

电业工人
学习文选

申 俊 編 著

23

鋼筋混凝土冷水塔 补修工程的基本知識

水利电力出版社

27

內 容 提 要

本書介紹了鋼筋混凝土冷水塔各部分的構造、破損情形、檢修施工技術，對如何作準備工作、購置器材、驗收管理 and 技術定額工作也作了簡單的敘述。此外，還詳細地論述了在各種條件下使用吊架和搭架的方法、噴漿方法以及有關規程和防護措施等。

本書可供火力發電廠供水工人、冷水塔檢修與維護工人以及一般搭架噴漿工作人員閱讀。

鋼筋混凝土冷水塔補修工程的基本知識

申 俊編著

•
1145R240

水利電力出版社出版（北京西便門大街二號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

•
787×1092¹/₃₂開本 * 19/16印張 * 84千字

1958年8月北京第1版

1958年8月北京第1次印刷(0001—4,100冊)

統一書號：T15148·153 定價(第9類)0.19元

目 錄

第一章	冷水塔的构造	2
第二章	冷水塔破損的現象和原因	5
第三章	檢修中分部工程的施工技术措施	6
第四章	准备工作和器材	13
第五章	吊架搭架使用方法	16
第六章	噴浆工程	28
第七章	技术管理	45

第一章 冷水塔的构造

冷水塔是发电厂中主要建筑物之一，它的作用是降低循环水的温度。大中型电厂一般多采用自然通风式的双曲线型钢筋混凝土冷水塔，如图1所示。

它的主要构成部分有：筒壁、人字支柱、环状导水沟（有的冷水塔采用中央进水管）、水池和淋水装置；各部分的构造分述如下：

一、筒壁 筒壁为双曲线回转体钢筋混凝土筑成的薄壳结构，内有斜钢筋（有的冷水塔采用垂直钢筋），水平钢筋各两层，交織分层浇制而成。斜钢筋要保持一定的倾斜度，应根据双曲线的各种类型而决定，一般在 65° 左右。倾斜钢筋之直径为9公厘。水平钢筋的直径为12公厘，其搭接长度均在1公尺左右。施工时，将筒壁的圆周长等分为80—100分之多边形，其等分数愈多愈好。外层混凝土之保护层约为3公分，内层混凝土之保护层约为2.5公分。冷水塔的顶部有塔沿，形为臥梁，主要起加固作用，每层高1~1.2公尺，各层相接之处埋有止水鉄板，内部涂有防水层。水塔顶部最小厚度，一般根据混凝土施工便利而定，以采用13~15公分为宜。自扼圆下六七层起（即7.2公尺处），开始增加厚度，其内部必须平滑，以减轻对空气流动的阻力。一般筒壁的重量系由混凝土承受，而钢筋则承受全部风压所生的应力。筒壁与支柱相連处为一弧形連接梁，其作用为支持冷水塔的体壁之用，在筒壁底部内侧有一个导水遮沿，可防止水滴冲刷支柱。

