

# 钢筋焊接网在水工结构中应用的探讨

张云 林振伦 林国珍  
星联钢网（深圳）有限公司

**【提要】**本文就水工结构中应用钢筋焊接网问题进行了探讨。对水工结构中大直径钢筋配筋的构件中，建议首先用高强度牌号钢筋，以及并筋布置、组合网布置、双层网布置等布置方法，使水工焊接网满足常规焊接网的制作和安装要求。采取上述措施仍不能满足常规焊接网要求时，建议采用组合网布置，单臂点焊机制作，工厂组装，吊装设备安装的方法进行焊接网作业，并对某些水工结构构件配筋进行了具体的焊接网布置。还介绍了格网箍筋笼等适用于大直径钢筋配筋构件的应用情况。

**【关键词】**钢筋焊接网 钢筋焊接网布置 水工结构 大直径钢筋 格网箍筋笼

## 1. 前言

### 1.1 钢筋工程的发展

钢筋工程包括钢筋加工、运送和安装等工艺过程。有些大型建筑公司设有自己的钢筋加工厂进行钢筋加工，并加工后钢筋运至工地，但更多的建筑企业的钢筋多在工地加工。国外已出现专业化的钢筋加工和配送企业，把各工程的钢筋加工成型钢筋构件，或加工后钢筋组装成构件安装单元运往工地，在现场直接安装。这种形式的钢筋加工和配送，有利于钢筋加工和配送的优化，节省材料，方便施工，提高工程质量和效率。钢筋焊接网制作成为上述加工和配送方式的组成部分。

### 1.2 钢筋焊接网发展概况

在发达国家的钢筋工程中，钢筋焊接网应用已有近百年的历史，且目前正在大规模应用，应用范围还在不断扩大。发展中国家也逐步扩大范围。我国钢筋焊接网的应用始于1990年代初，先在房屋等工程中使用，现已逐步推广到地坪、桥涵、桥面铺装、道路、市政工程和水利工程的挡土墙、输水和排水渠等箱涵工程中。钢筋焊接网已成为我国钢筋加工和配送体制重要组成部分之一。但在大型水电及其它大型工程的钢筋工程中，钢筋焊接网的使用仍受到一定的限制，尚待开发。这些限制，主要是焊网机的容量、焊接网的安装方法和运输条件的限制。采用适当的制作工艺和布置形式，可在一定程度上解决这些问题。

### 1.3 水工结构使用钢筋焊接网的探讨

水电结构钢筋工程同样存在着类似于其它工程钢筋工程工厂化生产的问题。1971年石泉水电工程曾在闸墩钢筋工程中做过工厂生产钢筋焊接网（手工点焊）和现场安装试验。当时规定每片网的重量限定小于20t（受限于起吊设备的起吊能力）。但由于安装时占用起吊设备的时间过长、安装不便和施工组织不周全等问题而未推广使用。目前，也曾有使用焊接网以提高生产效率的做法，实践效果不甚理想。完善水工结构钢筋焊接网技术已成为提高水电工程效率的重要内容之一。

水工结构钢筋工程的主要特点是构件面积和体积大和使用的钢筋直径较大。前者有利于使用钢筋焊接网，后者则成为制约钢筋焊接网的制作和使用的难题。

目前，常用的钢筋焊接网（可称为常规钢筋焊接网）为钢筋直径较小的焊接网。据有关报道，现有的国外焊网机容量能焊接的最大钢筋直径为22mm，常用直径在20mm以下，国内使用的最大钢筋直径为16~18mm，远较水工结构钢筋工程实际配筋直径为小。在水工结构中大量使用钢筋焊接网，需对水工结构钢筋工程的钢筋配筋、钢筋材料强度、钢筋网布置、焊接网制作和安装等方面进行改进，以适应其在水工结构钢筋工程的应用。可在两方面解决这个问题。一是用各种方法使水工结构钢筋配筋符合常规焊接网的要求，用常规焊接网的方法进行焊接网的布置、制作和安装；另一

种方法是改变常规焊接网的布置、制作和安装方法，使之适应水工结构构件配筋的要求。第一种方法已在一些水利工程的一些水工结构中使用；后一种情况本文探讨的主要内容。

## 2. 水工结构构件钢筋焊接网布置

### 2.1 组合网布置[3]

单向焊接网（one-directional welded fabric）是由纵向受力钢筋和横向成网架立钢筋焊接而成的单向受力焊接网。通常单向焊接网受力钢筋是单根的，也可使用并筋。单向网沿纵横两个方向布置组合成的，而发挥一片焊接网作用的焊接网，称为组合焊接网，或简称组合网。通常在某一构件中，组合网是由若干片纵向单向网和横向单向网组合而成的。如图 2.1-1。

组合网是在解决配筋直径较大的构件，如汽车库楼板构件，而设计的焊接网布置，在一些国家单向焊接网已列入标准焊接网系列中。组合网布置方法已在国内外广泛使用。这种布置方法，应可成为解决水工结构构件焊接网布置的重要方法之一。

《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》<sup>[1]</sup>JGJ-2003（简称《规程》JGJ-2003）对焊接网的钢筋直径的使用范围、搭接方法等做了规定。《混凝土结构设计规范》<sup>[2]</sup>GB50010-2010（简称《规范》GB50010-2010）在钢筋连接方法方面对钢筋直径作了规定，使用较大钢筋直径时要用机械连接方法。使用机械连接方法会使焊接网在布置和安装方面带来一些限制，因此大钢筋直径的使用主要是受到焊机容量的限制，同时还要解决大直径钢筋焊接网的制作、布置（含搭接方法）和安装等问题。

#### 2.1.1 组合网布置

通常情况下，单向焊接网的长度由构件的尺寸确定，受制作和安装等条件限制时需同时考虑这些限制的影响。构件较长时还受到原材料的长度及运输条件的限制。纵向钢筋的间距由配筋要求确定；纵向钢筋长度要留足纵向钢筋的搭接长度（常规连接时）。单向焊接网的宽度较小，不需搭接，间距较大，常取为 1 m 或 1 m 以上。若为人工安装时，确定单向网尺寸时还需考虑单片网片的重量，以便于至多 4 人抬起安装。网片宽度通常取为 1m 或略大一些。

若组合网配筋的某一方向配筋需局部加强时，可在加强部位同方向再布置一层单向焊接网。布置时应将单向焊接网的成网钢筋合理布置，使受力钢筋位于其设计位置上。焊接网若需双向加强时，则加强受力钢筋难于布置在其设计位置上，通常应避免组合网双向同时布置加强单向网。

显然，组合网的布置较常规焊接网的布置更为灵活。

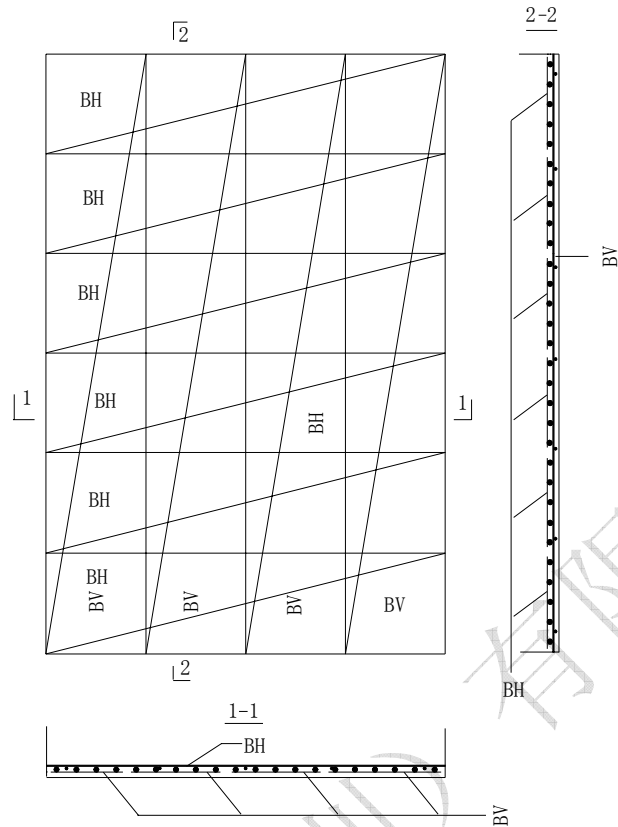


图 2.1-1 组合网的布置

### 2.1.2 组合网的连接

《混凝土结构设计规范》<sup>[2]</sup> GB50010-2010（简称《规范》GB50010-2010）第 8.4.2 条中规定，采用绑扎连接时，受拉钢筋直径不宜大于 25mm。常规焊接网的钢筋直径常 < 25mm，通常采用常规连接方法。常规焊接网钢筋使用的钢筋直径多小于 25mm，多采用一定搭接长度的常规连接方法，安装时只需在搭接位置上钢筋紧靠在一起，其长度达到所要求的搭接长度即可。这是常规焊接网得到广泛应用的重要原因。焊接网钢筋直径 > 25mm 时，焊接网钢筋的连接需用机械连接，如套筒连接、冷挤压连接等。这是大直径钢筋焊接网和常规焊接网的重要差别之一。参阅图 4.4-4 和图 4.4-5。

### 2.1.3 组合网的钢筋用量

组合网的制作时将增加成网筋用量。但很多情况下，常规焊接网由于制作条件和运输条件的限制以及插入已安装钢筋而设置连接网等情况，都需要布置焊接网的搭接而增加钢筋用量。我们进行了组合网布置和常规焊接网布置的钢筋用量比较。结果表明，主筋直径为 8.5mm 以上（含 8.5mm）组合网布置的钢筋用量较常规焊接网布置为少。因为钢筋直径较小时，受成网钢筋直径现有最小钢筋直径的限制，其直径总是大于 0.6 乘以主筋直径的焊接的最小直径要求。

