绘图方法是为流体工程量身定制的,轴测投影法是适合描写固体的形状。对于流体工程的管网系统图,在表达水平流管道时,水流是向  $Y$ 轴方向还是  $X$ 轴方向;是直线、弧线还是多边形,确实是没有必要同固体那样区别出来描述,设计深度也没有这种要求。

依据轴测投影和轴测轴的形成原理,我们做了一个逆向思维:把导致 45°轴线过长的实际管网先挤扁展开再轴测,则轴测实际管网时投影重叠的缺点就不存在了。

**如何把实际管网挤扁展开呢?**首先我们建立水力学中模拟管网的概念:对于任意一个给水管网平面图,顺应管道的水流特性,保留管网中发生流量分配的节点形式和节点的连接顺序,简化没有流量变化的各种水平管的几何形状(即忽略水平管段的水流在水平方向上的变化),都可以简化成一种  $Y$ 轴方向很短,扁形的模拟管网平面图。模拟管网的空间是挤扁、展开的实际管网空间,模拟管网包含了实际管网中全部信息量,是对实际管网的提炼、展开和简化。

模拟管网虽然不是实际管网,但是它保留了实际管网中发生流量分配的三维形式的节点,从而保留了实际管网的水力要素和水流特性;它简化了实际管网中水平管的几何形状,从而有效地回避轴测投影重叠及对水平管几何形状的不必要描述。(图见封面,书 P15)

#### 第二节 实际管网平面图形转化为模拟管网平面图形的转化规则

回顾多年来在设计实践中,各种实际管网平面的基本图形是:点弯叉环。在管网平面图中竖起立管就是管网系统。应该**如何表达模拟管网呢?让我们一起进入三维的思维模式去感受管网平面图形的转化及图形转化带来的空间变化。**依据模拟管网特性,把  $XY$ 平面中实际管网的基本图形:点弯叉环,转化为模拟管网的基本图形,从而使在  $XYZ$ 坐标系中与平面图形相对应的空间产生拉伸、旋转、挤扁、平移等多种空间变异,并形成一定的三维空间  $Y_0MZ$ 坐标系。在  $Y_0MZ$ 坐标系中,我们用轴测投影表达了一个展开的扁形模拟管网。(图见书 P34,P41,附件五)

我们把平面图形的转化规则总结为:**所有点排一线、弯变直,直变弯、矩形环,又保留。**

是平面图形的转化导致了  $XYZ$ 坐标系中空间的各种变异,使转化后的模拟管网离开了  $XYZ$ 坐标系,进入了四个变量的三维坐标系。工程实践中常用的无比例轴测图也因为管网空间的无比例拉伸、挤扁变化,而成为坐标系变化中的三维展开图的雏形。

建立图形转化和坐标变化的关系在九十年代设计实践中是没有意义的,受到建筑透视图放射线作图法的启发,我们在四个变量的三维坐标系中,使  $m$ 变量包含  $x,y$ 二个变量,平面坐标系为  $Y_0M$ 坐标系, $M$ 轴为无比例展开性坐标轴。如果实际管网平面的图形函数是  $y=f(x)$ ,则转化后模拟管网平面的图形函数为  $y_0=\psi(m)$ 。**如何定义  $Y_0$ 轴和  $Y_0M$ 坐标系?**

#### 第三节. $Y_0MZ$ 坐标系

$Y_0MZ$ 坐标系是四个变量 ( $x, y, z, y_0$ ) 的三维坐标系。 $Y_0MZ$ 坐标系成功地表达了一个四维模拟管网,因为在这种特定空间中的一个点虽然有四个变量: $x, y, z, y_0$ 决定,但是在水系统图中各种立管,设备和进出户管等在平面图中的编号就已经把  $x$ 和  $y$ 二个信息量绑在一起了。