二、支柱 筒壁下端直径甚大，通常都用支柱将它分为

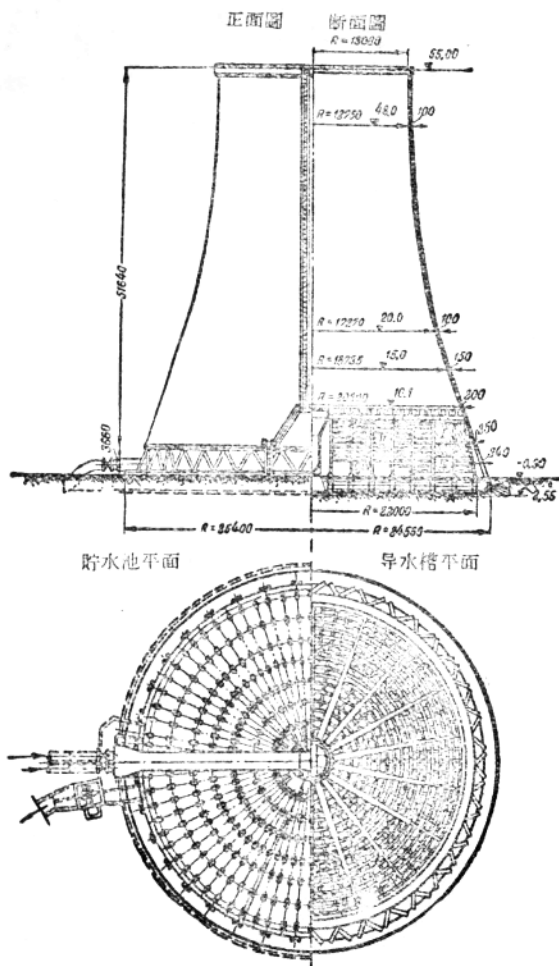


图 1 淋水面积 1520 平方公里的中央导水式双曲线型钢筋
混凝土冷水塔

32或36个等分。在水池的邊緣上，也分为同样等分，排成人字形交錯連結，成为等間隔的等边三角形。支柱的高度通常为3公尺，⁹須使通风面积（主要是支柱間所有三角形面积之和）大于筒底面积，以利通风。人字支柱的直徑約为35公分，与筒壁底部的垂直厚度相等；它是采用螺旋型配筋制成的，可用直徑为25公厘外面用螺旋鋼筋包围的縱鋼筋制造，将它伸入筒壁的底部，箍螺旋筋宜采用直徑为12公厘的鋼筋，八角形或圓形。混凝土的保护层为2.5公分。

三、环狀导水溝 环狀导水溝是大型外周导水式冷水塔引导循环水入主水槽，再导流至塔內淋水裝置的环狀V形断面的鋼筋混凝土水溝，它附在冷水塔筒壁外側的下部，与冷水塔筒壁連接在一起，成为悬臂式。水溝里的防水工作非常重要，防水层可分为两种：一为鋪油毡瀝青防水层，上面涂一层水泥砂浆；为使用防水的水泥砂浆料。前者因为瀝青臭油与防水保护层不能結合成一体，所以受热膨胀伸縮不均，保护层容易脫落，不能耐久。后者因防水料的涂抹，厚度有限，受循环水的冲击力，水溝受冷热不同的影响，很容易发生裂紋而漏水。

四、水池 水池是一个圓盆形的，由鋼筋混凝土浇制而成的。底部用¹⁰170混凝土浇制，其厚度約为15公分。鋼筋的排列，一般分为两种：一种是放射式，一种是縱橫式。水池周围混凝土的保护层内外均为5公分；混凝土之下，有的鋪块石，有的打桩，这要根据地質的情况来决定。池面須涂以防水料，以免发生滲漏現象。

五、淋水設備 淋水設備是使由循环水管导入的高溫热水分化为极小的水滴，接触塔內的空气后，散出水中的热量，达到降低溫度的目的。

淋水設備主要分为以下几部分：导水槽、支架、溅水磁碟、导水板、溅水板。循环水流入导水槽之后，通过槽底的磁咀，形成水柱，冲入磁碟，溅成水滴落在导水板上，将水滴层层导向淋水設備的外围或中央，使其充分与空气接触，再經過溅水板化成更細的水珠，使水有更多的面积接触空气，降低水溫。

淋水設備是木制的，一般多用紅松木，但这种风雨交加的环境用木材是不太合适的，所以五、六年就要修理一次，七、八年就要全部更換一次。在我国缺少木材的情况下，使用木材作淋水設備不是发展方向，将来可能用鋼筋混凝土与竹板或石棉水泥板来代替木材。

第二章 冷水塔破損的現象和原因

目前的双曲綫型鋼筋混凝土冷水塔，由于施工質量不良，以及不按期檢修，或者檢修时采用不正确的施工技术，以至使冷水塔遭到非常严重的破損，甚至于倒塌。这是由于不重視及时修补冷却設備和不通曉冷水塔結構材料的特点所造成的。鋼筋混凝土冷水塔的严重破損，是混凝土发生长期的崩解現象——表現于筒壁混凝土内部流白浆，产生小孔，表皮鼓起，发生裂縫和逐漸剝落現象；人字支柱部分和筒壁一样。不过，筒壁破損严重处多在腰部，而支柱則多在內側和上端，此外，塔頂的风化和筒壁下端的腐蝕也极严重。