## 2.2 组合网配筋换算

水工结构构件常用的钢筋牌号为 HRB335，钢筋间距为 20cm，其配筋大部分不能满足常规焊接网的要求。为扩大水工结构构件使用焊接网的范围，进行了包括钢筋间距、钢筋牌号<sup>[4]</sup>、并筋和双层等配筋情况的计算。并筋配筋已广泛使用于常规焊接网中。房屋结构中的剪力墙等构件中，在构件厚度较大时采用了多层的配筋方法。这里也计算了双层的并筋配筋形式，用于设计允许的构件中。双层焊接网两网片间距可为  $3d \sim 5d$  或设计要求的值。不同钢筋牌号、不同配筋方法、不同钢筋间距的换算结果如表 2.2-1、表 2.2-2 和表 2.2-3。由上述各表可见，绝大部分 HRB335 牌号钢筋的水工结构构件配筋不符合常规焊接网布置的要求；大部分钢筋间距为 15cm 的高强钢筋配筋以及并筋布置

的构件可满足组合网布置要求；双层焊接网布置所增加焊接网的应用范围很小，似可不用。

表 2.2-1 单根配筋

| 钢筋牌号    | 设计抗拉强度<br>$f_y$ MPa | 主筋间距<br>cm | 钢筋方向 | 钢筋直径<br>mm |      |      |      |      |      |      |
|---------|---------------------|------------|------|------------|------|------|------|------|------|------|
| 原 配 筋   |                     |            |      |            |      |      |      |      |      |      |
| HRB335  | 300                 | 20         | Z    | 36         | 32   | 28   | 25   | 22   | 20   | 16   |
| 单 根 配 筋 |                     |            |      |            |      |      |      |      |      |      |
| HRB335  | 300                 | 20         | Z    | 36         | 32   | 28   | 25   | 22   | 20   | 16   |
|         |                     |            | H    | 21.6       | 19.2 | 16.8 | 15.0 | 13.2 | 12.0 | 9.6  |
|         |                     | 15         | Z    | 31.2       | 27.7 | 24.3 | 21.7 | 19.1 | 17.3 | 13.9 |
|         |                     |            | H    | 18.7       | 16.6 | 14.6 | 13.0 | 11.4 | 9.3  | 8.3  |
| HRB400  | 360                 | 20         | Z    | 32.9       | 29.2 | 25.6 | 22.8 | 20.1 | 18.3 | 14.6 |
|         |                     |            | H    | 19.7       | 17.5 | 15.3 | 13.7 | 12.1 | 11.0 | 8.8  |
|         |                     | 15         | Z    | 28.5       | 25.3 | 22.1 | 19.8 | 17.4 | 15.8 | 12.7 |
|         |                     |            | H    | 17.1       | 15.2 | 13.3 | 11.9 | 10.4 | 9.5  | 7.6  |
| HRB500  | 435                 | 20         | Z    | 29.9       | 26.6 | 23.3 | 20.8 | 18.3 | 16.6 | 13.3 |
|         |                     |            | H    | 17.9       | 16.0 | 14.0 | 12.5 | 11.0 | 10.0 | 8.0  |
|         |                     | 15         | Z    | 25.9       | 23.0 | 20.1 | 18.0 | 15.8 | 14.4 | 11.5 |
|         |                     |            | H    | 15.5       | 13.8 | 12.1 | 10.8 | 9.5  | 8.6  | 6.9  |

注：1.计算得的钢筋直径未修整；2.Z和H分别为配筋主筋和横向架立筋；3.按H向钢筋直径决定焊接网的使用范围。

表 2.2-2 并筋配筋

| 钢筋牌号   | 设计抗拉强度<br>$f_y$ MPa | 间距<br>cm | 钢筋方向 | 钢筋直径<br>mm |      |      |      |      |      |      |
|--------|---------------------|----------|------|------------|------|------|------|------|------|------|
| 原 配 筋  |                     |          |      |            |      |      |      |      |      |      |
| HRB335 | 300                 | 20       | Z    | 36         | 32   | 28   | 25   | 22   | 20   | 16   |
| HRB335 | 300                 | 20       | Z    | 25.5       | 22.6 | 19.8 | 17.7 | 15.6 | 14.1 | 11.3 |
|        |                     |          | H    | 15.3       | 13.6 | 11.9 | 10.6 | 9.4  | 8.5  | 6.8  |
|        |                     | 15       | Z    | 22.1       | 19.6 | 17.2 | 15.3 | 13.5 | 12.3 | 9.8  |
|        |                     |          | H    | 13.3       | 11.8 | 10.3 | 9.2  | 8.1  | 7.4  | 5.9  |
| HRB400 | 360                 | 20       | Z    | 23.2       | 20.7 | 18.1 | 16.1 | 14.2 | 12.9 | 10.3 |
|        |                     |          | H    | 13.9       | 12.2 | 10.7 | 9.4  | 8.2  | 7.4  | 6.0  |
|        |                     | 15       | Z    | 20.1       | 17.2 | 15.7 | 14.0 | 12.3 | 11.2 | 9.0  |
|        |                     |          | H    | 12.1       | 10.3 | 9.4  | 8.4  | 7.4  | 6.7  | 5.4  |
| HRB500 | 435                 | 20       | Z    | 21.1       | 18.7 | 16.4 | 14.7 | 12.9 | 11.7 | 9.4  |
|        |                     |          | H    | 12.7       | 11.2 | 9.8  | 8.8  | 7.7  | 7.0  | 5.6  |
|        |                     | 15       | Z    | 18.3       | 16.3 | 14.2 | 12.7 | 11.2 | 10.2 | 8.1  |
|        |                     |          | H    | 11.0       | 9.8  | 8.5  | 7.6  | 6.7  | 6.1  | 4.9  |

表 2.2-3 双层并筋配筋

| 钢筋牌号      | 设计抗拉强度<br>$f_y$ MPa | 间距<br>cm | 钢筋方向 | 钢筋直径<br>mm |      |      |      |      |     |     |
|-----------|---------------------|----------|------|------------|------|------|------|------|-----|-----|
| 原 配 筋     |                     |          |      |            |      |      |      |      |     |     |
| HRB335    | 300                 | 20       | Z    | 36         | 32   | 28   | 25   | 22   | 20  | 16  |
| 双 层 并 筋 配 |                     |          |      |            |      |      |      |      |     |     |
| HRB335    | 300                 | 20       | Z    | 18         | 16   | 14   | 12.5 | 11   | 10  | 8   |
|           |                     |          | H    | 10.8       | 9.6  | 8.4  | 7.5  | 6.6  | 6.0 | 4.8 |
|           |                     | 15       | Z    | 15.5       | 13.9 | 12.1 | 10.9 | 9.6  | 8.7 | 6.9 |
|           |                     |          | H    | 9.3        | 8.3  | 7.3  | 6.5  | 5.8  | 5.2 | 4.0 |
| HRB400    | 360                 | 20       | Z    | 16.4       | 14.6 | 12.8 | 11.4 | 10.0 | 9.1 | 7.3 |
|           |                     |          | H    | 9.8        | 8.8  | 7.7  | 6.8  | 6.0  | 5.5 | 4.4 |
|           |                     | 15       | Z    | 14.2       | 12.7 | 11.1 | 10.0 | 8.8  | 7.9 | 6.3 |
|           |                     |          | H    | 8.5        | 7.6  | 6.7  | 6.0  | 5.3  | 4.7 | 3.8 |
| HRB500    | 435                 | 20       | Z    | 15.0       | 13.3 | 11.6 | 10.4 | 9.1  | 8.3 | 6.6 |
|           |                     |          | H    | 9.0        | 8.0  | 7.0  | 6.2  | 5.5  | 5.0 | 4.0 |
|           |                     | 15       | Z    | 12.9       | 11.5 | 10.1 | 9.1  | 8.0  | 7.5 | 5.8 |
|           |                     |          | H    | 7.7        | 6.9  | 6.1  | 5.5  | 4.8  | 4.5 | 3.5 |

注：计算得的钢筋直径未修整；双层及并筋直径为一根钢筋的直径。其它见表 2.2-1。

### 2.3 组合网制作

符合常规组合网的水工结构构件焊接网的制作方法常规焊接网同。超过焊机容量的大直径配筋的水工结构用的大直径组合网则要用特殊方法制作。我们用单头点焊机制作箍筋格网的实践表明，制作直径为 19mm 的箍筋格网是成功的。采用单头点焊机制作大直径钢筋单向网并组成组合网是可行的。

我们使用的单头点焊机为 DN300 型点焊机，最大焊接件直径为 20mm。焊臂净伸臂长度为 130cm，除去焊接架所占的空间后实际最大焊净接网宽度为 105cm。按  $d_2=(0.5\sim 0.6)d_1$  的要求，横筋直径  $d_2=20\text{mm}$  时，主筋直径  $d_1$  可达近 40mm，基本可满足水工结构构件配筋要求。