$Y_0MZ$ 坐标系(三维展开图)保留了  $XYZ$ 坐标系(轴测图)中的高度坐标轴  $Z$ 及变量  $z$ ,设立了一个包含  $x, y$ 两个变量信息的平面  $M$ 坐标轴及具有一个尽可能小的度量并与  $M$ 轴成 45°的  $Y_0$ 轴及变量  $y_0$ 。依据转化规则我们建立了  $Y_0M$ 坐标系的特性。(图见书 P2~P5, P8~9, 附件五)

$M$ 轴上所有的变量就是  $XY$ 平面中所有的点 $(x, y)$ ，因此  $M$ 轴具有对  $XY$ 平面中各个点在  $M$ 轴上对应和展开的特性， $M$ 轴是一个无比例展开性坐标轴。

$Y_0$ 轴反应了  $XY$ 平面中所有点在  $M$ 轴上展开方式的变化:即由于四种基本图形(点弯叉环)展开方式的变化，而使  $M$ 轴上的平面点 $(x, y)$ 产生了偏离  $M$ 轴的变化。在  $Y_0M$ 平面中  $45^\circ$ 方向的线段和  $M$ 轴方向的线段一样，都表示  $XY$ 平面中与  $X$ 轴或  $Y$ 轴成任意角度的水平线段。

$Y_0M$ 坐标系的建立，使  $XY$ 平面中的实际管网图形简化成  $Y_0M$ 平面中的模拟管网图形。在模拟管网的  $Y_0M$ 平面上竖起立管，在  $Y_0MZ$ 三维坐标系中借用轴测投影法表达了一个四维 $(Y_0XYZ)$ 模拟管网，从而使  $XYZ$ 坐标系中的轴测投影关系在  $Y_0MZ$ 坐标系中得到展开和简化。

绘图规定、 $Y_0M$ 坐标系特性、转化规则、模拟管网特性都是在阐述点弯叉环的成图规律，它们具有异曲同工的效果。三维展开法顺应水流特性、体现水力要素、满足设计深度，运用水力学和画法几何的基本概念揭示了模拟管网的成图规律。处于二维、三维转换中的模拟管网，在  $y_0=0$ 时实现了模拟管网和建筑剖面的组合，使模拟管网的表达能力得到极大的提升。

#### 第四节 建筑剖面 and 三维管网系统的组合

水的管道系统离不开构筑物，所以对管道系统设计意图的完整表达也离不开建筑剖面。三维展开图中的模拟管网在  $y_0=0$ 时，实现了管网系统和建筑剖面的组合，使管道和构筑物连接方式的设计意图找到了一种完美的表达方法。当穿楼板的立管和建筑剖面组合时各种水系统中的压力水头线跃然纸上，当管网和构筑物剖面组合时，直观的表达出管道和池底及池壁的连接方式，表达出管道和水面及各种水位的关系，这是轴测图和系统展开图无法替代的。(图见书 P16, P17, 附件三)

管网系统和建筑剖面组合的表达方法，使三维展开图成为一种水系统的原理效果图，这种水系统的原理效果图将会有广泛的运用前景。模拟管网是表达一个作为给排水工程总纲的系统图的最好形式，但在我们设计实践中出现的二种展开图对模拟管网却采用了完全不同的表达方法。

#### 第五节 轴测投影和平面投影 ( $H$ 面投影、 $V$ 面投影)

采用一个模拟管网来表达管网系统的设计意图，这是二种展开图共同的出发点。但是二种展开图对模拟管网的表达方法不同:系统展开图规定为平面投影,三维展开图规定为轴测投影。

把模拟管网模型中的立管放平就是系统展开图，二种展开图在轴测投影和平面投影二种画法上的区别，是因为对展开概念的理解不同:①把  $X$ 轴和  $Y$ 轴合成平面  $M$ 轴就是对管网平面和管网系统的展开,无需再采用  $H$ 面和  $V$ 面按  $180^\circ$ 展开的方法。②系统展开图强调按立管展开,但立管展开只是展开图的现象,而管网平面的展开才是展开图的本质。因为二种展开图对模拟管网的表达方法不同，使二种展开图对管网系统设计意图的表达能力和表达效果也相差甚远。