这种破損的根源，是由于筒壁内部未采取防水措施，虽在新建时涂有臭油瀝青，以后不进行維護与补修，也会丧失防水作用。破損的主要因素之一是：筒壁内部渗水，塔內蒸发

上昇的水分浸入混凝土縫隙中(多半是施工接縫), 与水泥化合分解出游离石灰質——氫氧化鈣, 遇空气后立即轉化为碳酸鈣, 分析出白色乾片或浆液来, 使混凝土中的石料砂子松动崩解、減弱或消除中間的結合力。这样形成混凝土的白死病而減弱了强度。因素之二是: 当冬季运行时, 滲水处积水結冻, 特别是混凝土的蜂窝里面, 水分由于結冰, 体积膨胀, 溶化循环运动造成脹裂和表皮鼓起而脫落的現象。还有筒壁的內外部溫度差很大, 同时一年四季的溫度变化也很复杂, 促使其产生裂紋; 环状导水沟和水池池壁也容易腐蝕和造成穿通的裂縫。淋水設備的散水板經久容易腐朽弯曲, 需要更換。又由于設計和施工上存在缺点, 容易使淋水設備的效率不高, 降低出力。避雷設備达不到过压保护作用, 这些都应该在补修期間予以檢修改进或补充更換。

第三章 檢修中分部工程的施工技術措施

冷水塔补修工程的分部工程項目, 可分为筒壁、支柱、环状导水沟、水池、淋水設備和避雷針等。这些分部工程的施工技术措施可分述于下。

一、筒壁 筒壁补修比較困难, 也是冷水塔大修中的最主要的分部工程, 所佔据的作业時間也最多。处理筒壁的方法共有三种: 1. 內外部均利用噴漿方法来进行补修, 在筒壁內部用掺入防水剂进行噴修; 2. 用新混凝土堵补筒壁后, 两面进行噴漿; 3. 內外部均利用噴漿方法进行补修, 而筒壁內部噴刷石油瀝青。現在分述如下:

(1) 第一种方法

在筒壁的內外部，將混凝土表面剝落下去，在堅而新的混凝土上，打1—2公分深的麻面；如產生鬆動、裂化、酥化而成片狀塊狀等情形，應繼續向深處凿取，將老化部分剝去而仍留下具有強度的為合適，外部的防空塗漆和內部的臭油等都剝掉。清除鋼筋浮鏽，補換和修整鋼筋與止水鉄板，並將混凝土充分濕潤，進行噴漿。破壞過多的地方應該噴平，好的地方也要凿成新麻面噴成厚約10~15毫米的噴漿層。筒壁經過內外部噴漿後，恢復到原來的厚度。對於面積不超過0.2平方米的穿孔，可先用孔徑5毫米 Φ 20鉄絲鋼綁紮在鋼筋上，抹上一層較濃的 Φ 50灰砂漿，乾了以後進行噴漿。筒壁內部最外的15毫米噴漿層，在噴射前向灰砂混合物中摻入防水劑（按水泥的重量的5%計算），噴射後可以防止滲水。

(2) 第二種方法

如果冷水塔筒壁的混凝土劣化嚴重，以致內外全壞，則需要局部堵補新混凝土，然後兩面進行噴漿。每次堵補的總寬度不能大於全塔周長的10%，最嚴重處應該不超過3~5%。

打掉的舊鋼筋混凝土的高度，可按 $\frac{l}{d} \leq 25$ (l ——堵補的高度， d ——筒壁厚度)計算就可求得。因有偏面受壓條件，不能按照柱子公式計算，需要增加安全係數，以保證冷水塔的安全。在澆制完後7天，才可以在其鄰近地方進行掘凿工作，上下分層進行，要配置適當，隔開相當距離，同時錯落地施工。筒壁可上下分層分期去堵補，須經過計算冷水塔的自重和風力荷重，認為安全後再進行。混凝土的標號要求與原塔一致，以便使伸縮性相同，但不應低於 Φ 140。水灰比為0.5~0.6，坍落度是6~7公分。石料最大不應超過筒壁壁

厚的 $-\frac{1}{4} \sim -\frac{1}{5}$ 。

(3) 第三种方法

内部筒壁喷平之后，用20%的#5 瀝青和30%的#3 瀝青（需要能溶于汽油中的石油瀝青），再用汽油和煤油来配合。首先，将#3、#5 瀝青加热至 $170 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，搅拌均匀，冷却到 120°C ，加入50%的汽油和煤油（二者多少不拘，如用喷油器时可多加汽油）。以上数量均按体积计算。用管子慢慢加油，再行搅拌，注意加入时要躲开有火地点，同时，工作人员应按照安全规程穿戴防护衣服，以防瀝青中毒。冷却至 80°C 时（事实上加完煤油、汽油后即达到 80°C ），再进行喷油或涂刷一次，乾后再喷刷第二次。应该注意：冷却后不再加火。前后共喷刷两遍，全部厚度达 $\frac{1}{4}$ 毫米。接合处需要做到壁面乾淨，不准有污物油漆青苔以及潮气等存留于壁面，否则，喷刷后容易脱皮。喷油时可将油装入罐中，用压缩空气通过喷油器喷射。在冷水塔下部进行时可采用2公斤/平方公分的压缩空气。