单头点焊机装置是由单头点焊机、焊件支架和焊件模框组成的。如图 2.3-1。



图 2.3-1 单头点焊机装置

## 2.4 组合网的安装

组合网的安装较为简单，首先按设计位置和要求安装下层单向焊接网（成网钢筋在下侧），并保证搭接长度。需插入已安装钢筋时将受力钢筋插入已安装钢筋内至所要求设计长度。另一方向焊接网（上层网）的安装方法与下层网同，成网钢筋可在下侧，亦可在上侧，尚若有加强网时，上层网与加强网的成网钢筋应分别在下侧和上侧，以保证受力钢筋位于设计位置上。上下网安装完毕后，按《规程》JGJ114-2003 的要求绑扎上下层焊接网钢筋的某些交点。

单片焊接网重量较小时可在焊接网吊至安装现场后人工安装。设计单片网片尺寸时需考虑人工安装时的最大重量。水工结构焊接网的重量很大，总是需要用机械安装的。安装时还要制备一些安装使用的简单器具。

大直径钢筋焊接网的单片重量较大，需用起吊设备安装。既然如此，可在起吊设备起吊能力（起吊重量和范围）范围内，将单片纵向和横向焊接网先组装好，再吊至安装现场安装。此种安装方法可减少现场安装工作量，提高安装效率。焊接网的组装用铁丝（细钢丝）绑扎，使各焊接网之间的连接有一定的“柔性”，以便于在现场安装时钢筋接头的对齐和搭接。格网箍筋笼组装构件的安装实践说明，水工结构构件组合网的安装是可实现整体组装安装的。

## 3 格网箍筋钢筋笼

格网箍筋钢筋笼是箍筋格网（grid）和受力主筋以绑扎形式组装而成的构件钢筋笼，并在施工现场直接安装，以简化安装程序和减少安装时间。格网箍筋笼的做法对类似的水工结构构件亦有借鉴作用。

### 3.1 箍筋格网

箍筋格网为简化后的多支常规箍筋焊接网。它是为了便于构件钢筋的组装和便于浇筑混凝土而设计的一种焊接网。箍筋格网简化了多支箍筋设计，采用了较稀疏的和直径较大的钢筋布置形式，使构件内钢筋间有较大的空间以便于浇筑混凝土。同时使箍筋格网与构件受力钢筋组装成安装单元，便于在施工现场直接安装。图 3.1-1 为箍筋格网的基本形式。

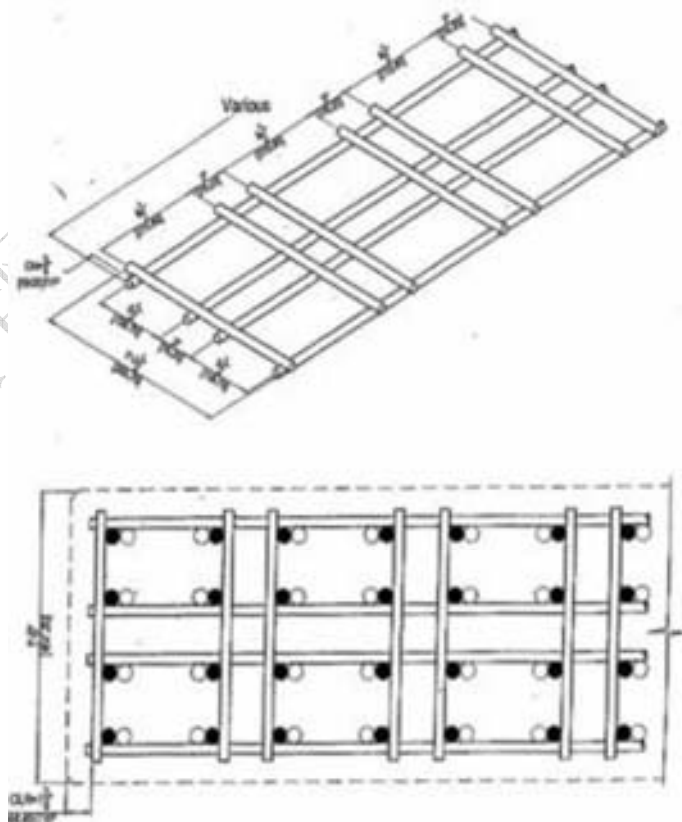


图 3.1-1 箍筋格网和相应的组合构件剖面

### 3.2 格网箍筋钢筋笼

箍筋格网与构件受力钢筋按设计要求组装成钢筋构件安装单元，通常称为格网箍筋钢筋笼，用于施工现场直接安装。格网箍筋笼安装单元可由一个或若干个构件格网箍筋笼构件组成。组装工作在工厂进行。受力钢筋布置在箍筋格网节点处，并用钢丝绑扎。箍筋格网按设计要求的间距安装，各格网节点处按设计指定（少数）节点处用铁丝绑扎，以固定格网位置。每隔约 1.2m（4 英尺）的格网的节点与主筋全部绑扎，以固定箍筋格网和构件钢筋。组装时，要求受力钢筋端部对齐，以便于钢筋的搭接。用绑扎方法而不是点焊组装格网箍筋笼，既可固定格网和受力钢筋的位置，又可使它们之间有相对的活动性，以便在安装时调整。图 3.2-1 为组装后待运格网箍筋钢筋笼。



图 3.2-1 待运往工地的柱格网钢筋笼

### 4.工程焊接网布置方案

水利工程中配筋钢筋直径较小的构件，已较多地使用常规钢筋焊接网。水电工程中配筋直径较小的水工结构构件也可用常规钢筋焊接网。如前所述，水利工程和水电工程中的大直径钢筋配筋水工结构构件，采用高强牌号钢筋、并筋布置、单向组合网布置、双层布置等方法，可使大部分的水工结构配筋满足常规焊接网。

下面是几个水电工程，包括水电站护坦，堆石坝混凝土面板、水电站泄洪闸室等混凝土配筋直径较大工程焊接网布置、制作、安装方法的设想。

这里列举的水工结构构件完全按原有的配筋布置组合网。水电站护坦是按较高强度钢筋牌号和并筋对原有配筋进行焊接网布置的，完全满足常规焊接网要求的例子。堆石坝混凝土面板为用原配筋组合网布置、单头点焊机制作、常规搭接方法的例子；水电站泄洪闸室配筋钢筋直径较大，用原配筋组合网布置、单头点焊机制作和机械连接方法的例子。

还有一个是实例，是国外使用格网箍筋笼梁柱构件安装的照片，供水工结构构件参考。

#### 4.1 堆石坝混凝土面板

##### 4.1.1 混凝土面板坝概述

某堆石坝为混凝土面板堆石坝，坝高约 100m。上游面布置有混凝土面板，面板沿河谷纵向分缝，河谷部分板宽 12m，两岸部分板宽 6m。面板厚度随库水深而变，最小厚度为 30cm，高程每增加 1m 厚度增加 1cm。面板钢筋布置在板厚中部，配筋按板所处的深度分为两段，分别为  $\Phi 22@20$  和  $\Phi 25@20$ 。面板四周和板趾部布置有边角保护钢筋，配筋为  $\Phi 16@20$  和  $\Phi 18@20$ 。上述配筋满足《规范》GB50010-2010 关于应用普通搭接方法的要求。堆石坝面板布置如图 4.1-1。

##### 4.1.2 焊接网布置

焊接网采用组合网布置方案，按普通搭接方法布置。受焊机容量的限制，需用单头点焊机制作。边角钢筋可用常规焊机制作。

###### (1) 河床面板

###### a. 板中焊接网布置

面板配筋布置于板厚中部，HRB335（Ⅱ级钢）配筋。配筋与板面高程有关，高程 748m 以下，纵向为  $\Phi 25@20$ ，水平向为  $\Phi 22@20$ ；高程 748m 以上，纵向为  $\Phi 22@20$ ，横向为  $\Phi 20@20$ 。焊接网

以高程 748m 为界，并于此高程处设一焊接网搭接区。

焊接网钢筋搭接位置按间隔  $1.3l_j$  布置。用单头点焊机制作单向网是可以做到一片焊接网内钢筋接头相间布置的要求。常规焊接网常用一片网的钢筋在同一位置搭接。单向焊接网的宽度仅为 1m，采用常规焊接网常用的一片网的钢筋在同一位置搭接的布置方法，相邻网片的搭接间隔按  $1.3l_j$  的布置。纵向单向网自高程 748m 处按伸出  $1.3l_j$  相间布置，直至板底，网片长度为 12m。板底不足 12m 处另布置两种类型网片（长度差  $1.3l_j$ ）。自高程 748m 以上纵向单向网自高程 748m 向上布置，直至板顶，板顶处网片布置方法同板底。河床面板宽度为 12m，水平焊接网的长度亦取 12m，宽度亦为 1m，无搭接。布置亦以高程 748m 为界。图 4.1-2 为板中焊接网布置图，图中仅标出不同配筋的类型，未标网片类型编号。