系统展开在抛弃轴测图糟粕的同时，也抛弃了轴测图的精华，把在三维坐标系中成  $90^\circ$ 垂直关系的  $H$ 面和  $V$ 面投影图按  $180^\circ$ 展开组合:连接立管在  $H$ 面和  $V$ 面的投影，及用短直线、短斜线连接水平管道等制图规定来表达模拟管网，使水的原理图丢失了水流特性、水力要素和管道标高。只能让设计深度放弃标注管道标高的要求。

三维展开法在抛弃轴测图糟粕(过长的  $45^\circ$ 轴线)的同时，保留了轴测图的精华( $45^\circ$ 斜线)，在模拟管网  $H$ 面中竖起立管，把模拟管网放在  $Y_0MZ$ 三维坐标系中，借用轴测投影法得到模拟管网的三维展开图。三维展开法用“弯(直)、环”的转化规则抛弃了轴测图的糟粕，又用“叉”的转化规则保留了轴测图的精华，在  $y_0=0$ 时,用点的转化规则使模拟管网的轴测图和二维立管图组合，使系统图直观的表达出各种概念性设计意图。无比例轴测图和二维展开图都是三维展开图在特定条件下的表达形式，因为  $Y_0MZ$ 坐标系包容了它们所需要的空间形式。

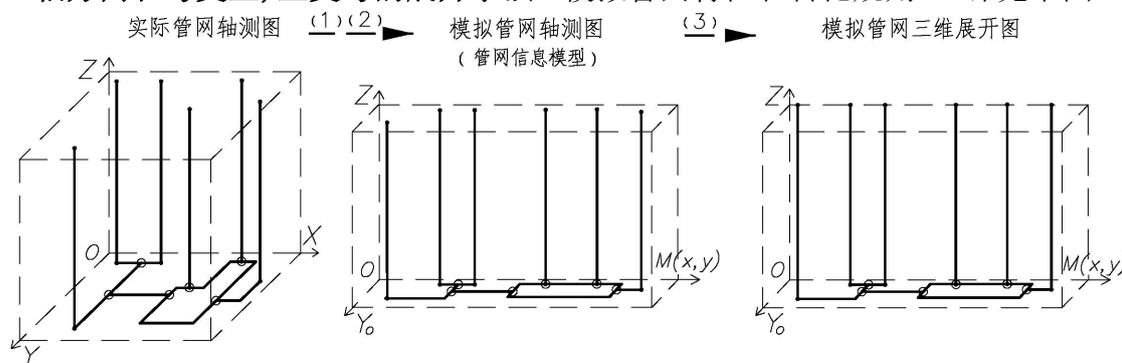
三维展开法以牺牲局部水平管的水流在水平方向上的变化为代价，收获了丰硕的成果:集“模拟管网”“轴测投影”“建筑剖面”于  $Y_0MZ$ 坐标系中，使画法几何中的基本概念和水力学模拟管网概念，在工程制图中得到了一定高度的统一和运用。为水系统的原理图和施工图，找到了简单易学的绘图方法及绘图原理。然而系统展开在 1999.9.15.给建设部科技司呈送了报告，以“无理论依据”“繁琐,复杂,费时,不能满足又快又好又省出图的要求”等评定意见,否定了同年 6 月上报科技成果的三维展开绘图方法,无法包容三维展开法及其创新者在生产实践中的存在。2000 年系统展开图成为国标中规定的画法,并和国际上画法统一。(图见书 P40,P12,P13,P15 附件一)