关于处理筒壁内部的方法，目前可以采取掺入防水剂的喷浆法和石油瀝青喷刷两种方法。如筒壁混凝土质量尚好，可单纯喷刷石油瀝青；如质量不好，则需要进行喷浆。如同时采用两种方法，则其防水作用更大。至于以前惯用的涂刷臭油瀝青法，不可使用，因附着不良，容易掉皮脱落，而且也不耐久。

筒壁的顶部（塔沿）和底部，混凝土往往酥化的很严重。在补修冷水塔的顶部和底部时，都需要朝下和向上进行喷浆。为了防止支柱上部和筒壁底部串水崩解劣化，应在筒壁

內部下端裝設導流裙板——大部分是混凝土建造的，以便向里邊導水，防止支柱等處遭受水浸和凍害。

二、人字支柱 人字支柱上酥化裂紋的混凝土需要剝落下去，最深的要能看到鋼筋，清洗後再進行噴漿，修補厚度太大的需要掛網。最外的15毫米一層，需要摻入5%的防水劑，或者噴漿後進行一次抹灰(1:2的水泥砂漿)，而按水泥重量摻入5%的防水劑。在補修時要特別注意施工順序，全部支柱可分三或四批進行補修，每批所規定的支柱要同時補修，為期是10天。每批所補修的支柱要在全部周長內平均分佈着，但需要與不修的支柱間斷地分隔開，這樣補修是為了保持冷水塔的安全穩定。

三、環狀導水溝 外周導水式冷水塔的環狀導水溝可按筒壁內部的兩種方法處理。在導水溝以內進行噴漿時，應首先由塔的筒壁外側從下部向上部噴射，再另由導水溝溝邊從下部向上部噴射；剩下的導水溝底部用橫的方向左右往復式向后退着進行噴漿。在接合縫上更要注意蓋壓妥當。在噴射時，要對兩側溝壁跳落的砂子進行清掃，以免造成砂層，分割噴漿層。必要時，可將噴漿內外側局部或全部加厚，一般所用的瀝青和油氈紙的防水層容易造成分層現象，很快剝落，不宜採用。至於有裂紋貫穿全部溝壁的地方，應採用壓力灌漿的方法進行補修。先在溝壁兩側凿溝塗抹水泥砂漿，然後用水灰比1:1.5~1:1的灰漿進行灌注，採用1.5大氣壓。

四、水池 回水溝 對冷水塔較多而用水溝連通的情況，應首先用木板、土袋、草袋等材料在回水溝的適當位置進行堵水，以便抽水，挖除積泥，進行清水沖洗。然後再用抹灰方法進行補修；灰砂漿的配合比以1:2較為合適，全部

抹灰使用火山灰水泥。如用普通水泥，則应按水泥重量摻加5%的防水剂，以防滲漏。水池壁抹灰处需要凿麻面，麻面深度为5毫米，目的是使混凝土表面剝落一层，抹灰前，要使它充分濕潤，抹灰表面要平整。抹灰較厚的地方宜分數层施工，每层厚度在10~15毫米以內；在前一层的表面上要尽可能的使它粗糙。水池和回水沟如有裂紋，应沿裂紋兩側各凿10公分寬和适当深的沟而进行抹灰。如水池池壁有穿通的裂紋，应按环状导水沟的裂紋情形同样处理，並檢查空气隔层的保护墙是否完整；不完整时可进行抹灰补修工作。