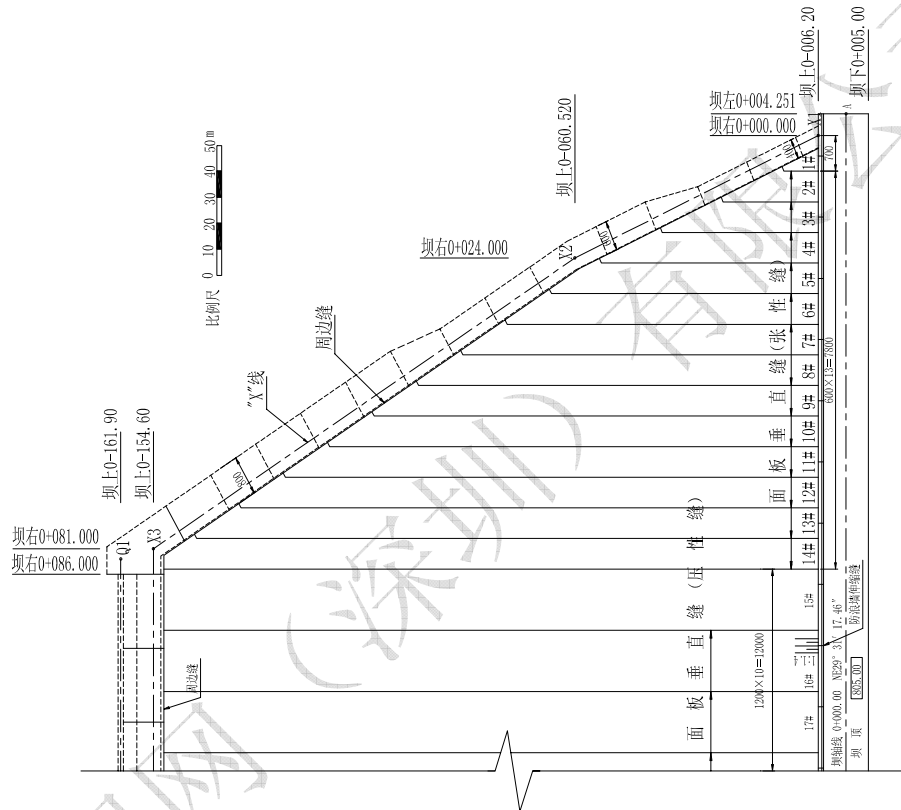


图 4.1-1 堆石坝混凝土面板



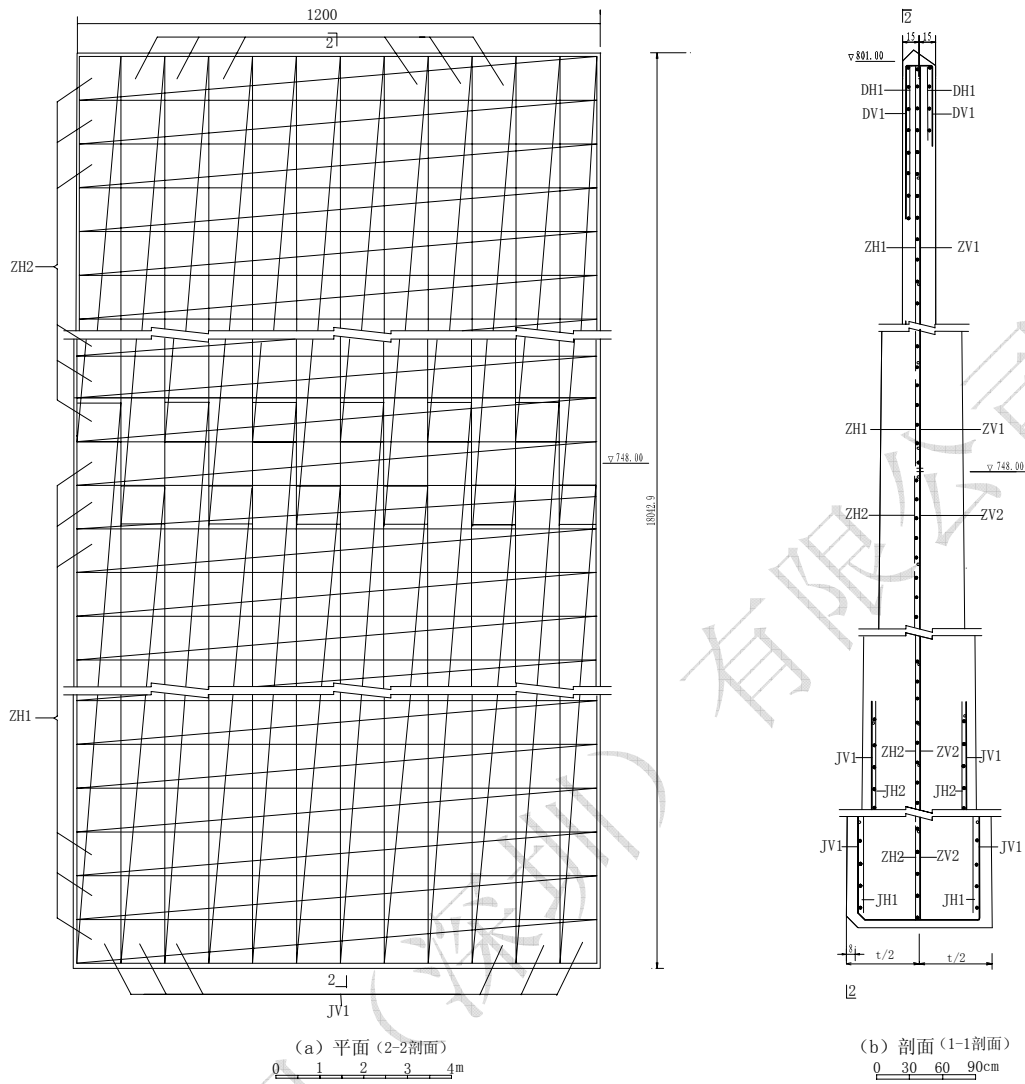


图 4.1-2 面板中部焊接网布置

### b. 面板边角焊接网布置

面板边角配筋是为加强边角而设置的，钢筋直径较小，为 $\Phi 16@20$ ，可用常规焊接网的布置方法布置。但为统一起见（在工地再装备一套常规焊网设备似无此必要）均按单向网布置。面板边角焊接网由水平向的 $\Pi$ 型网和上、下侧的纵向网组成。焊接网的宽度均为1m。上、下侧的纵向网与 $\Pi$ 型网绑扎而构成面板边角焊接网。由于 $\Pi$ 型网的高度随面板厚度（即高程）而变，弯折成型时控制其高度。在网宽度（1m，即高程每下降0.7m）范围内，网片长度不变。若嫌过于繁琐，亦可每5m增加长度3.5cm。每一种网片设一编号（图4.1-3中未设此编号）。边网片的纵横向编号宜相对于侧边部位相互对调，为方便起见，不做上述变动。即 $\Pi$ 型网仍为纵向网，另一方向仍为水平网。板的上、下边板厚不变，各设一编号。 $\Pi$ 型网无搭接，按总长制作后弯折成 $\Pi$ 形。面板边角焊接网布置如图4.1-3。

安装时，先安装平板下边网片，再在其中部插入中网和侧网。遇有两侧已浇筑平板，安装困难时，可先安装底网和侧网，再安装中网。还有一种设想，将 $\Pi$ 型网分成两片L型网，先安装下侧L型网，再安装中网和下侧L型网较为方便。但此种布置方法将增加两L型网的搭接，增加钢筋用量。