**第六节给排水设计人员的四维设计思路:**设计人员的设计思路是一种四维形式。 $Y_0$  轴的建立, 使模拟管网处在二维和三维的转化中, 有利于设计意图的表达和设计深度的变化, 使设计人员能够随着工程繁简程度的不同、设计周期长短不同; 随着设计阶段的不同、设计深度要求不同; 随着主干管支管重要程度的不同和设计意图的不同, 在系统图中对二维、三维表达方法的选择, 具有一定的灵活性, 从而使我们从总体概念性的设计意图直到细部管道安装的具体设计要求都能得到自然、流畅、完整的表达效果。但是在轴测图中  $Y$  轴的变化只取决于平面图, 妨碍了水系统图中设计深度的变化和设计意图表达, 系统展开图缺少  $Y$  轴, 无法表达三维的设计意图。所以绘制工程图, 不仅应该有好的素材, 也要有好的表达方法。

**第七节制图规定和绘图方法:**模拟管网有它自身内在的成图规律。三维展开法依据水力学和画法几何的基本概念揭示了模拟管网在  $Y_0MZ$  坐标系中的成图规律, 所以三维展开的画法是一种绘图方法, 不是一种人为约定和需达成共识的制图规定。系统展开忽视了水力学和画法几何中某些基本概念, 用连接立管在  $V$  面投影中的垂直线和在  $H$  面投影中的点, 及短直线、短斜线等几何制图规定来表达一个模拟管网, 是和一些人达成共识并在 2000 年进入国标的制图规定。

模拟管网是表达一个作为给排水工程总纲的系统图的最好形式, 实现建筑信息模型中实际管网, 向管网信息模型中模拟管网的转化是设计实践的迫切需求(请看下图中实际管网轴测图和模拟管网轴测图)。但是在长达 16 年的设计实践中, 完善被系统展开制图规定否定的三维展开绘图方法是有难度的, 因为设计人员必须遵守给排水制图标准中的系统展开制图规定, 二种展开图在画法上的区别早已是一个原则问题。

**三维展开法总结:**三维展开图是用轴测投影法表达了在  $Y_0MZ$  坐标系中(四个变量的三维坐标系)和建筑剖面组合的模拟管网, 是轴测了实际管网中发生流量分配的节点形式, 简化了实际管网中水平管的几何形状, 并用水平线、短  $45^\circ$  斜线、垂直线连接这些发生流量分配的节点, 可以称为流量分配法。在流量分配法中运用五个基本概念和二种展开手法: 把交叉点较多的管道方向定为  $M$  轴方向和弯变直, 直变弯的展开手法。模拟管网特性和转化规则:(详见下图)



- (1) 保留实际管网中发生流量分配的节点形式和节点的连接顺序(又保留)  
 (2) 简化实际管网中水平管的几何形状(弯变直, 直变弯, 矩形环)  
 (3) 在  $Y_0MZ$  坐标系中, 当  $Y_0=0$  时三维管网和二维立面图、建筑剖面图组合(所有点排一线)

**运用三维展开法绘图举例:**举例一见书 P22, P23。我们参考建筑透视图放射线作图法的原理, 在平行光线放射线法中体会如何把  $XY$  平面中的点展开到  $X$  或  $M$  轴上, 再体会如何把  $X$  或  $M$  轴上的点按  $XY$  或  $Y_0M$  坐标系的点线面成图规律在  $XY$  或  $Y_0M$  平面上画出实际管网或模拟管网的平面图, 最后竖起立管画出轴测图或三维展开图。举例二见书 P9, P10, P18, P19。举例三见书 P16, P17。

**结束语:**

三维展开绘图法是设计人员的设计思路借助人脑中的三维管网信息模型在图纸上得到自然和流畅表达的方法, 是多种基础知识和设计实践需求吻合的结果, 是水到渠成的自然成果。

在市政给排水和建筑给排水设计实践中形成的三维展开法, 将具有广泛的运用前景! 这种创新的三维展开绘图方法, 使水系统图的形式和内涵得到统一, 使设计人员的三维和二维思路得到灵活转化和流畅表达, 逻辑思维和形象思维得到沟通。衷心祝愿我们下一代的思维模式在三维展开绘图法中得到一种有益的训练, 并在学习和工作中受益。让我们的心灵回归自然, 依据水的特性和生态要求来描述人类赋予水系统的各种使命, 这才是真正的简单!