五、淋水設備 在补修冷水塔时，要更換一部分或全部分已腐朽的淋水設備，並进行修理和調整工作，設法消除現存的缺陷。

补修时应注意以下几点：

1. 用水平仪測定各主水槽和分水槽槽底的标高，登記在圖紙上；有相差过多的要进行調整，使坡度不超过1/1000，这样可以保證冷却效率不致降低。

2. 檢查原有和換装的导水板、溅水板的安装情形，要保持原設計的安裝尺寸和“傾角”，以保證出力。

3. 要将磁碟和磁管的中心对正，並清洗乾淨，或用稀盐酸清扫，使无水垢存在。在空位处补足磁碟磁管，以提高效率和出力。

4. 补修主、分水槽本身时，应使主水槽与分水槽間、水槽和磁管間以及水槽与筒壁間的接合处保持严密，决不漏水。

5. 檢查現有的通风效果，如效果不好时，可取消一部分溅水板，而增加放射形分段的筒状通风道8个到10个，以增强通风效率。

6. 平拉木、托板、导水板、溅水板要做成水平，安装坚

固，釘定結實。木夾板和斜拉木的螺絲要擰緊。

六、避雷針 大修冷水塔時，要檢查避雷設備和接地電阻是否完整合格，否則需要進行檢修。檢修時要注意以下各項：

1. 一般安裝六個避雷針，數量不足時需要補充。避雷針等距離的分佈在塔頂上，其高度由3.1公尺到4.7公尺，焊接固定於鋼筋上，針頭鍍銀。在塔頂上用環狀接地母綫連結在一起。

避雷針的有效高度計算如下：

設 h_a ——避雷針的有效高度；
 h ——避雷針和冷水塔的全高；
 D ——冷水塔的塔頂直徑。

如 塔高小於30公尺時，

$$h_a \geq \frac{D}{8} .$$

如 塔高大於30公尺時，

$$h_a \geq \frac{D\sqrt{h}}{44} .$$

2. 接地引下綫的截面應不小於35平方毫米，其焊接斷面不小於兩倍的導綫斷面；接地綫距離塔壁大於10~15毫米；接地綫與其他金屬導體（水管，系統接地綫）距離不小於3公尺；接地電阻必須小於10Ω，否則要增加補助接地板，或設法改善和降低現有接地電阻。

在分部工程施工中的一般技術措施：

1. 為工作方便起見，在吊架上进行噴漿時，原則上是應該自上而下進行。在搭架上进行時，按水平的環形分步自上而下修補。如筒壁破損特別嚴重時，原則上應該自下而上進行，以避免坍塌的危險。

2. 凿麻面一般的是先行全部凿落，再行喷浆；如冷水塔破损严重，则必须随凿随喷，以保持塔体安全。

3. 内部喷浆，其打麻面工作，须待外部喷完(或堵补混凝土完了)养生7天后再进行。严禁内外同时施工补修。

4. 较好的混凝土而无劣化部分需要凿麻面时，可在表面进行喷砂，以去掉旧的表皮污泥、涂料等；可利用大砂粒由喷浆机喷射之，其送料压力在4公斤/平方公分以上。

5. 喷浆的接头处要和旧混凝土的施工接缝错开，以防渗漏。

6. 为了澈底防漏，在堵补新混凝土的地方，和施工接缝上或喷堵透孔等地方，利用“多层喷射法”(如20毫米厚的可喷两层以上)进行，以增强其防渗性。

7. 无论堵补和喷浆，修理筒壁时，一律采用三分之二的普通水泥(波特兰水泥)和三分之一的火山灰水泥的混合材料，可以同时发挥防冻和防水的两种作用。两品种水泥使用同一标号，喷浆用标号400~500的水泥，堵补用标号400的水泥，不准用高炉水泥。

8. 筒壁喷浆的灰砂容积配合比是从1:2.5到1:3。如果冷水塔混凝土质量好，可多加水泥；如不好，可少加水泥；使新旧部分应力均等。平常喷射是采用1:2.7的灰砂浆，耐水性也很好，砂粒跳落损失后，可能形成1:2的喷浆层。包括损失在内，每立方公尺灰砂浆所需要的材料是：水泥0.84吨，砂1.50立方公尺。

9. 由筒壁上取试块要在上中下各层取下，应该在勘察质量最坏的地方提取，试压在 ≥ 140 以上者即可。试压只能断定一部分的强度如何，并不能决定塔体本身或一部分是否需要凿掉；因结果好坏各处不能一致，而凿掉或保留，将无法由

此分割界綫。試塊做耐压时，其全部試塊的强度都不够应有强度的25%时，該部分应整个截去，接着重建。

第四章 准备工作和器材

鋼筋混凝土冷水塔的补修工程的准备工作，可以分述如下：

1. 根据冷水塔筒壁、支柱、环状导水沟、水池、淋水設備等的破損情形，确定补修方法，估計工程量，分項做好单位工程計劃書。同时要考虑到營造机械的檢修、維護、移运、安装、配管、配綫等間接工程，並逐項列入工程計劃書中。