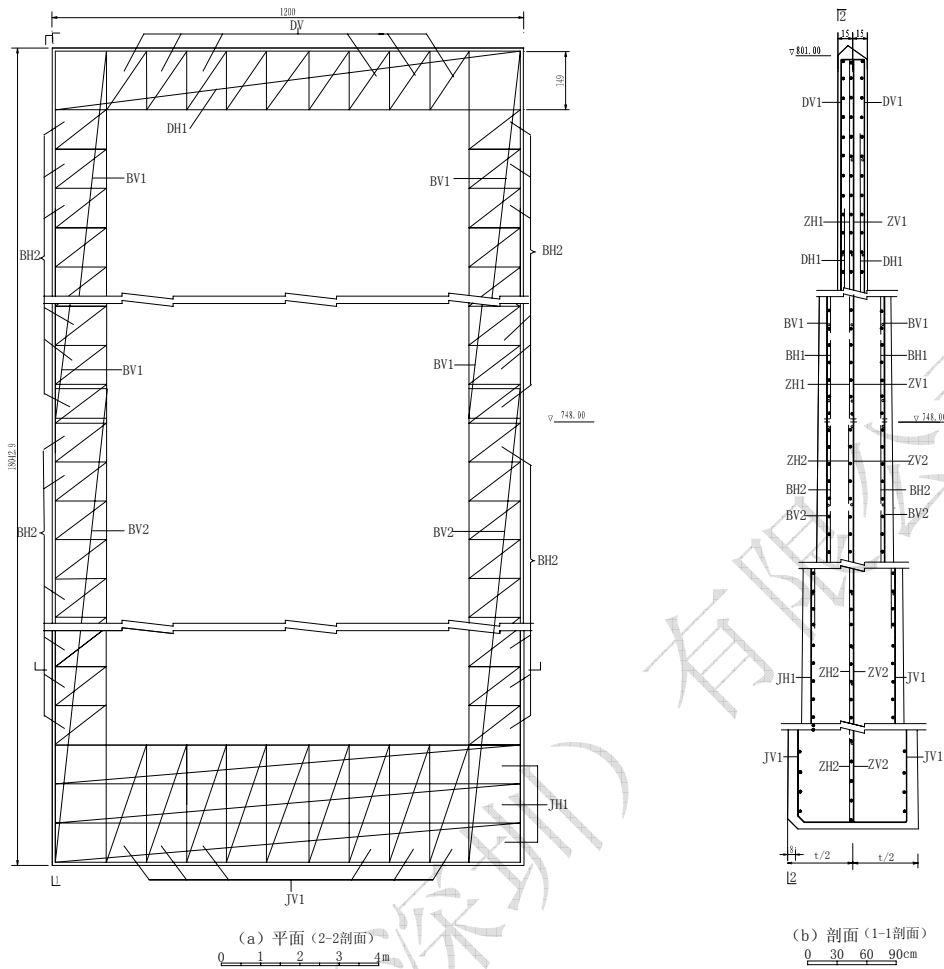


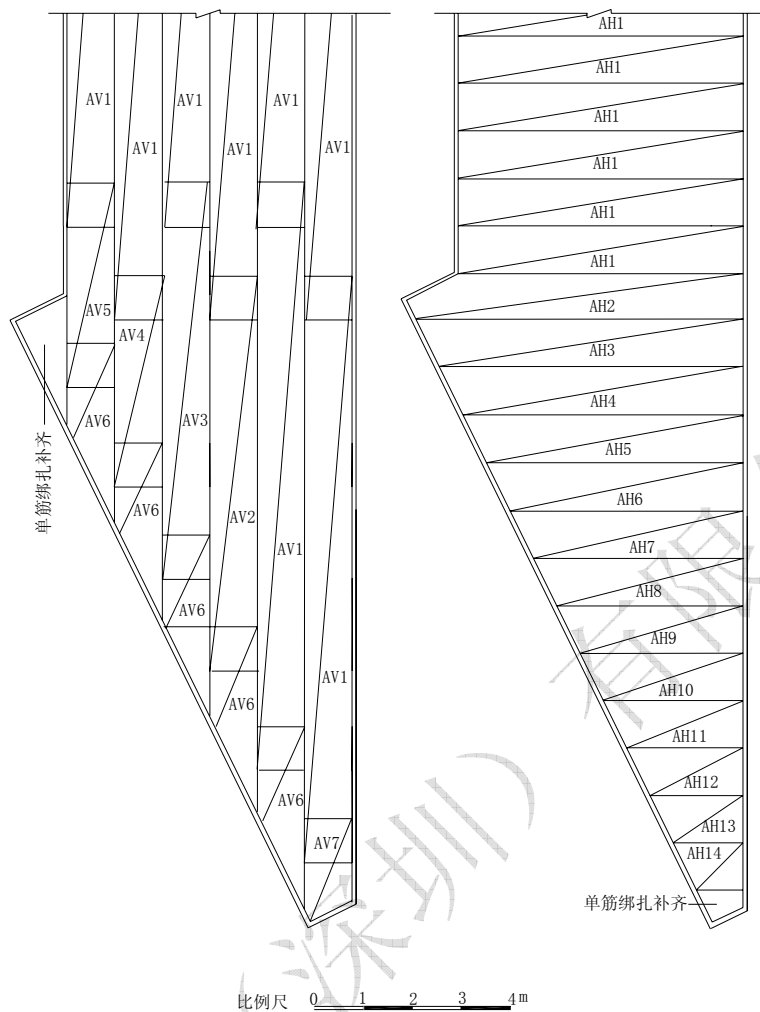
图 4.1-3 面板边角焊接网布置

## (2) 岸边面板

岸边面板网片布置与板中焊接网布置基本相同，岸边斜边坡做适当处理即可。网片宽仍用 1m。

### a. 板中焊接网布置

岸边斜边坡板中纵向焊接网有多种布置方法。一种方法是采用河床面板中网的布置方法，网片长度仍取 12m，自板顶边开始，第一排网按网长度为 12m 和  $(12m - 1.3l_1)$  相间布置，至板边坡最高处  $1.3l_1$  以上处设一搭接线，网片长度按边坡纵向长度与  $1.3l_1$  之和布置第一片网，之后网片在搭接线处相间布置。此时网片长度不超过 12m，不另设搭接和另编网片类型。此种布置方法简便，网片类型少，便于岸坡处的浇筑。另一种为在斜边坡布置同类型的网片，再接上不同长度的网片，使这些网片的上端处于同一高程（含相邻网片的搭接错台），之后布置标准的 12m 长的标准纵向网（如图 4.1-4a）。



(a) 纵向网布置 (b) 水平网布置

图 4.1-4 岸边斜边坡焊接网布置

水平网的较为简单。也可有多种布置方法。岸边面板的宽度为 6m，在此宽度以内布置一种类型的网片即可。配筋变化处另布置一网片做。另外，遇有网片较小及形状特殊的网片，制作繁杂，宜用单筋绑扎补齐。其布置如图 4.1-4b。

#### b. 面板边角焊接网布置

岸边斜边坡面板边角焊接网布置与板中焊接网布置基本相同。布置时，应留意斜边坡与平板分缝处纵向网之间、水平网之间的连接。同时，水平网的长度亦应减去相应 II 型网弯折部分长度及加上相应的搭接长度。

#### 4.2 某水电站泄洪闸室

本节为某水电站泄洪闸室闸墩混凝土结构高程 1552.5m 以下的网片布置方案。图 4.2-1 为泄洪闸室横剖面图，图 4.2-2 为闸墩布置与配筋图。图 4.2-3 为闸墩高程 1552.5m 下及底板网片布置方案。

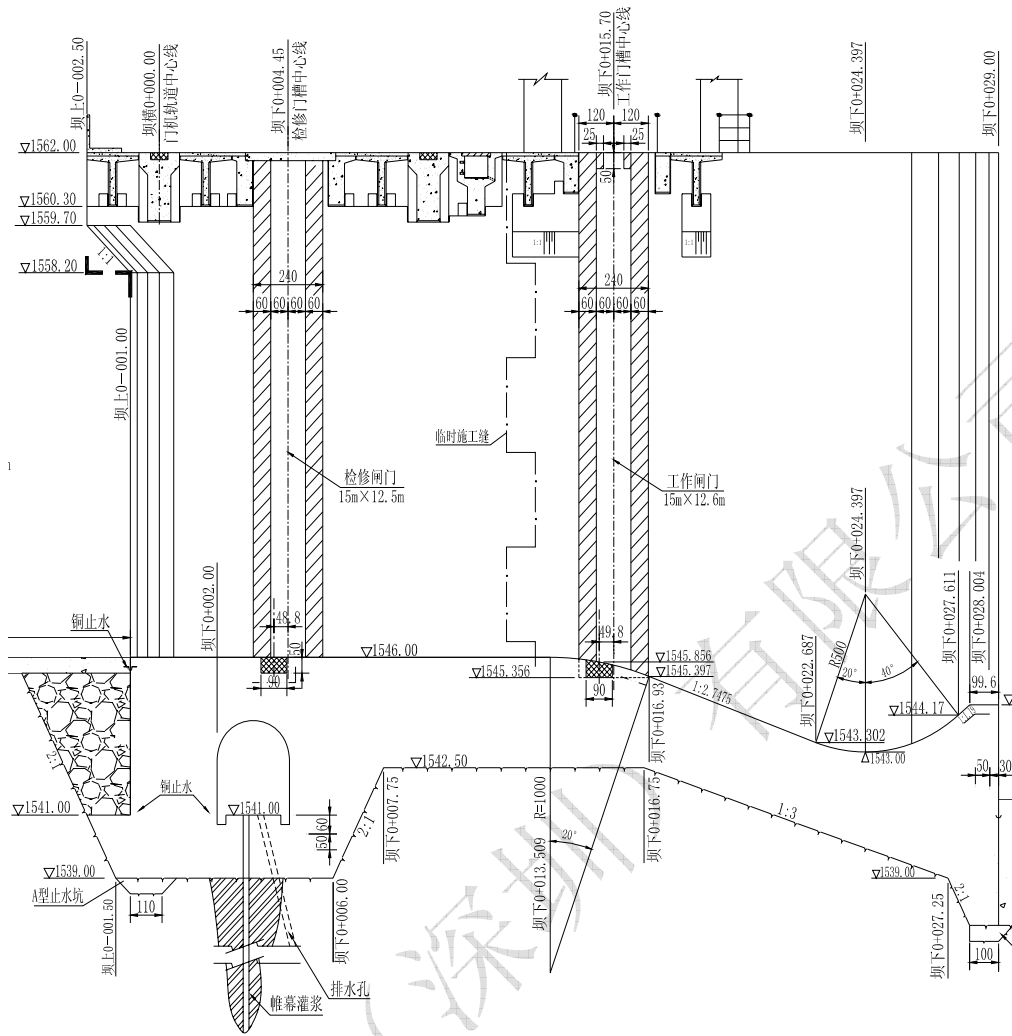


图 4.2-1 泄洪闸室闸横剖面图

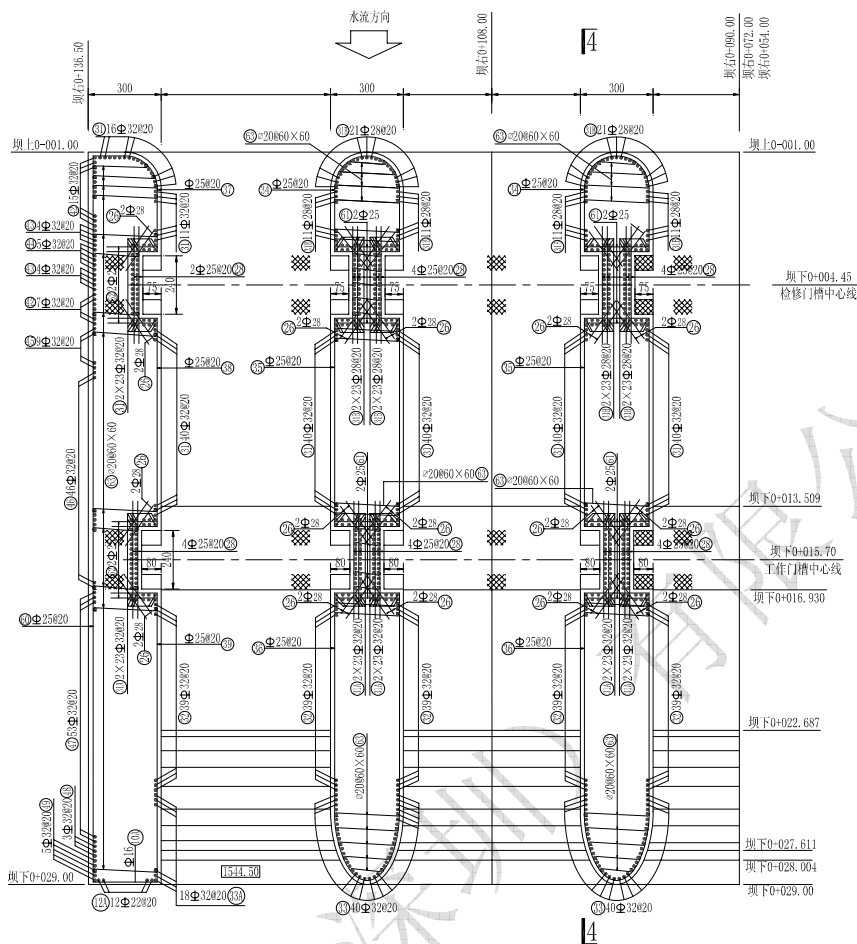


图 4.2-2 泄洪闸室闸墩布置和配筋

#### 4.2.1 闸墩焊接网布置

闸墩配筋钢筋直径很大。闸墩配筋为Ⅱ级钢 $\Phi 32@20$ （竖向） $\times \Phi 25@20$ （水平向），竖向钢筋插入底板一个锚固长度。闸墩分为若干区：墩头区（4.25m）、检修门槽区（2.4m）、检修门槽区与工作门槽区之间区域（8.85m）、泄洪区（9.1m）和墩尾区（3m），其水平长度均小于 12m，水平网不设搭接。底板面最低高程（弧面底板最低处）为 1542.5m，在变配筋高程 1552.5m 以下 10m，加上锚固长度后亦不足 12m，竖向网可不设搭接，焊接网的长度按实际长度确定，不同长度的网片用不同的编号。整个闸墩设置统一类型符号 S、SH 和 SV，编号自墩头开始编号，如 SH1、SH2……，SV1、SV2……等，如图 5.2-3。底板面高程 1552.5m 以上竖向网的搭接可布置在高程为 1552.5m 处，且相间地布置不伸出和伸出 1552.5m 高程以上  $l_1$  的长度，如图 4.2-3 和图 4.2-4（剖面图）。网片宽度为 1m，网宽小于 1m 的零头尺寸可用补加绑扎钢筋和减小网宽度两种处理方法处理。例中两种方法都使用了，见图 4.2-3 和图 4.2-4。钢筋采用套筒或冷挤压连接。为施工方便，其它焊接网钢筋，除  $\Phi 16$  外，亦采用套筒或冷挤压连接。

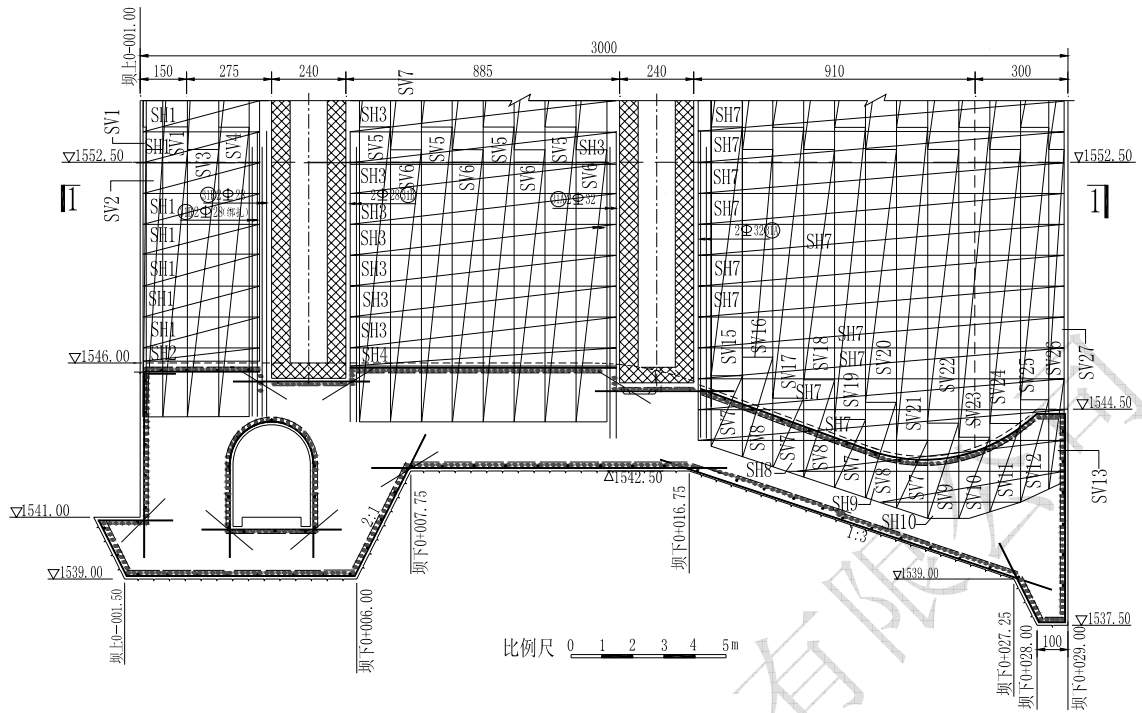


图 4.2-3 闸墩墩体和底板焊接网布置

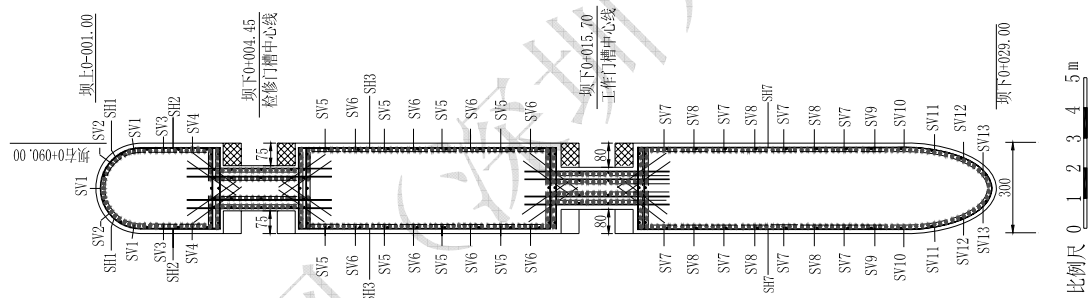


图 4.2-4 墩体焊接网布置剖面图

闸墩墩头为直径 3m 的半圆弧面，墩尾为长短径分别为 6.2m 和 3m 的椭圆弧面，长轴沿闸墩轴方向布置。墩头和墩尾水平网需在成网后用卷网机（类似于卷板机）弯曲成设计曲面。在直径较小时，墩头竖向网似可用专用的模框制作，模框可沿弧形轨道纵向移动。直径为 3m 的半圆弧面，1m（实际是 0.8m）圆弧的矢高为 0.077m，即钢筋位置偏差为 ±3.8cm，偏大。直径为 3.5m 和 4.0m 的钢筋位置偏差为 ±2.4cm 和 ±1.1cm，即直径 3.5m~4.0m 以上的弧面网用平面网替代似可接受。

#### 4.2.2 底板焊接网布置

底板顶面配筋为 II 级钢  $\Phi 32@20$ （横向） $\times \Phi 25@20$ （纵向），底板底面配筋为 II 级钢  $\Phi 32@20$ （横向） $\times \Phi 25@20$ （纵向），底板侧面配筋为 II 级钢  $\Phi 22@20$ （竖向） $\times \Phi 16@20$ （水平向），廊道配筋为 II 级钢  $\Phi 25@20$ （廊道横剖面向） $\times \Phi 16@20$ （水平向）。焊接网布置方法与闸墩大致相同。泄洪区配筋是连续的，泄洪闸室宽 15m，加上插入闸墩长度，其横筋长度不到 18m，已超过 12m，横向网钢筋需设置搭接，搭接位置可按横向网 12m 和剩余长度相间布置。焊接网钢筋采用冷挤压连接。纵向网的布置方法参照泄洪墩体的布置，且考虑泄洪弧面位置。底板焊接网布置的平面图未绘，剖面图如图 4.2-3。

#### 4.3 水电站护坦<sup>[5]</sup>

这是使用常规焊机生产的组合网来布置水工结构构件配筋的例子。护坦原设计的钢筋牌号为 HRB335（II级钢）。为适应当前焊机容量，采用了常规焊接网中常用的 HRB400 牌号钢筋及与其相应的 CRB550 牌号冷轧带肋钢筋，其强度设计值采用 360MPa。钢筋间距也由 20cm 换算为 15cm。

水电站护坦由底板、侧墙、端墙、齿墙及护坡组成，厚度不大。主要配筋为 II 级钢（HRB335） $\Phi 22@20$  和  $\Phi 18@20$ 。按原设计换算，配筋  $\Phi 22@20$  换算为 CRB550  $\Phi^R 18@15$  或  $2\Phi^R 12@15$ （ $2\Phi^R 12$  为 2 根  $\Phi^R 12$  并筋，下同）， $\Phi 18@20$  换算为 CRB550  $\Phi^R 12@15$  或  $2\Phi^R 10@15$ 。组合网可有两种组合：①  $2\Phi^R 12@15$  和  $\Phi^R 12@15$ ，及②  $2\Phi^R 12@15$  和  $2\Phi^R 10@15$ 。成网架立筋分别采用  $\Phi^R 8$  和  $\Phi^R 6$ ，成网筋间距为 0.8m，构成两种组合网配筋。网片宽度按焊网机的容量选定，通常采用 1m。第②种配筋组合更接近于我国焊机性能，因此采用第②种配筋组合进行组合网布置。