2. 选定工程主持人。組織人員培訓，参加其他厂的冷水塔大修工程，进行学习。

3. 召开补修准备會議，佈置准备工作，找出关键問題，研究办法並加以解决。

4. 編制补修准备工作計劃进度表。

5. 重点的掌握採購和調借的主要設備器材，如噴漿机、空气壓縮机、水泵、电动捲揚机、脚手杆、水泥、木料、軟管、鋼絲繩、滑車等。

6. 編制人員組織表，适当調剂与配备各工种技工，平衡勞動力。

7. 編制补修工程計劃进度表，施工技术措施，質量标准及檢修和工作卡片。

8. 学习和考試高空作业和吊架作业安全工作規程，噴漿、搭架、施工技术規程及營造机械运行檢修技术安全規程

等。

9.繪制工地佈置圖，做好工地圍欄，划定通行路綫，確定營造機械安放地點和材料工具儲存地點；空氣壓縮機、水泵、噴漿機、電動捲揚機要單獨搭蓋棚舍；並對風泵水泵安置臨時基礎，水泥和乾砂要搭蓋蓆棚，以免受潮；搭蓋臨時倉庫和休息室等。

10.供給工地以電力和照明；檢修電動機和電氣設備等。

11.進行搭架工程(如堵補新混凝土時應進行搭架工程)，包括外部內部架子，馬道和梯道等。

12.對空氣壓縮機、貯氣筒、水泵、電動捲揚機、噴漿機、砂漿混合機、篩砂機等進行檢修，安裝配設管路和裝接電源；並進行調整試水壓和試車等工作。

13.製造風泵备件、噴嘴、噴管、軟管接頭、空氣過濾器、鉗子、綫夾和澆制工具等。

14.制作混凝土模型板和散水板、拉木、托板等。

15.進行篩砂工作，最好使用電篩。

16.登塔進行內外部筒壁的詳細檢查，用錘敲試，作好內外部的展開圖；註明兩面對應的位置，記明混凝土的破損輕重程度。凡內外兩面均已酥化的，應做堵補準備；局部破損的，應做噴漿準備。進行凿麻面以後，再做一次檢查，並對圖進行修正。

17.做好吊架。裝設外部或內部的引繩、主繩、保險繩和各部滑車等，都是為了便於安放吊架，進行內外部凿麻面和噴漿工作而裝置的。

在補修鋼筋混凝土冷水塔時所用的主要和次要的材料工具與設備可分述如下：

一、主要的材料是：

1. 水泥 一般采用普通水泥和火山灰水泥，矿渣水泥也能适用。水泥标号以不低于300号为较好，最好采用与冷水塔结构一样的同类水泥和同样标号。水泥出厂日期不应超过一个月，以免受潮。过期或受潮水泥，必须经过鉴定和试验后方可使用，以免降低喷浆的质量。水泥在使用前，应用筛孔直径为1毫米的筛子筛过。

2. 砂子 应采用质地坚固、带有棱角的砂子。砂子的粒径不大于3.5毫米，其平均粒径为2.5毫米，粗粒率在3以下。含泥量应该以不超过水泥重量的3%为限，不许含有有机物质，使用前应该进行筛过。砂的湿度最好是在其全重的3-5%。

3. 防水材料 防水剂(白色粉状)和防水药水(绿色油状)。

4. 输料软管 内径 $1\frac{1}{4}$ "，七层线，耐压8公斤/平方公分，有4~5毫米橡胶里的胶皮管；作为吹送喷料之用。

二、主要的工具是：

1. 喷嘴枪口管筒 1个。

2. 喷嘴 $3/4$ " 10个。

3. 软管接头 连接 $1\frac{1}{4}$ " 软管所用的带沟铁管，或特制的由任。

4. 喷嘴环 1个。

5. 滑车 $1/2$ 吨~3吨，用于布置吊架的。

6. 钢丝绳 $\frac{1}{2}$ "~ $1\frac{1}{2}$ "，用于布置吊架的。

三、主要的设备是：

1. 喷浆机 压力——7公斤/平方公分，喷射量(按乾喷料计)——1~1.5立方公尺/时。

2. 空气压缩机 压力——7公斤/平方公分；容量——5