护坦组合网布置时  $2\Phi^R 12@15$  网或  $2\Phi^R 10@15$  网布置在上下侧，成网筋亦布置在主筋上、下侧。斜边界处网片可用矩形网沿斜边方向裁剪成，裁剪下来的网片可布置在斜边界的另处合适位置上。由于成网架立筋无搭接要求，裁剪位置较为灵活。

齿墙处的网片可弯成槽形，墙顶网片亦宜弯折成形，在顶面搭接两侧角部，其伸出钢筋与侧面网片伸出钢筋组成绑扎钢筋网，部分钢筋交点绑扎之。底板与墙交接处布置有斜筋时，可只布置单向（一层）网片，配筋由设计图纸要求确定。由于网片成网筋间距很大，该处网片的安装不会出现穿插钢筋的困难。图 4.3-1~图 4.3-3 为护坦组合网布置方案。图中示出护坦布置，以及护坦典型底板、右边墙（含齿墙）、左边坡等部位的组合网布置。

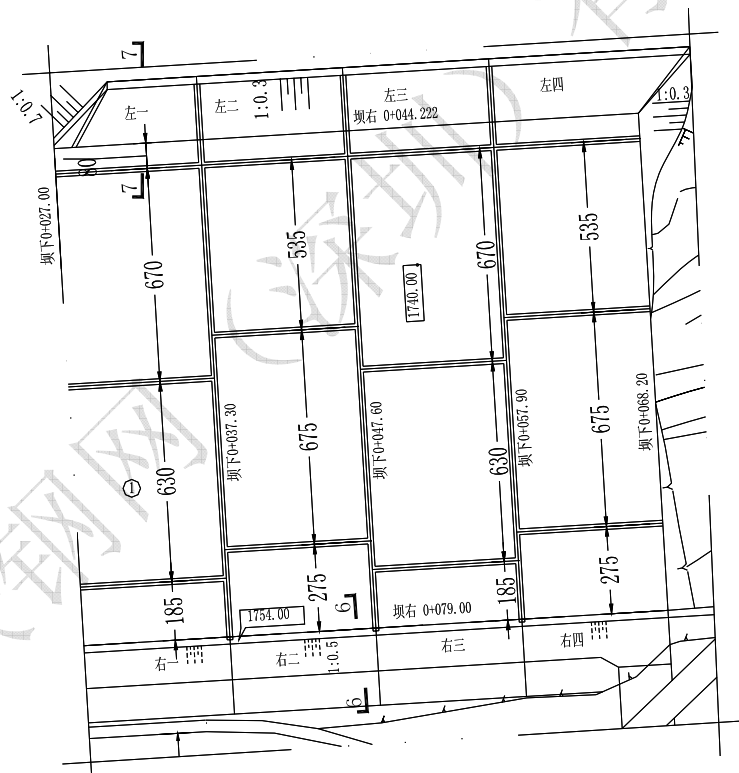
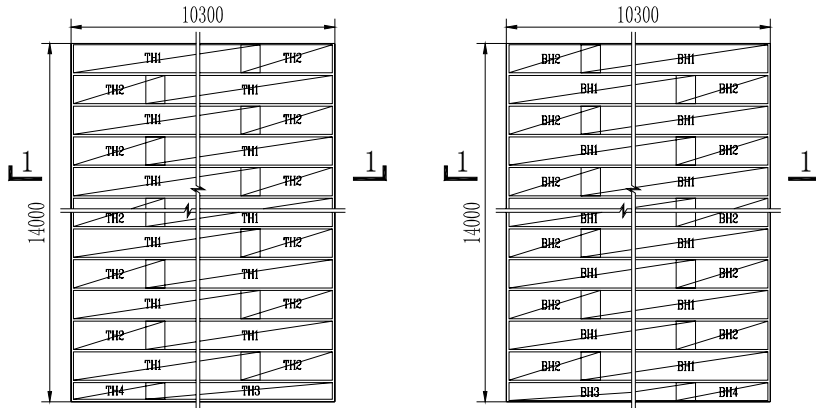
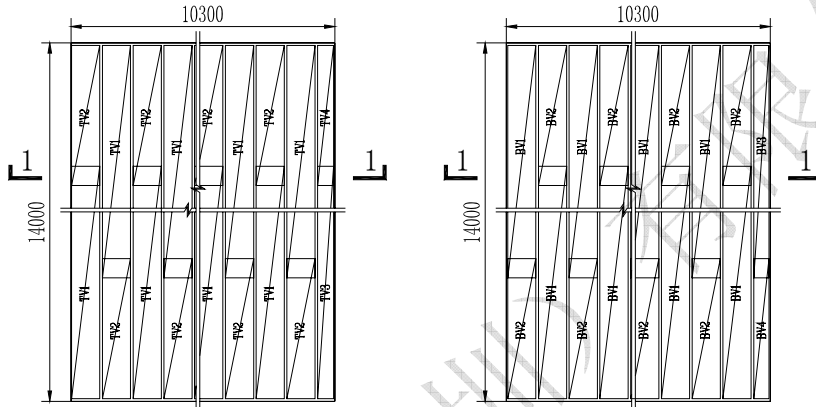


图 4.3-1 某水电站护坦段平面布置图



①号底板顶面横向网

①号底板底面横向网



①号底板顶面纵向网

①号底板底面纵向网

图 4.3-2 某水电站护坦段①号板网片布置图

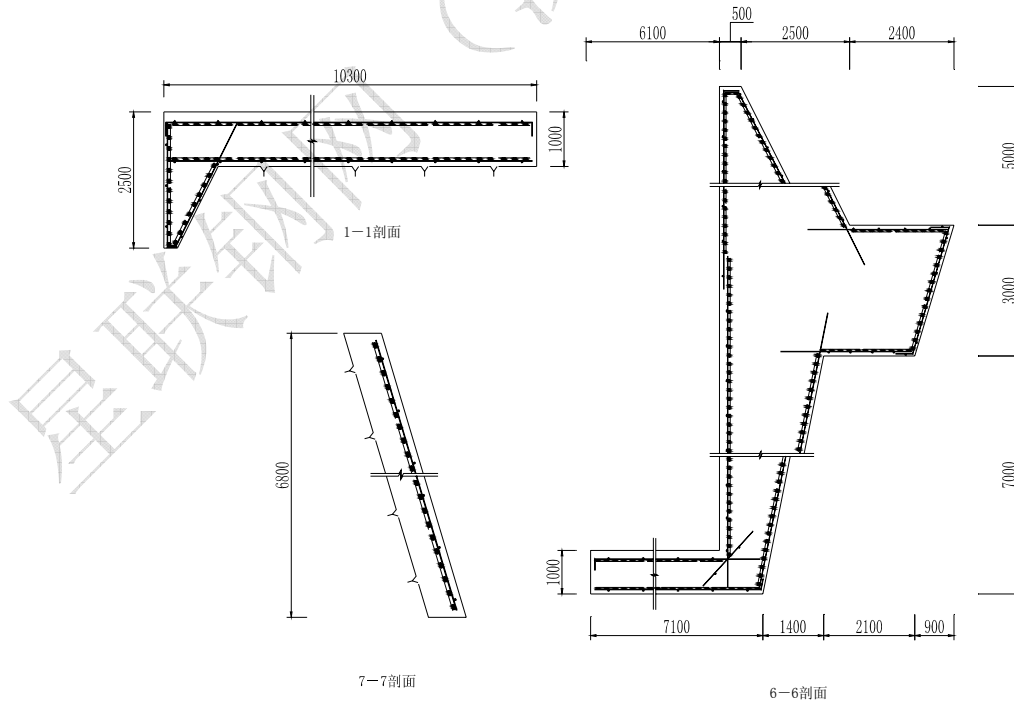


图 4.3-3 某水电站护坦段平剖面布置图



#### 4.4 格网箍筋笼构件实例

格网箍筋已用于美国的多座建筑物中，但此种箍筋形式尚未总结入美国 CIA-318-05 混凝土结构规范中。美国某 60 层大楼是使用格网箍筋构成的格网箍筋笼构件的施工实例。以下是有关格网箍筋笼构件的结构、组装、运输和安装过程的照片。

图 4.4-1 为 60 层大楼施工过程中的照片。



图 4.4-1 施工中的美国某 60 层大楼

##### 4.4.1 格网箍筋笼构件

图 4.4-2、图 4.4-3 为组装后待运往工地的各种格网箍筋笼构件。



图 4.4-2 组装后倒“T”型格网箍筋钢筋笼构件

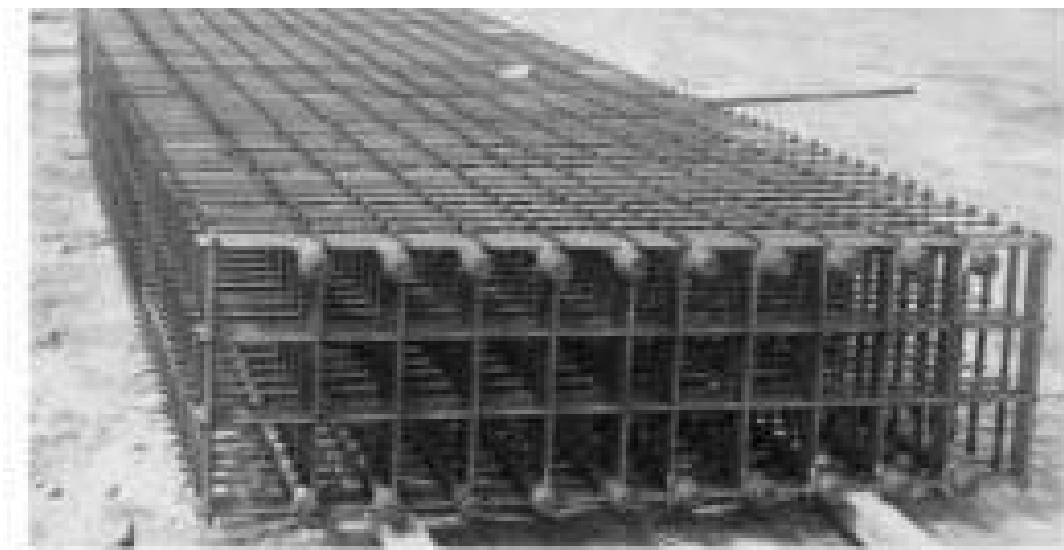


图 4.4-3 组装后矩形格网钢筋笼构件

#### 4.4.2 安装

图 4.4-4、图 4.4-5 为柱格网钢筋笼构件及梁格网钢筋笼构件安装情况。两层柱格网钢筋笼构件为一安装单元，先安装柱格网钢筋笼构件，再安装梁格网钢筋笼构件，柱筋在同一水平面搭接。



图 4.4-4 格网箍筋钢筋笼构件安装现场

图 4.4-5 为柱格网箍筋笼和墙格网箍筋笼在工地安装时柱和墙钢筋的连接，为机械连接方式，连接在同一高程处。

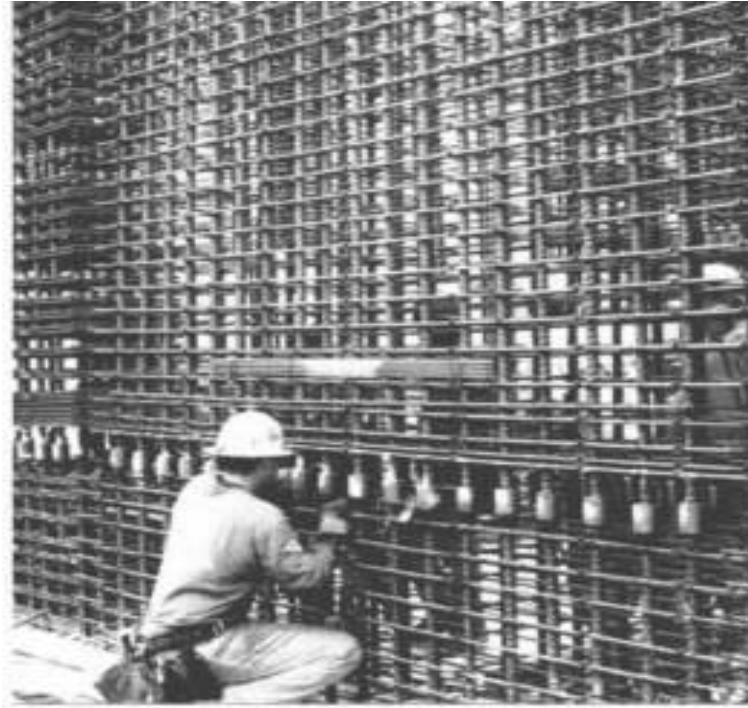


图 4.4-5 柱格网钢筋笼构件受力筋与下层钢筋的连接

图 4.4-6 为柱格网钢筋笼构件的安装、斜撑格网钢筋笼构件的安装，以及柱格网钢筋笼构件模板的安装情况。

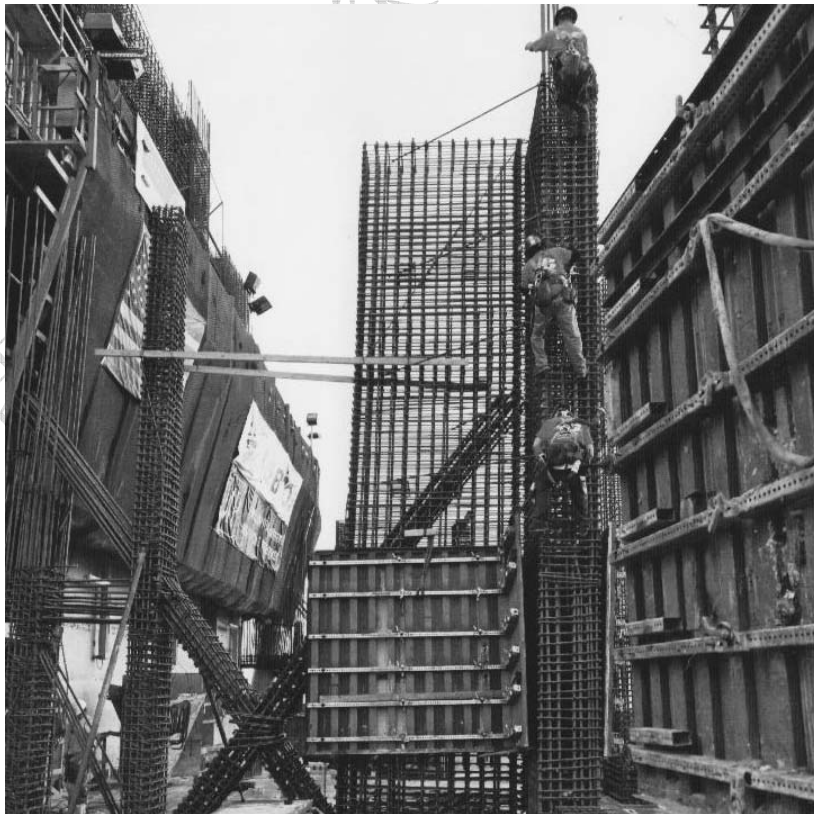


图 4.4-6 柱格网箍筋钢筋笼构件模板安装

## 5. 结语

1. 专业化的钢筋加工和配送企业的工作内容包括钢筋加工、运送和安装等工作。把钢筋加工成形的钢筋，或钢筋拼装成安装单元运往工地，在现场直接安装，有利于钢筋工程的机械化和集约化，有利于节省材料，简化施工，缩短施工时间，提高工程质量和效率。钢筋焊接网在钢筋焊接网厂制作、安装和配送，成为上述钢筋加工和配送企业的工序的一部分，钢筋焊接网厂则成为上述配送企业的组成部分。

2. 钢筋焊接网在工程中使用已有百年的历史，钢筋焊接网的加工、运输和安装等方面已积累丰富的经验，焊接网制作设备也已非常完善。但这些广泛使用的常规焊接网的特点是焊接网使用的钢筋直径相对较小。常规钢筋焊接网已较多地使用于水利工程中某些配筋钢筋直径较小水工结构构件中。

为适应较大直径配筋的网片，采用了诸如组合单向焊接网、并筋、使用较高强度钢筋牌号、多层钢筋（在剪力墙内）等方法以减小所使用的焊接网钢筋直径，以扩大钢筋焊接网在水工结构及其它大型工程的构件中的应用，是应考虑的方法。

3. 使用上述方法后，仍还有一些水工结构构件的配筋不能适应常规焊网机焊接设备的要求。根据我们使用单头点焊接机的实践，使用单头点焊接机焊接较大直径的焊接网是可行的。由于使用单向网的布置方法，焊接机的焊接参数是以小直径钢筋（成网钢筋）控制的，受力钢筋直径可相应加大。

使用单头点焊机的制作效率很低，制作和安装时需使用相应的辅助设施，钢筋需用机械搭接方式，这些问题都会影响钢筋焊接网的使用效率。

单向点焊网已使用多年，是比较成熟的技术。但使用单头焊接机制作较大直径钢筋的组合单向网在制作和安装方面，还有一个实验和积累经验的过程。例如焊接网制作和安装的工艺过程，辅助设施的设计和使用等方面，都还要熟悉和积累经验的过程。

4. 梁柱箍筋笼整体构件是工程中常用的钢筋构件整体运输和安装的方法之一。构件格网箍筋笼的显著特点是其箍筋是箍筋格网，构件横截面处的箍筋是焊接网，不易变形；柱筋布置于格网节点上，格网箍筋与柱筋是绑扎的，且是部分绑扎的，有利于柱筋接头处对齐、对接和调整，便于安装。格网箍筋笼可用于水工结构中的拦污栅墩、闸墩槽缩颈部分以及常规的梁柱中。

## 参考文献

- [1] 钢筋焊接网混凝土结构技术规程 JGJ114-2003. 北京：中国建筑工业出版社，2003
- [2] 混凝土结构设计规范（GB50010-2010）.国家质量监督检验检疫总局，北京：中国建筑工业出版社，2010
- [3] 林振伦、张云. 钢筋焊接网混凝土结构实用技术指南. 北京：中国建筑工业出版社，2008
- [4] 钢筋混凝土用钢筋焊接网 GB/T1499.3-2002. 国家质量监督检验检疫总局，2002
- [5] 严忠 林振伦、张云. 组合钢筋焊接网布置. 全国钢筋焊接网应用技术研讨论文，2008